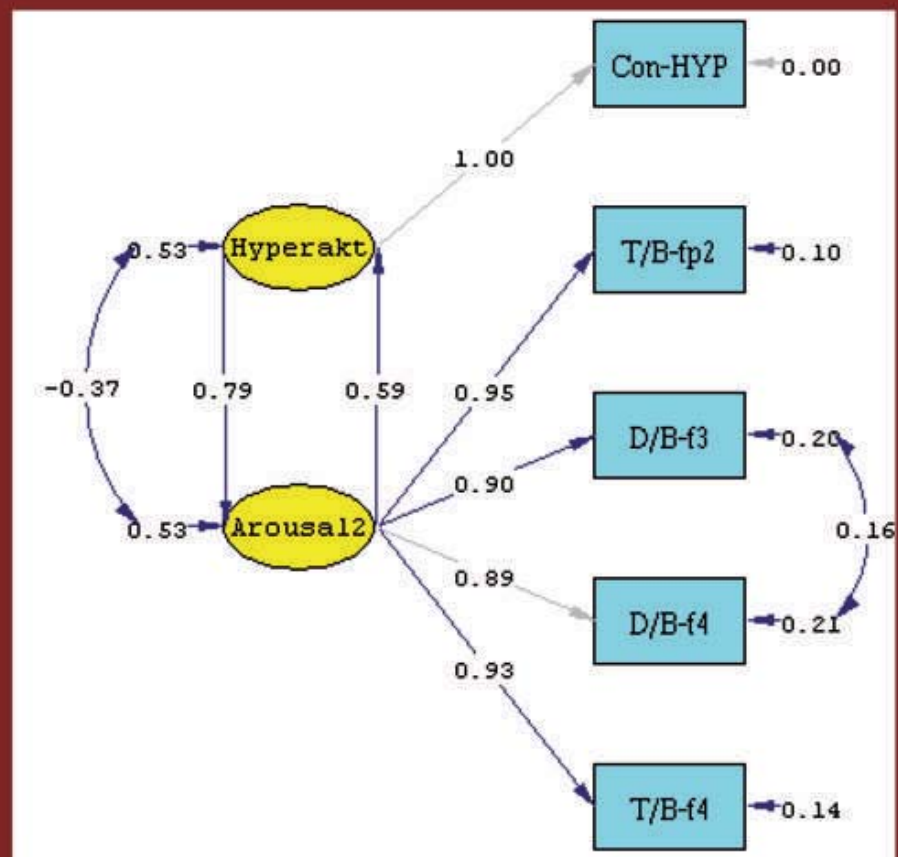


# Aufmerksamkeitsstörungen und das Leib-Seele-Problem

Versuch eines empirisch-  
sozialwissenschaftlichen Zugangs





**Dipl.Päd. & Dipl.Psych. Karl-Heinz Kresse:**

# **Aufmerksamkeitsstörungen und das Leib-Seele-Problem.**

**Versuch eines empirisch-  
sozialwissenschaftlichen Zugangs**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2011  
Zugl.: Bamberg, Univ., Diss., 2010

978-3-86955-637-6

## **Dissertation**

der Fakultät für Humanwissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg zur  
Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

vorgelegt von Dipl.-Päd. & Dipl.-Psych. Karl-Heinz Kresse

Tag der mündlichen Qualifikation (Disputation): 21.12.2010

Prüfungskommission:

Prof. Dr. Cordula Artelt (Vorsitzende der Prüfungskommission)

Prof. Dr. mult. Georg Hörmann (Erstgutachter)

Prof. Dr. Jürgen Abel (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Jörg Wolstein (weiteres Mitglied)

Dr. Peter Kaimer (Protokoll)

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2011

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2011

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86955-637-6

„Erst durch das Denken wird das Hirn zum Denkorgan ausgebildet, ans Denken gewöhnt, und durch die Gewohnheit, dieses oder jenes, so oder so zu denken, auch so oder so modifiziert, bleibend bestimmt [...]; aber durch das ausgebildete Denkorgan wird auch erst das Denken selbst gebildetes, geläufiges, gesichertes. [...]. Was Wirkung, wird zur Ursache, und umgekehrt.“

(Ludwig Feuerbach: Anthropologischer Materialismus. Ausgewählte Schriften I [Hrsg von A. Schmidt]; Frankfurt/Main, Berlin: 1985, S.201f.; zit. nach Th. Fuchs 2010, S.155)

Gewidmet meiner Frau Katharine und meinen 4 Kindern Johannes, Magdalena, Anneke und Meret, die mir erlaubt haben, die wenige neben der Arbeit in unserer psychotherapeutischen Gemeinschaftspraxis mir zur Verfügung stehende freie Zeit über 3 Jahre lang in die Arbeit an diesem Buch zu stecken.

Gewidmet meinem langjährigen Supervisor und Freund Dr. Peter Kaimer, ohne den ich fachlich nicht dort stehen würde, wo ich jetzt bin.

Danken möchte ich auch Prof.Dr.mult. Georg Hörmann und Prof.Dr.Jürgen Abel, dass sie das Wagnis eingegangen sind, die Promotion eines Praktikers, der schon 18 Jahre lang nichts mehr mit einer Universität zu tun hatte, zu betreuen.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
<b>I Theorieteil .....</b>	<b>7</b>
<b>II empirischer Teil (Simulationsstudien) .....</b>	<b>7</b>
<b>II EMPIRISCHER TEIL .....</b>	<b>8</b>
<b>III Einordnung der Befunde .....</b>	<b>10</b>
Tabellenverzeichnis.....	11
Abkürzungsverzeichnis .....	13
Zusammenfassung.....	18
Abstract.....	20
<b>0. Einleitende Bemerkungen (und persönlicher Hintergrund des Autors) .....</b>	<b>22</b>
<b>1. Präliminarien.....</b>	<b>24</b>
1.1. Historische Anmerkungen: Ein fragmentarischer Blick in die Geschichte des Leib-Seele-Problems im 17. bis 20. Jahrhundert . . . . .	24
1.2. Die Überwindung des klassisch-materialistischen Weltbildes der Physik durch die Quantenphysik . . . . .	42
1.3. Kybernetik erster und zweiter Ordnung . . . . .	52
<b>2. Der Physikalismus in ausgewählten Spielarten.....</b>	<b>69</b>
2.1.1 Die Perspektive W. Singers . . . . .	69
2.1.2. Kritik der Perspektive Singers . . . . .	73
2.2.1. Die Perspektive Gerhard Roths . . . . .	76
2.2.2. Kritik der Perspektive G.Roths . . . . .	80
2.3.1. Die Perspektive B.Libets . . . . .	85
2.3.2. Kritik der Perspektive Libets . . . . .	100
<b>3. Der dualistische Interaktionismus nach J.C.Eccles.....</b>	<b>102</b>
3.1. Die dualistisch-interaktionistische Theorie . . . . .	103
3.2. Die Mikroarealhypothese . . . . .	103
3.3. Quantentheoretische Begründung der Mikroarealhypothese . . . . .	109
3.4. Kritik des dualistischen Interaktionismus Eccles' . . . . .	111
<b>4. Die Dreiweltentheorie Poppers und sein Konzept eines emergenten zirkulären Dualismus.....</b>	<b>112</b>
4.1. Darstellung der Dreiweltentheorie . . . . .	112
4.2. Begründung der Dreiweltentheorie . . . . .	115
4.3. Kritik der Dreiweltentheorie und ihrer Begründungsversuche . . . . .	119
<b>5. Möglichkeiten und Grenzen der empirischen Herangehensweise an das Leib-Seele-Problem.....</b>	<b>122</b>
5.1. Grenzen der bisherigen Herangehensweisen . . . . .	122
5.2. Zur Notwendigkeit kritischer Rationalität als Voraussetzung für Klärungsversuche des Leib-Seele-Problems . . . . .	125
<b>6. Aufmerksamkeitsdefizit- und Hyperaktivitätsstörung (ADHS; engl.: ADHD) .....</b>	<b>125</b>
6.1. Erscheinungsbild, Epidemiologie und weitere empirische Befunde . . . . .	125
6.2. Das Modell der ADHS (engl.: ADHD) von Lauth & Schlottke und das Leib-Seele-Problem . . . . .	131
<b>Teil II: empirischer Teil .....</b>	<b>140</b>
<b>1.0. Structure equation modeling (SEM) und das Leib-Seele-Problem: Möglichkeiten und Grenzen.....</b>	<b>140</b>

<b>1.1. Prüfung der in Teil II, Kap.1.0. getroffenen Annahmen mittels simulierter Daten</b> .....	<b>142</b>
1.1.1. Erzeugung von Daten, die auf einer latenten abhängigen und unabhängigen Variable beruhen (Materialismusdaten) .....	142
1.1.2. Globale Analyse der Materialismusdaten .....	143
1.1.3. Iterative Analyse und Umkehranalyse der Materialismusdaten .....	148
1.1.4. Erzeugen von Datensätzen, die auf einem latenten Faktor beruhen ( Identitätsdaten) .....	158
1.1.5. Globale Analyse der Identitätsdaten .....	159
1.1.6. Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Simulationsstudien: .....	161
1.2. Komplexe nicht –lineare Dynamik und LISREL . . . . .	162
<b>2. Beschreibung der Stichprobe und des Datensatzes</b> .....	<b>164</b>
2.1. Beschreibung der Stichprobe . . . . .	164
<b>2.2. Beschreibung des Datensatzes (verwendete Verfahren und Variablen)</b> . . . .	<b>170</b>
2.2.1. Analyse des Zusammenhangs zwischen physiologischer und neuropsychologischer Ebene .....	174
<b>3. Variablenreduktionsmethoden</b> .....	<b>174</b>
<b>4. Durchführung der Untersuchung</b> .....	<b>175</b>
<b>4.1. Variablenreduktion</b> . . . . .	<b>176</b>
4.1.1. Elektrophysiologische Grundlagen und die neuropsychologische Ebene .....	176
4.1.2. Analyse des Zusammenhangs zwischen elektrophysiologischer und psychologischer Ebene .....	182
4.1.3. Analyse des Zusammenhangs zwischen elektrophysiologischer Ebene und der Ebene der reaktiven Verarbeitung .....	189
<b>4.2. Modellierung der zu testenden Modelle</b> .....	<b>197</b>
<b>4.2.1. Messmodelle</b> .....	<b>198</b>
4.2.1.1. physiologische und neuropsychologische Ebene .....	198
4.2.1.2. Messmodelle der physiologischen und psychologischen Ebene (operationalisiert über Conners Hyperaktivitätsskala) .....	203
4.2.1.3. Messmodelle der physiologischen Ebene und der reaktiven Verarbeitung .....	206
<b>4.2.2. Strukturmodelle</b> .....	<b>210</b>
4.2.2.1. Elektrophysiologische und neuropsychologische Ebene .....	210
4.2.2.2. Elektrophysiologische und psychologische Ebene .....	210
<b>4.2.3. Komplexe LISREL-Modelle</b> .....	<b>211</b>
4.2.3.1. Elektrophysiologische und neuropsychologische Ebene .....	211
4.2.3.2. Analyse komplexer Modelle des Zusammenhangs zwischen physiologischer und psychologischer Ebene, operationalisiert durch Conners' Hyperaktivitätsskala .....	228
4.2.3.3. Komplexe Strukturgleichungsmodelle der elektrophysiologischen mit der Ebene der reaktiven Verarbeitung .....	237
4.2.3.3.1. Komplexe Strukturgleichungsmodelle für physiologische Ebene (Dysarousal1) und reaktive Verarbeitung als externalisierende Störung ..	237
4.2.3.3.2. Komplexe Strukturgleichungsmodelle für physiologische Ebene (Dysarousal2) und reaktive Verarbeitung als internalisierende Störung ...	253
<b>5. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>263</b>
5.1. Die empirischen Befunde im Vergleich zu anderen Untersuchungen zum Thema ADHS und tonischem EEG . . . . .	263
5.2. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf die Möglichkeit, ebenenübergreifende Zusammenhangsmodelle an kleinen Stichproben zu untersuchen (Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Simulationsstudien) . . . . .	272
5.3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf das Leib-Seele-Problem . . . . .	273
<b>Teil III: Einordnung der Befunde</b> .....	<b>274</b>
<b>1. Modelle des Leib-Seele-Problems, die in ihrer Kernaussage von Wechselwirkungen ausgehen</b> .....	<b>274</b>
1.1 Synergetik nach H.Haken und G.Schiepek . . . . .	274
1.2. Das Protopyosis-Modell von Th. und B. Görnitz . . . . .	289

<b>2. Argumente pro/contra Synergetik versus Protyposis: Die Überlegungen von R. Penrose</b> .....	<b>302</b>
<b>3. Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie (des ADHS)</b> .....	<b>306</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>i</b>
<b>Simulationsstudien</b> .....	<b>ii</b>
<b>(zu Reihenfolgeeffekten der latenten Variablen in Wechselwirkungsmodellen bei zugrundeliegenden rekursiven Daten</b> .....	<b>ii</b>
<b>- Globale Analyse- )</b> .....	<b>ii</b>
I) Simulation 1 (Simulation-rekursiv.dsf) . . . . .	iii
II) Simulation 2 (Simulation5- rekursiv-IX=160-r=0,60latent.LS8) . . . . .	v
III) Simulation 3 (Simulation5-rekursiv-IX=160-GERINGfak.dsf) . . . . .	viii
<b>Simulationsstudien</b> .....	<b>xi</b>
<b>- Iterative Analyse –</b> .....	<b>xi</b>
<b>1.Materialismusmodell</b> . . . . .	<b>xii</b>
<b>2a. Freie Wechselwirkung (<math>\eta_1</math>=KSI; komplett standardisiert)</b> . . . . .	<b>xiii</b>
2b. Beta12=Beta21 ( $\eta_1$ =KSI) . . . . .	xiv
2c. Beta12=Beta21*0,5 ( $\eta_1$ =KSI; komplett standardisiert) . . . . .	xv
2d. Beta12=Beta21*0,3 ( $\eta_1$ =KSI; komplett standardisierte Lösung): . . . . .	xvi
2e. Beta12=Beta21*0.25 ( $\eta_1$ =KSI; komplett standardisierte Lösung): . . . . .	xvii
<b>3. Freies Wechselwirkungsmodell (<math>\eta_1</math>=Eta)</b> . . . . .	<b>xviii</b>
3a. Beta12=Beta21 ( $\eta_1$ =Eta) . . . . .	xviii
3b. Beta12=Beta21*0.5 ( $\eta_1$ =Eta; komplett standardisierte Lösung): . . . . .	xviii
3c. Beta12=Beta21*0.33 ( $\eta_1$ =Eta; komplett standardisierte Lösung): . . . . .	xix
3d. Beta12=Beta21*0.25 ( $\eta_1$ =Eta; komplett standardisierte Lösung): . . . . .	xix
<b>ADHD-Modell (Lauth &amp; Schlottke 1999)</b> .....	<b>xxi</b>
<b>Anamnesebogen</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>Children Behavior Checklist CBCL 4/18</b> .....	<b>xxx</b>
<b>Conners' Einschätzungsskala für Eltern</b> .....	<b>xxxvii</b>
<b>FBB-HKS</b> .....	<b>xli</b>



# Abbildungsverzeichnis

## I Theorieteil

ABB.1. 1: IDENTITÄTSTHEORIE ALS EINFAKTORMODELL	33
ABB.1. 2: IDENTITÄTSTHEORIE ALS EINFAKTORENLÖSUNG UND FECHNER	36
ABB.1. 3: MATERIALISMUSMODELL UND FECHNER	36
ABB.1. 4: NONREKURSIVES WECHSELWIRKUNGSMODELL UND FECHNER	36
ABB.1. 5: ERKENNTNISTHEORETISCHES KREISMODELL	65
ABB.1.6: KREISMODELL DES FUNKTIONSZUSAMMENHANGS DER WISSENSCHAFTLICHEN METHODEN	66
ABB.1. 7: KREISMODELL WISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNIS UNTER EINBEZUG VON TEILNEHMER- UND BEOBACHTERPERSPEKTIVE	68
ABB.1. 8: KOMPLEMENTARITÄT DER HIRNPHYSIOLOGISCHEN UND PSYCHOLOGISCHEN EBENE	124
ABB.1. 9: MODELL DER AUFMERKSAMKEITSTÖRUNGEN NACH LAUTH & SCHLOTTKE (2002)	132
ABB.1. 10: THETA-GESAMTENTWICKLUNG EINES 8-JÄHRIGEN JUNGEN AN C4 ÜBER 28 SITZUNGEN NEUROFEEDBACKTRAINING	135
ABB.1. 11: THETA-ENTWICKLUNG AN C4 EINES 8-JÄHRIGEN JUNGEN IM LAUFE EINES NEUROFEEDBACKTRAININGS VOR EINTRITT EINES KRITISCHEN LEBENSEREIGNISSES	136
ABB.1. 12: THETA-ENTWICKLUNG AN C4 NACH EINTRITT DES KRITISCHEN LEBENSEREIGNISSES	136
ABB.1. 13: BETA-GESAMTVORLAUF AN C4 EINES 8-JÄHRIGEN JUNGEN ÜBER 28 SITZUNGEN NEUROFEEDBACK HINWEG (NACH DER PLACEBOPHASE)	137
ABB.1. 14: BETA-VORLAUF VOR EINTRITT DES KRITISCHEN LEBENSEREIGNISSES	137
ABB.1. 15: BETA-VORLAUF NACH DEM EINTRITT DES KRITISCHEN LEBENSEREIGNISSES	138

## II empirischer Teil (Simulationsstudien)

ABB.2. 1: REKURSIVES MODELL (MATERIALISMUS; KOMPLETT STANDARDISIERTE LÖSUNG)	143
ABB.2. 2: MODIFIZIERTES MATERIALISMUSMODELL	144
ABB.2. 3: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERTE LÖSUNG):	145
ABB.2. 4: PARALLELISMUSMODELL (FREI GESCHÄTZTE KORRELATION AUF LATENTER EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT):	146
ABB.2. 5: IDENTITÄTSMODELL ALS EINFAKTORENLÖSUNG (KOMPLETT STANDARDISIERT):	146
ABB.2. 6: WECHSELWIRKUNG ALS GLEICHGEWICHTUNG	148
ABB.2. 7: $BETA_{21}=0.45$ $BETA_{12}$ (KOMPLETT STANDARDISIERTE LÖSUNG)	149
ABB.2. 8: $BETA_{21}=0.25$ $BETA_{12}$	149
ABB.2. 9: $BETA_{21}=0.1$ $BETA_{12}$ (KOMPLETT STANDARDISIERT)	150
ABB.2. 10: $BETA_{21}=0.01$ $BETA_{12}$ (KOMPLETT STANDARDISIERT):	150
ABB.2. 11: $BETA_{21}=0.001$ $BETA_{12}$ (KOMPLETT STANDARDISIERT)	151
ABB.2. 12: MATERIALISMUSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	153
ABB.2. 13: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	154
ABB.2. 14: GLEICHGEWICHTUNGSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	155
ABB.2. 15: WECHSELWIRKUNG MIT DOPPELT SO GROßEM EINFLUSS VON KSI AUF ETA (KOMPLETT STANDARDISIERT)	156
ABB.2. 16: WECHSELWIRKUNG MIT 10FACH SO GROßEM EINFLUSS VON KSI AUF ETA (KOMPLETT STANDARDISIERT)	157
ABB.2. 17: EINFAKTORMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	159
ABB.2. 18: EINFAKTORMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	160
ABB.2. 19: MATERIALISMUSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	160
ABB.2. 20: WECHSELWIRKUNGSMODELL (KOMPLETT STANDARDISIERT)	161

## II EMPIRISCHER TEIL

ABB.2B. 1: AUSBILDUNGSGRAD MUTTER UND VATER (BALKENDIAGRAMM)	164
ABB.2B. 2: AUSBILDUNGSGRAD VATER (BALKENDIAGRAMM)	165
ABB.2B. 3: MESSMODELL PHYSIOLOGISCHE EBENE (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	198
ABB.2B. 4: MESSMODELL PHYSIOLOGISCHE EBENE	199
ABB.2B. 5: MESSMODELL PHYSIOLOGISCHE EBENE (MODIFIKATIONSINDICES)	201
ABB.2B. 6: MESSMODELL NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE (TOVA; KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	201
ABB.2B. 7: MESSMODELL NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE (TOVA), KOMPLETT STANDARDISIERT	202
ABB.2B. 8: MESSMODELL NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE (TOVA) MIT FEHLERVARIANZ=0	202
ABB.2B. 9: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT HYPERAKTIVITÄT (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	203
ABB.2B. 10: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT HYPERAKTIVITÄT	204
ABB.2B. 11: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT HYPERAKTIVITÄT (KORRELIERTE FEHLER)	205
ABB.2B. 12: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	206
ABB.2B. 13: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG	206
ABB.2B. 14: MESSMODELL EXTERNALISIERENDE STÖRUNG (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	207
ABB.2B. 15: MESSMODELL EXTERNALISIERENDE STÖRUNG	208
ABB.2B. 16: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	208
ABB.2B. 17: MESSMODELL NEUROPHYSIOLOGISCHE EBENE, KORRESPONDIEREND MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG	209
ABB.2B. 18: MESSMODELL INTERNALISIERENDE STÖRUNG (KONZEPTUELLES DIAGRAMM)	209
ABB.2B. 19: MESSMODELL INTERNALISIERENDE STÖRUNG	209
ABB.2B. 20: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES MATERIALISMUSMODELLS (ELEKTROPHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	211
ABB.2B. 21: MATERIALISMUSMODELL (NEUROPHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	212
ABB.2B. 22: MODIFIKATIONSINDICES (MATERIALISMUSMODELL)	213
ABB.2B. 23: KONZEPTUELLES MODELL UNABHÄNGIGKEIT	214
ABB.2B. 24: MODELL UNABHÄNGIGKEIT	214
ABB.2B. 25: MODIFIKATIONSINDICES (UNABHÄNGIGKEITSANNAHME)	215
ABB.2B. 26: IDEALISMUSMODELL DER NEUROPHYSIOLOGISCHEN UND NEUROPSYCHOLOGISCHEN EBENE (KONZEPTUELLES MODELL)	216
ABB.2B. 27: IDEALISMUSMODELL DER NEUROPHYSIOLOGISCHEN UND NEUROPSYCHOLOGISCHEN EBENE	217
ABB.2B. 28: KONZEPTUELLES DIAGRAMM WECHSELWIRKUNGSMODELL (NEUROPHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	218
ABB.2B. 29: FREIE WECHSELWIRKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN UND NEUROPSYCHOLOGISCHEN EBENE	219
ABB.2B. 30: GLEICHGEWICHTUNGSMODELL (PHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	221
ABB.2B. 31: WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN MIT DER NEUROPSYCHOLOGISCHEN EBENE MIT 2,5FACH GRÖßEREM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE	222
ABB.2B. 32: WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN MIT DER NEUROPSYCHOLOGISCHEN EBENE MIT DREIMAL GRÖßEREM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE	223
ABB.2B. 33: WECHSELWIRKUNGSMODELL (UMKEHRANALYSE): 2,5FACHER EINFLUSS DER NEUROPSYCHOLOGISCHEN AUF DIE PHYSIOLOGISCHE EBENE	225
ABB.2B. 34: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DER IDENTITÄTSTHEORIE ALS EINFAKTORENLÖSUNG (PHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	226
ABB.2B. 35: IDENTITÄTSTHEORE ALS EINFAKTORLÖSUNG (PHYSIOLOGISCHE UND NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE)	227
ABB.2B. 36: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES MATERIALISMUSMODELLS (PHYSIOLOGISCHE EBENE UND PSYCHOLOGISCHE EBENE ALS HYPERAKTIVITÄT)	228

ABB.2B. 37: MATERIALISMUSMODELL (PHYSIOLOGISCHE UND PSYCHOLOGISCHE EBENE ALS HYPERAKTIVITÄT)	228
ABB.2B. 38: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES FREIEN WECHSELWIRKUNGSMODELLS DER PHYSIOLOGISCHEN MIT DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE (HYPERAKTIVITÄT)	229
ABB.2B. 39: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN MIT DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE ALS HYPERAKTIVITÄT (KOMPLETT STANDARDISIERT)	230
ABB.2B. 40: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN MIT DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE ALS HYPERAKTIVITÄT (NICHT STANDARDISIERT)	230
ABB.2B. 41: GLEICHGEWICHTUNG DES WECHSELWIRKUNGSMODELLS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT (PSYCHOLOGISCHE EBENE), NICHT STANDARDISIERT	232
ABB.2B. 42: WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT MIT DOPPELTEM SO GROßEM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE (NICHT STANDARDISIERT)	233
ABB.2B. 43: WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT MIT DOPPELT SO GROßEM EINFLUSS DER HYPERAKTIVITÄT	234
ABB.2B. 44: WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT MIT DREIFACH SO GROßEM EINFLUSS DER HYPERAKTIVITÄT	235
ABB.2B. 45: IDENTITÄTSMODELL ALS EINFAKTORLÖSUNG (HIRNPHYSIOLOGISCHE EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT)	236
ABB.2B. 46: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES MATERIALISMUSMODELLS (PHYSIOLOGISCHE EBENE DYSAROU1 MIT PSYCHOLOGISCHER EBENE EXTERNS)	237
ABB.2B. 47: MATERIALISMUSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG	238
ABB.2B. 48: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES MATERIALISMUSMODELLS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG MIT ZUM TEIL KORRELIERTEN FEHLERN	239
ABB.2B. 49: MATERIALISMUSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG (MIT ZUM TEIL KORRELIERTEN FEHLERN)	240
ABB.2B. 50: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES FREIEN WECHSELWIRKUNGSMODELLS (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG)	241
ABB.2B. 51: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG	241
ABB.2B. 52: WECHSELWIRKUNGSMODELL (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG) MIT ETWAS GRÖßEREM EINFLUSS DER EXTERNALISIERENDEN STÖRUNG	243
ABB.2B. 53: WECHSELWIRKUNG (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG) MIT DOPPELT SO GROßEM EINFLUSS DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	244
ABB.2B. 54: WECHSELWIRKUNG (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNAL. STÖRUNG) MIT DREIFACH SO GROßEM EINFLUSS DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	245
ABB.2B. 55: WECHSELWIRKUNG (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNAL. STÖRUNG) MIT VIERFACH SO GROßEM EINFLUSS DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	246
ABB.2B. 56: WECHSELWIRKUNG (PHYSIOLOGISCHE EBENE MIT EXTERNAL. STÖRUNG) MIT 10FACH SO GROßEM EINFLUSS DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	247
ABB.2B. 57: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT MINIMAL GRÖßEREM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	248
ABB.2B. 58: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT DREIFACHEM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN AUF DIE PSYCHOLOGISCHE EBENE (EXTERNALISIERENDE STÖRUNG), KOMPLETT STANDARDISIERT.	249
ABB.2B. 59: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT VIERFACHEM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN AUF EXTERNALISIERENDE STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	250
ABB.2B. 60: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT 10FACHEN EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE AUF EXTERNALISIERENDE STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	251
ABB.2B. 61: IDENTITÄTSMODELL VON PHYSIOLOGISCHER EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	252
ABB.2B. 62: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES MATERIALISMUSMODELLS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG	253
ABB.2B. 63: MATERIALISMUSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	254

ABB.2B. 64: KONZEPTUELLES DIAGRAMM DES WECHSELWIRKUNGSMODELLS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG	255
ABB.2B. 65: FREIE WECHSELWIRKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	256
ABB.2B. 66: WECHSELWIRKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG ALS GLEICHGEWICHTUNGSMODELL, KOMPLETT STANDARDISIERT	257
ABB.2B. 67: WECHSELWIRKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG MIT DOPPELTEM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	258
ABB.2B. 68: WECHSELWIRKUNG DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG MIT DREIFACHEM EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	259
ABB.2B. 69: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT DOPPELT SO GROßEM EINFLUSS DER INTERNALISIERENDEN STÖRUNG AUF DIE PHYSIOLOGISCHE EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	260
ABB.2B. 70: UMKEHRANALYSE: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT DREIFACHEM EINFLUSS DER INTERNALISIERENDEN STÖRUNG AUF DIE PHYSIOLOGISCHE EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	261
ABB.2B. 71: IDENTITÄTSMODELL ALS EINFAKTORLÖSUNG DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT INTERNALISIERENDER STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	262
ABB.2B. 72: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT 2,5FACHEN EINFLUSS DER PHYSIOLOGISCHEN AUF DIE NEUROPSYCHOLOGISCHE EBENE (TOVA), KOMPLETT STANDARDISIERT	263
ABB.2B. 73: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELL DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT HYPERAKTIVITÄT, KOMPLETT STANDARDISIERT	264
ABB.2B. 74: FREIES WECHSELWIRKUNGSMODELLE DER PHYSIOLOGISCHEN EBENE MIT EXTERNALISIERENDER STÖRUNG, KOMPLETT STANDARDISIERT	265
ABB.2B. 75: WECHSELWIRKUNGSMODELL MIT DOPPELTEM EINFLUSS DER INTERNALISIERENDEN STÖRUNG AUF DIE PHYSIOLOGISCHE EBENE, KOMPLETT STANDARDISIERT	266
ABB.2B. 76: POWER-QUOTIENTEN VON JUNGE A, ERMITTELT MIT NEUROGUIDE (DATENBASIS UND SOFTWARE VON THATCHER (THATCHER ET AL. 2003), DIE SKALA GIBT Z-WERTE AN (ABWEICHUNG VON DER NICHT-KLINISCHEN ALTERSGRUPPE)	269
ABB.2B. 77: POWER-QUOTIENTEN VON JUNGE B, ERMITTELT MIT NEUROGUIDE (DATENBASIS UND SOFTWARE VON THATCHER (THATCHER ET AL. 2003), DIE SKALA GIBT Z-WERTE AN (ABWEICHUNG VON DER NICHT-KLINISCHEN ALTERSGRUPPE)	270

### III Einordnung der Befunde

ABB.3. 1: TEIL-GANZES-RELATIONEN VON NEURONEN, NEURONENVERBÄNDEN UND PSYCHISCHEM ORDNER	278
ABB.3. 2: TEIL-GANZES-RELATIONEN VON NEURONENVERBÄNDEN, PHYSIOLOGISCHEM FAKTOR UND PSYCHOLOGISCHEM ORDNER	279
ABB.3. 3: ARTEN VON WECHSELWIRKUNGEN	279
ABB.3. 4: DIE DYNAMISCHE SCHICHTENSTRUKTUR DER WELT	294
ABB.3. 5: KOHÄRENZ-MAPS EINES 10-JÄHRIGEN JUNGEN, ERMITTELT MIT DER SOFTWARE NEUROGUIDE (S. THATCHER ET AL. 2003), VOR BEGINN EINER MULTIMODALEN VERHALTENSTHERAPIE, DIE NEUROFEEDBACK ALS BAUSTEIN BEINHALTETE	300
ABB.3. 6: KOHÄRENZ-MAPS EINES 10-JÄHRIGEN JUNGEN, ERMITTELT MIT DER SOFTWARE NEUROGUIDE (S. THATCHER ET AL. 2003), NACH DURCHFÜHRUNG EINER MULTIMODALEN VERHALTENSTHERAPIE, DIE NEUROFEEDBACK ALS BAUSTEIN BEINHALTETE	300
ABB.3. 7: KOHÄRENZ-MAPS EINE 43-JÄHRIGEN MANNES MIT ADHS VOR BEGINN EINES NEUROFEEDBACKTRAININGS IM RAHMEN EINER MULTIMODALEN VERHALTENSTHERAPIE	301
ABB.3. 8: KOHÄRENZ-MAPS EINES 43-JÄHRIGEN MANNES MIT ADHS NACH DURCHFÜHRUNG EINES NEUROFEEDBACKTRAININGS IM RAHMEN EINER MULTIMODALEN VERHALTENSTHERAPIE	301
ABB.3. 9: DIE ERZIEHUNGSLEHRE KANTS (GRAPHISCHE VERANSCHAULICHUNG NACH HÖRMANN [2003])	311

## Tabellenverzeichnis

TAB.2. 1: AUSBILDUNGSGRAD DER MUTTER (0=OHNE, 1=MIT AUSBILDUNG; 2=STUDIUM)	164
TAB.2. 2: AUSBILDUNGSGRAD DES VATERS (0=OHNE, 1= MIT AUSBILDUNG; 2=STUDIUM)	165
TAB.2. 3: ALTERSVERTEILUNG (AUF VOLLE JAHRE ABGERUNDET) DER KINDER- UND JUGENDLICHEN DIESER STUDIE .....	166
TAB.2. 4: VERTEILUNGSSCHARAKTERISTIKA DER ALTERSVERTEILUNG .....	166
TAB.2. 5: TESTUNG AUF NORMALVERTEILUNG DER ALTERSVARIABLE.....	167
TAB.2. 6 VERTEILUNGSSCHARAKTERISTIKA DER CFT-INTELLIGENZ IN DER VORLIEGENDEN STICHPROBE .....	167
TAB.2. 7 ICD10-DIAGNOSEN IN DER STICHPROBE DER VORLIEGENDEN STUDIE .....	169
TAB.2. 8:.....	176
TAB.2. 9: EXPLORATIVE HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER TOVA-VARIABLEN (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2) : .....	180
TAB.2. 10 : KORRELATIONSMATRIX VON GESAMTREAKTIONSZEIT UND REAKTIONSZEIT DER ZWEITEN TESTHÄLFTE (TOVA) MIT DEN 70 PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2) : .....	180
TAB.2. 11: HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER 5 PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN, DIE IN DIE NÄHERE AUSWAHL GELANGT SIND (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2) :.....	182
TAB.2. 12: KORRELATIONSMATRIX VON ALTER UND DEN 4 VERBLIEBENEN PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2) SOWIE MULTIPLE REGRESSION MIT ALTER ALS ABHÄNGIGER VARIABLE: .....	182
TAB.2. 13: DESPKRIPTIVE ANALYSE (FETTGEDRUCKT SIND INDICES DER VARIABLEN, DIE AUSGESCHLOSSEN WERDEN) [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] DER VARIABLEN DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE NACH NORMALISIERUNG : .....	183
TAB.2. 14 (INDICES DER VARIABLEN, DIE VON DER ANALYSE AUSZUSCHLIEßEN SIND, SIND FETTGEDRUCKT): KORRELATION DER VARIABLEN DER PSYCHOLOGISCHEN EBENE MIT DEM ALTER (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2): .....	184
TAB.2. 15: HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER VERBLIEBENEN 4 PSYCHOLOGISCHEN VARIABLEN (INDICES DER DREI AUSZUWÄHLENDEN VARIABLEN SIND FETTGEDRUCKT) [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	185
TAB.2. 16 (INDICES DER AUSZUWÄHLENDEN VARIABLEN SIND FETTGEDRUCKT) :KORRELATION VON PHYSIOLOGISCHEN MIT DEN DREI VERBLIEBENEN PSYCHOLOGISCHEN VARIABLEN (ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2) : .....	185
TAB.2. 17: HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER VERBLIEBENEN 9 PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	188
TAB.2. 18: KORRELATIONSMATRIX DER AUSGEWÄHLTEN PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN MIT DER ALTERSVARIABLE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	188
TAB.2. 19 (KRITISCHE INDICES SIND FETTGEDRUCKT): DESKRIPTIVE ANALYSE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] DER VARIABLEN DER REAKTIVEN VERARBEITUNG NACH NORMALISIERUNG : .....	189
TAB.2. 20 (INDICES VON INFRAGE KOMMENDEN VARIABLEN SIND FETTGEDRUCKT): HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER INTERNALISIERENDEN UND EXTERNALISIERENDEN VARIABLEN (REAKTIVE VERARBEITUNG)[ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	190
TAB.2. 21: KORRELATIONSMATRIX DER VERBLIEBENEN INTERNALISIERENDEN UND EXTERNALISIERENDEN STÖRUNGEN MIT DEN 70 PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	191
TAB.2. 22: HAUPTKOMPONENTENANALYSE DER VERBLIEBENEN 11 PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	193
TAB.2. 23: KORRELATIONEN ZWISCHEN DEN VARIABLEN UND DEN HAUPTKOMPONENTEN [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	194
TAB.2. 24: KORRELATION DER AUSGEWÄHLTEN VARIABLEN MIT DER ALTERSVARIABLE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	194
TAB.2. 25: MULTIPLE REGRESSIONSANALYSEN, GETRENNT FÜR INTERNALISIERENDE UND EXTERNALISIERENDE STÖRUNG, MIT ALTER ALS ABHÄNGIGER VARIABLE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	195
TAB.2. 26: KORRELATIONSMATRIX DER AUSGEWÄHLTEN NEUROPSYCHOLOGISCHEN UND PSYCHOLOGISCHEN VARIABLEN [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	195
TAB.2. 27: MULTIPLE REGRESSION DER (NEURO-)PSYCHOLOGISCHEN VARIABLEN MIT DEM CFT-IQ ALS ABHÄNGIGER VARIABLE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	196
TAB.2. 28: KORRELATIONSMATRIX ALLER AUSGEWÄHLTEN PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN UND DEM CFT-IQ [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] : .....	196

TAB.2. 29: MULTIPLE REGRESSION ALLER AUSGEWÄHLTEN PHYSIOLOGISCHEN VARIABLEN MIT DEM CFT-IQ ALS ABHÄNGIGER VARIABLE [ZUR ERLÄUTERUNG DER VARIABLEN S. TEIL II, KAP.2.2] :.....	197
---	-----

# Abkürzungsverzeichnis

**A/B-fz:** Alphaspower geteilt durch Betapower an frontozentraler Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**ADHD:** Attention Deficit Hyperactive Disorder

**ADHDcon:** Conners' ADHD-Index

**ADHS:** Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitätsstörung

**Aggr/10:** Subskala *Aggression* der CBCL 4/18, dividiert durch 10

**AGFI:** Über den GFI (s.u.) hinaus berücksichtigt der AGFI noch die Zahl der Freiheitsgrade.

**A/B-f3:** Alphaspower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**A/B-f4:** Alphaspower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**A/B-f7:** Alphaspower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**A/B-f8:** Alphaspower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**A/B-fp1:** Alphaspower geteilt durch Betapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**A/B-fp2:** Alphaspower geteilt durch Betapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**A/B-fz:** Alphaspower geteilt durch Betapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**A/H-f3:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**A/H-f4:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**A/H-f7:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**A/H-f8:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**A/H-fp1:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**A/H-fp2:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**A/H-fz:** Alphaspower geteilt durch Highbetapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**Angst/De:** Subskala *Angst/Depression* der CBCL 4/18

**Arousal:** physiologischer Faktor, der mit der neuropsychologischen Ebene korrespondiert

**Arousal2:** physiologischer Faktor, der mit der psychologischen Ebene (Hyperaktivität) korrespondiert

**Aufmerks:** Subskala Aufmerksamkeitsstörung der CBCL 4/18

**B/H-f3:** Betapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**B/H-f4:** Betapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**B/H-f7:** Betapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**B/H-f8:** Betapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**B/H-fp1:** Betapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System  
**B/H-fp2:** Betapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System  
**B/H-fz:** Betapower geteilt durch Highbetapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**CBCL 4/18:** Child Behavior Check List (4-18 Jahre)

**CFT:** Culture Fair Intelligence Test

**CFT-20-R:** Grundintelligenztest Skala 2 –Revision-

**Con-HYP:** Conners' Hyperaktivitätssubskala

**ConOPP:** Conners' Oppositionelles-Verhalten-Subskala

**CM-h1:** Impulsivitätsfehler in der ersten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**CM-h2:** Impulsivitätsfehler in der zweiten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**CM-tot:** Impulsivitätsfehler im gesamten TOVA (s.u.)

**CPT:** Continuous Performance Test

**Delinqu:** Subskala *Delinquenz* der CBCL 4/18

**DISYPS-KJ:** Diagnostiksystem für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter (Döpfner et al.)

**D/A-f3:** Deltapower geteilt durch Alphapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**D/A-f4:** Deltapower geteilt durch Alphapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**D/A-f7:** Deltapower geteilt durch Alphapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**D/A-f8:** Deltapower geteilt durch Alphapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**D/A-fp1:** Deltapower geteilt durch Alphapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**D/A-fp2:** Deltapower geteilt durch Alphapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**D/A-fz:** Deltapower geteilt durch Alphapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**D/B-f3:** Deltapower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**D/B-f4:** Deltapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**D/B-f7:** Deltapower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**D/B-f8:** Deltapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**D/B-fp1:** Deltapower geteilt durch Betapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**D/B-fp2:** Deltapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**D/B-fz:** Deltapower geteilt durch Betapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**D/H-f3:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**D/H-f4:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System



**D/H/f4/10:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System dividiert durch 10  
**D/H-f7:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System  
**D/H/f7/10:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System dividiert durch 10  
**D/H/f8/10:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System dividiert durch 10  
**D/H-fp1:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System  
**D/H-fp2:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System  
**D/H-fz:** Deltapower geteilt durch Highbetapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**D/T-f3:** Deltapower/Thetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-f4:** Deltapower/Thetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-f7:** Deltapower/Thetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-f8:** Deltapower/Thetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-fp1:** Deltapower/Thetapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-fp2:** Deltapower/Thetapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System  
**D/T-fz:** Deltapower/Thetapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**Dysarou1:** physiologischer Faktor *Dysarousal1*, der mit dem psychologischen Faktor *externalisierende Störung* korrespondiert

**Dysarou2:** physiologischer Faktor *Dysarousal 2*, der mit dem psychologischen Faktor *internalisierende Störung* korrespondiert

**EEG:** Elektroenzephalogramm

**externS:** psychologischer Faktor *externalisierende Störung*, der mit dem physiologischen Faktor *Dysarousal1* korrespondiert

**FBB-HKS:** Fremdbeurteilungsbogen für Hyperkinetische Störungen (umfasst drei Subskalen: Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität)

**FBB-HY:** Hyperaktivitätssubskala des Fremdbeurteilungsbogens FBB-HKS von Döpfner et al.

**FBB-IMP:** Impulsivitätssubskala des Fremdbeurteilungsbogens FBB-HKS von Döpfner et al.

**FBB-UA:** Unaufmerksamkeitssubskala des Fremdbeurteilungsbogens FBB-HKS von Döpfner et al.

**F3:** linksfrontale Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**F4:** rechtsfrontale Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**F7:** linksfrontale Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**F8:** rechtsfrontale Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**Fp1:** linksfrontopolare Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**Fp2:** rechtsfrontopolare Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**Fz:** frontozentrale Elektrodenposition gemäß dem 10-20-System

**GAI:** Globalanalyseindex (zur näheren Beschreibung, siehe den Link: [#GAI](#) bzw. S.147)

**GFI:** Global Fit Index; entspricht dem Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalyse und misst die relative Menge an Varianz und Kovarianz, die das Modell beinhaltet. Der GFI kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen (1=perfekter Fit)

**Hyperakt:** psychologischer Faktor *Hyperaktivität*, operationalisiert durch Conners' Hyperaktivitätssubskala

**INATcon:** Conners' Unaufmerksamkeitssubskala

**Internal:** psychologischer Faktor *internalisierende Störung*, der mit dem physiologischen Faktor *Dysarousal 2* korrespondiert

**koerpB:** Subskala *körperliche Beschwerden* der CBCL 4/18

**NV:** Nettoveränderungsindex (zur näheren Beschreibung, siehe den Link: [#NV](#) bzw. S.151)

**Om-h1:** Auslassungsfehler in der ersten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**Om-h2:** Auslassungsfehler in der zweiten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**Om-tot:** Auslassungsfehler im gesamten TOVA (s.u.)

**QEEG:** quantitatives EEG

**RMR:** Index der Quadratwurzel der Residuen

**RMSEA:** Maß der durchschnittlichen Diskrepanz zwischen Daten und Modell pro Freiheitsgrad (siehe [#RMSEA](#) Teil II. Kap. 4.2.1., S.199)

**RT-h1:** Reaktionszeit der ersten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**RT-h2:** Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA (s.u.)

**RT-tot:** Gesamtreaktionszeit des TOVA (s.u.)

**RTh2/100:** Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA (hohe Zielreizdichte), dividiert durch 100

**RTot/100:** Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100

**SRMR:** standardisierte Quadratwurzel der Residuen (s. dazu Teil II, S.199 [#SRMR](#))

**SozP:** Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18

**Soz-rck:** Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18

**T/A-f3:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**T/A-f4:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**T/A-f7:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**T/A-f8:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**T/A-fp1:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**T/A-fp2:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**T/A-fz:** Thetapower geteilt durch Alphaspower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**T/B-f3:** Thetapower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**T/B-f4:** Thetapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**T/B-f7:** Thetapower geteilt durch Betapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**T/B-f8:** Thetapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**T/B-fp1:** Thetapower geteilt durch Betapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**T/B-fp2:** Thetapower geteilt durch Betapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**T/B-fz:** Thetapower geteilt durch Betapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**T/H-f3:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f3) gemäß dem 10-20-System

**T/H-f4:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f4) gemäß dem 10-20-System

**T/H-f7:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontaler Elektrodenposition (f7) gemäß dem 10-20-System

**T/H-f8:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontaler Elektrodenposition (f8) gemäß dem 10-20-System

**T/H-fp1:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an linksfrontopolarer Elektrodenposition (fp1) gemäß dem 10-20-System

**T/H-fp2:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an rechtsfrontopolarer Elektrodenposition (fp2) gemäß dem 10-20-System

**T/H-fz:** Thetapower geteilt durch Highbetapower an frontozentraler Elektrodenposition (fz) gemäß dem 10-20-System

**TOVA:** Test of Variables of Attention

**ULS-Schätzung:** Unweighted Least Squares- Schätzung

**Var-h1:** Variabilität der Reaktionszeit in der ersten Testhälfte des TOVA

**Var-h2:** Variabilität der Reaktionszeit in der zweiten Testhälfte des TOVA

**Var-tot:** Variabilität der Reaktionszeit im gesamten TOVA

**Vigilanz:** Wachheitsfaktor (neuropsychologische Ebene), der mit dem physiologischen Faktor *Arousal* korrespondiert

## Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie man der Lösung des Leib-Seele-Problems mit empirischen Untersuchungsmethoden ein Stück näher kommen kann. Darüberhinaus sollte die Studie Anhaltspunkte dafür liefern, welches Modell zu dem der Studie zugrundeliegenden Datensatz am besten passt. Zu diesem Zweck wurden drei Modellvorstellungen unterschieden: das **Materialismusmodell**<sup>1</sup>, das **Identitätsmodell**<sup>2</sup> als Einfaktormodell und das **Wechselwirkungsmodell**<sup>3</sup>. In Simulationsstudien zeigte sich, dass auch schon bei Stichproben mit  $N \geq 30$  sich empirisch untersuchen lässt, welche Modellvorstellung die beste Passung zum Datensatz aufweist. Jedoch lassen sich bei so kleinen Stichproben die Parameter nicht befriedigend schätzen, so dass man die Größe der Parameter nicht interpretieren kann. Deswegen wurde zusätzlich zur **globalen Analyse** (Veränderung von  $\chi^2$  in Beziehung zur Veränderung der Freiheitsgrade: das Modell mit mehr Parametern passt dann besser zu den Daten, wenn  $\chi^2$  stärker absinkt als die Freiheitsgrade) die Möglichkeit einer **iterativen Analyse** untersucht: wenn ein sogenanntes rekursives Modell (=monokoausales Materialismusmodell) den Daten zugrunde liegt, dann sollte die schrittweise Vergrößerung des geschätzten Einflusses der physiologischen auf die psychologische Ebene im Wechselwirkungsmodell mit einer immer besseren Modellanpassung einhergehen. Hingegen sollte die Vergrößerung des psychologischen Einflusses mit gleichzeitiger Verringerung des physiologischen Einflusses im Wechselwirkungsmodell mit einer Verschlechterung der Anpassung einhergehen. Für die Größenschätzung wird dabei davon ausgegangen, dass es, wenn Wechselwirkung den Daten zugrunde liegen sollte, einen Umschlagspunkt gibt, ab dem die Modellanpassung beim schrittweisen Modelltesten wieder schlechter wird. Diese Hypothese wurde an simulierten rekursiven Datensätzen untersucht, wobei davon ausgegangen wurde, dass es bei rekursiven (=materialistisch konzipierten) simulierten Daten keinen Umschlagspunkt geben dürfte. Es zeigte sich, dass dies zwar oft der Fall war, aber nicht immer. Deswegen ist die Größenschätzung der Parameter mittels der iterativen Analyse mit Vorsicht zu betrachten. Die globale Analyse hingegen erwies sich bei der Ermittlung des materialistischen Modells bei zugrunde liegenden rekursiven Daten als sehr stabil. Inhaltlich legt die Studie nahe, dass Wechselwirkungsmodelle am besten zu den Daten passen, das Identitätsmodell hingegen am allerschlechtesten. Letzteres dürfte auch daran liegen, dass das Identitätsmodell als Einfaktorlösung konzipiert worden ist, da die materialistischen Identitätstheoretiker sich zum Ziel genommen haben, die psychologische Ebene auf die hirnhysiologische zu reduzieren und deswegen die unterschiedlichen Intensionalitäten von psychologischer und physiologischer Sprache zwar erwähnen, jedoch bei der Betonung der gleichen Extensionalität schließlich wieder zu vergessen scheinen. Insofern erschien es mir konsequent, die Identitätstheorie als Einfaktormodell zu konzipieren. In weiteren Untersuchungen wäre es wünschenswert, wenn neben dem gemeinsamen Faktor, der die gemeinsame Extension wiedergibt, auch zwei Methodenfaktoren (ein psychologischer und ein physiologischer) im Modell berücksichtigt würden, um der unterschiedlichen Intensionalität genügen zu können. Ein solches Modell macht aber zugleich klar, dass es zwar einen gemeinsamen Bezugspunkt gibt, jedoch auch gravierende Unterschiede. Allerdings ist es schwierig, ein solches Modell noch als monistisch anzusehen, da ja drei Faktoren als den Daten zugrunde liegend angenommen werden würden. Schließlich sollte in zukünftigen Untersuchungen insbesondere die physiologische Ebene anders operationalisiert werden, z.B. durch phasische anstelle von tonischen EEG-Daten wie in der vorliegenden Untersuchung, um so mögliche Methodenartefakte ausschließen zu können. Ob der Befund der vorliegenden Studie, dass Wechselwirkungsmodelle am besten zu den Daten passen, tragfähig ist, werden erst weitere, die obigen Anregungen aufgreifende Untersuchungen aufzeigen können. Die vorliegende Studie ist also nur als kleiner erster Schritt in die empirische Herangehensweise an das Leib-Seele-Problem mittels Strukturgleichungsmodellierung zu sehen. Die vorliegende Studie hat also **nicht mehr als Pilotstudiencharakter**. Die Studie kann in folgenden neun Punkten unter Berücksichtigung der oben benannten Vorbehalte zusammengefasst werden:

---

<sup>1</sup> Materialismusmodell: nur die physiologischen Gehirnprozesse beeinflussen psychologische Prozesse, eine umgekehrte Wirkung wird verneint

<sup>2</sup> Identitätsmodell: die Sprache der Psychologie und die Sprache der Physiologie sind zwar nicht aufeinander reduzierbar, jedoch beziehen sie sich auf dieselbe Sache, so wie sich z.B. die Rede vom Morgenstern und Abendstern auf dieselbe Sache bezieht, nämlich auf die Venus, jedoch auch hier die Rede vom Morgenstern einen anderen Bedeutungshof [andere Konnotationen] hat als die Rede vom Abendstern, wobei Identitätstheoretiker die unterschiedlichen Konnotationen zwar sehen, aber sie als nebensächlich zu betrachten scheinen. Die Hauptsache für Identitätstheoretiker ist der gemeinsame Referent, der gemeinsame Bezugspunkt oder, wie man in der Philosophie sagt, die gemeinsame Extension (im Unterschied zur unterschiedlichen Intension)

<sup>3</sup> Wechselwirkungsmodell: physiologische und psychologische Prozesse beeinflussen sich wechselseitig im Sinne zirkulärer Kausalität

1. Aufmerksamkeitsstörungen können als Bewusstseinsstörungen (Störungen der exekutiven Bewusstseinsfunktionen und des Arousal) angesehen werden. Als solche eignen sich Aufmerksamkeitsstörungen gut für die empirische Untersuchung des Leib-Seele-Problems, denn dies taucht immer dann auf, wenn es um Fragen des Bewusstseins geht (z.B. in der neurophysiologischen Bewusstseinsforschung und in der analytischen Philosophie des Geistes).
2. Grundannahmen zum Zusammenhang von Leib und Seele sind Teil unseres Menschenbildes, mit dem wir als Pädagogen und Psychotherapeuten unsere Arbeit machen. Unser Menschenbild beeinflusst das, was und wie wir es tun, wesentlich. Wie soll ich z.B. einen Schüler dabei unterstützen, mehr Eigenverantwortung und Autonomie zu entwickeln, wenn ich davon ausgehe, dass Autonomie eine Illusion ist?
3. Populäre Hirnforscher behaupten, es sei empirisch erwiesen, dass es sich bei Phänomenen der psychologischen Ebene (z.B. freier Wille, Ich-Erleben, Identität o.ä.) um Illusionen handelt, da es aufgrund der vollständigen Determiniertheit psychischer Phänomene durch die Hirnphysiologie keine freien Entscheidungen geben kann. Diese Illusions-Behauptung ist aber nie direkt empirisch untersucht worden, sondern wird aus Untersuchungen abgeleitet, die in der Regel nie zu diesem Zweck durchgeführt worden sind (Ausnahme: B.Libet, der jedoch andere Schlussfolgerungen aus seinen Untersuchungen zieht als der derzeitige Mainstream). Reduktiver Materialismus und Epiphänomenalismus als auch die Identitätstheorien beruhen damit auf nicht empirisch untersuchten und damit auf unhinterfragten metaphysischen Grundannahmen. Zugute halten muß man jedoch den oben genannten Modellvorstellungen, dass sie im Rahmen des klassischen physikalischen Weltbildes sich bemühen, das Rätsel der mentalen Verursachung zu lösen.
4. Die vorliegende Studie legt bei allen Vorbehalten nahe, dass mentale Verursachung, bzw. der Einfluss der psychologischen auf die physiologische Ebene keine Illusion, sondern empirische Tatsache ist. Dieser Befund ist im Rahmen des klassischen Weltbildes der Physik nicht erklärbar. Deswegen bedarf es der Erweiterung des Weltbildes durch die Quantenphysik (s. Teil I, Kap.1.2 und Teil III, Kap. 1.2. der vorliegende Arbeit).
5. Der Zusammenhang zwischen Leib und Seele resp. Geist und Gehirn entzieht sich experimenteller Methodik (Ausnahme: die Untersuchungen im Gefolge W. Penfields, die jedoch nicht extern valide sind, sich also nicht auf die Lebenswelt außerhalb des Labors generalisieren lassen: eine direkte elektrische Reizung des Gehirns findet im Alltag nicht statt). Darüber hinaus ist die experimentelle Methodik ungeeignet zur Untersuchung zirkulärer Kausalitäten.
6. Mittels Strukturgleichungsmodellierung lassen sich Identitätsmodelle, materialistische und Wechselwirkungsmodelle (zirkuläre Kausalität) gegeneinander testen.
7. Die Testung mittels Strukturgleichungsmodellierung gelingt schon bei Stichproben  $\geq 30$  unter bestimmten Bedingungen (z.B. ULS-Schätzer verwenden, ausreichende Stabilitätskoeffizienten [Stability Index  $< 1$ ] bei den Wechselwirkungsmodellen, Ausgewogenheit von Quasi-Alpha und Quasi-Beta-Fehler, s. Simulationsstudien im Anhang: Reihenfolgeeffekte der latenten Variablen).
8. Der empirische Teil der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass der Leib-Seele-Zusammenhang nicht identitätstheoretisch erfasst und beschrieben werden kann, sondern in der Regel von einer Wechselwirkung im Sinne zirkulärer Kausalität ausgegangen werden kann, wobei die Gewichtungen der Kausalrichtungen je nach infrage stehendem Aspekt unterschiedlich sind. Betrachtet man automatisierte Handlungen (z.B. die Reaktionszeiten in einem continuous performance test), dann ist der Anteil des Einflusses der psychologischen auf die physiologische Ebene deutlich geringer als vice versa. Geht es jedoch um Prozesse, bei denen der Anteil an prinzipiell bewusst steuerbaren Handlungen hoch ist (z.B. bei aggressiven Verhaltensweisen), dann steigt der Beeinflussungsanteil, der von der psychologischen Ebene auf die physiologische ausgeht, deutlich an.
9. Da der Leib-Seele-Zusammenhang am besten mittels Wechselwirkungsmodellen beschrieben werden kann, dabei durchaus je nach untersuchtem Phänomenbereich mit unterschiedlichen Gewichtungen, ist Erziehung zur Autonomie und Selbstmanagementtherapie möglich, ohne dabei in die Aporien des materialistischen Weltbildes zu verfallen.

## Abstract

The aim of the study was to show a way how to get the solution of the mind-body problem with empirical methods of investigation a step closer. In addition, the study should provide an indication of which model to study the underlying data set best. For this purpose, three model performances were distinguished: **the materialism model**<sup>4</sup>, **the identity model**<sup>5</sup> as a one-factor model and **the interaction model**<sup>6</sup>. It turned out that even with samples with  $N \geq 30$  can be examined empirically which model best fit the data. But can be in such small samples the parameters are not satisfactory estimate, so that one can not interpret the size of the parameters. It was therefore necessary in addition to the global analysis (the change of Chi2 related to the change in the degrees of freedom: the model with more parameters will then adjust better to the data when Chi2 drops more than the degrees of freedom) to investigate the possibility of an iterative analysis: if a so-called recursive model (= monocausality materialism model) is based on the data, then the gradual increase accompanied the estimated effect of the physiological to the psychological level in the interaction model with an increasingly better model fit. However, should be accompanied with the increase of the psychological impact while reducing the physiological influence in the interaction model a deterioration of the adjustment. For the size estimate, it assumes that if interaction should be based on the data, there is a transition point at which the model fit the progressive model testing is bad again. This hypothesis was tested on simulated data sets recursive, it being understood, was that there should have recursive (= materialistic designed) simulated data does not end point. It turned out that although this was often the case, but not always. Therefore, the size estimation of parameters using the iterative analysis should be viewed with caution. The global analysis, however, proved to be the determination of the materialist model for the underlying recursive data as very stable. Contently suggests the study, interaction model are the model, that best fit the data, the identity model, however, at the very worst. The latter is expected to remain because the identity model has been designed as one-factor-solution, as the materialist identity theorists have taken to the goal of reducing the psychological level to the neurophysiological and mention why the different Intensionalities of psychological and physiological language indeed, but with the emphasis the same extensionality finally seem to forget. In this respect, it seemed logical to design the identity theory as a one-factor model. In further studies it would be desirable to find the common factor that reflects the common extension, and two methods factors (a psychological and physiological) are taken into account in the model, so as to satisfy the different intensionality. Such a model also made clear that there is both a common reference point and significant differences. However, it is difficult to regard such a model still of as monistic, since three factors would be adopted as underlying the empirical data. Finally, future studies should in particular the physiological level operationalize differently, e.g. by phasic instead of tonic EEG data as in the present study, to preclude possible artifacts. Whether the findings of this study that interaction models best fit the data is to be viable, only more can show the above suggestions taking up investigations. The present study is therefore to see only as a small first step in the empirical approach to the mind-body problem by means of structural equation modeling. The present study is only a pilot study character. The study can be summarized in nine points in the light of the above-named Reservations:

1. Attention disorders can be considered as impaired consciousness (impaired executive functions and awareness of arousal). As such, attention deficit disorders are well suited for the empirical study of the mind-body problem, as this appears whenever it comes to questions of consciousness (for example, in neurophysiology of consciousness and in the analytic philosophy of mind).
2. Assumptions on the relationship of body and soul are part of our human image, with which we do as educators and psychotherapists our work. Our humanity does what and how we do it much. How should I e.g. a student help to develop more personal responsibility and autonomy, if I assume that autonomy is an illusion?

---

<sup>4</sup> Materialism model: only the physiological brain processes influence psychological processes, a reverse effect is not possible

<sup>5</sup> Identity model: the language of psychology and the language of physiology, although not each be reduced, but they refer the same thing, as for example the talk of the morning star and evening star refers to the same thing, namely Venus, but again the talk of the morning star has other connotations than the speech of the evening star, with identity theorists different connotations although see, but they seem to be regarded as secondary. The main thing for identity theorists is the common Speaker, the common reference point or, as they say in philosophy, the common extension (as opposed to different intension)

<sup>6</sup> Interaction model: physiological and psychological processes influence each other in the sense of circular causality

3. Popular Brain researchers say that it was proven empirically that the psychological level phenomena (e.g. free will, I-experience, identity, etc.) are illusions, because due to the complete determinism of mental phenomena by brain physiology no free choices can give. This illusion assertion, however, never been directly tested empirically, but is derived from studies that were usually never performed for that purpose (except B. Libet, who, however, different conclusions from his research draws than the current mainstream). Reductive materialism and epiphenomenalism and identity theories are not empirically tested and so on unquestioned metaphysical assumptions. However we must make allowances that the above models are trying to solve the puzzle of mental causation within the classical physical worldview.
4. The present study suggests that mental causation, resp. the influence of the psychological to the physiological level, is not an illusion but an empirical fact. This finding is not in the context of the classical world view of physics to explain. Therefore, we have to expand the scope of the world picture by quantum physics (see Part I, Section 1.2 and Part III, Section 1.2. of the present study).
5. The relationship between body and soul resp. Mind and brain is beyond experimental methodology (except for the investigations in the way of W. Penfield, however, are not externally valid, ie can not be generalized to the living world outside the laboratory: a direct electrical stimulation of the brain found in everyday life rather than not). In addition, the experimental methodology is not suitable for the investigation of circular causalities.
6. By means of structural equation modeling can be models of identity, materialistic and interaction models (circular causality) test against each other.
7. The testing using structural equation modeling is possible even using samples  $N \geq 30$  under certain conditions (eg, ULS estimator, sufficient stability coefficients [Stability Index  $< 1$ ] in the interaction models, balance of quasi-alpha and quasi-beta-error, see the simulation studies in the Annex: Sequence effects of latent variables).
8. The empirical part of the present study has shown that the mind-body connection can not be recognized and described by identity theory but by interaction models in the sense of circular causality with varying the weights of the causal directions depending on the questions often addressed are. Considering automated actions (eg the Times in a Continuous Performance Test), then the share of the influence of the psychological to the physiological level is much lower than vice versa. However, if it goes to processes in which the proportion of the psychological level is high in principle, for example consciously controlled actions (eg aggressive behavior), then the proportion of influence that emanates from the psychological to the physiological level is increasing significantly.
9. Since the mind-body relationship can be best described by interaction models, while quite different at different phenomenon with different weights area, education for autonomy and self-management therapy is possible, without falling into the aporia of the materialistic world view.

## **0. Einleitende Bemerkungen (und persönlicher Hintergrund des Autors)**

Das Leib-Seele-Problem gilt zu Recht als das „hard problem“ der Philosophie und der Humanwissenschaften überhaupt. Von Beginn philosophischen Denkens an beschäftigten sich Menschen mit diesem Thema. So ist es nicht verwunderlich, dass schon Platon und Aristoteles Vorstellungen zu diesem Thema entwickelt haben. Zu erinnern ist auch an die Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Descartes zu diesem Thema (Dualismus vs. Parallelismus im Sinne prästablierter Harmonie). Für die pädagogische Anthropologie ist das Thema von großer Bedeutung, da die Vorstellungen zum Leib-Seele-Problem immer auch das Menschenbild, welches dann hinter pädagogisch-therapeutischen Maßnahmen steht und diese wesentlich prägt, beeinflussen. In meiner Arbeit als Therapeut begegnet mir das Thema u.a. bei der Therapie des Aufmerksamkeitsdefizitsyndroms, da nicht wenige Eltern die von einigen prominenten Fachleuten propagierte Sicht des ADHS als Hirnstoffwechselstörung, die besagt, dass, genau wie die Zuckerkrankheit der täglichen Insulinzufuhr bedürfe, so auch ADHD-Kinder täglich Ritalin einnehmen müssten ( s. z.B. Aust-Claus & Hammer 2000, S.271), übernommen haben und damit die Symptome und Schwierigkeiten, die sie mit ihren Kindern haben, vor allem auf körperliche Prozesse attribuieren, d.h. die psychische Ebene durch die körperliche Ebene beeinflusst sehen. Hier bedarf es einiges an Überzeugungsarbeit, um dies organmedizinische Modell schließlich in ein für die Verhaltenstherapie unabdingbares biopsychosoziales Modell überführen zu können. Aufgrund dieser Herausforderung habe ich schon vor mehreren Jahren begonnen, mich auch mit den körperlichen Bedingungen psychischer Störungen auseinanderzusetzen, und ich habe dabei freudig zur Kenntnis genommen, dass die Hirnforschung mittlerweile herausgefunden hat, dass das Gehirn auch im Erwachsenenalter plastischer ist als früher angenommen: d.h. dass psychosoziale Erfahrungen nicht nur im Kindesalter die Gehirnentwicklung beeinflussen, sondern sogar noch bis ins Erwachsenenalter hinein. Spannend habe ich auch bei Kandel (2006) erfahren, dass bei der Langzeitspeicherung von Erfahrungen neue synaptische Verbindungen entstehen, also das Gehirn nachweislich durch Erfahrungen modifiziert wird. Diese Erkenntnisse legen nahe, dass auch psychotherapeutische und pädagogische Maßnahmen zu Veränderungen in der Hardware des Gehirns führen durch Bildung neuer synaptischer Verbindungen. Dies wurde für die Psychotherapie depressiver Erkrankungen schon nachgewiesen (s. dazu Grawe 2004). Sehr befremdlich fand ich dann allerdings, dass Kandel und sogar Grawe zu Beginn seines letzten Buches (s.o) das Gehirn als Verursacher des Psychischen betrachtet, also hier eine materialistische Sicht vertreten wird, obwohl die Veränderung des Gehirns durch psychologische und pädagogische Interventionen m.E. doch zuallererst die Interpretation nahe legen dürfte, dass die psychosoziale Ebene nicht nur auf sich selbst, sondern sogar auf die organische Ebene zu wirken imstande ist.

Die weitere Beschäftigung mit dem Thema brachte dann zutage, dass aktuell der alte Streit des 19 Jahrhunderts zwischen Dualisten und Materialisten wieder entbrannt ist, wobei der Mainstream der Neurophysiologen dem Materialismus huldigt und sogar schon einige Philosophen auf ihre Seite gezogen hat. Von philosophischer Seite aus wird der Physikalismus andererseits aber auch grundlegend kritisiert, so z.B. von Bennett & Hacker (2003), die aufzeigen, dass die meisten Neurowissenschaftler die physiologische Ebene mit der psychologischen Ebene durcheinanderbringen und auf diese Weise Kategorienfehler machen, indem sie z.B. sagen, dass das limbische System Situationen bewerten würde..., womit organische Strukturen ungerechtfertigter Weise beseelt würden. Dabei wird das Qualia-Problem ignoriert, dass noch so genaue Kenntnis der physiologischen Korrelate einer Erfahrung die Erfahrung selbst (z.B. die



## Teil I: theoretischer Teil

Erfahrung der Farbe rot) nicht ersetzen und nicht erklären kann, wie es von der Physiologie zu der qualitativen psychischen Erfahrung kommt.

Die vorliegende Arbeit umfasst einen theoretischen und einen empirischen Teil.

Im **theoretischen Teil** werde ich in einem ersten Schritt zwei Hauptvertreter des Physikalismus (W.Singer und G.Roth) zu Wort kommen lassen und diese Perspektive dann im Anschluß kritisch beleuchten, nachdem ich in sehr kurzer, überblicksartiger Weise auf wesentliche historische Vorläufer der aktuellen Modelle eingegangen bin und die Entwicklung des physikalischen Weltbildes sowie die Konzepte der Kybernetik erster und zweiter Ordnung dargestellt habe (Präliminarien). Dies ist notwendig, um die aktuelle Diskussion zu verstehen und kritisch würdigen zu können. In einem zweiten Schritt soll Benjamin Libet, auf den sich Singer und Roth immer wieder beziehen, selbst zu Wort kommen, da B. Libet aus seinen Experimenten andere Schlussfolgerungen zieht als Singer und Roth. In einem dritten und vierten Schritt werde ich dann J.C.Eccles und K.R.Popper als die Hauptvertreter des dualistischen Interaktionismus zu Wort kommen lassen und auch deren durchaus unterschiedliche Sichtweisen im Anschluß einer kritischen Würdigung unterziehen.

In einem fünften Schritt werde ich dann selbst einen Weg vorschlagen, der geeignet sein könnte, empirische Belege für/gegen das Wechselwirkungsmodell von Leib und Seele und für/gegen die Identitätstheorie und generell der materialistischen Sicht des Leib-Seele-Problems zu finden, ohne schon vor Durchführung der Untersuchung die Weichen so gestellt zu haben, dass nur noch das herauskommen kann, was man sowieso schon intendiert hat. Denn genau dies ist das Problem der bisherigen Ansätze: Vorbestehende Konzepte, Modellvorstellungen werden in einem zweiten Schritt empirisch untermauert, indem die Befunde so interpretiert werden, dass sie in die Modellvorstellung passen und nicht-passende Befunde ignoriert oder gar verschwiegen werden (s. dazu Körber 2004; S.105f.; Breidbach 2001, S.11ff.)

Im Anschluß daran werde ich dann auf Modellvorstellungen zur ADHS rekurrieren. Dabei wird das Modell nach Lauth & Schlotke als umfassendes, mehrere Ebenen einbeziehendes Modell besonders berücksichtigt und aus der Perspektive des Leib-Seele-Problems kritisch gewürdigt werden.

Im **empirischen Teil** werde ich in einem ersten Schritt die Methode des „structural equation modeling“ darstellen und ihre Möglichkeiten, zur Klärung des Leib-Seele-Problems möglicherweise beitragen zu können, beleuchten (s. dazu Pfeifer & Schmidt 1987). Hier werde ich auch den ursprünglichen Datensatz mit seinen 101 Variablen beschreiben und erläutern, wie dieser Variablensatz reduziert werden kann, so dass dann sinnvolle Prüfungen von im Vorhinein formulierten Modellen möglich sind. Und genau letzteres macht die Stärke des LISREL-Ansatzes aus, nämlich dass man damit in der Lage ist, genau spezifizierte Modelle auf ihre Passung zum Datensatz hin zu prüfen. Bevor die Methode LISREL zur Anwendung kommt, werde ich Simulationsstudien durchführen, um herauszufinden, ob eine sinnvolle Prüfung der anstehenden Fragen an kleinen Stichproben überhaupt möglich ist und welche Kriterien der Modellbewertung dabei relevant sind.

Schließlich werde ich in einem **dritten Teil** die Befunde in umfassende Konzeptionen (Synergetik, Protyposis-Modell) einordnen und die Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie der ADHS aufzeigen in Anlehnung an die vier Dimensionen des Erziehungs- und Bildungsvorgangs (bildungstheoretische Dimension, anthropologische Dimension, sozial-politische Dimension, Dimension des Lernens) nach Lassahn (1983a).

## Teil I: theoretischer Teil

### 1. Präliminarien

#### 1.1. Historische Anmerkungen: Ein fragmentarischer Blick in die Geschichte des Leib-Seele-Problems im 17. bis 20. Jahrhundert

Den folgenden Ausführungen liegen neben dem Überblick Searles in seiner Einführung in die Philosophie des Geistes (Searle 2006, S.16ff.) ein exzellenter Überblick Poppers (Popper: Historische Bemerkungen zu Leib-Seele-Problem, In: Popper/Eccles: Das Ich und sein Gehirn, piper-verlag: München: 2005 (9.Auflage) und die sehr erhellenden Ausführungen Zoglauers (Zoglauer: Geist und Gehirn) zugrunde.

##### A) René Descartes' Substanzdualismus

Die Philosophie des Geistes im modernen Zeitalter beginnt mit dem Werk von René Descartes (1596-1650), wobei uns in unserem Zusammenhang Descartes' **Dualismus**, nicht sein Gesamtsystem und dessen Implikationen interessieren (s. dazu Blankertz 1982, S.24ff.). Descartes unterschied zwei „Substanzen“, wobei er unter „Substanz“ verstand, dass diese ein Wesen oder eine wesentliche Eigenschaft haben muss, um eine Substanz zu sein, Descartes unterschied also zwei Substanzen, die er *res extensa* und *res cogitans* nannte. Das Wesen des Geistes (*res cogitans*) sei: Bewusstsein (immateriell= nicht räumlich, unteilbar, unzerstörbar und frei), Das Wesen des Körperlichen (*res extensa*) sei, dass Körper im dreidimensionalen physikalischen Raum ausgedehnt sind, nur mittelbar gewusst werden in dem Sinne, dass ich z.B. den Computerbildschirm vor mir nicht als solchen wahrnehme, sondern nur die „Vorstellung“ davon, d.h., dass ich die Vorstellung als mein Erleben (*res cogitans*) unmittelbar wahrnehme, den Tisch jedoch nur mittelbar, vermittelt über die Vorstellung. Darüberhinaus seien Körper unendlich teilbar, während das Bewusstsein eine unteilbare Einheit sei, die sich nicht zerstückeln lässt und damit auch nicht zerstört werden kann. Mit dieser Unterscheidung formulierte Descartes das, was modern auch als Erste-Person-Perspektive im Unterschied zur Dritte- Person-Perspektive genannt wird. Mit Erste-Person-Perspektive sind all unsere Erlebnisse gemeint, mit dritter-Person-Perspektive ist alles das gemeint, was sich aus der Sicht einer dritten Person, also von außen, beschreiben lässt<sup>7</sup>. Mit dieser Unterscheidung hat Descartes den Grundstein für die Trennung der Geisteswissenschaften von den Naturwissenschaften gelegt, erstere beschäftigen sich mit dem Erleben, letztere mit Naturprozessen, die sich als solche nur aus der dritten-Person-Perspektive beschreiben lassen, während sich Erleben dieser Beschreibungsperspektive eines außenstehenden Beobachters grundsätzlich entzieht. Neben dem sogenannten Qualia-Problem führte der Substanzdualismus Descartes' zu der Frage, wie und wo die beiden Substanzen in Beziehung zueinander treten, insbesondere bescherte Descartes der Philosophie das Problem, wie etwas Immaterielles ohne Masse und ohne Ausdehnung auf die Materie Einfluss nehmen kann. Diese Schwierigkeit wird besonders dann bewusst, wenn man sich vor Augen führt, dass Descartes die *res extensa* streng mechanistisch auffasste:

„In Descartes' wie in der Kosmologie der Atomisten war die Welt ein riesiges mechanisches Uhrwerk mit Zahnrädern: Wirbel griffen ineinander und stießen einander vorwärts. Alle Lebewesen waren Teil dieses riesigen Uhrwerkmechanismus. Jedes Lebewesen war ein Teiluhrwerk, wie die automatischen, von Wasser getriebenen Pumpen, die zu seiner Zeit modische Schaustücke in den Gärten mancher Adelliger waren. Der menschliche Körper bildete keine Ausnahme. Er war ein Automat- mit Ausnahme seiner Willensbewegungen. Hier war die *einzig*

---

<sup>7</sup> B.Russel spricht von Erkenntnis durch „Bekannschaft“ und Erkenntnis durch „Beschreibung“ (Russel 1967; S.43-53).

## Teil I: theoretischer Teil

Ausnahme im Universum: Der immaterielle menschliche Geist konnte im menschlichen Körper Bewegungen verursachen [...]. Es ist klar, dass diese Theorie der Wechselwirkung von Leib und Seele nicht besonders gut in eine sonst völlig mechanische Kosmologie passt.“ (Popper: Historische Bemerkungen zum Leib-Seele-Problem, S.222f., kursiv im Original)

Die Seele im Descartesschen System ist zwar unausgedehnt und immateriell, hat aber einen Ort, nämlich die Zirbeldrüse. Dort soll der Ort der Wechselwirkung zwischen Seele und Körper sein. Von hier aus sende die Seele „Lebensgeister“ aus, die, fließend durch die Nerven- und Blutbahnen, jeden Punkt des Körpers erreichen.

„Wie Blasbälge stoßen das Herz und die Arterien die Lebensgeister in alle Regionen des Körpers. Ihre Beschaffenheit bestimmt auch den Charakter und die Stimmung des Menschen. Die Lebensgeister besitzen die Kraft, das Gehirngewebe anzustoßen wie der Wind die Segel eines Schiffes aufbläht.“ (Zoglauer 1998, S.51)

Deutlich wird, dass Descartes davon ausgeht, dass die animalischen Geister (die ausgedehnt sind!!!) den Körper durch Stoß bewegen und ihrerseits ebenfalls durch Stoß bewegt werden. (s. auch Russel 2008, 570) „Das war eine notwendige Folge der Descartesschen Kausalitätstheorie. Doch wie konnte die unausgedehnte Seele so etwas wie einen Stoß auf einen ausgedehnten Körper ausüben?“ (Popper, ebd. S.224). Die zweite wesentliche Schwierigkeit hängt mit Descartes' Vorstellung zusammen, dass die Seele auf die Lebensgeister einwirkt, indem sie deren Bewegungsrichtung ablenkt, und dies soll nach Descartes Glauben ohne Verletzung physikalischer Gesetze geschehen, so lange nur die Bewegungsmenge=Masse x Geschwindigkeit erhalten blieb. Leibniz wies nach, dass dies ein Irrtum war. Er entdeckte das Gesetz von der Erhaltung des Impulses, nach dem „der Impuls, und damit *die Richtung* der Bewegung erhalten bleiben muss“ (Popper, ebd. S.225, kursiv im Original). Daraus folgt, dass die Seele die Richtung der Lebensgeister eben nicht ohne Verletzung physikalischer Gesetze beeinflussen kann. Popper (ebd.) zeigt diesbezüglich auf, dass dies aber nur dann ein ernst zu nehmender Einwand wäre, wenn die Prozesse im Gehirn wirklich mechanischer Natur wären. Dies ist aber nun, wie wir im Unterschied zu Descartes und Leibniz mittlerweile wissen, nicht der Fall:

„Wenn wir [...] Descartes mechanische ‚Lebens-Geister‘ nicht mechanisch, sondern physikalistisch als elektrische Phänomene interpretieren, dann lässt sich diese besondere Schwierigkeit völlig vernachlässigen, da ja die Masse des abgelenkten elektrischen Stroms fast gleich Null ist, so dass es für einen Schalter, der die Stromrichtung ändert, kein Ausgleichsproblem gibt.“ (Popper, ebd. S.225)

Aber auch auf der Basis elektromechanischer Modellvorstellungen bleibt ungeklärt, wie die Seele als immaterielle Substanz hirneurologische Prozesse beeinflussen können soll, ohne den Energieerhaltungssatz zu verletzen.

### B) Leibniz' Parallelismus

Aus Sicht des Parallelismus sind Seele und Körper verschieden, über jedoch keinen Einfluss aufeinander aus. Aus Sicht des Parallelismus korrelieren zwar Körperzustände mit seelischen, jedoch gehen die Korrelationen nicht auf kausale Wechselwirkungen zurück. Die psychischen und physischen Zustände verlaufen parallel, „wie zwei synchrone Uhren, die, obwohl sie nicht miteinander gekoppelt sind, stets die gleiche Zeit anzeigen“ (Zoglauer, ebd. S. 67). Dabei geht Leibniz von einem „vollkommenen Parallelismus“ (Leibniz [1966], Bd.II, S.54, zit. nach Zoglauer, ebd.) aus. Da sich nach Leibniz Physis und Psyche nicht gegenseitig beeinflussen und er die Sichtweise der *Okkasionalisten* (s. dazu Popper, ebd. S. 227f.), dass Gott bei jeder Gelegenheit Seele und Leib immer wieder neu synchronisieren würde, ablehnte, musste er sich ein anderes Konzept überlegen, welches die perfekte Parallelität erklärt: die „prästabilierte Harmonie“: Dies Konzept besagt, dass Gott seelische und körperliche Vorgänge derart perfekt synchronisiert hat vor aller Zeit, als er

„die beste aller möglichen Welten“ erschaffen hatte, indem er seelische und körperliche Prozesse wie zwei Uhren von Anfang an mit einer so hohen Genauigkeit ausgestattet hatte, dass sie bis in alle Ewigkeit genau gehen und niemals neu aufgezogen und synchronisiert werden müssen: „So

## Teil I: theoretischer Teil

gehen alle Ereignisse in den Seelen derart vor sich, als ob es keine Körper, und alle in den Körpern, als ob es keine Seelen gäbe“ (Leibniz (1966), ebd. S.72, zit. nach Zoglauer, ebd. S.68).

Seelische Prozesse gehen damit nur aus seelischen und körperliche nur aus körperlichen hervor bei zugleich perfekter Parallelität der Abläufe. Während sich die Annahme eines Schöpfergottes, der die Synchronizität erschaffen hat, natürlich nicht testen lässt, sondern in den Bereich der Metaphysik gehört, lässt sich die Annahme der perfekten Parallelität unter Umständen testen mittels der Analyse linearer Strukturgleichungen, die es ermöglicht, das natürlich fehlerbehaftete Messmodell von dem zu testenden Strukturmodell zu trennen, so dass es möglich wird, trotz Messfehlern die Annahme eines perfekten latenten rein korrelativen (nicht-kausalen) Zusammenhangs zu modellieren und unter Umständen in seiner Anpassung mit anderen Modellen zu vergleichen (s.u. empirischer Teil). Gegen den Substanzdualismus von Descartes wandte Leibniz ein, dass es dem Energie- und dem Impulserhaltungssatz widerspricht, „wenn die Seele auf die Bewegung der Körper Einfluss nehmen könnte, indem sie z.B. die Zirbeldrüse veranlasst, Lebensgeister auszusenden oder deren Bewegungsrichtung verändert“, denn damit würden „spontan Kräfte aus dem Nichts erzeugt und die Quantität der Gesamtkraft oder ihre Gesamtrichtung würde sich ändern“ (Zoglauer, ebd. S.70). Deutlich wird, dass auch Leibniz die physikalische Verursachung nach dem Stossprinzip wie zwischen Billardkugeln versteht, die selbst passiv sind und erst aktiv werden, nachdem sie von anderen Kugeln angestoßen werden. Zirkuläre Kausalität hat in diesem Modell keinen Platz.

### C) Materialistische Theorien

Aufgrund des Problems des Parallelismus, die Synchronizität nur metaphysisch erklären zu können, geben materialistische Konzepte eine andere Antwort als die des Parallelismus Leibnizscher Prägung auf die Schwierigkeiten des Descartesschen Substanzdualismus. Materialistische Konzepte verstehen sich als monistisch im Unterschied zum Dualismus. Grundsätzlich gibt es zwei monistische Richtungen, zum einen den mentalen Monismus, der Materie als äußeres Erscheinungsbild des Geistes, der Seele oder des Mentalen sieht – der mentale Monismus wird auch Idealismus genannt (ein berühmter Vertreter ist Berkeley: „esse est percipi“ und natürlich Hegel), zum anderen der materialistische Monismus, auch Materialismus genannt:

„Der Materialismus ist die Auffassung, dass die einzige Wirklichkeit, die es gibt, die materielle oder physische Wirklichkeit ist, und folgerichtig müssen deshalb mentale Zustände [...] irgendwie auf eine Art von physischen Zuständen reduzierbar sein, ja, sie können nichts anderes als physische Zustände sein. In einem gewissen Sinn ist der Materialismus die Religion unserer Zeit, zumindest unter den meisten Experten auf den Gebieten der Philosophie, Psychologie, Kognitionswissenschaften [...]“ (Searle, ebd. S.56).

Das Gemeinsame aller materialistischen Spielarten ist die Annahme, dass die Natur kausal geschlossen ist, was bedeutet, dass Physikalisches nur durch Physikalisches verursacht sein kann, und dass die Naturgesetze deterministisch sind. Darüberhinaus impliziert der Materialismus, dass ein physisches Phänomen erst dann als erklärt und verstanden gelten kann, wenn wir eine physische Ursache dafür gefunden haben.

„Dieses Prinzip kann man methodologischen Physikalismus nennen“ (Bieri: 1997, S.6).

Folgende Spielarten des Materialismus kann man unterscheiden: eliminativer Materialismus, Epiphänomenalismus, materialistische Identitätstheorie und anomaler Monismus

#### 1) eliminativer Materialismus

Die Kernaussage des eliminativen Materialismus ist, dass sich die psychischen Phänomene ontologisch und kausal auf physische Phänomene und Gesetzmäßigkeiten zurückführen lassen und deswegen eliminiert werden können. Die Existenz psychischer Phänomene wird als Illusion gesehen oder gar geleugnet (Churchland 1981, In. Metzinger (Hrsg.) 2007, 189ff.). Dem eliminativen

## Teil I: theoretischer Teil

Materialismus als zugehörig anzusehen sind der methodologische und der logische Behaviorismus.

*Methodologischer Behaviorismus:* Dieser hat, wie alle Psychologiestudenten wissen, in der akademischen Psychologie von Anfang letzten Jahrhunderts bis ca. dem Ende der 60iger Jahre die beherrschende Rolle gespielt. Dies wird insbesondere an den konzeptuellen Vorstellungen in der Verhaltenstherapie deutlich, die sich während der „kognitiven Wende“ grundlegend änderten, indem nun den Kognitionen die Hauptrolle bei der Aufrechterhaltung und Änderung von Verhalten zugewiesen wurde (s. z.B. A.T.Beck's Kognitive Therapie der Depression; Beck 1967). Der Behaviorismus entwickelte sich in Abgrenzung zu Strömungen in der Psychologie, die der Inspektion den zentralen Stellenwert einräumten zur Erforschung psychischer Gesetzmäßigkeiten. Dies erschien den Protagonisten des Behaviorismus (vor allem J.B. Watson und B.F.Skinner) unseriös und unwissenschaftlich. Sie wollten die Psychologie auf eine solide wissenschaftliche Basis stellen und sahen das Rekurrenieren auf durch Inspektion gewonnene Berichte dabei als hinderlich an. Stattdessen sollte nur objektive beobachtbares Verhalten erforscht werden in seinem situativen Kontext (Reiz-Reaktionszusammenhänge, die Verarbeitung der Reize im Organismus wurde aus methodischen Gründen ausgeschlossen und als black box bezeichnet.) Unter dem Einfluss der Behavioristen wandelte sich die Psychologie von einer Wissenschaft des Geistes zu einer Wissenschaft des menschlichen Verhaltens.

„Der wirkliche Einwand gegen den Dualismus, behaupteten die methodischen Behavioristen, sei nicht, dass er nicht-existierende Entitäten postuliere, sondern dass er wissenschaftlich irrelevant sei. Wissenschaftliche Aussagen müssen objektiv überprüfbar sein, und die einzigen objektiv überprüfbaren Aussagen über den menschlichen Geist sind Aussagen über menschliches Verhalten (Searle 2006, S.58f.).

Dabei reiht Searle Skinner unter die methodologischen Behavioristen ein, da Skinner, obwohl er den methodologischen Behaviorismus kritisierte und sich selbst als radikalen Behavioristen verstand, erheblichen methodologischen Einfluss gehabt hat. Zur kognitiven Wende in der Psychologie kam es, da vermehrt empirische Befunde auftraten, die zeigten, dass mentale Phänomene eine wichtige Rolle in psychologischen Erklärungen spielen, z.B. zeigten die Arbeiten von N. Chomsky (1968), dass sich der Spracherwerb nicht auf der Basis von Reiz und Reaktion verstehen lässt. Ebenso zeigten u.a. Befunde aus der Gedächtnispsychologie, dass zum Verständnis von Gedächtnisleistungen die Generierung von Bedeutungen wichtig ist und somit etwas, was über den Zusammenhang von Reiz und Reaktion hinausgeht (s. z.B. das Experiment von Bransford und Johnson zu Wirkung kognitiver Schemata auf die Gedächtnisleistung, veröffentlicht in: Journal of Verbal learning and Verbal behavior 11, 1972, S.17-21; eine zusammenfassende Darstellung findet sich in Zimbardo 1995, S.336). Der methodologische, resp. Radikale Behaviorismus hat sich damit aufgrund der empirischen Datenlage erledigt.

*Logischer Behaviorismus:*

Während der methodologische Behaviorismus eine Bewegung innerhalb der akademischen Psychologie gewesen ist, war der logische oder analytische Behaviorismus vor allem in der Philosophie beheimatet. Logische Behavioristen behaupten, dass die Annahme von mentalen Phänomenen abzulehnen sei, weil sie gegen logische Prinzipien verstoße, indem sie Verhaltensdispositionen als mental beschreibe, was einem Kategorienfehler gleichkomme. Die Behauptung des logischen Behaviorismus ist nämlich, dass sich jeder Satz, der mentalistische Ausdrücke enthält, in einen Satz übersetzen lässt, der ohne solche Ausdrücke auskommt (Ryle 1969). Dahinter steht die Annahme, dass wir in der Alltagssprache dann auf mentale Ausdrücke zurückgreifen, wenn wir Verhaltensweisen anderer Menschen erklären bzw. verstehen wollen. „Statt die traditionelle Frage nach der Beziehung zwischen mentalen und physischen

## Teil I: theoretischer Teil

Phänomenen zu stellen, untersuchen wir [sc.: als Alltagspersonen, wie der log. Behaviorist unterstellt] zunächst die Logik des mentalistischen Vokabulars und stellen dabei fest, dass mentalistische Sätze gar nicht kategorische Aussagen über einen Bereich eigentümlicher Phänomene, sondern hypothetische Aussagen über das uns allen vertraute Verhalten von Menschen sind. Das bedeutet nicht, dass es keine mentalen Phänomene *gibt*, sondern nur, dass mentale Phänomene Verhaltensdispositionen *sind*“ (Bieri 1997, S.33), wobei ‚Verhalten‘ als Titel für physische Phänomene verstanden wird, womit nun deutlich wird, dass der logische Behaviorismus dem Materialismus zuzuordnen ist. Dass der logische Behaviorismus in dem Versuch, den mentalistischen Diskurs zu analysieren, gescheitert ist, verdeutlicht Searle (2006, S. 61) an folgendem Beispiel: aus logisch behavioristischer Sicht bedeutet Jones Aussage: ‚Ich glaube, dass es gleich regnen wird‘ genau dasselbe wie eine unbestimmte Anzahl von Aussagen der folgenden Art: wenn die Fenster in Jones Haus offen stehen, wird er sie schließen; wenn er einen Spaziergang machen will, wird er den Regenschirm mitnehmen. „Die Schwierigkeit damit ist, dass wir nur anfangen können, eine solche Reduktion zu machen, wenn wir annehmen, dass Jones trocken bleiben möchte. [...] Wir haben die Überzeugung nicht wirklich auf Verhalten reduziert, sondern auf Verhalten plus Wünsche, was uns immer noch mit einem mentalen Zustand zurücklässt, der analysiert werden muss.“ (Searle, ebd.). Damit führt aber der logische Behaviorismus zu einem regress ad infinitum, so dass der logische genau wie der methodologische Behaviorismus nur noch von historischem Interesse sein dürfte.

Churchland (aaO.; S.191) grenzt sich gegen den logischen Behaviorismus ab, indem er betont, dass der semantische Gehalt mentalistischer Ausdrücke sich nicht im Bezug auf öffentliches Verhalten erschöpft, sondern der semantische Gehalt eines Ausdrucks durch das Geflecht von Gesetzesaussagen getragen wird, in denen er vorkommt. Insofern würden sich die Ausdrücke der Alltagspsychologie nicht von anderen theoretischen Aussagen in ihrer Struktur unterscheiden:

„Dieser Ansatz impliziert, dass die Semantik der Ausdrücke unseres gewohnten mentalistischen Vokabulars auf die gleiche Weise zu verstehen ist wie die Semantik theoretischer Ausdrücke im allgemeinen: Die Bedeutung eines jeden theoretischen Ausdrucks wird festgelegt oder konstituiert durch das Geflecht der Gesetze, in denen er vorkommt. [...]“ (Churchland, aaO., S.191)

Die Sicht der Alltagspsychologie als Theorie, die sich in ihrer Struktur nicht von wissenschaftlichen Theorien unterscheidet, macht Churchland zur Grundlage seiner Elimination des Psychischen, indem er aufzeigt, dass die Alltagstheorie in der Summe zu fundamentalen Fehlschlüssen führt und aufgrund ihrer Annahmen so fehlerhaft ist, dass sie nicht reformiert, sondern nur eliminiert werden kann. Nach Churchland ist es also nicht möglich, verschiedene Modelle des Zusammenhangs zwischen Physis und Psyche zu testen, da allein die Annahme einer psychologischen Ebene schon fehlerhaft sei und daher in empirischen Untersuchungen zu fehlerhaften Schlüssen führen müsse. Diese Argumentation macht aber deutlich, dass Churchlands eliminativer Materialismus in den Bereich der Metaphysik und der Religion gehört und nicht in den Bereich wissenschaftlicher Theorien, da diese empirisch testbar sein müssen. Mit Metzinger (2007, S.184) sind noch zwei weitere Argumente gegen den eliminativen Materialismus Churchlands ins Feld zu führen: zum einen, „dass die Alltagspsychologie überhaupt keine empirische *Theorie* ist, sondern schlicht und einfach eine lebensweltliche *Praxis* [...]“, zum anderen, dass der eliminative Materialist nicht mehr intelligibel machen kann, „was es bedeutet, Wissenschaft und Philosophie zu betreiben“. Darüber hinaus ist einzuwenden, dass Churchlands Vergleich des so verstandenen Leib-Seele-Problems mit der Entwicklung der Alchemie hin zur modernen Chemie kein adäquater Vergleich ist: während sich Aussagen der Alchemie auf Objekte außerhalb des Beobachters beziehen, welche

## Teil I: theoretischer Teil

damit in objektivierender Sprache beschreibbar sind, so dass es sich hier um einen Wettstreit der Theorien auf der gleichen Ebene handelt, sind beim Leib-Seele-Problem Beschreibungen aus der Innenperspektive von solchen aus der Außenperspektive zu unterscheiden<sup>8</sup> und Beschreibungen aus der einen Perspektive sind logisch nicht reduzierbar auf Beschreibungen aus der anderen Perspektive. Churchland fällt hier also gegenüber der Identitätstheorie nach Feigl (s.u.) argumentativ zurück.

### 2) Epiphänomenalismus

Der Epiphänomenalismus steht zwischen Parallelismus und Dualismus. Es gibt zwar eine Wirkung des Körpers auf den Geist, aber keine Rückwirkung vom Geist auf den Körper. Aufgrund der vermeintlichen kausalen Geschlossenheit der physischen Welt wird zwar angenommen, dass sich die psychische Ebene aus der physischen heraus entwickelt hat und von dieser beeinflusst wird, aber die von der Physis erzeugten mentalen Ereignisse können auf die Physis nicht zurückwirken.

Nach dem Biologen Thomas Henry Huxley (1825-1895) sind molekulare Veränderungen im Gehirn die Ursache für Bewusstseinsphänomene, die aber ohne kausale Wirksamkeit und damit nutzlos sind:

„Das Bewusstsein von Tieren [sc.: und dem Duktus der Argumentation nach auch das von Menschen] verhält sich zu ihrem Körperautomat wie ein Begleitprodukt seiner Tätigkeit und besitzt nicht die Fähigkeit, diese Maschine zu beeinflussen, ebenso wie auch eine Dampfpeife, die die Fahrt einer Dampflokomotive begleitet, keinen Einfluss auf die Mechanik dieser Maschine hat.“ (zit. nach Zoglauer 1998, S.78).

Da der Epiphänomenalismus der physischen Welt den Primat einräumt, indem er nur dieser kausale Wirksamkeit zuspricht, gehört der Epiphänomenalismus zu den nicht-reduktionistischen materialistischen Theorien, die auch physikalistisch genannt werden (nicht-reduktionistischer Physikalismus)<sup>9</sup>, insofern sie den Anspruch haben, mentale Phänomene physikalisch zu erklären. Der Epiphänomenalismus wurde vor allem aus evolutionstheoretischer Sicht kritisiert: wenn mentale Phänomene nur Epiphänomene sind, die, dadurch dass sie nicht kausal auf die physische Welt rückwirken können, keinen Einfluss haben und deswegen nutzlos sind, dann ist völlig unverständlich, wieso sie sich im evolutionären Prozess entwickelt haben, insbesondere wenn man bedenkt, dass es Vorstufen des Bewusstseins bei Tieren gibt, die wahrscheinlich in ihrer Qualität und ihren Möglichkeiten bis zum Menschen hin immer mehr zunehmen (Popper 2005b, S.103ff.; Zoglauer 1998, 81ff.)

### 3) materialistische Identitätstheorien (siehe dazu vor allem Bieri 1997b, S. 36ff., auf den ich mich hier weitgehend beziehe)

Ende der fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts unternahmen U.T.Place und J.J.C.Smart als erste den Versuch, die eliminativ-materialistische Sicht des Leib-Seele-Problems nach dem Scheitern des logischen Behaviorismus zu retten, indem sie eine sogenannte Identitätstheorie formulierten, deren Grundzüge schon Anfang

---

<sup>8</sup> Dies schließt natürlich eine Operationalisierung der Innenperspektive durch Fremdbeobachtung oder bestimmte Tests nicht aus: die Fremdbeobachtungsdaten fungieren dann als Indikatoren für die Innenperspektive

<sup>9</sup> Man kann den Epiphänomenalismus aber genauso schlüssig als reduktiven Physikalismus oder reduktiven Materialismus verstehen, denn indem er die psychische Ebene kausal vollständig reduziert auf die physiologische Ebene und zugleich mentale Verursachung ausschließt, wird die psychologische Ebene zu einem völlig bedeutungslosen Anhängsel der physiologischen Ebene, eben zu einem Epiphänomen, welches man getrost ignorieren kann, ja aus Theorien mit Erklärungsanspruch sogar heraushalten muss, da mit einem Epiphänomen nichts erklärt werden kann. Auch wird deutlich, dass man den reduktiven Materialismus im obigen Sinne vom eliminativen Materialismus (s.o. Churchland) unterscheiden muss: Nach Churchland geht die psychologische Ebene nicht kausal auf die physiologische Ebene zurück, sondern die psychologische Ebene ist eine Illusion, sie existiert real nicht und muss deswegen eliminiert werden, so wie die Alchemie von der modernen Chemie verdrängt und eliminiert worden ist. Während der reduktive Materialismus (=Epiphänomenalismus) empirisch testbar ist, ist das beim eliminativen Materialismus nicht der Fall.

## Teil I: theoretischer Teil

des 20. Jahrhunderts von Moritz Schlick nach Diskussionen im Wiener Kreis erdacht worden war. Smart und Place gingen dabei von zwei Annahmen aus:

„1) der philosophische Behaviorismus [sc.: = logischer Behav.] ist falsch, mentale Ausdrücke lassen sich nicht in physikalischer Sprache definieren. 2) Der Dualismus ist falsch; aus dem Scheitern des philosophischen Behaviorismus darf nicht auf das Scheitern des Materialismus geschlossen werden.“ (Wikipedia: Identitätstheorie [Philosophie des Geistes], 7.6.2007)

Ziel von Place (1956, in: Metzinger (Hrsg.) 2007, S.94ff.) ist es aufzuzeigen,

„dass ein Dualismus aus der Anerkennung innerer Vorgänge nicht gefolgert werden kann und dass die These, Bewusstsein sei ein Vorgang im Gehirn, aus logischen Gründen nicht verworfen werden kann“ (aaO., S.95)

Dabei führt Place den Begriff des „*phänomenologischen Fehlschlusses*“ ein: unter phänomenologischen Fehlschluss versteht er, dass wenn wir etwas schmecken, riechen, fühlen etc., dann diese phänomenologischen Erfahrungen den zugehörigen Objekten in einem zweiten Schritt als deren Eigenschaften zuschreiben. Dies ist jedoch ein Fehlschluss, da die phänomenologischen Beschreibungen nicht die Eigenschaften der Objekte sind, sondern Beschreibungen von Sinneserfahrungen, von denen nicht auf die Eigenschaften der Objekte selbst rückgeschlossen werden darf. So betrachtet ist es möglich, dass die Beschreibung eines Erlebnisses mit Hilfe der Introspektion sich auf dasselbe beziehen kann wie die Beschreibung der hirnpfysiologischen Prozesse, die mit dem Erlebnis einhergehen:

„Wir bemerken, dass in dem, was eine Person mit Hilfe der Introspektion über ihre bewussten Erlebnisse sagt, nichts inkonsistent ist mit dem, was ein Physiologe vielleicht über die Hirnvorgänge sagen möchte, die diese Person veranlassen, ihre Umgebung und ihr Bewusstsein so zu beschreiben, wie sie es tut.“ (Place, aaO., S.103)

Ebenso wie Place (s.o.) ist es Smarts (Smart 1959, in: Metzinger (Hrsg.) 2007, S.110ff.) Anliegen, die logische Möglichkeit der Identität von Psyche und Hirnphysiologie und damit die Reduzierbarkeit psychischer Phänomene aufzuzeigen. Dabei macht er deutlich, dass introspektive Berichte immer so umformuliert werden können, dass sie *ontologisch neutral* sind (vgl. Metzinger 2007b, 109):

„[...] wenn eine Person sagt ‚ich sehe ein gelblich-oranges Nachbild‘, sagt sie etwas in der Art ‚es geht etwas vor, das so ist wie das, was vorgeht, wenn ich meine Augen offen habe, wach bin und sich eine Orange bei guter Beleuchtung vor mir befindet, d.h. wenn ich wirklich eine Orange sehe‘. [...] Man beachte, dass die kursiv gesetzten Wörter, nämlich ‚es geht etwas vor, das so ist, wie das, was vorgeht, wenn‘ alle quasi-logische oder gegenstandsneutrale Wörter sind. Dies erklärt, weshalb der Bericht des Tagelöhners aus dem antiken Griechenland über seine Empfindungen sich neutral verhalten kann im Hinblick auf die dualistische Metaphysik oder meine materialistische Metaphysik. Es erklärt, wie Empfindungen Gehirnprozesse sein können und doch jene, die von ihnen berichten, nichts über Gehirnprozesse wissen müssen. Denn derjenige berichtet sie nur auf sehr abstrakte Weise, als ‚etwas geht vor, das so ist, wie das, was vorgeht, wenn...‘ Ebenso kann eine Person sagen ‚jemand ist in dem Raum‘ und damit wahrheitsgemäß berichten, dass sich der Arzt in dem Zimmer befindet, obwohl sie noch niemals etwas von Ärzten gehört hat (Es sind nicht zwei Menschen in dem Raum: ‚jemand‘ und der Arzt). Diese Analyse von Empfindungsaussagen erklärt auch die besondere undefinierbarkeit der ‚raw feels‘ – weshalb niemand in der Lage zu sein scheint, ihnen irgendwelche Eigenschaften zuzuschreiben.“ (Smart, aaO., S.118f.)

Smart macht also deutlich, dass, auch wenn die mentalen introspektiven Beschreibungen sich nicht logisch auf hirnpfysiologische Beschreibungen reduzieren lassen, es aber trotzdem möglich ist, dass sie dennoch dasselbe sind wie die hirnpfysiologischen Beschreibungen, indem sie sich auf dasselbe beziehen. Diesen Gedankengang greift Herbert Feigl (s.u.) auf und baut ihn zu seiner Identitätstheorie aus.

Allgemein kann man sagen, dass die *Identitätstheorie*, manchmal auch Central-States-Theorie genannt, behauptet, dass mentale Phänomene völlig identisch mit den Phänomenen im Gehirn sind. Mentale Zustände und Ereignisse entsprechen völlig den central states der Neurophysiologie. Die Identitätstheorie behauptet weiterhin, dass zwischen mentalen und den physischen Vorgängen im Gehirn *präzise* nomologische (=gesetzmäßige) Korrelationen vorhanden sind, die wir eines Tages, wenn noch mehr über die physischen Vorgänge im Gehirn bekannt



## Teil I: theoretischer Teil

sein wird, auch werden entdecken können. Der Mainstream der Identitätstheoretiker behauptet gesetzesartige Korrelationen im Unterschied zu den akzidentellen Korrelationen des Parallelismus, welche im Sinne einer möglichen Reduktion des Mentalen auf das Psychische interpretiert werden. Während der logische Behaviorist aufgrund sprachanalytischer Argumente das Mentale zu eliminieren trachtete, führt der Identitätstheoretiker empirische Daten an: die enge Korrelation zwischen Mentalem und Physischem zeige, dass das Mentale nichts anderes als das Physische sei und deswegen auf das Physische vollständig reduziert werden könne:

„Der Mensch besteht aus einer komplexen Verbindung physikalischer Teilchen, aber darüber hinaus gibt es keine Empfindungen oder Bewusstseinszustände.“ (Smart 1981, zit. nach Zoglauer 1998, S.95, vgl. Smart 1959 in Metzinger (Hrsg.) 2007, S.111f.)

Das Ziel der Eliminierung des Mentalen hat der Mainstream-Identitätstheoretiker somit mit dem logischen Behaviorismus und dem eliminativen Materialismus, wie ihn Rorty und Paul und Patricia Churchland vertreten, gemeinsam (s. zu letzteren auch ausführlich: Zoglauer 1998, 119ff.)

Herbert Feigl (1967) hingegen verfolgt in seiner „psychophysischen Identitätstheorie“ (ebd, S.21f., S.96) nicht Reduktion als Ziel, sondern die Schwierigkeiten des Epiphänomenalismus zu umgehen ohne die Annahme der kausalen Geschlossenheit der physikalischen Welt aufgeben zu müssen. Nach Feigl ist der erlebte Inhalt von „mentalen“ Zuständen „das Ding-an-sich“ im Kant'schen Sinne:

„If one wishes to trace the historical origins of this view, one might find it, if not in Aristotle, then certainly in Kant, who came very close to saying that the experienced content is the Ding-an-sich which corresponds to the brain process as known in the spatio-temporal-causal concepts of natural science.“ (Feigl 1967, S.84)

Während die psychischen Phänomene einem *Wissen durch Bekanntheit*<sup>10</sup> (der Introspektion, Erste-Person-Perspektive Searles) zugänglich sind, sind die physischen Phänomene einem *Wissen durch Beschreibung* (Dritte Person-Perspektive Searles) zugänglich und damit sind die beiden Ebenen eben nicht logisch identisch, sondern stattdessen empirisch:

„It was pointed out and briefly discussed in section II that the advance of scientific theories consists essentially in the reduction of a variety of originally heterogeneous observable facts and regularities to a unitary set of explanatory concepts and postulates. Customarily it is said, for example, that visible light *is* electromagnetic radiation (within a certain interval of wave lengths); that table salt *is* NaCl; that magnetized iron *is* an aggregate of iron atoms with a characteristic spin of certain of their electrons; that the transmitters of hereditary traits are the genes in the chromosomes of the germ cells; that (at least) short range memory traces are reverberating circuits in cerebral cell assemblies, etc. The “is” and the “are” in these sentences represent identities. But these identities differ in their mode of certification from the analytic identities of pure logic and mathematics. For extremely simple illustration consider the general theorem of set theory [...] and the specific arithmetical identity “ $\sqrt{64}=2^3$ ” which hold by virtue of presupposed definitions and the principles of logic or arithmetic. But the identities established in the factual sciences are confirmed on the basis of empirical evidence.” (Feigl 1967, S.71f.)

Nach Feigls Theorie erweisen sich durch *Wissen durch Bekanntheit* zugängliche psychische Prozesse als Hirnprozesse, „wenn wir von ihnen ein Wissen durch Beschreibung erlangen wollen“ (Popper 2005b, S.116). Auf der Ebene der Beschreibung sind damit mentale Ereignisse nichts anderes als im Gehirn ablaufende physische Ereignisse und damit Teil der physikalischen Welt (nach Popper Welt 1, welche sich aus Sicht von Feigl additiv aus mentalen=hirnphysiologischen und sonstigen physischen Prozessen in der Natur zusammensetzt; s. Feigl 1967, S.84):

„In dem physikalischen Bild des Universums, wie es vom vierdimensionalen Minkowski-Diagramm geliefert wird, gibt es vereinzelte, sehr kleine Regionen (welche die Gehirne lebender und wacher Organismen repräsentieren), die „von dem inneren Licht“ der direkten Erfahrung oder

---

<sup>10</sup> Hier greift Feigl die von Russel in die Diskussion eingeführte Unterscheidung auf (s.o. Fußnote 2)

## Teil I: theoretischer Teil

des Bewusstseins ‚erleuchtet werden‘. Diese Position unterscheidet sich vom Panpsychismus, der annimmt, dass die ‚innere Erleuchtung‘ die gesamte physikalische Realität durchdringt.“ (Feigl 1958, in: Metzinger (Hrsg.) 2007, S.158)

An anderer Stelle desselben Essays (ebd. S. 154) macht Feigl deutlich, dass er von ihm sogenannte „raw feels“ (vgl. oben Smart) als Referenten der phänomenologischen Sprache der Introjektion (des Wissens durch Bekanntheit) und der neurophysiologischen Sprache versteht. Dabei macht er deutlich, dass es nicht nur um eine „Double Language Theory“ geht, sondern stattdessen von „zweifachem Zugang oder doppeltem Wissen“ zu sprechen sei. Denn die Identifikation ist keine logisch notwendige, sondern eine empirische und deshalb könne es keine „logische Äquivalenz“ zwischen beiden Sprachen geben. Die eine Sprache ist somit nicht auf die andere Sprache reduzierbar.

Da diese Theorie mentale mit hirneurophysiologischen Prozessen gleichsetzt, sind nach Feigls Theorie auch Wechselwirkungen zwischen mentaler und physischer Ebene möglich, da mentale Prozesse sich auf denselben Referenten wie die zugehörigen physiologischen Prozesse beziehen.

Die Unterscheidung zwischen Typen-Identität und Token-Identität geht auf Feigl zurück:

„Psychophysiological Identity may be identity of particulars (this twinge of pain with a specific cerebral event at a certain time), or of universals (pain of a certain kind, and a *type* of cerebral process.“ (Feigl 1967, S.96)

Typen-Identität meint also die Identität zwischen physiologischen und psychologischen Mustern, die zeit- und situationsübergreifend auftreten, während Token-Identität die Identität jedes einzelnen hirneurophysiologischen Ereignisses in der Zeit mit einem korrespondierenden mentalen Ereignis in der Zeit meint.

Gegenüber dem Substanzdualismus im Sinne Descartes kann die Theorie nun mentale Phänomene annehmen und auch deren kausale Wirkung auf andere physische Ereignisse, ohne das Prinzip der kausalen Geschlossenheit der physikalischen Welt zu verletzen und ohne die mentalen Ereignisse als Epiphänomene abzutun.

Als einen historischen Ursprung seiner Sichtweise gibt Feigl Kant an (s.o, dort in Englisch zitiert):

„Wenn man die historischen Ursprünge dieser Sicht verfolgen möchte, so findet man diese [...] bei Kant, der der Aussage nahe kam, dass der erlebte Inhalt das Ding-an-sich ist, das mit dem Gehirnvorgang wie er in den räumlich-zeitlich-kausalen Begriffen der Naturwissenschaft verstanden wird, korrespondiert.“ (Feigl, ebd. S.158)

Da es sich bei der psychischen und physiologischen Ebene um verschiedene Sprachen handelt, die sich auf dasselbe „Ding an sich“ beziehen, ist die Identitätstheorie in der Sprache von LISREL als Einfaktorenmodell zu konzeptualisieren:

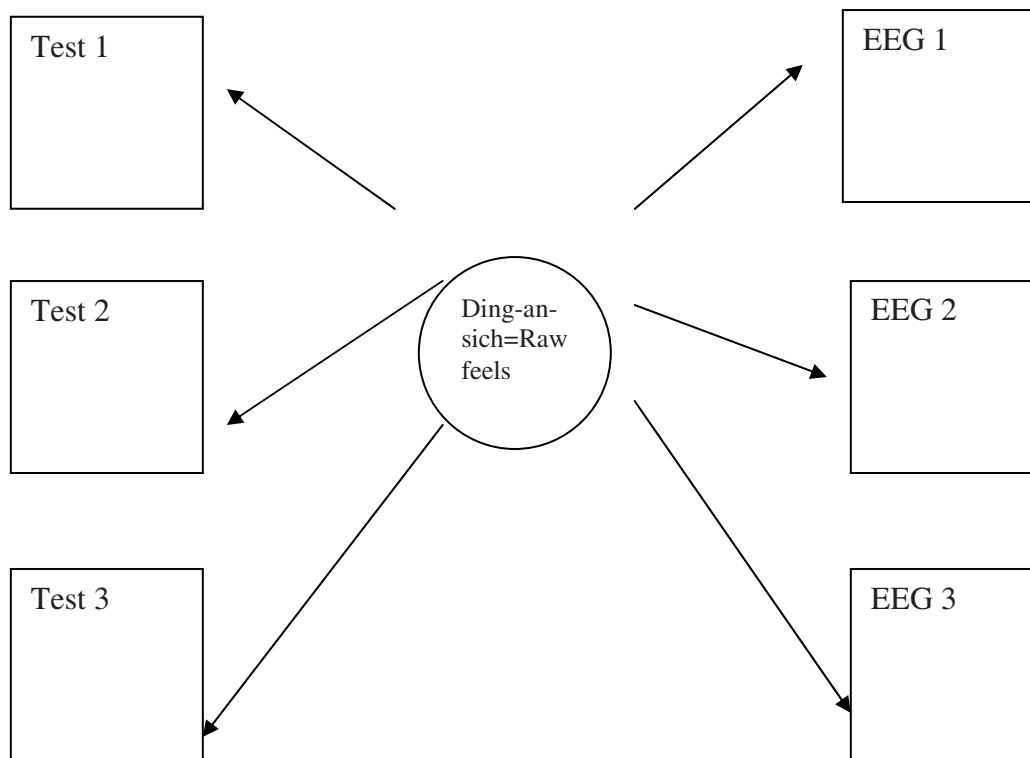


Abb.1. 1: Identitätstheorie als Einfaktormodell

In der Begrifflichkeit von LISREL wird ein Faktor über verschiedene Methoden gemessen (one trait – multi method): das Modell impliziert, dass die psychische Ebene (operationalisiert über die drei Tests) und die physiologische Ebene (operationalisiert über drei EEG-Variablen) beide auf ein und denselben latenten Faktor zurückgehen, was gleichbedeutend ist mit der Annahme, dass eine latente psychologische Ebene perfekt mit einer latenten physiologischen Ebene korreliert, so dass die beiden Ebenen latent nicht mehr voneinander unterscheidbar sind.

Feigl betont, dass sich Parallelismus Leibnizischer Prägung und seine Identitätstheorie empirisch nicht gegeneinander testen lassen, da beide auf Korrelationen beruhen. Jedoch würde das Ockhamsche Rasiermesserprinzip für die Identitätstheorie sprechen:

„Wir haben betont, dass die (empirische!) Identifikation des Mentalen mit dem Physikalischen darin besteht, das, was im Wissen auf der Basis von Bekanntheit als ein Quale der direkten Erfahrung bezeichnet wird, als identisch mit dem Referenten [...] eines neurophysiologischen Prozesses anzusehen. Die naturwissenschaftliche Evidenz für den Parallelismus oder Isomorphismus wird dann als die *empirische* Basis der Identifikation *interpretiert*. Der Schritt von Parallelismus zur Identitätssicht ist im Wesentlichen eine Sache philosophischer Interpretation. Das Sparsamkeitsprinzip, wie es in den Wissenschaften angewandt wird, trägt nur einen Grund für den Monismus bei. Die dualistische (parallelistische) Position kann beibehalten werden, wenn man den Isomorphismus einräumt, aber es können keine guten Gründe für eine solche Verdopplung der Realitäten oder selbst der ‚Aspekte‘ der Realität angegeben werden.“ (Feigl 1958; in: Metzinger [Hrsg.] 2007, 161)

Feigl erwähnt explizit M.Schlick als Vordenker seiner Theorie. Jedoch ist der Ursprung der Identitätstheorie deutlich früher im 19. Jhd zu verorten, nämlich bei *Gustav Theodor Fechner (1801-1887)*, was M Heidelberg herausgearbeitet hat (Heidelberg 2002, S.44ff.). Fechner ging davon aus, dass Körperliches und Seelisches nicht kausal, sondern funktional miteinander verbunden sind: Jedem geistigen Zustand korrespondiert ein physischer Zustand, so dass es für jedes geistige Ereignis ein Korrelat im Zustand des Gehirns gibt. Dabei lässt das

## Teil I: theoretischer Teil

Bestehen eines funktionalen<sup>11</sup> Zusammenhangs die Frage der Natur des Zusammenhangs völlig offen, ein kausaler Einfluss wird weder bestätigt noch verneint. Auch ist mit einem so verstandenen psychophysischen Parallelismus multiple Realisierung resp. Supervenienz des Psychischen auf das Physische möglich, denn in dieser Form des psychophysischen Parallelismus<sup>12</sup> geht Fechner nicht von strikter Identität aus, sondern lässt die Relationen im Einzelfall offen. Heidelberger (2002, 46) unterscheidet diese Stufe des psychophysischen Parallelismus als Forschungsprogramm von zwei weiteren, bei Fechner selbst zu findenden Stufen: „In seiner *zweiten* stärkeren Form ist der Psychophysische Parallelismus eine *metaphysische Theorie* über die Beziehung von Leib und Seele“ (Heidelberger 2002, 46). Dabei bildete für Fechner nicht der metaphysisch-ontologische Status von Leib und Seele die entscheidende Frage, sondern Fechner unterschied Leib und Seele aus epistemologischer Perspektive:

„Ein Geist erscheint und erfasst sich unmittelbar selbst; aber kein Geist kann von andern Geiste etwas anders als durch äußerlich materielle Zeichen wissen, die doch vom Geistigen selbst nichts unmittelbar zur Erscheinung bringen. Ich weiß von deinem Geiste nur durch Gestalt und Handlung deines Körpers, Wort, Blick, alles äußerlich leibliche Zeichen; von Gottes Geist [...] nur durch Vermittlung materiellen Naturwirkens. [...] Alle Erscheinung des Geistigen [...] ist als solche überhaupt Selbsterscheinung, oder geht doch als Moment in eine solche ein; indes das Leibliche, Körperliche als solches überall nur einem andern als sich selbst erscheint, sonst wäre es ja Geistiges, und wir verwirren die Worte. [...] Aber was beidesfalls erscheint, ist dessen ungeachtet im Grunde beidesfalls dasselbe, und die Erscheinungsweise nur verschieden.“ (Fechner 1851, zit. nach Lennig 1994, S.102)

Dies Zitat macht deutlich, dass schon Fechner Psychisches und Physisches als zwei unterschiedliche epistemologische Perspektiven ein und derselben Sache ansah. Fechner bezeichnete sich selbst gelegentlich als Spinozist, wobei er jedoch nicht von einem Dritten ausging, aus welchem Psychisches und Physisches kausal hervorgingen, sondern er die Beziehung der unterschiedlichen Perspektiven funktional und in der stärkeren Variante seines Parallelismus als „Identitätsansicht“ auffasste. Darüber hinaus macht das Zitat deutlich, dass die verschiedenen Perspektiven sich zwar auf dasselbe beziehen, jedoch, da epistemologisch unterschiedlich, nicht aufeinander reduzierbar sind und es somit wichtig ist, die Perspektiven nicht zu „verwirren“. Heidelberger fasst die „**Identitätsansicht**“ **Fechners** in drei Thesen folgendermaßen zusammen:

- „(1) Ein lebendiges menschliches Wesen ist nicht als Vereinigung zweier Substanzen, sondern als eine einzige aufzufassen.
- (2) Diese Substanz erscheint als geistig in ihren Qualitäten, wenn sie von innen, d.h. aus der der Substanz eigenen Perspektive selbst, aufgefasst wird.
- (3) Sie erscheint als physisch, wenn sie von außen, d.h. aus der Perspektive, die nicht die der Substanz selbst ist, begriffen wird.“ (Heidelberger 2002, S.46)

Fechners Konzeption ist also zwischen materialistischen und idealistischen Konzeptionen anzusiedeln; d.h. man kann Fechner als nicht-reduktionistischen Physikalisten betrachten<sup>13</sup>. Wesentliche Grundgedanken der Theorie Feigls finden sich damit schon bei Fechner. Auch ist die Kontroverse insbesondere zwischen Materialisten und Dualisten keine neue Auseinandersetzung. Sie wurde insbesondere im 19 Jhdt. mit Leidenschaft geführt (s. dazu auch Hagner 1993, S.3ff.). Das Nachdenken über den funktionalen Zusammenhang zwischen Körper und Seele führte Fechner schließlich zur Formulierung des nach ihm benannten **Fechner'schen Gesetzes**, nach dem die Stärke der sensorischen Empfindung  $S$  proportional zum Logarithmus der physikalischen Reizstärke  $I$  ist:

---

<sup>11</sup> Durchaus zu verstehen als mathematische Funktion, die ja als solche nichts über die Natur des Zusammenhangs über die Funktion hinaus aussagt.

<sup>12</sup> Der Begriff „psychophysischer Parallelismus“ geht nicht auf Fechner, sondern wahrscheinlich auf W. Wundt zurück (Heidelberger 2002, S.44)

<sup>13</sup> zur panpsychistischen Sichtweise als dritter Stufe des psychophysischen Parallelismus Fechners siehe Lennig 1994.

## Teil I: theoretischer Teil

$S = k \log I$  mit  $k$  als Konstanter für die Dimension der Skalierung (Reizdimension). Für das Leib-Seele-Problem kann die physikalische Reizstärke mit dem Ausmaß der Aktivität der zugehörigen Rezeptoren und Neuronen gleichgesetzt werden, d.h. die physikalische Reizstärke ist als Indikator für die der Empfindung zu zuordnenden physiologischen Hirnprozesse zu sehen. Fechner konnte zeigen, dass sich sein Gesetz bei seinen Versuchspersonen immer wieder finden ließ, wobei  $k$  sich je nach Reizdimension und Individuum unterschied. Da die physiologischen Hirnprozesse indirekt über Variation der physikalischen Reizstärke erfasst werden, ist dies Modell für multiple Realisierung und Supervenienz offen. Würde man die so erhobenen Daten mit LISREL analysieren, wäre die Bestätigung des Einfaktorenmodells durchaus wahrscheinlich. Allerdings scheint das Fechnersche Gesetz nicht allgemeingültig zu sein: S.S.Stevens (1975, zusammenfassend in Zimbardo 1995, 171f.) konnte zeigen, dass das Fechner'sche Gesetz nicht für Elektroschocks gilt: hier nimmt die Empfindungsveränderung mit zunehmender Reizstärke nicht immer mehr ab, wie von Fechners Gesetz postuliert (Fechners Gesetz: arithmetischer Anstieg der sensorisch wahrgenommen Reizstärke bei geometrischen Anstieg der physikalischen Reizstärke), sondern bei um so höherer Stromstärke bedarf es kleinerer Veränderungen, um größere Empfindungsveränderungen zu erzielen: wenn die Stärke des elektrischen Reizes verdoppelt wird, steigt die Empfindung des Schmerzes um mehr als das Doppelte. Die von Stevens gefundenen Zusammenhänge können mit folgender Potenzfunktion beschrieben werden:  $S = kI^b$ ;  $S$  ist die Stärke der sensorischen Empfindung;  $I$  ist die physikalische Reizstärke,  $k$  ist eine Konstante und  $b$  ist der Koeffizient, der je nach Sinnesdimension unterschiedlich ausfällt. Zu bedenken ist dabei, dass Stevens seine Daten mit der „Methode der direkten Größenschätzung“ erhoben hat (anders als Fechner): Die Probanden sollten einem Anfangsreiz direkt einen Zahlenwert zuordnen, danach wurde ein weiterer Reiz dargeboten, der, falls er als doppelt so stark empfunden wurde, mit einer doppelt so hohen Zahl belegt werden sollte. Auf diese Weise kam Stevens zu seiner Potenzfunktion, die nicht nur für Elektroschocks, sondern z.B. auch für Helligkeit gilt, wobei bei letzterem der Verlauf dem vom Fechnerschen Gesetz prognostizierten ähnelt. Bezüglich Helligkeit ist es also möglich, die Zusammenhänge sowohl nach Fechner als auch mit Stevens' Potenzfunktion zu beschreiben. Dies macht deutlich, dass die funktionalen Zusammenhänge doch nicht so eindeutig sind wie ursprünglich angenommen.

Würde man die Fechnerschen und Stevenschen Daten mit LISREL reanalysieren, müsste man Korrelationen über Messzeitpunkte pro Person betrachten, also pro Person eine Analyse mit LISREL durchführen. Dabei wären die folgenden Variablen zu unterscheiden: physikalische Reizstärke der ersten Reizdimension = UV-D1 (unabhängige Variable der Reizdimension 1); Unterschiedsschwellen in erster Reizdimension nach Fechner = AV1-D1 (abhängige Variable 1 der ersten Reizdimension); Empfindung in der ersten Reizdimension als direkte Größenschätzung nach Stevens = AV2-D1 (zweite abhängige Variable der ersten Reizdimension). Die Identitätstheorie lässt sich dann als Einfaktorenlösung pro Reizdimension modellieren:

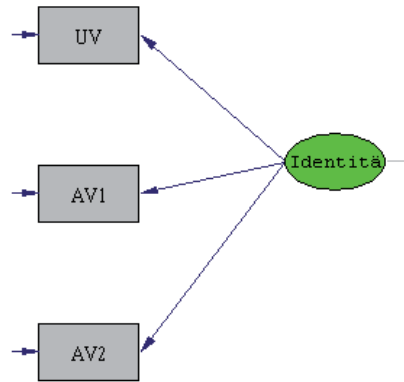


Abb.1. 2: Identitätstheorie als Einfaktorenlösung und Fechner

Bezieht man mehrere Reizdimensionen in die Analyse ein, dann sind bei Vorliegen von Identität so viele Faktoren wie Reizdimensionen zu erwarten. Jedoch könnte der von Fechner oder Stevens gefundene funktionale Zusammenhang auch anders zustande kommen, z.B. über eine kausale Wirkung eines physiologischen auf einen Empfindungsfaktor oder Empfindung und Physis könnten in Wechselwirkung stehen:

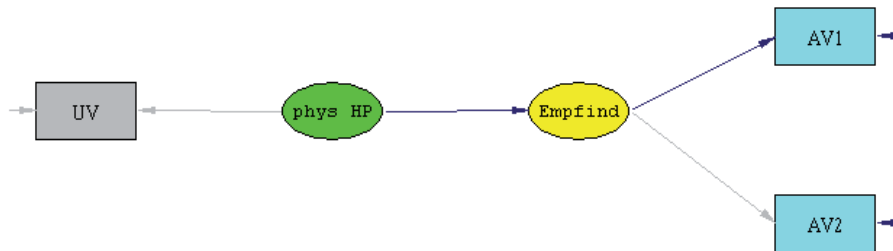


Abb.1. 3: Materialismusmodell und Fechner

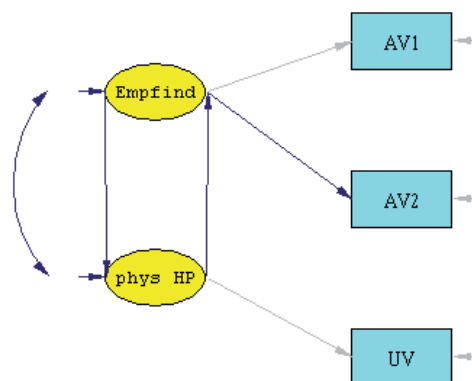


Abb.1. 4: nonrekursives Wechselwirkungsmodell und Fechner

Deutlich wird also, dass der funktionale Zusammenhang nichts über die zugrundeliegende Natur des Zusammenhangs aussagt. Will man darüber hinaus Aussagen treffen, dann genügt es nicht, nur funktionale Zusammenhänge aufzuweisen, sondern dann steht an, weitergehende Untersuchungen, z.B. mit LISREL, durchzuführen.

## Teil I: theoretischer Teil

Möglicherweise kristallisiert sich dann heraus, dass Bereiche existieren, die sich mit der Identitätsannahme gut beschreiben lassen und andere Bereiche, für die die Identitätsannahme nicht gilt. Möglicherweise sind die Leib-Seele-Modelle bereichsspezifisch gültig und nicht allgemeingültig.

Von den von Zoglauer (1998, 101-118) sieben aufgeführten Argumenten gegen die materialistische Identitätstheorie scheinen mir drei an dieser Stelle unbedingt erwähnenswert zu sein:

- a) Empirische Korrelationen zwischen Physis und Psyche geben *keine Auskunft über die Richtung, was auf was reduzierbar ist*, so dass perfekte Korrelationen auf der latenten Ebene von Strukturmodellen sowohl für eine idealistische als auch für eine materialistische Identität und als drittem auch für einen Aspektendualismus (=Physis und Psyche sind Aspekte ein und derselben Sache ohne kausale Wechselwirkungen) sprechen könnten
- b) Von Identitätstheoretikern werden häufig zur Untermauerung ihrer Theorie Analogien herangezogen der folgenden Art (s. Searle 2005, S.64):  
„Wir [sc.: die von Searle imaginierten Identitätstheoretiker bzw. die Naturwissenschaftler] haben die Tatsache entdeckt, dass ein Lichtblitz mit einer elektrischen Ladung identisch ist. Wir haben die Tatsache entdeckt, dass Wasser mit H<sub>2</sub>O identisch ist, und wir entdecken jetzt, und diese Entdeckung schreitet täglich fort, dass mentale Zustände in Wirklichkeit mit Gehirnzuständen identisch sind.“

Dagegen führt Zoglauer an, *dass wenn zwei Dinge ontologisch identisch sind, wie z.B. Blitz und elektrische Ladung, wir nicht zwei verschiedene Dinge wahrnehmen*. Ebenso sehen wir Wasser und H<sub>2</sub>O nicht als zwei verschiedene Dinge. Bezüglich des Satzes: „Mentale Zustände sind physikalische Zustände“ liegen die Dinge hingegen anders, hier nehmen wir zwei Dinge wahr, nämlich auf der Ebene des Wissens durch Bekanntschaft die mentalen Zustände und durch Wissen durch Beschreibung die physikalischen Zustände. Damit sind aber beide Zustände als Erscheinungen durchaus verschieden und müssen korreliert werden, um ihre vermeintliche Identität zu zeigen. D.h. das Faktum, dass die Zustände als empirischer Beleg für die Identitätstheorie korreliert werden müssen, spricht gegen ihre Identität. Hiergegen ist allerdings einzuwenden, dass der Unterschied bezüglich Blitz und elektrischer Ladung kein epistemologischer ist, denn beide Phänomene sind in Objektsprache beschreibbar. Hingegen besteht bezüglich Leib und Seele aus der Sicht Feigl's ein epistemologischer Unterschied, also ein Unterschied der Perspektiven (s.o. Fechner), so dass die Korrelation der unterschiedlichen Perspektiven sehr wohl auf ein gemeinsames Zugrundeliegendes hinweisen kann. Das Gegenargument Zoglauers verliert damit seine Schärfe.

- c) Angenommen, wir könnten in naher oder ferner Zukunft alle neuronale Aktivitätsmuster, und das würde heißen auf allen drei Ebenen (s. dazu Das Manifest, in: Gehirn und Geist 6/ 2004), nämlich der obersten Ebene, welche die Funktion größerer Hirnareale beschreibt, der mittleren Ebene, die das Geschehen innerhalb von Verbänden von hunderten oder tausenden Zellen beschreibt, und der untersten Ebene, welche die Vorgänge auf den Niveau einzelner Zellen und Moleküle beschreibt, gleichzeitig mit einem Gehirnscanner erfassen und sichtbar machen, dann könnten wir, so könnte man annehmen, die Identitätstheorie empirisch prüfen, so wie es die Gedankenforscher jetzt schon mittels hoch auflösender EEG-Ableitung (über 200 simultane Ableitorte) versuchen (s. dazu Vaillant 2007): eine VP wird mit vom VL ausgewählten Reizen konfrontiert oder soll mentale Aufgaben wie z.B. Kopfrechnen durchführen oder kann sich zwischen verschiedenen alternativen Aufgaben entscheiden. Die Gedankenforscher scheinen davon

## Teil I: theoretischer Teil

auszugehen, dass sich irgendwann in der Zukunft Gedanken anhand des Hirnscans lesen lassen, weil sie auf allen Ebenen im Sinne des Manifestes die Gehirnzustände mit den mentalen korrelieren und auf diese Weise eine Art Übersetzungslexikon zwischen mentalen und physischen Gehirnzuständen erstellen können. Aber kann dies als Beweis für die Identität der beiden Zustandsweisen angesehen werden?

Zoglauer verweist in diesem Zusammenhang zurecht auf das Faktum, dass die Hirnforscher erst durch die verbalen Berichte der Versuchspersonen wissen, womit sie die Hirnzustände korrelieren können. Dies aber bedeutet, dass die Forschung darauf angewiesen ist, dass die Versuchspersonen auch immer genau beschreiben, was sie innerlich erleben und diese Beschreibung wird sicher unterschiedlich sein bei gleichem vom Forscher intendierten Sachverhalt. Die VP könnte sogar aus motivationalen Gründen lügen oder Dinge aus Scham verzerren, so dass die Korrelationen fehlerhaft wären. Diesen Schwierigkeiten könnte man ja dadurch aus dem Weg gehen, indem der Forscher sich selbst zur Versuchsperson macht, denn so weiß er genau, dass seine mentalen Erlebnisse auch valide von ihm berichtet werden (dies schlägt Roth 1997, S.274f. vor mit Verweis auf Linke & Kurthen 1988). Dagegen ist mit Zoglauer das Privatsprachenargument Wittgensteins (Philosophische Untersuchungen 2006, S.361f, §258) ins Feld zu führen, wobei Zoglauer den Aphorismus Wittgensteins unter Rekurrerung auf Kripke erst zu einem Privatsprachenargument ausbaut (Zoglauer 1998, S.227f.): Der Kern dieses Argumentes ist, dass die vermutete hohe Validität der Privatsprache des sich selbst zur Versuchsperson machenden Forschers nicht möglich ist:

„Stellen wir uns diesen Fall vor. Ich will über das Wiederkehren einer gewissen Empfindung ein Tagebuch führen. Dazu assoziiere ich sie mit dem Zeichen ‚E‘ und schreibe in einem Kalender zu jedem Tag, an dem ich die Empfindung habe, dieses Zeichen. – Ich will zuerst bemerken, dass sich eine Definition des Zeichens nicht aussprechen lässt – Aber ich kann sie doch mir selbst als eine Art hinweisende Definition geben! – Wie? Kann ich auf die Empfindung zeigen? – Nicht im gewöhnlichen Sinne. Aber ich spreche, oder schreibe das Zeichen, und dabei konzentriere ich meine Aufmerksamkeit auf die Empfindung – zeige also gleichsam im Innern auf sie. – Aber wozu diese Zeremonie? Denn nur eine solche scheint es zu sein! Eine Definition dient doch dazu, die Bedeutung eines Zeichens festzulegen. – Nun, das geschieht eben durch das Konzentrieren der Aufmerksamkeit, denn dadurch präge ich mir die Verbindung des Zeichens mit der Empfindung ein. – ‚Ich präge sie mir ein‘ kann doch nur heißen: dieser Vorgang bewirkt, dass ich mich in Zukunft *richtig* an die Verbindung erinnere. Aber in unserem Falle habe ich ja kein Kriterium für die Richtigkeit. Man möchte hier sagen: richtig ist, was immer mir als richtig erscheinen wird. Und das heißt nur, dass hier von ‚richtig‘ nicht geredet werden kann.“ (Wittgenstein, ebd.)

In §265 macht Wittgenstein klar, dass es keinen Sinn macht die Erinnerung durch eine andere Erinnerung absichern zu wollen, da dies zu einem infiniten Regress führen würde. Hier könnte man nun kritisch anmerken, dass die Person die Empfindung ja auch hätte beschreiben können. Jedoch führt die Beschreibung dazu, dass sich die Empfindung ändert und dann nicht mehr identisch ist mit der vorherigen Empfindung, so dass die für den Forschungsprozess notwendige Wiederholung, um Korrelationen feststellen zu können, nicht gegeben ist. Ob sich also jemand richtig an eine Empfindung in Verbindung mit einem Zeichen erinnert, lässt sich nur mit einem Außenkriterium feststellen:

„Ein ‚innerer Vorgang‘ bedarf äußerer Kriterien“ (Wittgenstein 2006, S.455, §580).

Über die von Zoglauer erhobenen Einwände hinaus sind noch folgende Einwände zu nennen:

- d) Da die Identitätstheorie auch in Feiglischer Fassung behauptet, dass mentale Phänomene nichts anderes sind als physikalische Phänomene des Gehirns, reduziert sie mentale Phänomene auf die physikalische Ebene, denn die



## Teil I: theoretischer Teil

umgekehrte Behauptung, dass physikalische Phänomene des Gehirns nichts anderes sind als mentale Phänomene, wird auch von Feigl ausgeschlossen, indem er das Mentale als Teilmenge der physischen Welt auffasst und nicht umgekehrt. Die Identitätsbehauptung impliziert damit eine kausale Reduktion wie beim Epiphänomenalismus trotz dem Bemühen Feigls, die Bedeutung der mentalen Ebene zu betonen. Damit entzieht die Identitätstheorie auch in der Form Feigls der mentalen Ebene die Bedeutung und macht sie zu einem Epiphänomen, so dass sie sich in dieser Form vom Epiphänomenalismus bei näherer Betrachtung nicht mehr unterscheidet.

- e) Die meisten Identitätstheoretiker gehen davon aus, dass ein mentaler Zustand durch verschiedene Hirnzustände realisiert sein kann, aber nicht umgekehrt, also  $M=P1$  oder  $P2$  oder  $P3...$ , aber nicht:  $P=M1$  oder... . Dies *Prinzip der multiplen Realisierung* spricht aber gegen eine präzise Identität. Infolge dieser mit der multiplen Realisierung zusammenhängenden Schwierigkeiten verloren reduktionistische Identitätstheorien zunehmend an Popularität. H.Putnam hatte 1967 das Argument der multiplen Realisierung ins Spiel gebracht und dabei auch gleich einen Lösungsvorschlag unterbreitet, *den Funktionalismus*: Die Gehirnzustände sind insofern mit dem mentalen Zustand vollkommen identisch, indem sie alle einen funktionalen Zustand generieren, der mit dem infrage stehenden mentalen Zustand identisch ist.
- f) Auch wenn die Korrelation auf allen Ebenen der Gehirnorganisation zwischen Gedanken und hirnelementarphysiologischen Mustern perfekt wäre, kann dies nicht eindeutig als Beleg für die materialistische Identität gelten, denn die Korrelation kann genauso gut durch Wechselwirkung bedingt sein.
- g) Die funktionale Struktur des Gehirns ist nicht bei jedem Menschen gleich.  
„Sie hängt ab von den genetischen Anlagen sowie der individuellen Lerngeschichte – und sie ändert sich ständig: Das Gehirn lernt permanent. Angenommen der relevante psychische Zeittakt dauert eine zehntel Sekunde. Bereits nach einer Minute hat das Gehirn 600 Zustandsveränderungen durchlaufen und dabei auch seine Mikrostruktur verändert. Allein um den Übergang von  $t$  zu  $t+1$  exakt vorherzusagen zu können, müsste ein Wissenschaftler nicht nur das menschliche Gehirn im Prinzip verstehen, sondern auch alle am Übergang beteiligte Strukturen dieses individuellen Gehirns binnen einer zehntel Sekunde bis ins aller kleinste Detail erfassen! **Klar ist damit:** Auch der akribischste Forscher wird diese Zustandsbeschreibung in absehbarer Zeit nicht leisten können. Für die Neurowissenschaften und für unser Verständnis von Verhalten und Hirnfunktionen folgt daraus: Auch wenn das Gehirn deterministisch funktioniert, ist es in seiner Komplexität niemals vollständig beschreib- und verstehbar.“ (Frank Rösler: Es gibt Grenzen der Erkenntnis – auch für die Hirnforschung. In: Gehirn & Geist 6/2004. S.32)
- h) John-Dylan Haynes, der Berliner Gedankenforscher, gibt selbst in einem Interview zu:  
„Auf jeden Fall gibt es theoretische Grenzen. Selbst wenn man einen perfekten Hirnscanner hätte, der Hirnprozesse bis ins feinste Detail auflösen kann, müsste man noch wissen, welcher Hirnzustand zu jedem Gedanken gehört. Theoretisch müsste man also die Aktivierungsmuster zu jedem einzelnen denkbaren Gedanken aufgezeichnet haben, was natürlich unmöglich ist.“ (J. Hövel im Gespräch mit John-Dylan Haynes: Der Gedankenleser. In: Berliner Zeitung, 24.3.2007)  
Damit wird deutlich, dass der Nachweis einer vollständigen Identität – d.h. einer Token-Identität - nie möglich sein wird, so dass sich auch von daher jegliche Reduktionsversuche der mentalen Ebene auf die physische verbieten. Denn dies würde einer Verarmung der Vielfältigkeit des menschlichen Geistes gleichkommen.  
Empirisch überprüfbar ist also nur die Typen-Identitätstheorie. Sollte ein Autor weitergehende Annahmen Richtung Token-Identität machen, sind diese empirisch nicht überprüfbar und gehören damit in den Bereich der Metaphysik.

## Teil I: theoretischer Teil

Eine besondere Variante von Identitätstheorien ist, wie oben schon erwähnt, der *Funktionalismus*: Der Funktionalismus behauptet, dass Überzeugungen von Wahrnehmungen verursacht werden und zusammen mit Wünschen Handlungen bewirken, d.h., dass das, was Überzeugungen ausmacht, nichts anderes ist, als kausale Beziehungen (s. dazu Searle 2006, S.72). Im Gegensatz zum logischen Behaviorismus liegt damit hier keine argumentative Zirkularität mehr vor, indem Überzeugungen und Wünsche gleichzeitig in bezug auf ihre kausalen Beziehungen analysiert werden. Dabei geht der Funktionalismus, wie schon erwähnt, vom Prinzip der multiplen Realisierbarkeit aus:

„Eine Uhr kann man z.B. aus Zahnrädern machen oder aus einem mit Sand gefüllten Stundenglas oder aus Quarz-Oszillatoren oder aus unzähligen andere physischen Materialien. Das definierende Merkmal einer Uhr ist aber stets: jeder physische Mechanismus, der es uns ermöglicht zu sagen, wie viel Uhr es ist. [...] Mentale Zustände sind wie [...] Uhren.“ (Searle 2006, S.73)

Der Funktionalismus ging dann in der folgenden Zeit in den von Searle (2006, S.75ff.) so genannten *Comupterfunktionalismus* über: Der Geist verhält sich zum Gehirn wie die Software zur Hardware. Dabei gingen einige Forscher sogar davon aus, dass sie künstliche Intelligenzen schaffen könnten, die den Turing-Test bestehen, wobei ein richtig programmierter Computer nicht nur den Geist richtig simuliere, sondern Geist habe (Searle nennt das die starke-KI-These). Gegen den Funktionalismus, der sich in den 70iger und 80iger Jahren des 20.Jahrhunderts großer Beliebtheit in der Philosophie der Geistes erfreute und lange Zeit das beherrschende Paradigma der Kognitionswissenschaften gewesen ist, wurden dann schließlich von verschiedenen Seiten schlagkräftige Argumente entgegengebracht (vgl. Searle 2006, S.84 und 98ff.; Edelman 2007, S.89): Searles Gedankenexperiment (ebd. S.99), dass er „*das chinesische Zimmer*“ nennt, macht deutlich, dass man den Turing Test zum Verstehen von Chinesisch bestehen kann, ohne ein Wort chinesisches zu verstehen; das Gedankenexperiment lautet dabei folgendermaßen:

Stellen Sie sich vor, Sie sitzen in einem Zimmer mit Kisten voller chinesischer Symbole und sind dort eingesperrt. Ihnen werden Fragen auf Chinesisch gestellt, obwohl sie gar kein Chinesisch können. Als Hilfe haben Sie ein Regelwerk in Form eines Computerprogramms, welches Sie in die Lage versetzt, auf chinesisch gestellte Fragen zu beantworten. Sie erhalten Symbole, ohne dass Sie wissen, dass es Fragen sind, schlagen im Regelwerk nach und wählen dann Symbole aus den Kisten aus, indem Sie die Regeln des Programms anwenden und geben dann die vorgeschriebenen Symbole nach draußen, die dort dann als Antworten interpretiert werden. Auf diese Weise kann man annehmen, dass Sie den Turing-Test bestehen werden, wenn Sie nur konsequent das Regelwerk verfolgen, ohne auch nur ein Wort Chinesisch zu verstehen.

Das Gedankenexperiment macht deutlich, dass eine Maschine, die menschliche Verhaltensweisen und sogar Sprachverständnis so zeigt, dass sie diesbezüglich den Turing-Test besteht, trotzdem kein Sprachverständnis hat, somit die geprüfte geistige Funktion eben nicht hat. Damit ist die starke KI-These widerlegt und wir brauchen uns keine Sorgen zu machen, dass es eines Tages KI-Geschöpfe aus Plastik und Stahl geben wird, die fühlen und denken, also Geist haben, wie wir. Damit wird aber deutlich, dass das Geistige mehr ist, als sich aufgrund von funktionaler Beschreibung modellieren lässt. Das Geistige ist mehr als seine Funktion.

Gegen Searle ließe sich ins Feld führen, dass ich ja aber bei der „Beantwortung“ der chinesischen Fragen mithilfe des computerisierten Regelwerks lernen könnte, die Regeln der Zuordnung zu verstehen und damit den semantischen Gehalt zu durchschauen, so dass ich am Ende doch auf dem Weg wäre, Chinesisch zu lernen. Dörner hat im Bauplan einer Seele (Dörner 2001) gezeigt, dass mittels neuronaler Netze, die deterministisch sind, indem sie auf Algorithmen beruhen, Lernfähigkeit bis hin zu Entscheidungsprozessen und freiem Willen simuliert werden kann, so dass das chinesische Zimmer Searles nicht mehr als Gegenargument greift, denn wenn die neuronalen Netze komplex genug sind, wird Bewusstsein entstehen nach Dörner. Gegen die Argumentation Dörners ist mit Penrose (Computerdenken, 2002) ins Feld zu führen, dass ein algorithmisches System sich nicht völlig aus

## Teil I: theoretischer Teil

sich selbst widerspruchsfrei verstehen lässt, was als erster der Mathematiker Gödel bewiesen hat. Daraus folgt, dass Selbstbewusstsein als Reflexion des eigenen Denkens und Fühlens und somit als Prozess des sich selbst Verstehens nur möglich ist, wenn Bewusstsein neben algorithmischen auch auf nicht-algorithmischen Prozessen beruht. Solange also menschliches Bewusstsein ausschließlich über algorithmische neuronale Netze simuliert wird, wird die Simulation dem menschlichen Bewusstsein nicht entsprechen, auch wenn die Simulation den Turing-Test bestehen sollte, da sie kein Selbstbewusstsein im Sinne des „Erkenne dich selbst“ sein kann. Gegen die Behauptung des Funktionalismus, dass mittels künstlicher neuronaler Netze Geist kreiert werden kann (starke KI-These) wenden Görnitz & Görnitz (2007, S.136) zurecht ein, dass künstliche neuronale Netze nicht das Kriterium der Selbstorganisation erfüllen; sich selbst organisierende Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie selbst entscheiden, welche Werte für sie zutreffen und welche nicht und sich dann der gemäß von ihnen selbst getroffenen Entscheidung weiter entwickeln. Dies trifft für lernende neuronale Netze aber nicht zu, da die Kriterien für erwünschtes Verhalten vom Konstrukteur vorgegeben werden, so dass von außen ein Kriterium, welches aufgrund seines externen Charakters nicht-algorithmisch ist, hinzugefügt werden muss, um Lernen in der „gewünschten“ Richtung zu ermöglichen. Dagegen könnte man einwenden, dass Kindern doch auch Werte vermittelt werden müssen und sie erst im Laufe ihrer Entwicklung eigene Werte entwickeln, hier also auch Außeneinflüssen für die Entscheidung, in welche Richtung Lernprozesse gehen sollen, eine wesentliche Rolle zukommt. Dagegen ist einzuwenden, dass natürlich die soziale Umgebung eine ganz wesentliche Rolle spielt, jedoch darüber hinaus auch genetische Programme eine Rolle spielen, insbesondere der Überlebensdrang, der in der biologische Evolution der wesentlichste Richtwert zur Entscheidung darüber, in welche Richtung Lernprozesse gehen sollten, angesehen werden muss. Dagegen könnte man wiederum einwenden, dass man ja ein Programm entwickeln und mit dem neuronalen Netz verschalten könnte, das eine entsprechende Wertrichtung vorgeben könnte. Letzteres Argument zeigt aber gerade besonders auf, dass hier der Konstrukteur Werte vorgeben muss im Unterschied zu lebenden, sich selbst organisierenden Systemen.

### 4) Anomaler Monismus

Donald Davidson (1965) hat sich gefragt, wie die Tatsache, dass sich „mentale Ereignisse wie etwa Wahrnehmungen, Erinnerungen, Entscheidungen und Handlungen dem nomologischen Netz physikalischer Erklärung [entziehen]“ mit der kausalen Rolle vereinbaren lasse, „die mentale Ereignisse in der physikalischen Welt spielen“. Ihm ist es daran gelegen, eine Lösung vorzuschlagen, die der „Anomalie der mentalen Ereignisse“ und zugleich ihrer kausalen Bedingtheit gerecht wird:

„Ich gehe im Folgenden davon aus, dass sowohl die kausale Bedingtheit als auch die Anomalie der mentalen Ereignisse ein unbestreitbares Faktum sind. Es kann mir daher nur darum gehen zu erklären, wie dies – angesichts offenkundiger Schwierigkeiten – der Fall sein kann.“ (Davidson 1965, S.73)

Davidsons Vorschlag, beide Tatsachen zu versöhnen, besteht in folgendem, hier sehr verkürzt wiedergegebenem Gedankengang: Theorien der Physik zeichnen sich dadurch aus, dass sie deterministisch sind, Theorien über Zusammenhänge zwischen mentalen Phänomenen beschreiben hingegen die Zusammenhänge immer probabilistisch. Aus diesem Grunde kann es keine exakten, deterministischen psychophysischen Gesetze geben, und gerade dieses Faktum lässt es zu, Freiheit mit der kausalen Bedingtheit mentaler Ereignisse durch physische zu vereinbaren. In diesem Zusammenhang führt Davidson den Begriff der *Supervenienz* ein: Mentale Ereignisse supervenieren auf hirnhysiologische, indem ein mentales Ereignis M1 sich nur dann von einem anderen mentalen Ereignis M2 unterscheiden kann, wenn sich auch die korrespondierenden

## Teil I: theoretischer Teil

Hirnprozesse (P1, P2) unterscheiden, wobei ein mentales Ereignis (M1) mit verschiedenen physiologischen Ereignissen einhergehen kann: M1 kann also auf P1 oder P2 oder... reduziert werden; hingegen kann z.B. P1 nicht mit verschiedenen M einhergehen.

Daraus folgt, dass die Korrelation zwischen M und P nicht mehr 1 betragen, und damit nur noch ein probabilistischer Zusammenhang vorliegen kann, wobei in letzterem die Freiheit des Mentalen begründet ist.

Die Supervenienzzannahme findet sich in den neuen Emergenztheorien wieder, von denen für das Leib-Seele-Problem Theorien vom Typ synchroner Emergenztheorien interessant sind (Stephan 2007, S.67ff. & S. 211). Synchroner Emergenztheorien sind aktuell beliebt, da sie im Gegensatz zu Identitätstheorien mit multipler Realisierbarkeit vereinbar sind, wie die Identitätstheorien mentale Verursachung ermöglichen bei kausaler Geschlossenheit der physikalischen Welt, und zugleich die psychische Ebene als nicht reduzierbar ansehen (nicht-reduktiver Physikalismus). Dabei tritt allerdings ein Dilemma auf, das zuerst Jaegwon Kim formuliert hat (s. dazu Stefan 2007, S. 210ff.): wenn mentale Eigenschaften kausal wirksam sein sollen (nach unten auf die physische Ebene und untereinander), dann widerspricht dies dem Postulat der kausalen Geschlossenheit der physischen Welt, oder man nimmt an, dass die mentalen Eigenschaften nur scheinbar kausal wirksam sind, während die eigentliche kausale Wirksamkeit auf die sie bedingenden physischen Prozesse zurückgeht, was aber die mentalen Eigenschaften zu Epiphänomenen degradieren würde. Nach Kim befinden sich Emergenztheorien also in dem Dilemma, entweder mentale Prozesse auf Epiphänomene zu degradieren oder das Prinzip der kausalen Geschlossenheit der Physis zu verletzen. **Wie im nächsten Kapitel deutlich werden wird, besteht dieser Widerspruch nur dann, wenn man am klassischen physikalischen Weltbild festhält, ohne dies durch die quantenphysikalischen Erkenntnisse modifiziert zu haben.**

### 1.2. Die Überwindung des klassisch-materialistischen Weltbildes der Physik durch die Quantenphysik

Der Ausgangspunkt abendländischer Wissenschaft wird gemeinhin bei Aristoteles verortet (Weischedel 1984, 54). Der Begriff des Seienden, der Seiendheit, griech.: ousia, geht auf Aristoteles zurück. Ousia kann einerseits die Form, das Eidos (in der Nachfolge Platons) bedeuten, andererseits wird unter Ousia auch das aus Form und Materie zusammengewachsene Con-Cretum, das Ding, verstanden. Hyle, lateinisch Materie, bedeutet ursprünglich Holz, als Terminus aristotelischer Philosophie wird damit der Stoff bezeichnet, der die Form annimmt, der „informiert“ wird. *Substanz im aristotelischen Sinne ist demnach Form in der Materie.* In noch abstrakterer Weise versteht Aristoteles Materie (Hyle) als Möglichkeit, die es in der Zeit gibt, was sich dann in Kinesis, Bewegung, ausdrückt. Während die konkreten Dinge entstehen und vergehen, indem die Materie (Hyle) die Form annimmt (und so zur Ousia als Concretum wird) und wieder verliert, wird die Form als ewig gedacht, indem immer neue Dinge sie annehmen. C.F.v.Weizsäcker (2002, S.569) führt als Beispiel die biologische Spezies an, „deren Individuen stets wieder ihresgleichen erzeugen [...] Der Stoff ist nicht ewig. Der jeweilige Stoff (z.B. dieses Holz, aus dem der Schrank gemacht ist) ist selbst ein Konkretum aus der Form ‚Holz‘ und den Elementen der Materie. Aber auch die Elemente haben Form. Eine ‚erste Materie‘ ohne Form ist eine bloße Abstraktion“ (C.F.v.Weizsäcker, ebd.).

Während die aristotelische Physik noch ganz nahe an den Phänomenen ist, wie sie sich uns sinnlich darstellen, erreicht sie zugleich mit den Begriffen Form und Möglichkeit einen hohen Abstraktionsgrad. Die neuzeitliche Physik hingegen

## Teil I: theoretischer Teil

kennt als Substanz die Materie im Raum, später mit Newton zusätzlich die Kraftfelder, und als Entitäten, was nach Weizsäcker (ebd., S.570) nun als „abstraktere Version für ‚Substanzen‘“ verstanden wird, Raum und Zeit. Die Sinnesphänomene werden nun ins Subjektive abgedrängt, so dass Descartes nur konsequent sei, „wenn er das Bewusstsein nun als besondere Substanz einführt“ und damit das Leib-Seele-Problem erzeugt. Während bei Aristoteles die Form das Bleibende ist, wird in der neuzeitlichen Physik die Substanz als das Bleibende betrachtet. „Also glaubte man an die Erhaltung der Materie im Wechsel der Erscheinungen“ (ebd., S.571). Der Erhaltungssatz der Masse, der empirisch in chemischen Experimenten untermauert wurde, wurde schließlich um den Erhaltungssatz der Energie ergänzt (s.o. Leibniz). Während die Atomisten (z.B. Demokrit und Lukrez: de rerum natura) noch annahmen, dass Materie oder die Körper Teile des Raums ausfüllen (s. Descartes' res extensa) und dass Wirkungen zwischen den Körpern auf Stoß beruhen (*Kontaktwirkung*), die Welt also, wie noch von Descartes als Uhrwerk verstanden wurde, als „System von Körpern, die sich gegenseitig wie Zahnräder fortstoßen und antreiben“ (Popper 2005c, S.24f.), ging die Gravitationstheorie Newtons darüber hinaus: Wirkungen werden nun auf Anziehung, nicht nur auf Stoß, zurückgeführt. Neben die Körper als materielle Größen tritt nun bei Newton die *Gravitationskraft als Fernwirkung*. Der Entwurf Newtons und seiner Nachfolger (vor allem die Elektromechanik) „ist stark, insofern er mathematisch ist“ (Weizsäcker, aaO., S.569) und damit experimentell überprüfbar. Ein entscheidender Durchbruch der mathematischen Erfassung der Wirklichkeit ist in der Entdeckung der analytischen Geometrie durch Descartes zu sehen, denn mit der Erfindung des Koordinatensystems erlaubt sie es nun, alle geometrischen Figuren durch Zahlen zu beschreiben. Nach Görnitz (2006, S.47) erzielte Newton den eigentlichen Durchbruch in der mathematischen Beschreibung von Naturvorgängen: während mittels analytischer Geometrie Geschwindigkeit nur als Durchschnittsgeschwindigkeit (zurückgelegter Weg/Zeit im Durchschnitt) erfasst werden kann, ermöglicht nun die von Leibniz und Newton unabhängig voneinander entdeckte Differentialrechnung, Geschwindigkeit in jedem Punkt zu erfassen, wodurch nun das Konzept der Beschleunigung in die Mechanik Einzug halten konnte. Kants Kritik der reinen Vernunft ist dabei als Versuch einer transzendentalen Begründung von Naturwissenschaft newtonscher Prägung zu verstehen mit Raum und Zeit als unveränderlichen und voneinander unabhängigen transzendentalen Bedingungen von naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Da mit Newtons Mechanik eine Vielzahl von Erscheinungen nun einer rationalen Erklärung zugänglich geworden war, begann der Siegeszug der mechanisch-naturwissenschaftlichen Denkweise,

„und man begann, auch für die philosophische Sicht der Welt die Mechanik als Vorbild zu nehmen. Die Vorhersagekraft der mathematischen Physik ließ die Idee eines deterministisch vorbestimmten und wie ein Uhrwerk ablaufenden Weltgeschehens als eine zutreffende Beschreibung der Welt erscheinen.“ (Görnitz, 2006, S.54)

Darüber hinaus liegen die auf Aristoteles zurückgehenden aussagenlogischen Prinzipien:

- Satz der Identität: Ein Jedes ist es selbst (mit sich selbst identisch):  $A=A$ ;

Der Satz vom Widerspruch: Dasselbe kommt demselben nicht zugleich zu und nicht zu:  $A \neq \text{Nicht-A}$ ;

tertium non datur (der Satz vom ausgeschlossenen Dritten): Eine Aussage ist wahr oder nicht wahr, etwas Drittes gibt es nicht -

den Gesetzen der klassischen Physik zugrunde. Im 19. Jahrhundert wurde das newtonsche Weltbild durch die von James Clerk Maxwell aufgestellten Gleichungen, die die Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen „Feldern“ und ihre Beziehungen zu den sie erzeugenden elektrischen Ladungen

## Teil I: theoretischer Teil

und Strömungen beschreiben, um den Begriff des Feldes, bzw. des Kraftfeldes ergänzt. Der unliebsame Begriff der Fernwirkung konnte nun abgeschafft oder verstanden und erklärt werden. Eine alternative Modellvorstellung, um die Einführung der als „Felder“ bezeichneten Größen zu vermeiden, war im 19. Jhdt. die des Äthers, mit deren Hilfe man die Gravitation als eine Übertragung von Druck und Stoß von Teilchen einer allgegenwärtigen Substanz im Weltraum, den Äther, zu erklären trachtete. Die spezielle Relativitätstheorie zeigte dann aber, dass die Annahme eines allgegenwärtigen Äthers nicht zutreffend sein kann.

Das Weltbild der klassischen Physik, an das auch Einstein noch fest glaubte, beruht auf den drei Grundannahmen Realismus, Lokalität und Determinismus; **Realismus**= die Ansicht, dass die Objekte der physikalischen Welt mit ihren Eigenschaften unabhängig vom Bewusstsein des Beobachters existieren; **Lokalität**= die Annahme, dass ein Ereignis an einem Ort ein Ereignis an einem anderen Ort nur beeinflussen kann, wenn ein Signal genügend Zeit hat, um sich – nach der Relativitätstheorie höchstens mit Lichtgeschwindigkeit – von einem Ort zum nächsten fortzupflanzen; **Determinismus**= „die Position, dass jedes gegenwärtige und künftige Ereignis als die Wirkung vergangener Ursachen vollständig erklärt werden kann“ (Malin 2006, S.17).

Im Weltbild der klassischen Physik wird also davon ausgegangen, dass es deterministische Naturgesetze gibt, die beobachterunabhängig und absolut gelten. Newton selbst hat sein Weltbild folgendermaßen in Worte gefasst:

„Nach all diesen Betrachtungen ist es mir wahrscheinlich, dass Gott im Anfange der Dinge die Materie in massiven, festen, harten, undurchdringlichen und beweglichen Partikeln erschuf, von solcher Größe und Gestalt, mit solchen Eigenschaften und in solchem Verhältnis zum Raume, wie sie zu dem Endzwecke führten, für den er sie gebildet hatte, dass ferner diese primitiven Theilchen, weil sie fest sind, unvergleichlich härter sind, als irgend welche aus ihnen zusammengesetzte porösen Körper, ja so hart, dass sie nimmer verderben oder zerbrechen können, denn keine Macht von gewöhnlicher Art würde im Stande sein, das zu zertheilen, was Gott selbst bei der ersten Schöpfung als Ganzes erschuf.“ (Newton, zit. nach Malin 2006, S. 40)

An diesem Zitat wird deutlich, dass Newton in der Tradition der Atomisten steht und als Physiker noch ein strenggläubiger Mensch war. Pierre Laplace hat dann das deterministische Weltbild Newtons, indem der Zufall keinen Platz hat, und wenn Zufall beobachtet wird, dann handelt sich es diesem Modell nach um Zufall aufgrund von ungenügendem Wissen der zugrundeliegenden Bedingungen, mit seinen Laplace'schen Dämon auf die Spitze getrieben:

„Wir müssen [...] den gegenwärtigen Zustand des Universums als die Auswirkung des vorhergehenden Zustands betrachten und als die Ursache dessen, was folgen wird. Nehmen wir [...] eine Intelligenz an, die alle die Kräfte, durch die die Natur bewegt wird, kennen könnte und, für einen bestimmten Moment, die genauen Zustandsgrößen aller physikalischen Objekte, aus denen sie besteht; [...] für [sc.: diese Intelligenz] wäre nichts ungewiß; und die Zukunft wie die Vergangenheit läge klar vor ihren Augen.“ (Laplace 1814, zit nach Popper 2005c, S.44)

Laplace beschrieb damit auf dem Boden der newtonschen Mechanik ein Weltbild, dass durch die Regelmäßigkeit eines Uhrwerks charakterisiert ist und für das es die Annahme eines Schöpfers (Uhrmachers) nicht mehr bedarf. Als Napoleon ihn fragte, „wo denn in diesem seinem Weltbild der Platz für Gott sei, soll Laplace voll Stolz geantwortet haben: „Sire, diese Hypothese benötige ich nicht.“ (Görnitz 2006, S.55). Das herrschende Paradigma der Physik des 19.Jhdts war atheistisch und materialistisch, egal ob die einzelnen Physiker nun privat an Gott glaubten oder nicht.

Mit der Formulierung der **allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie** bekam das klassische Weltbild zum ersten Mal Risse: Während man vor Einstein davon ausgegangen war, dass Zeit und Raum absolute, beobachterunabhängige Größen

## Teil I: theoretischer Teil

darstellen, zeigte Einstein anhand dem folgenden Gedankenexperiment, dass Zeit von der Position des Beobachters abhängig ist: Angenommen, man sitzt in einem Zugabteil, dessen Fenster vollständig undurchsichtig sind und angenommen, dass der Zug sich vollständig gleichmäßig bewegt ohne jegliche Vibrationen, dann ist es für die Person im Zug nicht möglich festzustellen, ob der Zug sich (noch) bewegt oder nicht. Da es bei obigen Grundannahmen keine prinzipielle Möglichkeit gibt, die Feststellung der Bewegung zu treffen, macht die Frage, ob sich der Zug bewegt oder nicht, keinen Sinn.

„Während ich auf dem Bahnsteig stehe und sehe, wie Sie sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegen, befinde ich mich nach eigenem Dafürhalten in Ruhe. Mit dem gleichen Recht können sie jedoch in Ihrem Zugabteil behaupten, dass ich mich mit konstanter Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung bewege, während Sie selbst in Ruhe verharren. Wer befindet sich nun wirklich ‚im Ruhezustand‘? Die Antwort ist, dass es so etwas wie ‚wirklich‘ in Ruhe oder ‚wirklich‘ in Bewegung sein, nicht gibt. Relativ zu mir gesehen, bewegen Sie sich. Relativ zu Ihnen bewege ich mich. Mehr ist dazu für träge Beobachter, das heißt für Beobachter, deren Geschwindigkeit gleich bleibend ist, nicht zu sagen.“ (Malin 2006, S.48)

Das zweite grundlegende Postulat der **speziellen Relativitätstheorie** besagt, dass die Lichtgeschwindigkeit konstant ist, wenn also z.B. von einem Zug aus ein Lichtsignal ausgesendet wird, dann bewegt dies sich mit Lichtgeschwindigkeit fort und nicht mit Lichtgeschwindigkeit + Geschwindigkeit des Zugs. Einstein kam darauf, die Lichtgeschwindigkeit  $c$  als Konstante zu postulieren, nachdem er die Maxwell'schen Gleichungen studiert hatte, in denen die Lichtgeschwindigkeit als Konstante auftritt.

„Wenn man nun in Übereinstimmung mit dem Relativitätsprinzip annimmt, dass die Maxwell'schen Gleichungen in allen Bezugssystemen, die sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegen, gleichermaßen gelten, dann muss die Lichtgeschwindigkeit wirklich konstant sein, das heißt, sie muss in allen solchen Systemen denselben Wert besitzen.“ (Malin 2006, S.49)

Aus diesen zwei Grundannahmen folgt, dass auch Gleichzeitigkeit relativ zur Position des Beobachters ist, ebenso hängt die Länge eines Objektes davon ab, ob sich das Objekt relativ zum Beobachter bewegt oder in Ruhe ist (Relativität der Länge).

Aus der Relativität der Gleichzeitigkeit folgt, dass Ereignisse, die für den einen Beobachter in der Gegenwart stattfinden, für einen anderen Beobachter in der Vergangenheit oder Zukunft liegen und somit die Frage, ob die Ereignisse „real“ sind, nicht dadurch klären lassen, dass man prüft, ob es sich um gegenwärtige Ereignisse handelt oder nicht. Einstein zog daraus den Schluss, dass alle Ereignisse der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft gleichermaßen real sind, die Zeit damit eine Illusion ist. Laut Einstein kann man sich, wenn überhaupt, dann dieser Sache sicher sein, nämlich **dass die Vergangenheit vollständig determiniert** ist:

„Was geschehen ist, ist geschehen – und unterliegt keiner Zufälligkeit mehr. Wenn jedoch alle Ereignisse als gleichermaßen wirklich zu betrachten sind, dann muss sich diese ontologische Gewissheit auch auf die Gegenwart und die Zukunft erstrecken. Wenn Zeit lediglich eine Illusion ist, ein Ausdruck der menschlichen Perspektive, der Perspektive eines begrenzten Geistes im Augenblick der überwältigenden ‚ewigen Gegenwart‘, *dann hat die Gegenwart und die Zukunft genau wie die Vergangenheit in gewissem Sinne bereits stattgefunden.*“ (Malin 2006, S.59)

Die obigen Ausführungen machen deutlich, dass mit Einsteins Relativitätstheorie zwei wesentliche Grundannahmen des klassischen Weltbildes, nämlich die Beobachterunabhängigkeit und die absolute Zuschreibung von Eigenschaften zu Objekten, in ihrer allgemeinen Gültigkeit nicht zutreffend sein können, wobei Einstein an dem Prinzip der strengen Kausalität und des vollständigen Determinismus von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft festhält (strenge Kausalität und Determinismus widersprechen nicht der Relativitätstheorie, die diese aber auch nicht zwingend annehmen muss). Am Realismus hält Einstein fest, indem er davon ausgeht, dass die Objekte unabhängig vom Beobachter existieren,

## Teil I: theoretischer Teil

wenn auch das quantitative Ergebnis ihrer Attribute beobachterabhängig ist (s.o. Relativität der Länge).

Vor der Entwicklung der Relativitätstheorie Einsteins gingen einige, wenn nicht viele Professoren der Physik davon aus, dass in der Physik bereits alles Wesentliche erforscht sei, es nur noch um die Klärung einiger weniger Details gehe. Mit diesem Argument versuchte Prof. Philipp von Jolly den jungen Max Planck davon abzuhalten, Physik zu studieren, dafür sei er zu begabt. Und diese Einstellung wurde eingenommen, obwohl Phänomene wie z.B. die Hohlraumstrahlung und der photoelektrische Effekt noch nicht aufgeklärt werden konnten. Um das Phänomen der Hohlraumstrahlung zu erläutern, möchte ich kurz die historischen Hintergründe der Beschäftigung mit diesem Phänomen darstellen (s. dazu Zeilinger 2005, S.10ff.):

Gegen Ende des 19.Jhdts tauchte die für die Industriestaaten wichtige Frage auf, ob die Beleuchtung der Städte mit Gaslampen oder mit elektrischen Lampen erfolgen sollte, die Hauptfrage war dabei, welche Form der Beleuchtung bei gleichem Aufwand mehr Licht liefert. In Deutschland wurde dann zur Klärung dieser Frage von dem Industriellen Werner von Siemens ein Institut gegründet, das unter der Hoheit des Staates unabhängige Messungen, die nicht von industriellen Interessen abhängen, durchführen sollte (Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 1887 in Berlin). Da das ausgesandte Licht einer Glühbirne und eine Gaslampe von vielen Faktoren (Dicke des Glühfadens, Strommenge, Art des Gases etc.) abhängt, suchte man nach einer idealen Lichtquelle, um so die beiden Prinzipien der Lichterzeugung besser miteinander vergleichen zu können. Bei einem glühenden Körper hängt die Lichtintensität und die Farbe des abgestrahlten Lichts nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Beschaffenheit der Oberfläche des Körpers ab. Wenn man sich nun aber einen Hohlraum vorstellt, z.B. eine Blase, die beim Schmieden des glühenden Eisenhakens entstanden ist, dann wird in diesem Hohlraum auch Licht auftreten, da ja auch seine Wände glühen. Jedoch wird die Intensität und Farbe des Lichts in dem geschlossenen Hohlraum ausschließlich von der Temperatur seiner Wände abhängen, und nicht davon, woraus sie bestehen, da die Menge an Licht, die sich im Hohlraum befindet, Ergebnis der Abstrahlung und Absorption von den Wänden ist. Da nun die Abstrahlung und Absorption in gleicher Weise vom jeweiligen Material abhängt, ist die Menge an Licht im Hohlraum vom Material unabhängig. Wenn man nun in den Hohlraum ein winziges Loch macht, das so klein ist, dass die Menge des austretenden Lichts relativ zur Gesamtmenge verschwindend gering ist, dann kann man das Licht messen. Dies austretende, messbare Licht nennt man „Hohlraumstrahlung“. Diese Hohlraumstrahlung versuchte Max Planck lange Zeit durch Herumspielen mit der damals gängigen Theorie des Lichts, der Wellentheorie, zu erklären, kam aber der Erklärung keinen Schritt näher, bis er sich „zu einem ‚Akt der Verzweiflung‘“ (Zeilinger 2005, S.16) gezwungen hatte:

„Er musste [...] einfach annehmen, dass das Licht nicht als Welle von den Wänden des Hohlraums ausgesandt wird, sondern in einzelnen, nicht teilbaren Stücken, den sogenannten *Quanten*. Diese Quanten des Lichts, auch *Photonen* genannt, besitzen eine fixe Energie, die ausschließlich durch die Frequenz des Lichts, also die Farbe des Lichts, und durch eine völlig neue physikalische Größe festgelegt ist – das *Plancksche Wirkungsquantum*. Hier gilt die berühmte Beziehung  $E=hf$ . Dies ist der mathematische Ausdruck dafür dass die Energie  $E$  eines Lichtquants gleich ist dem Produkt aus dem Planckschen Wirkungsquantum  $h$  und der Frequenz  $f$  des Lichts.“ (Zeilinger 2005, S. 16)

Laut Zeilinger (ebd.) war Einstein der einzige Zeitgenosse Plancks, der die Quanten wirklich ernst nahm. Albert Einstein löste 1905 das Problem des photoelektrischen Effektes – Licht kann aus kleinen Metallplatten Elektronen herauslösen, und zwar sofort, so dass sich der photoelektrische Effekt nicht mittels der Wellentheorie des Lichtes erklären lässt, da eine Welle Zeit braucht, um sich



## Teil I: theoretischer Teil

aufzuschaukeln, bis sie so stark schwingt, dass sie das Elektron mitreißen kann - , indem er entsprechend der Idee von Max Planck annahm, das das Licht aus Quanten, den Photonen, besteht, und diese einzelnen Quanten direkt das Elektron auf dem Metall herausstoßen können. Albert Einstein erhielt für die Erklärung des photoelektrischen Effekts 1922 den Nobelpreis für Physik, die Relativitätstheorie hingegen ist vom Nobelpreiskomitee nie gewürdigt worden. Um das Revolutionäre an Plancks Wirkungsquantum zu verstehen, ist es wichtig, sich zwei Dinge zu vergegenwärtigen, zum einen, dass die klassische Physik immer von kontinuierlichen Variablen ausgegangen ist, was sich in den ihr zugrundeliegenden Differentialgleichungen zeigt, die Annahme von diskontinuierlichen Variablen ist ihr hingegen völlig fremd; zum anderen, dass die im 19 Jhdt favorisierte Theorie des Lichtes die Wellentheorie war, welche durch ein Experiment des englischen Arztes und Hobbyphysikers Th. Young aus dem Jahr 1802 experimentell bewiesen schien: Auf Th.Young geht das sogenannte Doppelspaltexperiment zurück: Licht tritt von links durch eine Öffnung und hat im darauffolgenden Schirm zwei Spalte zur Verfügung, durch die es durchtreten kann. Wenn beide Spalte geöffnet sind, kommt es zu hellen und dunklen Streifen auf dem Projektionsschirm, was sich nur über die Interferenz von zwei Lichtwellen (destruktive und konstruktive Interferenz; Interferenz tritt bei der Überlagerung von zwei Lichtwellen, der sogenannten Superposition, auf) erklären lässt und der Teilchentheorie, bei welcher sich die Helligkeit der Lichtflecken auf dem Projektionsschirm als Summe der Einzelspalt-Anordnungen ergeben müsste, widerspricht.

Die Entdeckung Max Plancks des Planckschen Wirkungsquantums zeigt, dass Licht aus Quanten, den sogenannten Photonen, bestehen muss, die Ergebnisse Th. Youngs lassen sich hingegen nur wellentheoretisch erklären:

„Für unser Youngsches Doppelspaltexperiment ergibt sich nun die Herausforderung, wie wir unser Wissen, dass Licht letztlich aus einzelnen Teilchen, aus den Photonen, besteht, mit unserer so erfolgreichen Erklärung der auftretenden Streifen als Interferenz von Wellen, die durch beide Öffnungen durchgetreten sind, in Einklang bringen können“ (Zeilinger 2005, S. 37)

Geht man von der Teilchentheorie also aus, dann besteht die prinzipielle Möglichkeit, dass ein Photon, wenn es an den Beobachtungsschirm auftritt, auch auf andere Photonen trifft, die durch den Spalt gegangen sind, so dass es zu einer Art Informationsaustausch zwischen den Photonen kommen könnte, z.B. könnten die Photonen einander so ablenken, dass, bei Öffnung beider Spalte, die schwarzen Streifen vermieden werden. Diese Erklärung ist in einem Experiment von Sir Geoffrey Ingram Taylor im Jahre 1915 widerlegt worden:

„Die Lichtintensität, die er verwendete, war so schwach, dass die Photonen immer nur einzeln durch den Doppelspalt durchgetreten waren. Jedes Photon trifft also einzeln auf den fotografischen Film auf und macht dort an einer bestimmten Stelle einen schwarzen Punkt. Schwarz deshalb, da es sich ja um einen Negativfilm handelt. Wenn das Experiment nun lange genug durchgeführt wurde, erhalten wir viele schwarze Punkte.“ (Zeilinger 2005, S.40)

Obwohl immer nur einzelne Photonen auf dem Negativfilm aufgetroffen sind, beobachtete Taylor die Interferenzstreifen. Damit muss das Interferenzphänomen nicht als kollektives Phänomen vieler Teilchen, sondern als Phänomen jedes einzelnen Teilchens angesehen werden. Dabei ist für jedes einzelne Teilchen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit der Ort des Auftreffens auf dem Negativfilm angebar. Wie sich in späteren Experimenten gezeigt hat, beruht dies nicht auf verborgenen Parametern, sondern auf *objektivem Zufall*. Quantenphysikalische Phänomene zeichnen sich also durch objektive Indeterminiertheit aus, was dem klassischen Weltbild diametral entgegengesetzt ist und Einstein zur Aussage kommen ließ: „Gott würfeln nicht“. Einstein hat in der Folge versucht, in immer ausgeklügelteren Gedankenexperimenten, vor allem in einer Auseinandersetzung mit Niels Bohr, aufzuzeigen, dass der Zufall doch keine

## Teil I: theoretischer Teil

objektive Rolle spielt, sondern dass man für jedes einzelne Teilchen den Weg des Teilchens genau bestimmen kann.

Der Adlige de Broglie zeigte in seiner Dissertation im Jahr 1924, dass nicht nur Licht dem Welle-Teilchen-Dualismus unterliegt, sondern auch Elektronen und andere Elementarteilchen. De Broglie schlug in seiner Doktorarbeit vor, Elektronen beim Durchtreten enger Öffnungen zu beobachten, zum Beispiel beim Durchqueren der von Atomlagen in einem Kristall gebildeten Zwischenräume. Solche Zwischenräume könnten dieselbe Rolle für Elektronen spielen wie die Spalte in Youngs Experiment für die Photonen. Im Jahr 1926 wurden die Vorhersagen de Broglies von den Amerikanern Clinton Joseph Davisson und Lester Halbert Germer bestätigt. (Malin 2006, S.71). Darüber hinaus wurden die „Materiewellen“ de Broglies durch die mathematische Theorie der „Wellenmechanik“ von Schrödinger aus dem Jahr 1927, welche das Verhalten von Elektronen als Wellenphänomene erklärte, bestätigt. Etwa ein Jahr später entdeckte Heisenberg das nach ihm benannte Heisenberg'sche Unschärfepprinzip, welches besagt, dass man den Ort und den Impuls eines Elektrons nicht gleichzeitig mit Genauigkeit messen kann. Dies sei an zwei Versuchsanordnungen von N.Bohr erläutert (Malin 2006, S.78ff.):

- a) Versuchsanordnung zur Ortsbestimmung eines Elektrons: Eine fest mit der Tischplatte verbundene Trennwand mit einem engen horizontalen Spalt steht vor einem Projektionsschirm: Wenn der Spalt sehr schmal ist, können wir die vertikale Position des durchtretenden Elektrons relativ genau messen, den Impuls hingegen nicht.
- b) Versuchsanordnung zur Messung der vertikalen Impulskomponente: eine Trennwand mit einem Spalt ist an Federn aufgehängt und befindet sich vor einem Projektionsschirm: Wenn das Elektron durchtritt, führt die vertikale Impulskomponente zu einem Ausschlag der an Federn aufgehängten Trennwand, so dass die vertikale Impulskomponente zwar relativ genau gemessen werden kann, hingegen der Ort nur sehr ungenau, da durch Schwingung der Trennwand eine genaue Bestimmung des Ortes des Spaltes und damit des Ortes des Elektrons im Spalt, verunmöglicht.

Bohr zog daraus den Schluss, dass die Versuchsanordnung zur Bestimmung des Ortes des Elektrons im Spalt und die Versuchsanordnung zur Bestimmung der vertikalen Komponente des Impulses des Elektrons sich gegenseitig ausschließen. Wir erhalten entweder ein Elektron mit wohldefiniertem Ort, oder ein Elektron mit wohldefiniertem Impuls, beides gleichzeitig geht nicht.

„Die zwei von Bohr vorgeschlagenen Versuchsanordnungen veranschaulichen das Heisenberg'sche Unschärfepprinzip und weisen auf seinen Ursprung hin; den fundamentalen Unterschied zwischen gewöhnlichen Messungen und Quantenmessungen. Eine gewöhnliche Messung macht lediglich eine Aussage über den Wert der gemessenen Größe, beeinflusst sie aber nicht. Wenn ich zum Beispiel die Länge meines Schreibtisches messe und feststelle, dass er 1,50 Meter lang ist, dann besitzt er diese Länge, ungeachtet dessen, ob ich sie abmesse oder nicht. Bei Quantenmessungen übt die Messapparatur dagegen einen tiefgreifenden Einfluss auf den Zustand des gemessenen Elektrons aus.“ (Malin 2006, S.80)

In Versuchsanordnung a) erhalten wir eine Elektron mit wohl definiertem Ort und schlecht definiertem Impuls, in Versuchsanordnung b) ist es umgekehrt. Bohr sagt, dass die Eigenschaften eines wohl definierten Ortes und eines wohl definierten Impulses sich **komplementär** zueinander verhalten: entweder ich erhalte das eine oder aber das andere, aber nie beides gleichzeitig.

Für Niels Bohr war Komplementarität eines der tiefsten Konzepte, die wir in unserer Naturbeschreibung haben. Er hat versucht, diese Komplementarität auch auf Begriffe außerhalb der Physik anzuwenden. Eine besonders nette Anwendung ist sein Satz, dass ‚Wahrheit‘ und ‚Klarheit‘ eines Ausdrucks zueinander komplementär seien.“ (Zeilinger 2005, S.172)

## Teil I: theoretischer Teil

Wie schon oben ausgeführt, hielt Einstein an der Lokalität, dem Realismus und dem Determinismus fest. Die empirischen Befunde der Quantenmechanik haben ihm deswegen Zeit seines Lebens sehr zugesetzt und er war in sehr wertschätzender Auseinandersetzung mit Bohr bemüht, die Quantentheorie zu entkräften, wobei sich dabei nach Malin (2006, S.121ff.) zwei Phasen unterscheiden lassen: In der ersten Phase schlug Einstein Gedankenexperimente vor, die das Unschärfeprinzip und damit den Indeterminismus der Quantentheorie, widerlegen sollten. Bohr schaffte es, allen Angriffen Einsteins Paroli zu bieten, so dass Einstein diese Angriffe schließlich aufgab, weil er einsehen musste, dass er auf dieser Linie keine Entkräftungsargumente mehr hatte. In der zweiten Phase der Auseinandersetzung versuchte er, die Unvollständigkeit der Quantenmechanik in einem mit seinen Assistenten Podolsky und Rosen entwickelten Gedankenexperiment zu beweisen. Bohrs Erwiderung erschien drei Monate später in derselben Zeitschrift 1935, in der er die Auffassung vertrat, dass Einstein von falschen Prämissen ausgegangen ist. Während Einstein behauptete, dass, wenn ich von einem Zustand eines Teilchens A, den ich messe, ohne Messung auf den Zustand eines Teilchens B schließen kann, dies als Befund für Lokalität (denn wenn die Messung von A Teilchen B beeinflusst hätte, hätte dies schneller als mit Lichtgeschwindigkeit passieren müssen) und Realismus (Teilchen B kommt z.B. der Ort als Eigenschaft zu, da es durch keine Messung gestört worden ist) gelten muss und aus seinem Gedankenexperiment darüber hinaus den Schluss zog, dass Ort und Impuls als „Elemente der Realität“ gleichzeitig genau bestimmbar sind und damit die Quantentheorie unvollständig sein müsse, da sie den oben beschriebenen Fall nicht erklären könne, interpretierte Bohr das EPR-Gedankenexperiment völlig anders: Teilchen A und B sind nicht zwei Systeme, sondern sind miteinander verschränkt und bilden ein einziges System. Zusätzlich hängt das System davon ab, mit welcher Messvorrichtung es in Wechselwirkung tritt. Wenn es einer Versuchsanordnung zur Messung des Ortes unterworfen wird, dann ist dies komplementär dazu, einer Versuchsanordnung zur Messung des Impulses unterworfen zu sein. „Wenn also das System einer Ortsmessung unterworfen wird, ist seine Realität eine andere, als wenn es einer Impulsmessung unterworfen wird“ (Malin 2006, S.135).

Bohr und Einstein hielten bis zu ihrem Tod an ihren Auffassungen fest. Eine Entscheidung kam erst in Sicht, nachdem John Bell das EPR-Gedankenexperiment neu formuliert und so einer empirischen Prüfung zugänglich gemacht hatte (für detaillierte Informationen dazu s. Malin 2006, S.139ff.). Insbesondere stellte er die nach ihm benannten Bell'schen Ungleichungen auf, die nach mehrmaliger Durchführung des Experiments anhand der gefundenen Häufigkeiten ermöglichten, die Quantentheorie oder die lokal realistische Interpretation Einsteins zu verwerfen:

„Der Durchbruch gelang 1981, als A.Aspect, P.Grangier und G.Roger von der Universität Paris ein Experiment durchführten, das weitaus genauer als die vorangegangenen war. Sie fassten ihre Ergebnisse wie folgt zusammen: ‚Unsere Ergebnisse, die mit den Vorhersagen der Quantenmechanik vorzüglich übereinstimmen, verletzen die verallgemeinerten Bell'schen Ungleichungen auf eklatante Weise und schließen damit die gesamte Klasse realistischer lokaler Theorien als unzulässig aus.‘“ (Malin 2006, S.162)

Wie lassen sich nun aber der objektive Zufall, das Unschärfeprinzip, die Superposition und die andern Phänomene im Bereich der Quantenmechanik verstehen?

„Es geht um die Überwindung der Position, die von Richard Feynman so schön formuliert wurde: ‚Ich denke, ich kann sicher sagen, dass heute niemand die Quantenphysik versteht.‘“ (Zeilinger 2005, S.207)

## Teil I: theoretischer Teil

Nach Zeilinger (ebd.) brauchen wir eine Grundidee, auf der man die Theorie aufbauen kann, wobei sich dann sogleich die Frage erhebe, welche Bedeutung die Quantenphysik für unser Weltbild habe.

Aus den Experimenten der Quantenphysik, in denen zum einen immer wieder der maßgebliche Einfluss der Versuchsanordnung auf die Art der Antwort deutlich wurde, zum anderen dass man immer nur die Antwort auf eine Frage bekommt (entweder Ort oder Impuls; entweder Welle oder Teilchenweg, entweder Energie oder genaue Bestimmung der verbrauchten Zeit...) schließt Zeilinger unter Berufung auf C.F.v.Weizsäcker (2002), dass Information der Urstoff des Universums ist. Jede Antwort auf eine von den oben angedeuteten Fragen (z.B. ist der Ort genau bestimmbar?) entspricht einem bit an Information (ja/nein Antwort entspricht der binären Alternative 0 vs.1, die jedem Computer zugrunde liegt). Durch Kopplung solcher binärer Alternativen lassen sich sämtliche Differenzierungen, die es überhaupt geben kann, aufbauen, wie die Verbreitung des Personalcomputers zeigt. Das Unschärfeprinzip beruht nach Zeilinger nun darauf, dass die Elementarteilchen so klein sind, dass sie nur ein Qubit an Information tragen können, so dass man auf eine weitere Frage keine genaue Antwort mehr erhalten kann.

Zeilinger fasst seine Interpretation in den folgenden Postulaten zusammen (ebd. S.216ff.):

- „Naturgesetze dürfen keinen Unterschied machen zwischen Wirklichkeit und Information.“
- „Information ist der Urstoff des Universums.“
- „Das elementarste System entspricht einem Bit an Information.“
- „N elementare Systeme entsprechen N Bit an Information.“
- „Wirklichkeit und Information sind dasselbe“ (ebd., S.229)
- „Die Quantisierung der Welt [ist] eine Konsequenz der Quantisierung der Information. Die Quantisierung der Information ist letztlich also unvermeidlich, da alles in Ja-Nein-Entscheidungen dargestellt werden muss.“ (ebd., S.226)

In Verbindung dieser Postulate mit der Superposition endet Zeilinger sein Buch mit einem Zitat Wittgensteins aus dem *Tractatus logico philosophicus*: „die Welt ist alles, was der Fall ist.“:

„Wir haben gesehen, dass dieser Blickpunkt zu beschränkt ist. In der Quantenmechanik können wir nicht nur Aussagen darüber treffen, was der Fall *ist*, sondern auch Aussagen darüber, was der Fall sein *kann*. Der quantenmechanische Zustand ist zwar eine Beschreibung des makroskopischen Apparats und der Beobachtungen an diesem Apparat, die notwendig sind, um Vorhersagen über die Zukunft zu machen. Jedoch sind diese Vorhersagen über die Zukunft Aussagen über alles was der Fall sein *könnte*. Selbstverständlich sind diese Aussagen auch Teil der Welt.

Daher ist die Welt mehr, als was Wittgenstein meinte. *Die Welt ist alles, was der Fall ist, und auch alles, was der Fall sein kann.*“ (Zeilinger 2005, S.231)

Der Veränderung des klassischen Weltbildes (Lokalität, Realismus, Determinismus), die durch die Quantentheorie unabdingbar nötig geworden ist, versuchen viele Physiker und Naturwissenschaftler zu umgehen, indem sie behaupten, dass quantenphysikalische Gesetzmäßigkeiten (welche immer probabilistischer Natur sind) nur für den Bereich der Elementarteilchen gelten, ansonsten man die klassischen physikalischen Gesetze anwenden könne. Dagegen sind die folgenden Argumente ins Feld zu führen:

- Zeilinger (2005, S.25ff. und 154ff., 102ff.) hat anhand von Fullerenmolekülen gezeigt, dass der Weg-Interferenz-Dualismus auch hier bei Makromolekülen, die sogar auf 650 Grad Celsius erhitzt wurden, auftritt.

## Teil I: theoretischer Teil

- Schrödinger hat schon 1944 gezeigt (Schrödinger 2006, S.41ff.), dass deterministische Gesetze wie z.B. das Wärmeleitungsgesetz oder das Gesetz der Diffusion nur deswegen mathematisch exakt sind, weil sie auf einer unvorstellbar großen Zahl von Molekülen beruhen. Schrödinger resümiert (S.49): „Wenn wir hier das strenge ‚mathematisch exakte‘ Gesetz anführen, so deshalb, weil wir betonen wollen, dass seine physikalische Exaktheit in jedem Einzelfall in Frage steht. Da es auf reinem Zufall beruht, ist seine Gültigkeit nur eine angenäherte. Wenn die Annäherung in der Regel eine sehr gute ist, so ist das nur der riesig großen Zahl der Moleküle zu verdanken, die bei dieser Erscheinung zusammenwirken. Je kleiner deren Anzahl, um so größere Zufallsabweichungen müssen wir erwarten – und unter günstigen Umständen können wir sie auch beobachten.“ Ergo: probabilistische Zusammenhänge im Sinne des objektiven Zufalls sind Grundlage der physikalischen (und das heißt auch der biologischen) Welt. Die Quantentheorie ist die grundlegende Theorie; die klassisch-physikalischen deterministischen Gesetze gelten nur unter bestimmten Näherungsbedingungen.
- Ohne Quantenmechanik würde die klassische Welt gar nicht existieren, denn nach den Gesetzen der klassischen Physik müsste das Elektron dem Atomkern, um den es kreist, immer näher kommen und schließlich in ihn hineinstürzen. „Die Stabilität der Körper, welche die Gegenstände der klassischen Physik konstituieren, ist nur mit der Quantentheorie verstehbar.“ (Görnitz 2006, S.201)
- Dass überhaupt organische, langkettige Moleküle vorkommen, die für Leben konstitutiv sind, kann die klassische Physik nicht erklären, da immer der energetisch ärmere Zustand laut Gesetzen der Thermodynamik angestrebt wird. Verstehbar wird das Vorkommen von energetisch reichen Molekülen nur darüber, dass zum Übergang in einen energetisch günstigeren Zustand ein Quantensprung notwendig ist, der ein Elektron zum Verlassen seiner Bahn anregt und dadurch chemische Veränderung ermöglicht (s. dazu Schrödinger 2006, S.101ff.).
- Die von W.Singer beobachteten Kohärenzen im Gamma-Wellen-Frequenzband des EEG bei Betrachtung z.B. eines visuellen Objekts, welche Singer als physiologische Basis des Bindungsphänomens (damit ist gemeint, dass wir z.B. einen Apfel, dessen Farbe wir neben seinem Geruch und seinem Geschmack wahrnehmen, als ein Objekt wahrnehmen trotz der vielen Einzeleindrücke, aus denen das Gesamtobjekt zusammengesetzt ist) ansieht, lassen sich nur quantenphysikalisch verstehen, da die Synchronisation über weit entfernte Gehirnbereiche schon nach einer Schwingung vorhanden ist, was sich klassisch nicht verstehen lässt, da Wellen mehr Zeit und mehrere Schwingungen bräuchten, um sich zu synchronisieren (zum Bindungsproblem s. Görnitz und Görnitz 2007, S. 254ff.)
- Wenn das menschliche Gehirn rein klassisch funktionieren würde, dann würde so viel Wärme entstehen, dass die Eiweiße des Gehirns koagulieren würden:  
„Wenn das Gehirn nicht als Quanteninformationsverarbeitungsinstitution, sondern durchgehend nur klassisch arbeiten würde, müsste man vermuten, dass die Wärmeproduktion so hoch wäre, dass das Eiweiß, aus dem es besteht, gerinnen würde.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.263)

*Die Quantenphysik wurde deswegen so ausführlich dargestellt, um zu verdeutlichen, dass das Festhalten am Weltbild der klassischen Physik in keinsten Weise mehr gerechtfertigt ist. Wenn man das klassische Weltbild aufgibt, dann ist eine andere Identitätstheorie möglich, die das Geistige nicht mehr auf das klassisch Materielle reduzieren muss, - um das Prinzip der kausalen*

## Teil I: theoretischer Teil

*Geschlossenheit der physikalischen Welt aufrechtzuerhalten, so dass dann kausale Wechselwirkung gedacht werden kann ohne Verletzung des Prinzips der kausalen Geschlossenheit -, und bei der zugleich das Geistige den gleichen Rang hat wie Energie und Masse, somit keinerlei Gefahr des Epiphänomenalismus besteht (s.u. die Darstellung der henadischen Theorie von Görnitz & Görnitz 2007). Das Weltbild der Quantenphysik ermöglicht also mentale Verursachung bei gleichberechtigter Stellung von Geist, Energie und Masse im Rahmen der kausalen Geschlossenheit des (physikalischen) Kosmos. Die Aporien der in Kap.1.1. dargestellten Theorien zum Leib-Seele-Problem haben also ihre Wurzel in dem Festhalten am überholten klassischen Weltbild der Physik des 19.Jhdts. und sind lösbar, wenn man die philosophischen Herausforderungen der Quantenphysik bezüglich der Änderung des Weltbildes ernst nimmt.*

### 1.3. Kybernetik erster und zweiter Ordnung

Die Erschütterung des newtonschen Weltbildes ging nun nicht nur von der Quantenphysik aus, sondern auch von der (Wieder)entdeckung des Chaos: 1887 stiftete Schwedens damaliger König einen Preis, den die schwedische Akademie der Wissenschaften ausschrieb; gesucht wurde die Antwort auf die Frage: „ist das Sonnensystem stabil? (Kriz 1999, 16). Den Preis erhielt der Mathematiker Henri Poincaré, der in seiner 270 Seiten umfassenden Arbeit bewies, dass eine deterministische Antwort auf diese Frage nicht möglich ist: mit den Instrumenten der newtonschen Theorie lässt sich nur das Zweikörperproblem berechnen, schon bei der Beschreibung der wechselseitigen Beeinflussungen dreier Körper versagt das newtonsche Instrumentarium. 35 Jahre nach Poincarés Arbeit wurde eine Arbeit veröffentlicht, in der die Berechnung der möglichen Bahn eines Planeten um zwei Fixsterne gleicher Masse dargestellt wurde:

„Das Besondere an diese Veröffentlichung ist, dass für diese Abbildung, bzw. die zugrunde liegenden Bahndaten 56 Wissenschaftler unter Führung des dänischen Astronomen Elis Strömrgren 15 Jahre lang rechneten (also 840 Mannjahre Rechenzeit!).“ (Ebd., 17)

Erst in den 60iger Jahren, als die ersten Computer auch den Forschungslabors zur Verfügung standen, wurde das Problem der Komplexität und mangelnden Vorhersagbarkeit wieder aufgegriffen: Edward Lorenz, ein junger Meteorologe am MIT, versuchte, die Wetter-Entwicklung mit einem mathematischen Modell zu prognostizieren. Da die Computer jener Zeit langsam waren, startete Lorenz seine Berechnungen meist an irgendeinem Ausgangspunkt und machte in der Zwischenzeit irgend etwas ganz anderes. Als Lorenz wieder einmal eine längere Entwicklung berechnen lassen wollte, kürzte er das Verfahren ab,

„indem er Ergebnisse aus einer früheren, kürzeren Entwicklung einfach als Anfangsdaten eingab – zur Sicherheit aber bei einem etwas früheren Zustand begann, als er damals geendet hatte. Dadurch ergab sich eine Überschneidung der Berechnungen. Zu Lorenz Entsetzen aber verlief die Berechnung beim zweiten Mal anders – und zwar *völlig* anders - als beim ersten Mal“ (Kriz 1999, 13)

Dadurch, dass Lorenz beim zweiten Mal die Zahlen auf drei Stellen genau eingab im Unterschied zum ersten Mal (8 Stellen), entwickelte sich die computersimulierte Wetterprognose *völlig* anders, und dies, obwohl die Entscheidung von Lorenz, die Zahlen auf drei Stellen hinterm Komma zu begrenzen, vollkommen rational war, da in der Realität die Größen wie Temperatur und Windgeschwindigkeit etc. auch nicht genauer gemessen werden. Lorenz war also auf das Faktum gestoßen, dass minimale Messunterschiede in den Ausgangsbedingungen riesige Wirkungsunterschiede nach sich ziehen können, wenn man es mit Systemen zu tun hat, die mit wechselwirkenden Größen beschrieben werden, so dass die mathematische Grundlage dieser Systeme durchaus einfache Gleichungen sind, die aber rekursiv aufeinander bezogen sind

## Teil I: theoretischer Teil

(rekursive<sup>14</sup> Funktionen: die Entwicklung einer Größe wirkt sich auf die Entwicklung einer zweiten aus, welche dann wieder auf die erste zurückwirkt, so dass der vorherige Zustand den nachfolgenden beeinflusst), wodurch es zu einer nichtlinearen Gesamtentwicklung des Systems kommt. Solche Systeme sind von von Foerster als „nicht-triviale Maschinen“ im Unterschied zu „trivialen Maschinen“ beschrieben worden, wobei von Förster „’Maschine’ nicht als eine Summe von ineinandergreifenden mechanischen oder elektronischen Teilen [versteht], sondern als eine *begriffliche* Struktur, die genau beschrieben und synthetisch definiert werden kann“ (von Foerster 1988, 20) Unter einer „trivialen Maschine“ versteht von Förster ein System, welches durch die Funktion  $y=F(x)$  hinreichend beschrieben werden kann: eine bestimmte Eingabe  $x$  hat also immer einen bestimmten Output  $y$  zur Folge. Hier liegt also das Schema der Kausalität vor: „eine Ursache ( $x$ ) hat gemäß eines Naturgesetzes ( $F$ ) eine bestimmte Wirkung ( $y$ ).“ (von Foerster 1988, 22)

Hier hat auch die zweiwertige Logik des Hempel-Oppenheim-Schemas der deduktiv-nomologischen Erklärung (vgl. Oeser 2003, S.108; Keuth 2000, S.66)) ihren Platz: Das *Explanans* besteht aus dem allgemeinen Gesetz ( $F$ ) und Antezedensbedingungen ( $x$ ), welche auf der Basis des Gesetzes als Ursache für die Wirkung ( $y$ ) gelten, welche von Hempel und Oppenheim als *Explanandum* bezeichnet wird. Auf der Basis des Gesetzes und der Antezedensbedingungen können also Prognosen über das Eintreten von Wirkungen (*Explanandum*) gemacht werden. Die deduktiv-nomologische Erklärung geht von der Annahme sogenannter „starker Kausalität“ aus, die durch die folgenden Merkmale charakterisiert werden kann (vgl. Walter 1997, S.299; Hastedt 1988, S.294f.)

- Ähnliche Anfangszustände führen zu gleichen Endzuständen
- Kleine Ursachen haben kleine Wirkungen, große Ursachen haben große Wirkungen
- Die Wirkungen sind vorhersagbar
- Ursache und Wirkungen sind Teil der kausal geschlossenen physikalischen Welt im Sinne Newtons: physische Ursachen können nur mit physischen Wirkungen einhergehen
- Es wird davon ausgegangen, dass es eine theoriunabhängige, extensionale Kausalität gibt: die Kausalität existiert real und wird von der zugehörigen Theorie nur beschrieben. (s. dazu Hastedt 1988, S.296)

Die Beobachtung von Lorenz, die auch als Butterfly-Effekt in die Literatur eingegangen ist, widerspricht aber der Annahme starker Kausalität; denn wenn der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika die Entwicklung des Wetters in Europa deutlich beeinflussen kann, dann kann man das mit starker Kausalität nicht mehr in Einklang bringen. Um deutlich zu machen, was mit schwacher Kausalität gemeint ist, möchte ich wieder auf von Foerster (1988) zurückkommen; von Foerster stellt der trivialen Maschine die nichttriviale entgegen: die einfachste nichttriviale Maschine ist eine, in der der Zusammenhang von Input  $x$  und Output  $y$  von zwei verschiedenen inneren Zuständen moderiert wird und zugleich der Folgezustand  $z'$  Funktion des vorangegangenen Zustandes  $z$  ist:  $y=F(x,z)$  und  $z'=F(x,z)$ ; d.h. dass auch nicht-triviale Maschinen synthetisch determiniert sind. Von Foerster (1988, 25f.) zeigt auf, dass das Verhalten der vorliegenden Maschine *unvorhersehbar* geworden ist, und dass diese Unvorhersehbarkeit sich auch nicht auflösen lässt, indem man alle möglichen Maschinen durchrechnet und testet, denn, wenn man vier Input- und vier Output-Kategorien unterscheidet, gibt es  $10^{2466}$  verschiedene nicht-triviale Maschinen, so dass sich die konkret vorliegende Maschine nicht mehr mathematisch bestimmen lässt, da das systematische

---

<sup>14</sup> „Rekursiv“ wird in der systemtheoretischen Literatur so gebraucht wie „non-rekursiv“ in der LISREL-Literatur

## Teil I: theoretischer Teil

Durchrechnen und Testen das Alter der Welt übersteigen würde (*analytisch unbestimmbar*). In Anlehnung an von Foerster (1988, 26) können die beiden „Maschinentypen“ folgendermaßen tabellarisch gegenüber gestellt werden:

<u>Triviale Maschinen</u>	<u>nicht-triviale Maschinen</u>
1. synthetisch determiniert	synthetisch determiniert
2. analytisch bestimmbar	analytisch unbestimmbar
3. vergangenheitsunabhängig	vergangenheitsabhängig
4. voraussagbar	unvoraussagbar

Von Foerster macht hier deutlich, was allen Systemtheorien gemeinsam ist, nämlich die Annahme, dass Systeme auf deterministischen Gesetzen beruhen, die sich in rekursiven mathematischen Funktionen ausdrücken lassen, wobei das Gesamtsystem sich nichtlinear verhält (, wenn nicht sogar schon die grundlegenden Funktionen nicht-linear sind), so dass eine exakte Vorhersage verunmöglicht wird. Obwohl also deterministische Gesetze zugrunde liegen, lässt sich das System als Ganzes nur probabilistisch beschreiben. Die Vergangenheitsabhängigkeit geht mit dem einher, was in Systemtheorien mit Selbstreferenz, Selbstorganisation, Autopoiese und *zirkulärer Kausalität* umschrieben wird:

*Zirkuläre Kausalität*: während im klassischen Modell der Physik Ursachen zu zugeordneten, vorhersehbaren Wirkungen führen, wirkt im systemtheoretischen Modellvorstellungen die Wirkung auf die Ursache zurück: Ursache  $\leftrightarrow$  Wirkung, so dass nicht mehr entschieden werden kann, was Ursache und Wirkung ist, bzw. die Attribution von den Interpunktionsprozessen des Beobachters abhängt:

„Es ist die Henne-Ei-Problematik, die vom Beobachter durch ‚Interpunktion‘ [...], d.h., durch die mehr oder weniger willkürliche Setzung des Anfangs und Endes der jeweils beobachteten Sequenz, bestimmt wird.“ (Simon 2006, S.15)

*Selbstreferenz und Kybernetik erster Ordnung*: Ein System ist dann selbstreferentiell /rekursiv<sup>15</sup>, wenn es in der Lage ist, „einen homöostatischen Zustand einzuhalten, indem es Veränderungen der Umwelt bzw. seiner Randbedingungen aktiv ausgleicht“ (Simon, ebd., S.19). Ein einfaches Beispiel eines selbstreferentiellen =rückbezüglichen Systems, ist die durch Thermostat gesteuerte Zimmerheizung. Die bei der Konstruktion technischer Rückkopplungssysteme verwendeten systemtheoretischen Modelle werden heute als Modelle der *Kybernetik*<sup>16</sup> *erster Ordnung* bezeichnet. Den Konzepten der Kybernetik erster Ordnung ist gemeinsam, dass hier ein Diagnostiker eine Systemdiagnose erstellt, in der er aufzuzeigen versucht, durch welche Rückkopplungsprozesse (negativ-stabilisierender und positiv-eskalierender Art) ein System beschrieben und das Verhalten eines Systems vorausgesagt werden kann. Aus der Perspektive der Kybernetik erster Ordnung dachte man also, dass man in Systeme hinein „instruktiv interagieren“ (Maturana & Varela)<sup>17</sup> könnte, wenn man nur die Dynamik des Systems durchschaut hätte. So verwundert es auch nicht, dass Modelle der Kybernetik erster Ordnung in Managementkreisen

<sup>15</sup> Der Begriff „rekursiv“ wird hier genau entgegengesetzt verwendet als in der LISREL-Terminologie, s.o. Fußnote 9.

<sup>16</sup> kybernetes (griech.)=Steuermann. Der Begriff *Kybernetik* wurde von Norbert Wiener in den wissenschaftlichen Diskurs (wieder) eingeführt zur Beschreibung von Systemen, die auf Rückkopplungsschleifen beruhen (s. von Foerster 1993, 61)

<sup>17</sup> Bei Interaktionen ist es so, „dass die Struktur des Milieus in den autopoietischen Einheiten Strukturveränderungen nur *auslöst*, diese also weder determiniert noch instruiert (vorschreibt), was auch umgekehrt für das Milieu gilt. Das Ergebnis wird – solange sich Einheit und Milieu nicht aufgelöst haben – eine Geschichte wechselseitiger Strukturveränderungen sein, also das, was wir *strukturelle Kopplung* nennen“ (Maturana & Varela 1991, S.85). Das Zitat zeigt, dass Maturanas & Varelas Theorie der Kybernetik zweiter Ordnung (s.u.) zuzuordnen ist. Siehe dazu ausführlicher: Fußnote 18.



## Teil I: theoretischer Teil

zunächst mit Enthusiasmus aufgenommen worden sind, ebenso wie in Ländern des „real-existierenden Sozialismus“: „Was beide miteinander verband, ist die Idee der Kontrolle eines Systems bzw. seiner zielgerichteten Steuerung analog zu geradlinig-kausalen Ursache-Wirkungsbeziehungen.“ (Simon, ebd., S.19)

*Selbstorganisation:* Der Begriff der Selbstorganisation geht auf Prigogine zurück. Der Chemiker und Physiker Prigogine bezeichnete chemische Strukturen, deren Entstehung unabdingbar an die Zuführung von Energie gebunden ist, als dissipative Strukturen, da diese die zugeführte Energie irreversibel umsetzen (dissipieren). Auf diese Weise entstehen Strukturen, die dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widersprechen. Dies ist möglich, weil der zweite Hauptsatz der Thermodynamik (jedes energetisch geschlossene System strebt den Zustand höchster Entropie an) sich auf energetisch geschlossene Systeme bezieht, dissipative Strukturen aber bei Energiezufuhr und somit im Rahmen energetisch offener Systeme entstehen. Für die experimentelle Untersuchung und mathematische Beschreibung der chemischen Reaktionskinetik sogenannter „chemischer Uhren“ erhielt Prigogine 1977 den Chemie-Nobelpreis.

„Chemische Uhren“ zeigen kohärentes rhythmisches Reaktionsverhalten, „das besonders schön durch Einfärbungen demonstriert werden kann – die Flüssigkeit wechselt dann in regelmäßigen Zeitintervallen ihre Farbe oder weist sehr eindrucksvolle raumzeitliche Muster auf“ (Kriz 1999, S.61f). Ein wichtiger Aspekt für das fern vom thermodynamischen Gleichgewicht zu verortende Verhalten dissipativer Strukturen ist die Autokatalyse, bei der eine bestimmte Molekülarart X seine eigene Bildung katalysiert. D.h., dass hier Rekursivität vorliegt, welche mathematisch wieder ihren Niederschlag in rekursiven Funktionen findet. Dissipative Strukturen verhalten sich nicht-linear:

„Unter gleichen Randbedingungen können viele verschiedene dissipative Strukturen auftreten. Dies beruht auf dem nichtlinearen Charakter der gleichgewichtsfernen Situationen. Geringfügige Unterschiede können weit reichende Auswirkungen haben. Die Randbedingungen stellen daher *notwendige, aber nicht hinreichende Bedingungen* für das Auftreten einer Struktur dar. Wir müssen die jeweiligen Prozesse berücksichtigen, die dazu führen, dass von mehreren möglichen Strukturen eine bestimmte ‚gewählt‘ wird. Das ist einer der Gründe, warum wir solchen Systemen eine gewisse ‚Autonomie‘ oder ‚Selbstorganisation‘ zuschreiben müssen.“ (Prigogine & Stengers 1993, zit. nach Simon 2006, S.22f.)

Selbstorganisation meint also, dass die Zustände eines Systems von seiner inneren Dynamik selbst abhängen und äußere Einflüsse nur den Anstoß zu Veränderungen geben, deren Art das System selbst bestimmt.

*Autopoiese:* Dissipative Strukturen sind energetisch offene Systeme, und nur unter der Bedingung der energetischen Offenheit, d.h. des Energieaustausches zwischen System und seiner Umwelt, sind Selbstorganisationsprozesse möglich. Die thermodynamischen Hauptsätze kommen nur bei energetisch geschlossenen Systemen zur Geltung. Da lebende Systeme immer Systeme mit einem Stoffwechsel sind, sind lebende Systeme grundsätzlich offene Systeme, für die also die thermodynamischen Hauptsätze, insbesondere der zweite thermodynamische Hauptsatz, nicht gelten. Die Sätze der Thermodynamik sind also in Biologie, Psychologie und Soziologie, wenn überhaupt, dann nur von wenig Nutzen:

„Der Grund dafür ist leicht einzusehen; denn wenn wir um eine Katze oder um eine Maus eine energetisch undurchdringliche Hülle legen, so wird das, was innerhalb dieser Hülle sich befindet, nicht lange eine Katze oder Maus bleiben. Das heißt, dass das Konzept eines thermodynamisch abgeschlossenen Systems hier nicht brauchbar wird und man daher zu dem eines thermodynamisch offenen Systems übergehen muss.“ (von Foerster 1984, zit. nach Simon 2006, S.31)

In der Theorie der Autopoiese wird die Frage beantwortet, was lebende Systeme von anderen Selbstorganisationsprozessen und unbelebten dynamischen Strukturen unterscheidet. Der Unterschied ist folgender:

## Teil I: theoretischer Teil

„Während bei Selbstorganisationsprozessen, wie sie in computersimulierten, komplexen Systemen oder bei dissipativen Strukturen zu beobachten sind, ein System seine vorgegebenen Elemente zu einer *Struktur* ordnet (besser gesagt: in dem die Elemente sich zu einer Struktur ordnen), organisieren autopoietische Systeme nicht nur ihre eigenen, internen Strukturen, sondern sie produzieren auch die *Elemente*, aus denen die Strukturen gebildet werden.“ (Simon 2006, S.32)

Das, was in autopoietischen Systemen konstant gehalten wird, ist ihre Organisation, „(abstrakte) Muster der Prozesse, die dafür sorgen, dass die Elemente reproduziert und in eine bestimmte Relation zueinander gebracht werden“ (Simon, ebd. S.32). So sterben z.B. die Zellen des menschlichen Körpers immer wieder ab und werden nach den stabil bleibenden Organisationsprinzipien immer wieder neu gebildet, wobei sich die Strukturen (die Relationen zwischen den Elementen) wandeln können durch z.B. Wachstums- oder Heilungsprozesse.

Die Theorie der Autopoiese geht auf die Biologen Maturana & Varela zurück (1991, engl 1984). Im Rahmen ihrer Theorie unterscheiden sie energetische Offenheit von *operationaler Geschlossenheit*:

„Damit soll gesagt sein, dass das Netzwerk der Interaktionen, das die Grenzen des Systems kreiert und dadurch das System als abgegrenzte Einheit hervorbringt, in sich und gegenüber dem Rest der Welt abgeschlossen reagiert. *Systeminterne Operationen schließen immer an systeminterne Operationen an.*“ (Simon 2006, S.34)

In der Folge zeigte sich, dass nicht nur biologische Systeme wie der menschliche Körper als autopoietisches System verstanden werden können, sondern auch das psychische System des Menschen und gesellschaftliche Prozesse. Dies hat vor allem der Bielefelder Soziologe N. Luhmann (u.a. 1988a und 1988b) verdeutlicht.

Luhmann (1988b, S.48) schlägt vor, drei Arten von Autopoiesis zu unterscheiden: Leben, Bewusstsein und Kommunikation:

„Nach diesem Vorschlag sind bewusste Systeme (psychische Systeme) keine lebenden Systeme, und Systeme auf der Basis sinnhafter Kommunikation (soziale Systeme) sind keine bewussten Systeme. Dass das eine das andere voraussetzt und dass *kausale Interdependenzen* bestehen, bedarf kaum der Erwähnung“ (Luhmann 1988b, ebd.; Hervorhebung von K-H.K)

Luhmann geht also davon aus, dass man die biologische Körperebene als eigenes System von der psychologischen Ebene als eigenes System und der sozialen Ebene wiederum als eigenes System unterscheiden muss. Die drei genannten Systeme sind operational geschlossene, autopoietische Systeme:

„Nimmt man [...] drei verschiedenartige Grundoperationen an, nämlich Leben, Bewusstsein und Kommunikation, muss man von ganz verschiedenartigen sich selbst reproduzierenden Systemen ausgehen, die füreinander Umwelt sind und füreinander jeweils nur Rauschen erzeugen. Aber wissen wir das nicht sowieso? Was bemerkt das Bewusstsein schon vom Leben seines Körpers? Und wie wenig Bewusstseinsinhalte lassen sich in das geschlossene Netzwerk der sozialen Kommunikation überführen! Kommunikationen lassen sich nur durch Kommunikationen reproduzieren; bewusste Gedanken nur durch bewusste Gedanken; und das Leben lebt sein Leben, ohne dass ihm Bewusstsein oder Kommunikation hinzugefügt werden könnte. Die im geschlossenen Netzwerk reproduzierten Elementareinheiten sind anschlussfähig nur an Elementareinheiten des gleichen Netzwerkes. Kein Lebensvorgang ist jemals Bewusstsein oder Kommunikation; aber auch keine Kommunikation ist jemals ein Akt der Reproduktion von Bewusstsein, geschweige denn ein Moment der Autopoiesis des Lebens.“ (Luhmann 1988 b, S.48)

Die drei unterschiedenen Systeme sind also jeweils Umwelt für die zwei anderen. Und es bestehen zwischen den Systemen Emergenzbeziehungen: das psychische System ist dem Körpersystem gegenüber emergent und das soziale System ist dem psychischen System gegenüber emergent. Im Sinne der System-Umweltdifferenzierung nimmt Luhmann zwischen den Systemen „kausale Interdependenzen“ an (s.o.). Dabei versteht er unter „kausalen Interdependenzen“, dass die Systeme als strukturell gekoppelte<sup>18</sup> verstanden werden müssen:

---

<sup>18</sup> Der Begriff der *Strukturellen Kopplung* geht auf Maturana und Varela zurück: „Dass sich zwei (oder mehr) autopoietische Einheiten in ihrer Ontogenese gekoppelt haben, sagen wir, wenn ihre Interaktionen einen *rekursiven* oder sehr stabilen Charakter erlangt haben. Dies sollten wir gut verstehen, denn jede Ontogenese findet innerhalb eines Mediums statt, welches wir als Beobachter als ausgestattet mit einer besonderen Struktur wie etwa Strahlung, Geschwindigkeit, Dichte und so weiter beschreiben können. Da wir auch die autopoietische Einheit als mit einer besonderen Struktur ausgestattet beschreiben, erscheint es

## Teil I: theoretischer Teil

„Die drei Typen von Systemen sind dabei nicht unabhängig voneinander, sie sind in ihrer Entwicklung miteinander gekoppelt, weil sie sich gegenseitig perturbieren und koevolutive Einheiten bilden können. Aber ihre Beziehung ist in dieser Modellbildung niemals ein Einschlussverhältnis, bei dem das eine System das andere umfasst, sondern immer ein *Ausschlussverhältnis*, d.h., was innerhalb des *einen* Phänomenbereichs geschieht, geschieht *nicht* innerhalb des *anderen*.“ (Simon 2006, S.91)

Kausalität wird hier also nicht mehr als starke Kausalität (s.o.) verstanden. Vom starken oder strikten Kausalitätsbegriff kann man *schwache Kausalität* oder den *schwachen Determinismus* unterscheiden, der sich durch die folgenden Merkmale auszeichnet (vgl. dazu Walter 1997, S. 209f. und Hastedt 1988, S.294ff.):

- Nur vollkommen identische Anfangszustände führen zu identischen Endzuständen (was bedeutet, dass man die Zusammenhänge mit mathematischen Gleichungen beschreiben kann)
- Die zugrunde liegenden mathematischen Gleichungen sind rekursiv. Das Systemverhalten ist nicht-linear.
- Kleine Ursachen können große Wirkungen und große Ursachen können kleine Wirkungen nach sich ziehen
- Das Systemverhalten ist nicht (exakt) voraussagbar. Voraussagen haben immer probabilistischen Charakter und sind nur dann vom Zufall signifikant unterscheidbar, je kleiner die Zeiträume sind, auf die sie sich beziehen.
- Ursache und Wirkungen können verschiedenen Phänomenebenen angehören, so dass Gründe (psychologische Ebene) Ursachen sein können (vgl. dazu Hastedt 1988, S.295f.)
- „Kausalverhältnisse sind nur innerhalb von Theorien feststellbar und in Kausalaussagen formulierbar.“ (Hastedt 1988, 296). Es gibt keine theorieunabhängige, extensionale Kausalität.

Die Ersetzung des klassisch-linealen Paradigmas durch das systemtheoretische Paradigma (zum Paradigmabegriff s. Th. Kuhn 1976) führte dazu, dass die Annahme starker Kausalität nicht nur in den Sozial- sondern auch in den Naturwissenschaften obsolet geworden ist, wobei dieser Paradigmenwechsel zum einen auf veränderte Möglichkeiten (seit den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts sind Computersimulationen komplexer Systeme mit nicht-linearer Dynamik möglich geworden), zum anderen sicher auch darauf zurückzuführen ist, dass z.B. das schon im 19. Jhdt. bekannte Dreikörperproblem sich mit klassischen Vorstellungen nicht beschreiben lässt, was nun aber mit systemtheoretischen Modellen möglich ist. Der Veränderung bzw. Ersetzung des Paradigmas dürften somit auch Akkomodationsprozesse im Sinne Piagets (z.B. Piaget & Inhelder 1987) zugrunde liegen: Akkomodationsprozesse, d.h. Veränderungen der die Wirklichkeit beschreibenden Schemata, werden immer dann nötig, wenn sich Beobachtungen nicht mehr in die überkommenen Schemata einordnen lassen.

Die kurzen Ausführungen zu der Luhmannschen Systemtheorie sollten aber nicht nur den Anlass geben, das Konzept des schwachen Determinismus einzuführen, sondern darüber hinaus auch das Konzept der *Kybernetik zweiter Ordnung* an dieser Stelle zu erläutern: wenn wir psychische Systeme beobachten, dann beobachten wir Systeme, die selbst schon beobachtende Systeme sind. Die Beobachtung von beobachtenden Systemen hat Heinz von Förster „die Kybernetik

---

uns offen- kundig, dass die Interaktionen zwischen Einheit und Milieu, solange sie rekursiv sind, für einander reziproke Perturbationen [sc.: = Verstörungen) bilden. Bei diesen Interaktionen ist es so, dass die Struktur des Milieus in den autopoietischen Einheiten Strukturveränderungen nur *auslöst*, diese also weder determiniert noch instruiert (vorschreibt), was auch umgekehrt für das Milieu gilt. Das Ergebnis wird – solange sich Einheit und Milieu nicht aufgelöst haben – eine Geschichte wechselseiger Strukturveränderungen sein, also das, was wir *strukturelle Koppelung* nennen.“ (Maturana & Varela 1991, S.85) Mit dem Begriff der strukturellen Kopplung machen Maturana und Varela klar, dass Systeme sich nur aus sich selbst heraus ändern können, das Milieu nur Änderungsanstöße geben kann. Diese Sichtweise ist für pädagogische und psychotherapeutische Prozesse fundamental.

## Teil I: theoretischer Teil

der Kybernetik“ (von Foerster 1993, S.84ff., insbes. S.89) genannt in Anspielung auf den von N.Wiener in die Diskussion eingeführten Begriff *Kybernetik*, mit dem Wiener die Erforschung der Steuerung und Regelung des Verhaltens von Systemen, die von ihrer Umwelt und vom Beobachter isoliert sind, benannt hatte. Von Foerster hingegen bezeichnet mit „Kybernetik der Kybernetik“ die „Erforschung der Steuerung und Regelung des Verhaltens in übergeordneten Systemen, die entstehen, wenn man den Beobachter mit einschließt (d.h. der Systeme, die aus beobachtetem System plus Beobachter bestehen)“ (Simon 2006, S. 41). Zur Verdeutlichung der logischen Hierarchie der hier angesprochenen Systemtypen „wurde von nun an die Untersuchung isolierter Systeme ohne Einbeziehung des Beobachters als ‚Kybernetik 1. Ordnung‘ bezeichnet, die der aus untersuchtem System und Beobachter bestehenden Systeme als ‚Kybernetik 2. Ordnung‘ (Simon 2006, S. 41f.).

Neben der Hierarchisierung von Systemen lassen sich nun auch verschiedene *Ordnungen von Beobachtungen* unterscheiden: Beobachtungen 1. Ordnung = Beobachtungen eines Gegenstandes; Beobachtungen 2. Ordnung = Beobachtungen der Beobachtungen eines Gegenstandes.

Die Beobachtung hirneurophysiologischer Prozesse in ihrem Zusammenhang mit psychischen Funktionen ist demnach eine Beobachtung von Beobachtungen eines Gegenstandes und damit eine Beobachtung 2. Ordnung. Wird das System beobachtet unter Isolation vom beobachtenden Hirnforscher, dann handelt es sich bei den Aussagen, die dann der Hirnforscher über das System macht, um Aussagen im Rahmen einer Kybernetik erster Ordnung, obwohl seine Beobachtungen Beobachtungen zweiter Ordnung sind. Jedoch dürften Beobachtungen zweiter Ordnung logisch nicht in eine Kybernetik erster Ordnung passen. Der Hirnforscher müsste also sich selbst als Beobachter in Interaktion mit dem beobachteten System betrachten und damit Aussagen auf der Ebene der Kybernetik zweiter Ordnung treffen, bzw. müsste er seine Aussagen erster Ordnung auf Aussagen zweiter Ordnung rückbeziehen. Die Unterscheidung von Kybernetik erster und zweiter Ordnung hat aber nicht nur Konsequenzen für den Aussagenhorizont wissenschaftlicher Theorien, sondern auch für Pädagogik und Psychotherapie. Handeln auf der Ebene der Kybernetik erster Ordnung heißt, sich ein Bild vom System (Schüler, Klasse, Einzelklient, Familie) zu machen, ohne sich selbst als Teil des Systems zu betrachten. Dies Art der Herangehensweise impliziert den Anspruch, dass die von mir als Pädagogen oder Psychotherapeuten gestellte Diagnose des Systems wahr im Sinne eines Abbildes der Realität sein kann oder aber im obigen Sinne auch falsch. Dies impliziert weiterhin, dass die vom Pädagogen oder Psychotherapeuten aus der Diagnose abgeleiteten Maßnahmen die Realität passend abbilden, d.h. auch wahr oder falsch sind. Wenn aber die von mir als Pädagogen oder Psychotherapeuten abgeleiteten Maßnahmen als wahr und richtig angenommen werden, dann muss ich den Schüler /Klienten davon überzeugen oder instruieren, dass er die Maßnahmen auch so, und zwar genau so, umsetzt. Der Pädagoge und Psychotherapeut hat hier also die Rolle des Fachmanns, der weiß, was für den betreffenden Schüler / Klienten gut ist. Da diese Handlungsweise der operationalen Geschlossenheit von Systemen widerspricht, ist es nicht verwunderlich, dass sie meist mit Scheitern des pädagogisch/therapeutischen Prozesses bzw. mit „Widerständen“ einhergeht. Ein pädagogisch bzw. psychotherapeutisches Handeln aus einer Haltung der Kybernetik zweiter Ordnung heraus macht ernst mit der operationalen Geschlossenheit der Schüler bzw. Klientensysteme, indem der Pädagoge bzw. Psychotherapeut nun „nur“ *Lernangebote* macht, *Empfehlungen* gibt (anstelle von Hausaufgaben), die der Schüler /Klient dann so verändern kann, wie es für ihn passt. Dies bedeutet, dass auch Systemdiagnosen nun nicht mehr vom isoliert beobachtenden Fachmann gestellt werden, sondern im Diskurs mit dem

## Teil I: theoretischer Teil

beobachteten System, denn nur dann besteht die berechtigte Hoffnung, dass neue Sichtweisen auch anschlussfähig sind, statt in „Widerständen“ aufgerieben zu werden. Wenn man die Befunde, die dafür sprechen, dass es sich bei Lernprozessen immer um selbstorganisierte Prozesse handelt, ernst nimmt, dann hätte das für die Unterrichtsgestaltung gravierende Folgen, z.B. müsste dann der Frontalunterricht drastisch reduziert werden zugunsten einer Lehrer-Schüler-Beziehung, in der der Lehrer als Coach des Schülers dessen selbstorganisierten Lernprozess mit Angeboten unterstützend begleitet, d.h. der Unterricht wäre weitgehend individualisiert auf den einzelnen Schüler, wobei auch Frontalunterrichtseinheiten durchaus vorkommen können, jedoch als Angebot für den Schüler, der dann bei der selbstorganisierten Verarbeitung des Stoffes so weit wie möglich individuell mit Angeboten unterstützt werden müsste (vgl. dazu Klotz 2003, insbes. S.311ff., Griffith et al. 1989; Griffith et al. 1990).

Der Beobachter /Lehrer/ Psychotherapeut ist also aus Sicht einer Kybernetik zweiter Ordnung immer teilnehmender Beobachter im Sinne einer strukturellen Kopplung mit dem Probanden- / Schüler- /Klientensystem. Die teilnehmende Perspektive lässt sich mit Hastedt (1988, S.235ff.) folgendermaßen charakterisieren:

- In der Teilnehmerperspektive geht es um die „*kommunikative Verständigung* von Personen; damit diese kommunikative Verständigung möglich ist, müssen die kommunizierenden Personen sich als solche anerkennen“ (Hastedt, ebd. 235). Bei der Beobachterperspektive geht es hingegen nicht um kommunikative Verständigung, sondern um „*instrumentelles oder strategisches Handeln*“ (ebd.) Hastedt (ebd.) greift damit auf eine von Habermas (1987, S.8f., S.525) eingeführte Unterscheidung zurück.
- Der Begriff *Teilnehmerperspektive* entstammt „der Tradition im Gefolge des späten Wittgenstein“ (Hastedt 1988, S.236) und geht auf Wittgensteins Begriff des *Sprachspiels* und der Verortung der Bedeutung von Wörtern in der Pragmatik zurück:  
„[...] Ich werde auch das Ganze: der Sprache und der Tätigkeiten, mit denen sie verwoben ist, das ‚Sprachspiel‘ nennen.“ (Wittgenstein, Philosophische Untersuchungen Nr.7, 2006, S.241). Philosophische Untersuchungen Nr.43 (Wittgenstein 2006, S.262): „Man kann für eine *große* Klasse von Fällen der Benützung des Wortes ‚Bedeutung‘ – wenn auch nicht für *alle* Fälle seiner Benützung – dieses Wort so erklären: Die Bedeutung eines Wortes ist sein Gebrauch in der Sprache.“  
An den Ausführungen Wittgensteins wird deutlich, dass jede wissenschaftliche Aussage wieder in das Sprachspiel, in dem sie stattfindet, eingeordnet werden muss und nur im Rahmen dieses Sprachspiels verstanden werden kann. Dies zeigt aber, dass Aussagen der Beobachterperspektive, die immer in der dritten Person erfolgen, auf die Teilnehmerperspektive(n) (der Teilnehmer des Sprachspiels) rückbezogen werden müssen und nur dann in ihrer Bedeutung verstanden werden können. D.h., dass auch Aussagen der Naturwissenschaft ihre Bedeutung erst in einem hermeneutischen Verstehensprozess bekommen.
- Die Teilnehmerperspektive ist „die soziale Perspektive, in der Menschen sich als Personen anerkennen und miteinander als solche kommunizieren“ (Hastedt 1988, S.238)
- Die Unterscheidung von Teilnehmer- und Beobachtungsperspektive ist nicht gleichzusetzen mit der Unterscheidung von Erster-Person und Dritter-Person-Aussagen. Denn wenn auch aus der Beobachtungsperspektive heraus nur Aussagen der dritten Person möglich sind, sind „aus der Teilnehmerperspektive gleichermaßen Aussagen aus der 1.Person und der 3.Person möglich“ (Hastedt, aaO., S.239), wobei Aussagen der dritten Person aus der Teilnehmerperspektive dann erfolgen,

„wenn sie nicht aus einer beobachtenden, sondern aus einer teilnehmenden Einstellung gemacht werden“ (ebd.), indem ich mich in den anderen hineinversetze und auf dieser Basis dann keine Aussagen über mich, sondern über den anderen mache, „dann kann ich über diese Person in der gleichen teilnehmenden Einstellung und Begrifflichkeit sprechen wie über mich“ (aaO., S.240). Die Aussagen in der dritten Person aus der Teilnehmerperspektive geben damit aber keine Beobachtungen wieder, „sondern erzählen von Begebenheiten. In der dritten Person ist die Teilnehmerperspektive also eine Erzählperspektive [...]“ (Ebd.)

- Die Teilnehmerperspektive hat Vorrang vor der Beobachterperspektive bezüglich des Leib-Seele-Problems, weil jeder Beobachter eines bio-psycho-sozialen Systems zuallererst Teilnehmer ist, da er mit dem zu beobachtenden System in Interaktion treten muss, um überhaupt Beobachtungen machen zu können.
- Teilnehmer- und Beobachterperspektive sind „analytische Begriffe, die zur Erkenntnis der Realität herangezogen werden“ (aaO., S.242), wobei der Begriff der Perspektive impliziert, „dass die gleichen Subjekte und Handlungen im Prinzip sowohl unter Begriffen der teilnehmenden als auch beobachtenden Perspektive erfasst werden können“ (ebd.).
- Im Zuge der Wissenschaftsentwicklung differenziert sich die Beobachterperspektive immer mehr aus, so dass es schließlich so viele Beobachterperspektiven wie empirische Einzelwissenschaften gibt. Die Kommunizierbarkeit der einzelnen Wissenschaften miteinander steht damit infrage. Die überwiegend unspezialisiert bleibende Teilnehmerperspektive bietet die Möglichkeit, die „diversen Aspekte aus dem Bereich von Kultur und Einzelwissenschaften aufeinander beziehbar und rational diskutierbar“ (Hastedt, aaO., S.251) zu machen: „In der Teilnehmerperspektive besteht also eine Metakommunikationsbasis, um die spezialisierten Sprachspiele aufeinander zu beziehen.“ (ebd.).

Auf dem Hintergrund des Vorrangs der Teilnehmer- vor der Beobachtungsperspektive hat Hastedt (1988, S. 255ff.) eine *systematische Emergenztheorie* zur Lösung des von ihm sogenannten Geist-Körper-Problems entwickelt. Bezogen auf das Geist-Körperproblem bedeutet Emergenz im Rahmen einer *genetischen Emergenztheorie*, „dass der menschliche Geist aus den bisherigen nicht-geistigen Phänomenen des Lebens entstanden ist und gegenüber diesen grundsätzlich Neues aufweist“ (aaO., S.258) Im Prozess der Evolution sind aus den biologischen miteinander wechselwirkenden und sich selbst organisierenden Bausteinen immer komplexere Strukturen, insbesondere das menschliche Gehirn, entstanden, so dass schließlich neue Eigenschaften auftauchten, „die den Bausteinen als solchen fremd sind. „Die neuen Eigenschaften können auch als Systemeigenschaften bezeichnet werden, die die alten Eigenschaften ergänzen, aber nicht außer Kraft setzen“ (aaO., S.259):

„Leben und Geist bieten gegenüber der unbelebten Körperwelt grundsätzlich Neues, werden aber nicht prinzipiell gelöst hiervon, sondern werden zu lebenden und geistigen Körpern.“ (AaO., S.260)

Während eine genetische Emergenztheorie lediglich auf die evolutionsheoretische Entstehung des Geistes aus dem Körper die Antwort geben kann, „dass der Geist die Körperwelt nicht verlassen hat, aber gleichwohl mit neuen Eigenschaften gegenüber der bisherigen Körperwelt ausgestattet ist“ (aaO., S.262), bedarf es zur weitergehenden Lösung des Geist-Körper-Problems einer *systematischen Emergenztheorie*, die sich im Vergleich mit genetischen Emergenztheorien auf das Verhältnis zwischen Theorien bezieht anstatt auf das empirische Werden und damit über die Frage des Entstehens hinaus nun auch den Blick auf das Verhältnis von Geist und Körper

richten kann, nachdem sich Geistiges aus Körperlichem herausgebildet hat. Zur genaueren Klärung des Begriffs der Emergenz greift Hastedt (aaO., S.262ff.) auf die von Meehl & Sellars eingeführte Unterscheidung zwischen *physical 1* und *physical 2* zurück. Mit *physical 1* sind alle Ereignisse oder Entitäten gemeint, die im Raum-Zeit-Netzwerk vorkommen. Ein Ereignis oder eine Entität ist *physical 2*, wenn es definierbar ist in theoretischen Basissätzen, die in der Lage sind, die aktuellen Zustände komplett zu beschreiben. Hastedt (aaO., S.263) deutet diese Unterscheidung etwas um, indem er auch *physical 1* auf Theorien bezieht statt auf die vorbegrifflich zugängliche Körperlichkeit. *Physical 1* nach Hastedt umfasst physikalische Theorien von unbegrenzter Reichweite (insbesondere Theorien der Mikrophysik), während mit *physical 2* physikalische Theorien von begrenzter Reichweite gemeint sind. Emergent ist ein Phänomen dann, wenn es zum Geltungsbereich von *Physical 1* gehört, insofern körperlich ist, aber nicht im Rahmen von physikalischen Theorien (*physical 1* und *2*-Theorien) beschrieben und erklärt werden kann. Emergent für Meehl & Sellars sind solche Phänomene, „die zwar körperlich im Sinne *physical 1* sind, aber nicht physikalisch im Sinne von *physical 2*“ (Hastedt, aaO., s. 263) Auf dieser Basis kann nun Geistiges zugleich als Teil der Körperwelt (*physical 1*) gesehen werden und als ein Phänomenbereich, der durch Eigenschaften konstituiert wird, die über das rein Körperliche hinausgehen, weil sie im Rahmen von physikalischen Theorien, die naturwissenschaftlich auf den Körper Bezug nehmen, nicht vollständig erfasst werden können. Hastedt formuliert die folgende Ausgangsthese seiner systematischen Emergenztheorie:

„Eigenschaften des menschlichen Geistes als der Gesamtheit mentaler Fähigkeiten sind emergent im Hinblick auf Eigenschaften des menschlichen Körpers, weil Sätze über Eigenschaften des menschlichen Körpers die Sätze über Eigenschaften des menschlichen Geistes weder ersetzen, noch ableiten, noch definieren können.“ (Hastedt 1988., S.273)

Der so verstandene Begriff der Emergenz impliziert verschiedene Schichten, denn wenn Eigenschaften emergent sind, dann müssen sie einer anderen Schicht angehören als die Eigenschaften, zu denen sie emergent sind. Dabei ergibt sich eine (partielle) Schichtenordnung daraus, dass „die Eigenschaften der tieferen Schichten die Zusammensetzung der höheren Schichten thematisieren“ (aaO., S.276; Hervorhebung von K-H.K). Atome sind demnach auf einer tieferen Schicht einzuordnen als Moleküle, weil sich Moleküle aus Atomen zusammensetzen und Atome sind einer höheren Schicht als Elementarteilchen zuzuordnen, weil sich Atome aus Elementarteilchen zusammensetzen. Eine Zuordnung geistiger Prozesse zu körperlichen im Sinne eines Emergenzverhältnisses wurde erst möglich, nachdem „im psychologischen Labor die umgangssprachlich individuierten mentalen Phänomene kleingearbeitet und zu Geist-,Atomen“ (aaO., S.283) werden konnten. Dabei gilt jedoch, dass sich der menschliche Geist als Gesamtheit mentaler Fähigkeiten einer atomisierenden Operationalisierung entzieht und somit mittels operationalisierender Methodik nicht erfasst werden kann. Durch die Operationalisierung der Geist-Begrifflichkeit wurde für den Geist-Bereich das nachgeholt, was für den Körperbereich schon durch die Entstehung der neuzeitlichen Naturwissenschaften geleistet worden ist“ (ebd). Die Operationalisierungen des Geistigen machen den Geist-Bereich und den Bereich des Körperlichen einander zuordenbar, ermöglichen die empirisch-mathematische Erfassung von Korrelationen zwischen Geistigem und Körperlichem. Dies war zu Zeiten Descartes noch nicht möglich, da hier der Geist als Gesamtheit und damit in seiner radikalen Wesensverschiedenheit dem Körperlichen gegenüberstand. Die Vorstellung eines Dualismus zwischen wesensverschiedenen Substanzen ist vor diesem Hintergrund verständlich. In der systematischen Emergenztheorie existiert aber kein Dualismus, sondern

durch die verschiedenen Operationalisierungsgrade und die unterschiedlich möglichen Zuordnungen von Geist und Körper konnte das Emergenzverhältnis nun deutlich werden. Geist und Körper stehen nicht in einem dualistischen Verhältnis zueinander, sondern „gehören typ-emergent“<sup>19</sup> verschiedenen Schichten an“ (aaO., S.184)

Da Geistiges und Körperliches beide *physical I* sind, ist nun eine Konzeptualisierung von kausalen Wechselwirkungen auf der Basis eines schwachen Kausalitätsbegriffs möglich, ohne gegen das Postulat der kausalen Geschlossenheit der physikalischen Welt zu verstoßen und ohne die emergente Unterschiedlichkeit von Geist und Körper aufgeben zu müssen. Die Emergenztheorie Hastedts legt nahe, zwischen Geist und Körper Wechselwirkungen zu finden, die allerdings nicht in allen Bereichen des Zusammenhangs von Geist und Körper auftreten müssen. Wenn die empirische Untersuchung und Auswertung mit LISREL zur Favorisierung von Wechselwirkungsmodellen führen sollte, dann spricht dies für die Emergenztheorie in der Formulierung Hastedts und gegen Identitätstheorien. Die systematische Emergenztheorie Hastedts wurde hier auch deswegen so ausführlich dargestellt, da vor ihrem Hintergrund die Drei-Welten-Theorie Poppers im nächsten Kapitel einer kritischen Analyse unterzogen werden kann. Darüber hinaus bietet die systematische Emergenztheorie mit ihrer Konzeptualisierung von Schichten einen orientierenden Rahmen für pädagogisches und psychotherapeutisches sowie wissenschaftliches Handeln. Nach Hastedt (1988, 308ff.) hat die Fragestellung einer wissenschaftlichen Untersuchung aus der Teilnehmerperspektive zu erfolgen, denn nur aus der Teilnehmerperspektive als kommunikativer Rationalität heraus ist es möglich, die Frage zu beantworten, welcher methodische Auflösungs- (bzw. Operationalisierungsgrad) passend ist bzw. an welcher Schicht die Untersuchung der Frage ansetzen sollte (siehe auch aaO., S. 291). Darüberhinaus macht wissenschaftliches Forschen dann Sinn, wenn sie zu Fragen derjenigen Bereiche Beiträge leistet, auf die sich ihre Forschungsergebnisse später beziehen, d.h. die Fragen, denen wissenschaftlich nachgegangen wird, sollten aus der Lebenswelt kommen. Als Beispiel sei hier mit Hastedt (aaO. S.248) ein Lehrer aufgeführt, der sich im Erziehungsprozess die Frage stellt, wie Lernen eigentlich abläuft, um nach Beantwortung seiner Fragen seinen Beitrag zu einer optimaleren Gestaltung des Lehr-Lernprozesses leisten zu können. Dabei ist die eigene, dem Lehrer verfügbare „Common-Sense-Beobachtungsperspektive [...] zur Beantwortung dieser Frage nicht ausreichend, vielmehr bedarf es der entwicklungspsychologischen und kognitiv-psychologischen Einzeluntersuchungen, um die Struktur des Lernens zu bestimmen“ (ebd.). Der Lehrer übergibt dann seine aus der Teilnehmerperspektive gestellte Frage dem „Selbstlauf der Forschung“. Die Antworten, die die Forschung dann zutage fördert, müssen dann wieder den Teilnehmern zurückgegeben werden, d.h. die Antworten müssen verständlich gemacht werden können, „denn der Lehrer als Teilnehmer ist sozusagen der Auftraggeber“ (aaO., S.249). Der „Selbstlauf der Forschung“ auf der Basis von Vorstellungen der systematischen Emergenztheorie (insbesondere des Schichtenkonzepts) von Geist und Körper könnte nun folgendermaßen aussehen (Hastedt, aaO., S. 308):

---

<sup>19</sup> Mit *Typ-Emergenz* meint Hastedt folgendes: „Es besteht durchaus keine Emergenz zwischen jeder einzelnen Eigenschaft von Geist und Körper, das heißt, es besteht keine notwendige, auf jeden Einzelfall bezogene Token-Emergenz [...] Typ-Emergenz heißt unter Einbeziehung der Möglichkeit partieller Reduktionen die Unaufgebbarkeit des Redens über den menschlichen Geist insgesamt, insofern dieses Reden Eigenschaften des menschlichen Geistes als der Gesamtheit mentaler Fähigkeiten thematisieren kann, die sonst unerfasst bleiben.“ (Hastedt, aaO. S.273f.)



- Aus einer Perspektive teilnehmender Beobachtung heraus wird *narrativ* untersucht, „wann Leute sich als lernend erleben“. D.h. auf dieser Ebene wird den betreffenden Leuten Gelegenheit gegeben, ihre Sicht der Dinge zu äußern und nach Lösungen in ihren Narrativen zu suchen. Die Lösungssuche auf dieser Ebene passt zur Philosophie des späten Wittgenstein, die auch als Wittgenstein II bezeichnet wird. Nach Wittgenstein II gibt es keine Probleme hinter der Sprache, sondern die Sprache ist völlig funktionstüchtig, sie verbirgt nichts. Insofern gibt es auch keine philosophischen Probleme, sondern ausschließlich Sprachrätsel, die in einem missbräuchlichen Gebrauch von Sprache wurzeln (Edmonds & Eidinow 2005). Psychotherapie aus dieser Perspektive hat damit die Aufgabe, die Verhexungen der Sprache aufzulösen im Dialog mit dem Klienten, indem z.B. eine Problemsprache in eine Lösungssprache überführt wird. Eine Lösungssprache zeichnet sich dadurch aus, dass der Blick nun auf Ausnahmen vom Problem oder sogar auf Ausnahmen in Richtung einer Zielvision gerichtet ist, so dass nun konstruiert werden kann, wie der oder die KlientIn es schaffen kann, diesen Zielzuständen immer näher zu kommen, bzw. sie immer häufiger herzustellen. (s. dazu DeShazer & Dolan 2007)
- Auf der narrativen Ebene könnte dann deutlich werden, ob zur Erreichung der Ziele (Therapieziele im Therapiekontext; Antworten auf die gestellten Fragen im Forschungskontext) es nötig ist, Lernen nun in einer behavioristischen Analyse zu operationalisieren und so einer detaillierteren Analyse zugänglich zu machen. Die Notwendigkeit für eine operationalisierende Verhaltensanalyse ergibt sich dann, wenn die Fragen für den/die KlientIn auf der narrativen Ebene nicht einer befriedigenden Lösung/Antwort zugeführt werden konnten.
- Bei der operationalisierenden Verhaltensanalyse des Lernprozesses (d.h. der Atomisierung in Reiz-Reaktionsabläufe) könnte deutlich werden, dass die zugrunde liegende Fragestellung nicht auf sichtbares Verhalten beschränkt werden kann, da die Antworten bzw. Lösungen dann nicht genügend befriedigen. Sollte dies der Fall sein, denn sollten Kognitionen und Emotionen in den Operationalisierungsprozess einbezogen werden
- Wenn sich dabei herausstellen sollte, dass die bisherigen Ansatzpunkte nicht zu einer stabilen Zielerreichung geführt haben (bzw. die Fragen nicht ausreichend beantwortet werden konnten), dann sind physiologische Prozesse in die Untersuchung mit einzubeziehen, denn Lernen basiert natürlich auf physiologisch untersuchbaren Gehirnprozessen, ohne die kein Lernen stattfinden kann. Die Einbeziehung der physiologischen Ebene hat sich bei dem Umgang und Verständnis von Lern- und Entwicklungsstörungen (LRS, Dyskalkulie, ADHS) als notwendig erwiesen sowohl in der Forschung als auch in der Therapie und Pädagogik (s.u. Teil I Kap.6).

Die Berücksichtigung mehrerer Schichten und insbesondere der Ausgangspunkt bei der narrativen Ebene und d.h. der Teilnehmerperspektive, bewahrt die Forschung vor der Abschottung im Elfenbeinturm des Wissenschaftsbetriebs. In Pädagogik und Psychotherapie hilft der Ausgangspunkt auf der narrativen Ebene, den /die KlientIn bzw. den/die SchülerIn mit ihren Zielen und Bedürfnissen im Blick zu behalten, statt in eine Fachmannhaltung abzurutschen, d.h. die Verortung in der teilnehmenden, narrativen Perspektive hilft, Lernen als selbstorganisierten, operational geschlossenen Prozess ernst zu nehmen

## Teil I: theoretischer Teil

und auf diese Weise Ressourcen konstruieren zu können, die aus der eher defizit-orientierten Fachmannperspektive nicht in den Blick geraten könnten. Zudem hilft die narrative, teilnehmende Ebene dabei, den Forschungs- und Therapieprozess aus der Perspektive der Kybernetik zweiter Ordnung zu gestalten, indem der Forscher/Therapeut/Pädagoge sich klarmacht, dass mögliche Widerstände nicht nur in der Selbstorganisation des Klientensystems begründet sind, sondern durch das Forscher/Therapeuten/Lehrerverhalten ausgelöst wurden, ich also gehalten bin, mein Verhalten so zu gestalten, dass die Möglichkeiten meines Klienten/Schülers steigen (ethisch-systemischer Imperativ von H. von Förster [1993b; S.49], der die in der Selbstorganisation begründete Autonomie des Einzelnen würdigt). Damit hilft der Beginn auf der narrativen, teilnehmenden Ebene, weitere Ansatzpunkte auf tieferen Ebenen immer als Angebot zu begreifen und zu offerieren, so dass der/die KlientIn /SchülerIn als Hauptakteur des Veränderungs- bzw. Lernprozesses in den Blick kommt und er/sie sich auch so erleben kann. Eine Bestätigung der Wichtigkeit der Teilnehmerperspektive kommt auch aus der Psychotherapieforschung: man hat nämlich herausgefunden, dass die Sichtweise der KlientInnen des Therapieprozesses enger mit dem Therapieerfolg korreliert als die Sichtweise der TherapeutInnen (Asey & Lambert 2001, S. 54). Meines Wissens ist dieser Befund für die Reflexion von Lehrer-Schülerbeziehungen<sup>20</sup> bisher nicht fruchtbar gemacht worden. Selbstorganisationstheorien auf der Ebene der Kybernetik zweiter Ordnung, die, da sie den Beobachter mit umfassen, immer auch Erkenntnistheorien sind (z.B. Maturana & Varela s.o.; Luhmann, s.o.), sowie die systematische Emergenztheorie Hastedts, wobei auch die Theorie Luhmanns als Emergenztheorie aufzufassen ist (s.o.), bewahren davor, den Phänomenbereich des Psychischen und des Sozialen unzulässig auf Körperliches zu reduzieren, ohne den Grundsatz der Geschlossenheit der physischen Welt im Sinne des *physical 1* zu verletzen. Daraus folgt, dass es trotz des Postulats der Geschlossenheit der physischen Welt Sinn macht, nach Wechselwirkungen zwischen den Ebenen zu suchen und so einen bescheidenen Beitrag zur Prüfung und möglichen „Bewährung“ (Popper, Objektive Erkenntnis, 1995, S. 18) obiger Theorien zu leisten. Die Wichtigkeit und der Vorrang der Teilnehmerperspektive und damit die Nicht-Reduzierbarkeit des Geistigen und Sozialen auf das Körperliche wird auch an Oesers (Oeser 2003, 215ff.) erkenntnis- und wissenschaftstheoretischem Kreismodell deutlich: Unter Berufung auf Kants transzendente Erkenntnistheorie entwirft Oeser (2003, 216) ein *erkenntnistheoretisches Kreismodell*, welches in „bestimmten unveränderlichen strukturell-synthetischen Gesetzen a priori, die die letzte Garantie für die Einheit des Bewusstseins sind“ (Oeser, 2003, S.216) wurzelt:

---

<sup>20</sup> R.Winkel (2007, S.85) betont zu Recht die Wichtigkeit von Beziehungsdimensionen nicht nur für die Sozialpädagogik, sondern für Pädagogik allgemein: „Unbeschadet systemischer Reformen sowie unter Einbeziehung einer um Verstehen sich bemühen Anthropologie kann Pädagogik nur dann eine gewisse Aussicht auf erfolgreiches Bestehen und Unterstützen haben, wenn in ihrem Zentrum das lebt und wirkt, was wir traditionellerweise Liebe nennen.“

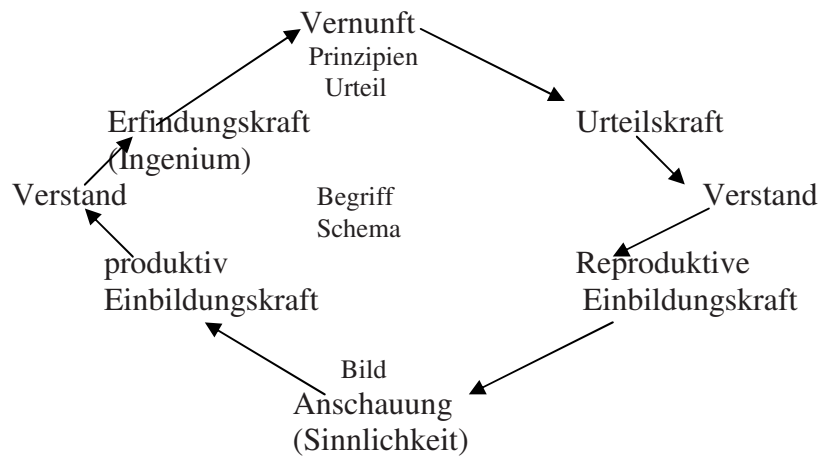


Abb.1. 5: erkenntnistheoretisches Kreismodell nach Oeser (2003)

Die üblicherweise hierarchische Anordnung von sinnlicher Anschauung, Verstand und Vernunft, die jeweils unterschiedlichen Schichten des Apriori (Raum und Zeit als Apriori von sinnlicher Anschauung, Kategorien als Urteilsformen als Apriori des Verstandes und Ideen als Apriori der Vernunft) angehören, werden hier als in zirkulärer Abhängigkeit begriffen angesehen. Die Stufen des Erkenntnisprozesses bilden damit keine statische Struktur, sondern einen „dynamischen Funktionszusammenhang“ (ebd.). Während die linke Seite des Kreismodells als „produktiv-heuristische Seite“ (aaO., S.217) erscheint, bilden die rechts eingezeichnete Stufen die „reproduktiv-stabilisierende Seite“ (ebd.) Zum Erkenntnisprozess gehört nun aber beides, produktiv-heuristische, kreative und reproduktiv-stabilisierende, prüfende Prozesse. Mit diesem Modell des menschlichen Erkenntnisprozesses lässt sich auch der Irrtum erkenntnistheoretisch begründen, nämlich als „krankhafte Übersteigerung“ (ebd.) der produktiv-heuristischen Seite gegenüber der reproduktiv-stabilisierenden Seite. Über Oeser hinaus dürfte diese „Topologie des Irrtums“ (ebd.) aber nicht die einzige sein. Während man produktiv-halluzinatorische Prozesse im Rahmen von Erkrankungen aus dem schizophrenen Formenkreis mit einem Übergewicht der linken Seite (produktiv-heuristisch) verständlicher machen kann, liegt bei Zwangserkrankungen ein stark übersteigertes Übergewicht der rechten Seite (reproduktiv-stabilisierend=prüfend) vor. Bei Aufmerksamkeitsstörungen mit und ohne Hyperaktivität dürfte hingegen wieder ein starkes Übergewicht der linken produktiven Seite vorliegen. Was hier deutlich wird, ist, dass sich psychische Störungen immer auch als Störungen des Erkenntnisprozesses und damit als Störungen des Bewusstseins verstehen lassen., denn Erkenntnisprozesse fußen in Bewusstseinsprozessen<sup>21</sup>. Da

<sup>21</sup> *Bewusstsein* ist kein einheitliches Phänomen, sondern umfasst mehrere Aspekte/Prozesse (in Anlehnung an Bieri 2006, S.36ff.):

- a) Bewusstsein zu haben = Verfügbarkeit von unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten, insbesondere der sogenannten exekutiven Funktionen (Handlungsplanung, Handlungssteuerung, Aufmerksamkeitsprozesse, Gedächtnisprozesse ...). Die exekutiven Funktionen bilden die Basis für Erkenntnisprozesse.
- b) Bewusstsein = sich einer Sache bewusst sein, Bewusstheit (z.B. einen inneren Impuls bewusst wahrnehmen)
- c) Bewusstsein = Erleben (die kleinsten Einheiten des Erlebens werden in der Philosophie als *Qualia* bezeichnet, z.B. das Erlebnis der Farbe rot): Sinnesempfindungen, Körperempfindungen, Emotionen und Stimmungen sind nicht nur in uns vorhanden, sondern „es fühlt sich auf bestimmte Weise an“ (Thomas Nagel 1974: „what ist like to be a bat“)
- d) Bewusstsein als Arousalniveau: hier können anhand des EEGs und von Verhaltenskriterien verschiedene Bewusstseinsgrade unterschieden werden

also ADHS als Bewusstseinstörung aufgefasst werden kann, und das Leib-Seele-Problem gerade in der neurophysiologischen Bewusstseinsforschung und in der analytischen Philosophie des Geistes (Metzger [Hrsg.] 2006, 2007) immer wieder virulent wird, bietet sich die Erfassung des ADHS zur Untersuchung des Leib-Seeleproblems an. Nach Oeser (2003) fußt der Prozess der Wissensgenerierung in den Wissenschaften in dem oben dargestellten dynamischen Erkenntnisprozess und lässt sich ebenfalls als

*Kreismodell des Funktionszusammenhangs der wissenschaftlichen Methoden darstellen (Oeser 2006, S.221):*

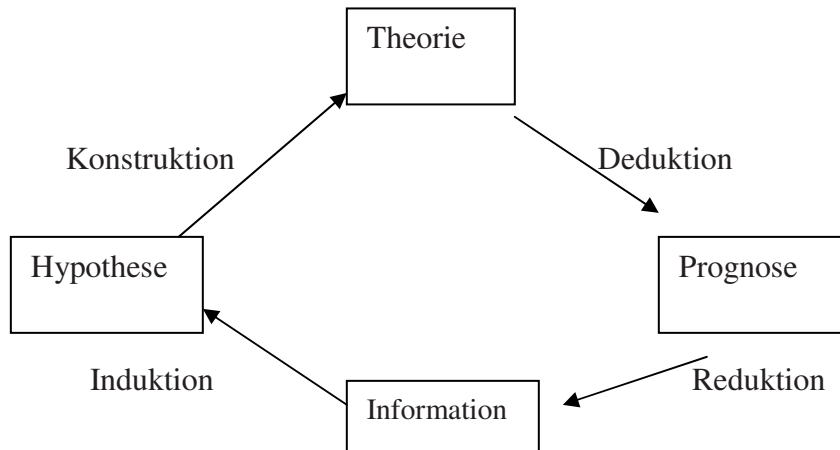


Abb.1.6: Kreismodell des Funktionszusammenhangs der wissenschaftlichen Methoden nach Oeser (2006)

Die geschichtliche Entwicklung der Wissenschaften lasse sich anhand des Kreismodells in drei Stadien darstellen:

Im *ersten Stadium* werden Erfahrungen (Informationen) gesammelt und aufgezählt. Induktiv gewonnene Hypothesen beziehen sich nur auf die Stichproben der Erfahrungen und sind nicht zu allgemeinen Gesetzen verallgemeinert.

Im *zweiten Stadium* werden nicht nur Erfahrungen gesammelt, sondern diese sind der Ausgangspunkt für induktives Abstrahieren, so dass in einem Abstraktionsprozess, der über die einzelnen Erfahrungen hinausgeht, indem vom Konkreten zum Allgemeinen abstrahiert wird, so nicht nur sich auf die gesammelten Erfahrungen bezogene Hypothesen gebildet, sondern Theorien im Sinne allgemeiner (Natur)gesetze im Prozess der „heuristischen Induktion“ oder „’Superinduktion’ (Whewell)“ (Oeser, aaO., S.224) konstruiert werden.

Während die ersten beiden Stadien auf der produktiv-heuristischen (linken) Seite anzusiedeln sind, befindet sich das *dritte Stadium* auf der reproduktiv-stabilisierenden (rechten) Seite: hier werden die konstruktiv-synthetischen Theorien des zweiten Stadiums zu „formal-axiomatisch-deduktiven“ (aaO., S.226) Theorien weiterentwickelt: Theorien werden so umformuliert und formalisiert, das aus ihnen Prognosen deduziert werden können, die dann im weiteren Prozess so operationalisiert (reduziert) werden, dass sie an Beobachtungen (Information) prüfbar sind. Wie man sieht, hat das Hempel-Oppenheim-Schema (s.o.) hier seinen Platz und der kritische Rationalismus Poppers mit seiner Betonung der Falsifizierbarkeit. Während Popper aber Induktion als Prozess zu Generierung von wissenschaftlichem Wissen generell kritisch sieht und ablehnt, zeigt Oeser (2003) in kritischer Auseinandersetzung mit Kuhn (1967) und Lakatos

(1982), dass wissenschaftlicher Fortschritt eben nicht nur mittels deduktiv-falsifizierender Prozesse geschieht, sondern Induktion genauso wesentlich ist. Insbesondere Lakatos hat deutlich gemacht, dass das Falsifikationsprinzip im Forschungsprozess nicht so streng angewendet wird, wie Popper immer wieder behauptet hat, und diese wäre auch gar nicht sinnvoll, denn stellen wir uns einmal folgendes vor: ein Wissenschaftler zur Zeit Newtons untersucht die Gravitation mittels Eisenkugeln, die er in einen Schacht wirft. Und angenommen, in diesem Schacht befindet sich ein Magnet, von dem der Forscher nichts weiß. Der Magnet beeinflusst nun aber die Bahn der Eisenkugeln und die Fallgeschwindigkeit. Aus naiv-falsifikatorischer Sicht müsste der Forscher aufgrund seiner Beobachtungen die Gravitationstheorie verwerfen, da seine Beobachtungen ihr widersprechen. Dies geschieht aber im Forschungsprozess natürlich nicht, sondern stattdessen wird nach Störgrößen gesucht und auf diese Weise kommen neue Aspekte ins Spiel, die schließlich via heuristischer Induktion zu ergänzenden Theorien oder zur Modifikation der bestehenden Theorie führen, die dann schließlich wieder deduktiv nomologisch überprüft werden kann. Der Kreislauf wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Oeser schließt damit die bei Popper auftretende „Rationalitätslücke“ (Oeser 2003, S.146), indem Induktion und Deduktion beide zum Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung gehören. Damit wird der Entdeckungszusammenhang einer wissenschaftstheoretischen Betrachtung und Analyse zugänglich, während er bei Popper ins Reich des Psychologismus, mit dem sich Wissenschaftstheorie nicht beschäftigen sollte, abgedrängt worden ist. Wenn man nun bedenkt, dass Basissätze ihre Evidenz letztlich nur im Augenblick ihrer Konstatierung haben, wie die Protokollsatzdiskussion zwischen Carnap und Neurath ergeben hat (siehe dazu Oeser, aaO., S.10ff.), dann macht das deutlich, dass die Evidenz in einer Art „Evidenzerlebnis“ (aaO., S.101) wurzelt, was zeigt, dass die Beobachterperspektive und die in der dritten Person formulierten Hypothesen schließlich doch wieder an die erste Person rückgebunden werden müssen, wenn sie prüfbar sein sollen, aber Beobachtungssätzen ist ja gerade zu eigen, dass der Forscher als Person eine Beobachtung macht und d.h., dass er sie als Teilnehmer in der ersten Person macht („ich habe beobachtet, dass...). Sätze der dritten Person werden also nur prüfbar durch Beobachtungssätze in der ersten Person. Wenn man nun noch bedenkt, dass die Fragestellungen ebenfalls aus der Teilnehmerperspektive kommen sollten, wenn Forschung kommunizierbar bleiben soll, dann zeigt dies, dass die Beobachterperspektive ohne die Teilnehmerperspektive sich isoliert und die Teilnehmerperspektive ohne die Beobachterperspektive in einzelnen Beobachtungen verharrt, ohne daraus tragfähige handlungsleitende Regeln ableiten zu können. Um noch einmal zu veranschaulichen, dass jede Erkenntnis auch und gerade der Teilnehmerperspektive bedarf, sei der Oeser'sche *Kreis wissenschaftlicher Erkenntnis* nun um die explizite Nennung von Teilnehmer- und Beobachterperspektive erweitert dargestellt:

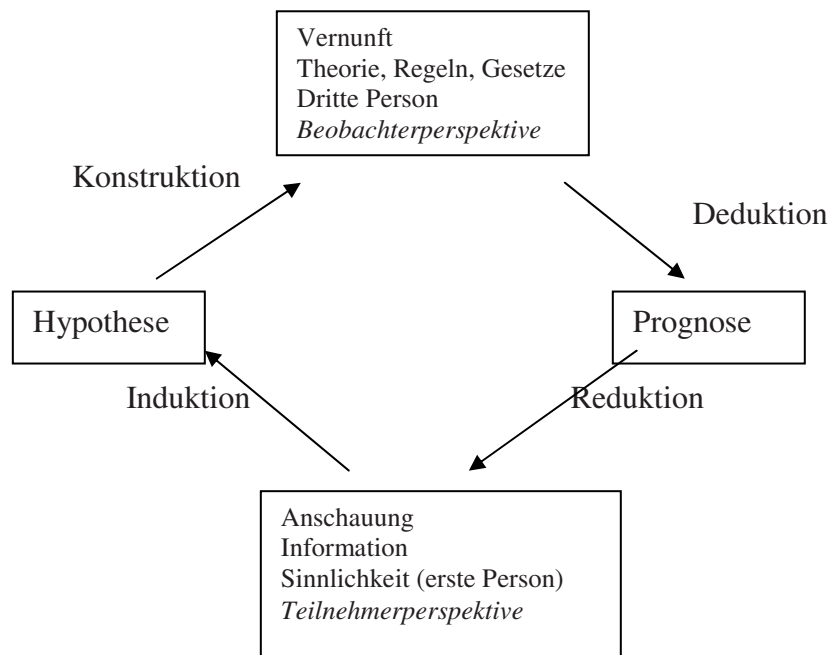


Abb.1. 7: Kreismodell wissenschaftlicher Erkenntnis unter Einbezug von Teilnehmer- und Beobachterperspektive

Mit der Berücksichtigung der Teilnehmerperspektive folge ich hier der Einsicht, dass eine Erkenntnistheorie immer eine Theorie über Beobachter ist und somit der Kybernetik zweiter Ordnung, und d.h. der Teilhabe des Beobachters am beobachteten System, welches selbst schon ein beobachtendes ist, genügen muss.

Zudem veranschaulicht das obige Kreismodell, dass sich Hypothesen und Theorien aus der Teilnehmerperspektive heraus entwickeln und dann schließlich wieder an der Teilnehmerperspektive zu prüfen sind. Daraus folgt, dass die Teilnehmerperspektive die Beobachterperspektive transzendiert und somit nicht reduzierbar ist auf die Beobachterperspektive, die immer eine Dritte-Person-Perspektive ist. Für das Leib-Seele-Problem heißt das, dass die psychologische Ebene, die ihre Gültigkeit immer wieder durch die Teilnehmerperspektive unter Beweis stellt, nicht auf physiologische Sätze, die immer Sätze in der dritten Person sind, reduzierbar ist. Wenn die psychologische Ebene als Illusion betrachtet wird, dann sind Aussagen, die dies machen, nicht prüfbar, da ja dann keine Ebene mehr da ist, an denen sie geprüft werden könnten. Behauptungen, die die psychologische Ebene negieren, negieren sich damit selbst. Dies sind damit Argumente, die die systematische Emergenztheorie von Hastedt (s.o.) stützen.

Äußerungen von Hirnforschern, die die Freiheit des Willens als Illusion sehen und generell der psychischen Ebene eine kausale Wirkung absprechen, dabei aber die physischen Prozesse aus systemtheoretischer Perspektive als sich selbstorganisierendes System betrachten, sind auf der Stufe der Kybernetik erster Ordnung stehen geblieben. Dies hat zur Konsequenz, dass sie auch ihre Empfehlungen auf der Basis lineal-kausaler Wirkannahmen zwischen physischer und psychischer Ebene machen. Solcherart Empfehlungen werden aber dem autopoietischen Charakter des Menschen als Ganzem, unter Einbezug der drei autopoietischen Systeme Körper, Psyche, soziale Systeme nicht gerecht, weil sie übersehen, dass die drei Systeme sich strukturell gekoppelt zueinander verhalten, was eine

## Teil I: theoretischer Teil

direkte Wirkannahme vom Körper auf den Geist (und umgekehrt) im Sinne lineal-kausaler Verursachung ausschließt. Diese Zusammenhänge lassen vermuten, dass aus der Kybernetik erster Ordnung agierende Hirnforscher vor allem Psychopharmaka empfohlen werden oder/und Zwangsmaßnahmen zum Umgang mit störendem Verhalten. Das dem genauso ist, hat Speck (2008) in seiner kritischen Sichtung von Veröffentlichungen von Hirnforschern gezeigt.

## 2. Der Physikalismus in ausgewählten Spielarten

### 2.1.1 Die Perspektive W. Singers

Wolf Singer, einer der führenden Hirnforscher der Bundesrepublik, ist Direktor der Abteilung für Neurophysiologie am Max –Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/Main und Gründer des Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS). Seine Perspektive hat er in vielfältigen Interviews mit verschiedenen, gerade auch populären, Zeitschriften kundgetan (gesammelt veröffentlicht in Singer 2002 und Singer 2003). Die sich auch in den verschiedenen Interviews teilweise wiederholenden Argumente finden sich nahezu vollständig in seinem in Geyer (2004, S.30-65) veröffentlichten Essay (siehe auch Singer 2004b und 2006) wieder. Folgende Argumentationsmuster tauchen immer wieder auf:

#### a) *Die Unterscheidung von Erster-Person und Dritter-Person-Perspektive:*

Die Erste-Person-Perspektive umfasse Attribute unseres Mensch-Seins, „die sich uns aus der Ersten-Person-Perspektive erschließen“ (Singer 2004, 33), zum einen Phänomene, „die erst durch unser Erleben in die Welt kommen“ (ebd.) wie z.B. Glück, Schmerz, Leid, Stolz, Schmach, Kränkung, moralische Wertungen, zum anderen Phänomene wie die Erfahrung des freien Willens, der Intentionalität: „wir erfahren uns als freie und folglich als verantwortende, autonome Agenten“ (ebd.). Aus der Ersten-Person-Perspektive scheine es uns, als ob unseren Handlungen unsere Entscheidungen vorausgingen, die dann auf physiologische Prozesse im Gehirn einwirkten, deren Konsequenz dann die Handlung sei.

Zugleich aber erleben wir uns auch „der materiellen Welt zugehörig“ (Singer 2004, 34), welche sich aus der Dritten-Person-Perspektive in all ihrer Bedingtheit (evolutionäre, selbstorganisatorisch, physiko-chemisch usw.) beschreiben ließe. Zu diesen, aus der Position eines Beobachters beschreibbaren und erklärbaren Phänomenen zählt Singer auch das Verhalten von Organismen inklusive des Menschen. Dabei postuliert Singer (ebd.): „Das Verhalten von Organismen ist selbst Gegenstand von evolutionären Ausleseprozessen, nicht weniger als die Form eines Flügels. Tiere, deren Verhaltensrepertoire optimale Anpassung an sich verändernde Bedingungen erlaubt, haben im evolutionären Wettbewerb die besseren Chancen.“

Verhalten sei somit als eine Variable der „belebten, aber dennoch dinglichen Welt“ zu verstehen und sei somit „im Rahmen naturwissenschaftlicher Beschreibungssysteme fassbar“ (ebd.) Laut Singer hätten wir, bezogen auf Tiere, „keine Schwierigkeiten, anzuerkennen, dass die jeweiligen Gehirnzustände determiniert sind durch die genetisch vorgegebene Organisation des jeweiligen Nervensystems“ sowie durch die „vielen Lernprozesse, die ebenfalls Modifikationen der funktionellen Architektur von Nervennetzen bewirken“ (Singer 2004, 35), und die „unmittelbare Vorgeschichte, die in der Dynamik neuronaler Wechselwirkungen nachschwingt“ (ebd.). Laut Singer lässt sich auch das von außen objektivierbare Verhalten von Menschen aus der Dritte-Person-Perspektive beschreiben, wobei durch „die zunehmende Verfeinerung neurobiologischer Messverfahren“ auch höhere kognitive Leistungen des Menschen nun wie Verhalten objektivierbar und damit der Dritten-Person-Perspektive zugänglich seien.

## Teil I: theoretischer Teil

### b) *darwinistische Evolution ohne ontologische Sprünge*

Singer verweist in diesem Argumentationsmuster auf die Sequenzierung des Genoms, die gezeigt hat, „dass sich die molekularen Bausteine von Nervenzellen im Laufe der Evolution kaum verändert haben“ (Singer 2004, 39). „Die Nervenzellen von Schnecken funktionieren nach den gleichen Prinzipien wie die Nervenzellen der Großhirnrinde des Menschen“ (ebd., vgl. Kandel 2006).

### c) *Quantitative Vermehrung führt zu neuen Qualitäten*

Der Konservatismus der Evolution bezüglich grundlegender Prinzipien zeige sich nicht nur bezüglich der Chemie und Morphologie der Nervenzellen, sondern auch bezüglich der strukturellen Organisation ganzer Gehirne:

„Obgleich die Evolution im Reich der Wirbeltiere eine beträchtliche Artenvielfalt hervorbrachte, ist die Hirnentwicklung von erstaunlicher Monotonie gekennzeichnet. Die Gehirne werden größer, aber an der Grundstruktur ändert sich wenig. Es finden sich immer die gleichen Zentren, und diese weisen immer die gleiche Feinstruktur auf“ (Singer 2004, 40).

Daraus folgert Singer (ebd.), dass das, „was unsere kulturelle Evolution ermöglichte, offenbar auf der quantitativen Vermehrung einer bestimmten Hirnstruktur beruht“, und weiter:

„Es scheint, als seien all die geistigen Qualitäten, die sich unserer Selbstwahrnehmung erschließen, durch die besondere Leistungsfähigkeit unserer Gehirne in die Welt gekommen“ (ebd.).

Aus b) und c) folgert Singer (2003, 89f.), dass in der Evolution keine Stelle auszumachen sei, an der ein vom Gehirn unabhängiges Bewusstsein sich der materiellen Strukturen bemächtigt hätte: Diese evolutionäre Entwicklung „beruht [...] ausschließlich auf Prozessen, die vollständig in der Dritte-Person-Perspektive beschreibbar sind. Mit anderen Worten: In der Kette von Ereignissen, die zur Ausbildung komplexer Organismen – letztlich zum Menschen – geführt hat, gibt es nirgends Sprünge“ (Singer 2003, 26)

### d) *Der freie Wille ist eine Illusion*

Da jedes Phänomen aus der Ersten-Person-Perspektive sein physiologisches Korrelat habe, welches in der Dritten-Person-Perspektive beschrieben wird, und die Physiologie dem Erleben und Bewusstsein vorausgehe, sei auch das Erleben des freien Willens vollständig durch die Physiologie determiniert. Singer stellt in diesem Zusammenhang die Frage, wie es dazukommt, dass wir so hartnäckig am Konstrukt des freien Willens festhalten und entwickelt dann die Hypothese, dass wir als Kinder zwischen 0 und 3 Jahren, also in der Phase, die dem episodischen Gedächtnis nicht zugänglich ist (frühkindliche Amnesie) von „signifikanten Anderen“ (vgl. Mead 1973) immer wieder behandelt worden sind, als ob wir „offenbar ein autonomes, frei agierendes, verantwortliches Selbst“ (Singer 2006, S.51) sein würden, indem wir als Kind ohne Unterlass hörten: „tu nicht dies, sondern tu das, lass das, sonst“, oder „mach das, andernfalls...!“. Durch diese Hinweise würde den Kindern suggeriert, dass sie sich als frei und autonom und deswegen als verantwortlich zu verstehen haben. Aus der Tatsache, dass wir aufgrund der frühkindlichen Amnesie um diese Episoden nicht mehr wissen, sondern nur noch das Endprodukt internalisiert haben, folgert Singer (2004, S.49ff.), dass wir am Konstrukt des freien Willens festhalten, da uns die Entstehungsbedingungen nicht bewusst zugänglich sind. Zudem würden wir oft Entscheidungen auf den freien Willen zurückführen, da uns die unbewussten Determinanten der Entscheidungen nicht bewusst sind, unser Gehirn aber nach Kongruenz strebe und deswegen Erklärungen konstruiere, wenn bewusst keine zugänglich sind, bzw. ausschließlich auf die bewussten Argumente und den bewussten Aushandlungsprozess attribuiere. (s. Singer 2004, 61). Dabei sei die erfahrene Freiheit in der Ersten-Person-Perspektive durchaus real, und zwar als subjektive Erfahrung. Aber:

„Beim freien Willen ist es doch so, dass wohl fast alle Menschen unsere Kulturkreises die Erfahrung teilen, wir hätten ihn. Solcher Konsens gilt im Allgemeinen als hinreichend, einen Sachverhalt als zutreffend zu beurteilen. Genauso zutreffend ist aber die konsensfähige Feststellung der Neurobiologen, dass alle Prozesse im Gehirn deterministisch sind, und Ursache für



## Teil I: theoretischer Teil

die je folgende Handlung der unmittelbar vorangehende Gesamtzustand des Gehirns ist. Falls es darüber hinaus noch Einflüsse des Zufalls gibt, etwa durch thermisches Rauschen, dann wird die je folgende Handlung etwas unbestimmter, aber dadurch noch nicht dem ‚freien Willen‘ unterworfen.“ (Singer 2003, 32f.)

### e) *Gehirn als sich selbstorganisierendes, dynamisches, nicht-lineares System*<sup>22</sup>

Unsere Sinnesorgane bilden nicht getreu ab, sondern „rekonstruieren und bedienen sich dabei des im Gehirn gespeicherten Vorwissens“ (Singer 2004, 31). Das Vorwissen speise sich aus zwei Quellen, zum einen das im Genom gespeicherte im Laufe der Evolution erworbene Wissen, zum anderen „ist es das zu Lebzeiten durch Erfahrung erworbene Wissen“ (ebd.). „Gehirne nutzen dieses Vorwissen, um Sinnessignale zu interpretieren und in größere Zusammenhänge einzuordnen. Unsere als objektiv empfundenen Wahrnehmungen sind das Ergebnis solcher konstruktiver Vorgänge.“(ebd.)

Dieser Konstruktionsprozess verhält sich nicht-linear als Folge der komplexen Vernetzung mit positiven und negativen Feedbackschleifen (erregenden und hemmenden synaptischen Verbindungen):

„Eine Nervenzelle in der Großhirnrinde empfängt etwas 10 000 bis 20 000 verschiedene Eingangsverbindungen und die meisten davon kommen von anderen Großhirnrindenzellen. Die Hirnrinde beschäftigt sich also vorwiegend mit sich selbst. In hochorganisierten Gehirnen machen die Eingänge von den Sinnessystemen und die Ausgänge zu den Effektoren einen verschwindend kleinen Prozentsatz der Verbindungen aus.“ (Singer 2004, 42)

An anderer Stelle betont Singer, dass das Gehirn ein offenes System<sup>23</sup> sei, denn:

„Es wird in großem Umfang Information aus der Umgebung aufgenommen, um die Gehirnarbeit zu optimieren. Deshalb scheint es mir unsinnig zu sein, das Gehirn als geschlossenes System anzusehen, das von vornherein nur unverrückbare Arbeitshypothesen mitbringt und danach die Erfahrung ordnet.“ (Singer 2003, 71)<sup>24</sup>

### f) *Wahrnehmung ist nicht Abbild der Wirklichkeit, sondern eine Konstruktion*

Unsere Wahrnehmungssysteme „sind in hohem Maße interpretativ. Die Bilder, die sie erzeugen, stimmen nicht unbedingt mit physikalischen Begebenheiten überein. Unser Gehirn erkennt zum Beispiel eine Rose im frühen Morgenlicht, mittags und abends gleichermaßen als rot – obwohl sie wegen der unterschiedlichen Spektren des Lichtes zu jeder Tageszeit anders aussehen müsste. Das Gehirn opfert hier Objektivität aus gutem Grunde: Die vielen verschiedenen Farben der Rose würden das Erkennen des Unveränderlichen erschweren“ (Singer 2003, 59f.).

### g) *Das Geistige ist im Prinzip berechenbar und simulierbar, da es vollständig von der Hirnphysiologie determiniert ist*

Singer geht von der vollständigen kausalen Determination des Psychischen durch das Physische aus. Gegen den Funktionalismus der Prägung, dass Bewusstsein auf einem Computer simulierbar ist, grenzt er sich jedoch ab, da das Gehirn gänzlich anders arbeitet und seine Entwicklung auf einem langen Evolutionsprozess beruht.

„Wenn Sie einen Rechner mit der nötigen Komplexität versehen; wenn Sie ihm dann das nötige Vorwissen mitgeben, das wir zum Zeitpunkt der Geburt schon haben auf Grund unseres während der Evolution erworbenen und in den Genen abgespeicherten Wissens; wenn Sie ihn so appetitlich gestalten, das ihm Zuwendung gewährt wird und dass er gestreichelt, emotional eingebunden wird, und wenn Sie ihn dann in die Schule schicken – kurz und gut: Wenn sie ihm halt all das zugestehen, was wir Menschenkindern auch zugestehen, dann könnte ich mir durchaus vorstellen, dass er ein passabler Zeitgenosse wird.“ (Singer 2003, 64)

---

<sup>22</sup> Siehe dazu auch Singer 2007: Wann und warum erscheinen uns Entscheidungen als frei? Ein Nachtrag. In: H-P.Krüger (Hrsg.): *Hirn als Subjekt? Philosophische Grenzfragen der Neurobiologie*. Akademie-Verlag: Berlin 2007, S.187-202

<sup>23</sup> Vgl. dagegen Maturana/Varela: *Der Baum der Erkenntnis* (1991), die die Geschlossenheit von selbstreferentiellen, sich selbst organisierenden Systemen betonen, was nicht mit dem Informations- und Stoffaustausch zu verwechseln ist: gemeint ist, das Information und andere aufgenommene Stoffe so aufbereitet werden, dass sie zu den selbstreferentiellen Mustern des jeweiligen Systems passen, Stoffe werden also vom System in eine für es handhabbare Form umgebaut, werden verdaut, damit das System sie nutzen kann.

<sup>24</sup> Siehe dazu auch Singer 2003, 42: „ Und jetzt erkennen wir, dass wir diese lineare Welt verlassen und eintreten müssen in die Welt der komplexen Systeme.“

## Teil I: theoretischer Teil

### h) *Zeitlich synchronisierte, dezentrale Verarbeitung als Lösung des Bindungsproblems anstelle einer übergeordneten Instanz*

Unter Bindungsproblem versteht man in der Hirnforschung die Frage, wie es kommen kann, dass die vielfältigen Sinneseindrücke, die wir bei der Betrachtung eines Objektes haben, so zusammengebunden werden, dass wir das Objekt überhaupt als solches wahrnehmen. Während man früher dies Problem in der KI-Forschung versuchte, in Analogie zu der CPU (central procession unit) des Computers zu lösen, also eine übergeordnete Ebene einzuführen, gehen neuere funktionalistische Ansätze einen anderen Weg (Dörner 2001), indem sie neuronale Netzwerke in Analogie zur Gehirnstruktur simulieren. Dörner (2001) macht dabei deutlich, dass es z.B. zur Modulation von Entscheidungsprozessen, aber auch bezüglich des Bindungsproblems in der Wahrnehmung, dafür keine übergeordnete Instanz mehr braucht, wenn man die Maschine sich mit Hilfe eines „Protokollgedächtnisses“ sich selbst reflektieren lässt (Dörner 2001, 783). Singer betont auch, dass in komplexen Gehirnen die meisten Strukturen nicht mehr Daten aus den Sinneskanälen bearbeiten, sondern Daten aus anderen Hirnstrukturen, wodurch es zu Metarepräsentationen und zu Metametarepräsentationen kommt. Dadurch sei dann Sprache und Selbstreflexivität und damit kulturelle Evolution möglich geworden. (Singer 2003, 48f.) Das Bindungsproblem ist nach Singer hirnhysiologisch anders gelöst worden, als dies die Ausführungen des Funktionalisten Dörner nahe legen:

- 1) Hirnhysiologische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Netzwerkarchitektur „jeden Hinweis auf eine pyramidale Organisation mit einem Konvergenzzentrum an der Spitze vermissen lässt“ (Singer 2006, 27). Es gibt kein Großmutterneuron, also kein Neuron, das für ein Wahrnehmungsobjekt als ganzes stehen würde. Stattdessen sind Neurone in Hebb'sche Zellensembles eingebunden: ein Zellensemble von gemeinsam feuernden Nervenzellen repräsentiert ein Wahrnehmungsobjekt, wodurch es möglich ist, dass ein und dieselbe Zelle an verschiedenen Ensembles teilhat.

- 2) Dabei taucht dann aber die Frage auf, woran man erkennen kann, zu welchem Zellensemble die Zelle gerade gehört:

„Wir favorisieren aufgrund experimenteller Hinweise die Hypothese, dass Neuronen in der Hirnrinde, die sich mit der Repräsentation des gleichen Objekts befassen, sich dadurch als zusammengehörig zu erkennen geben, dass sie ihre Aktivität synchronisieren. Die Signatur eines Ensembles wäre demnach die zeitliche Kohärenz der Aktivität der jeweils teilhabenden Neuronen. Die zeitliche Auflösung, mit der diese Signatur definiert wird, liegt dabei im Bereich von Millisekunden, Entsprechend hoch ist die Taktfrequenz, mit der verschiedene Ensembles aufeinander folgen können. Experimentelle Befunde legen nahe, dass die Synchronisationsprozesse auf der Basis von Oszillationen im 40-Hz-Bereich erfolgen, also in einem Zeitraster von etwa 25 Millisekunden.“ (Singer 2006, 37f.)

Aus den oben dargestellten, mit hirnhysiologischen Befunden untermauerten Argumenten zieht Singer die folgenden Konsequenzen:

- i) einerseits argumentiert Singer (s.o.), dass freier Wille eine Illusion ist, andererseits scheint er vor dieser Schlussfolgerung zurückzuschrecken; die „Zombietheorie“, die behauptet, dass wir Menschen ohne Bewusstsein genauso gut funktionieren würden wie mit, Bewusstsein also nur als Epiphänomen betrachtet, lehnt Singer explizit ab (Singer 2003, 59), um an anderer Stelle aber Bewusstseinsphänomene wie den freien Willen als Illusion abzutun.
- j) „Genetische Dispositionen können Verschaltungen hervorgebracht haben, die das Speichern oder Abrufen sozialer Regeln erschweren, oder die sozialen Regeln wurden nicht rechtzeitig und tief genug eingepägt, oder es wurden von der Norm abweichende Regeln erlernt, oder die Fähigkeit zur rationalen Abwägung wurde wegen fehlgeleiteter Prägung ungenügend ausdifferenziert. [...] **Keiner kann anders, als er ist.**“ (Singer 2004, 63; Hervorhebungen von K-H.K) Ein kaltblütiger Mörder hat eben das Pech, eine so niedrige Tötungsschwelle zu haben.“ (Singer 2003, 65)

## Teil I: theoretischer Teil

- k) Diese Einsicht würde zu „einer humaneren, weniger diskriminierenden Beurteilung von Mitmenschen führen, die das Pech hatten, mit einem Organ volljährig geworden zu sein, dessen funktionelle Architektur ihnen kein angepasstes Verhalten erlaubt“ (Singer 2004, 63).

„Menschen mit problematischen Verhaltensdispositionen als schlecht oder böse abzuurteilen bedeutet nichts anderes als das Ergebnis einer schicksalhaften Entwicklung des Organs, das unser Wesen ausmacht, zu bewerten. [...] Offenbar ahnden wir Verstöße dann besonders streng, wenn sie gegen explizit Gewusstes begangen werden, gegen Wertordnungen also, die über Erziehungsprozesse im deklarativen Gedächtnis verankert wurden. [...] An dieser Praxis würde die differenzierte Sicht der Entscheidungsprozesse, zu der neurobiologische Erkenntnisse *zwingen* [hervorgehoben von K.-H.K.], wenig ändern. Die Gesellschaft darf nicht davon ablassen, Verhalten zu bewerten. [...] Sie trüge den hirnpfysiologischen Erkenntnissen Rechnung, ersetze die konfliktträchtige Zuschreibung graduierter ‚Freiheit‘ und Verantwortlichkeit durch bewusste und unbewusste Prozesse [...]. Die schwer nachvollziehbare Dichotomie einer Person in freie und unfreie Komponenten wäre damit überwunden. Die Person als ganze würde nach wie vor für all das zur Rechenschaft gezogen, was sie fühlt, denkt und tut, und diese Beurteilung umfasste unbewusste und bewusste Faktoren gleichermaßen.“ (Singer 2004, 63f.)

Durch diese neue „naturwissenschaftliche Sichtweise“ würden wir „vermutlich ein wenig toleranter werden, nachsichtiger, verständnisvoller, wir würden nicht so schnell aburteilen“ (Singer 2003, 33). In diesem Zusammenhang verweist Singer dann auf den im Laufe des 19. Jhdts veränderten Umgang mit Epileptikern und Schizophrenen, deren Behandlung humaner geworden sei, seitdem wir sie nicht mehr als vom Teufel besessen, sondern als krank sehen. „[...] wir gehen wegen der Einsicht in die Bedingtheit ihres Verhaltens nun wesentlich humaner mit ihnen um“ (ebd.)

- l) *Erziehung als Prägungsprozess*

Das Erziehungssystem hat im Rahmen kultureller Evolution „nachhaltigen Einfluss“ auf die Art, wie wir die Welt sehen:

„Und die unterschiedlichen Sichtweisen der Welt, die sich ja ganz offensichtlich vollzogen haben seit der Antike, können nur so erklärt werden, dass unsere Kinder anders erzogen werden und deshalb andere Architekturen haben, andere Sichtweisen, andere Verhaltenweisen. **Sie sind geprägt wie die Lorenz’schen Graugänse.**“ (Singer 2003, 98; Hervorhebungen von K.-H.K.)

- m) *Therapie und Schutz der Gesellschaft statt Strafe*

Die Anerkennung der Determiniertheit abweichenden, andere verletzenden Verhaltens führe nicht dazu, dass man tatenlos zusehen müsse, sondern zum einen „muss versucht werden, seine [sc.: des Mörders] Hemmschwelle anzuheben, also Schulungs- oder Therapieprogramme anzuwenden“ (Singer 2003, 65), zum anderen müsse sich die Gesellschaft „vor gefährlichen Mitmenschen schützen, indem sie deren Freiraum begrenzt“ (ebd.), man würde dann nicht mehr vom ‚Strafmaß‘ sprechen, sondern vom ‚Verwahrungsmaß‘ oder ‚Schutzmaß‘“ (ebd.).

### 2.1.2. Kritik der Perspektive Singers

Davon ausgehend, dass Singer die hirnpfysiologischen Befunde korrekt dargestellt hat, sind die folgenden Kritikpunkte zu nennen:

- a) Die Schlussfolgerung Singers, dass wichtigen Aspekten unseres Selbstkonzeptes, wie z.B. dem Erleben, autonom zu handeln, frei entscheiden zu können, der Überzeugung, selbst Einfluss nehmen zu können, was Bandura (1979) Selbstwirksamkeitserwartung genannt hat, aus naturwissenschaftlicher Sicht *zwingend* der Status einer Illusion zukomme, ist nur dann zwingend, wenn man vom deterministischen Weltbild der Physik des 19. Jhdts ausgeht und die Befunde der Quantenphysik ignoriert. Denn nur dann scheint diese Folgerung zwingend zu sein, dass mentale Verursachung im Rahmen dieses Weltbildes aufgrund der kausalen und deterministischen Geschlossenheit nicht möglich ist. Das Festhalten an dem nicht mehr aktuellen mechanischem Weltbild der Physik führt dann auch bei Singer zu Widersprüchen, die sich darin zeigen, dass er einerseits freie

## Teil I: theoretischer Teil

Entscheidungen als Illusion sieht, andererseits aber von realen Erfahrungen ausgeht. Er scheint also eine Lösung des Leib-Seele-Problems ähnlich wie Searle (2006, 129f.) in der Unterscheidung von *ontologischer und kausaler Reduzierbarkeit* zu sehen: A ist dann auf B *kausal reduzierbar*, wenn sich das Verhalten von A vollständig durch das Verhalten von B erklären lässt und A keine kausalen Kräfte hat, die über B hinausgehen ( $B \rightarrow A$ ). Von *ontologischer Reduzierbarkeit* ist dann zu sprechen, wenn A nichts weiter ist als B ( $A=B$ ). Jedoch lässt sich damit das Phänomen mentaler Verursachung eben nur dann verstehen, wenn man diese auf physikalische Prozesse zurückführt, also als Scheinverursachung versteht, womit nun die Kritik am Epiphänomenalismus (s.o Kap.1.1) auch auf Singers nicht-reduktiven Physikalismus, der letztlich nichts anderes als eine materialistische Identitätstheorie ist, voll zum Zuge kommt

- b) Bei der Unterscheidung von Erster-Person und Dritter-Person-Perspektive führt Singer aus, dass sich viele mentale Phänomene mittlerweile gut messen lassen und damit einer naturwissenschaftlichen Beschreibung zugänglich sind. Dies ist zwar sicherlich richtig, aber er versäumt dabei zu erwähnen, dass die Unterscheidung eines ideographischen von einem nomothetischen Zugang (s. dazu Fisseni 1984) zu Phänomenen damit nicht ad acta gelegt werden kann. Auch wenn sich in der Psychologie viele Phänomene in der dritten Person beschreiben lassen, also einem nomothetischen Zugang zugänglich gemacht wurden, bleibt dabei das Faktum bestehen, dass die Individualität und Einmaligkeit in diesem Prozess verloren geht. Gerade deswegen gibt es neben quantitativen ja auch qualitative Forschungsmethoden (Jüttemanns 1990, Huschke-Rhein 1987). Daraus folgt, dass das Qualia-Problem, allgemeiner verstanden als das je eigene, ideosynkratische Erleben des Individuums, sich nicht aus der Dritten-Person-Perspektive fassen lässt, und dies gilt für Dritte-Person-Beschreibungen auf der psychologischen ebenso wie auf der physikalischen Ebene. Singers Ausführungen zur Messbarkeit von Erleben und seine Betonung, dass damit mentale Phänomene als Verhalten zu verstehen seien, wobei er zu „Verhalten“ schreibt, dass „dieses durch die Organisation des Organismus und insbesondere durch sein Nervensystem determiniert ist“ (Singer 2004, 34) zeigen, dass Singer versucht ist, die Erste-Person-Perspektive als Illusion abzutun und auf die Dritte-Person-Perspektive zu reduzieren, auch wenn er an anderer Stelle davon spricht, dass Erfahrungen real sind. Scheinbar sitzt Singer der Illusion auf, das Qualia-Problem im Rahmen des klassischen Weltbildes der Physik lösen zu können.
- c) Aus der darwinistischen Evolution ohne ontologische Sprünge folgert Singer, dass gerade dies für die vollständige Determiniertheit des Psychischen durch das Physische spreche. Dieser Schluss ist aber überhaupt nicht zwingend, denn gerade die schrittweise Entwicklung des Bewusstseins zu immer höheren Formen zeigt auf, dass Bewusstsein eine Überlebensfunktion haben muss und dann muss Bewusstsein aber auch kausal wirksam sein können (s.o. die Kritik am Epiphänomenalismus)
- d) Dass die Sichtweise der vollständigen Determiniertheit und damit Berechenbarkeit menschlichen Erlebens und Verhaltens zu einer humaneren und weniger diskriminierenden Beurteilung von Mitmenschen, insbesondere von Straftätern führen wird, ist ernsthaft zu bezweifeln, denn diese Sicht führt ja dazu, dass wir uns als biologische Maschinen, als Marionetten des Determinationsprozesses verstehen müssen, wir würden zwar dann kein Gefühl von Schuld mehr entwickeln, aber zugleich den anderen auch keine positiven Gefühle mehr entgegenbringen können. Dies hat Bieri (2007, 349) sehr schön beschrieben, indem er im Dialog zwischen Raskolnikow und dem Richter letzteren folgendes entgegen lässt:
- „Nehmen wir an, wir würden einander so begegnen, wie Sie das als aufgeklärt und wünschenswert beschrieben haben: im stetigen Bewusstsein, dass die Übeltäter und Wohltäter für ihre Taten nichts können, da ihr Denken seinen unvermeidlichen Lauf nimmt. Sie haben recht: Unsere Reaktionen

## Teil I: theoretischer Teil

und Empfindungen müssten nun ganz andere sein. Wir könnten den anderen nichts übel nehmen und uns über sie nicht empören. Auch moralisches Lob und besondere moralische Achtung wären jetzt nicht mehr am Platz. Unser Blick auf die anderen wäre wie der Blick eines Insektenforschers: neugierig und von leidenschaftsloser Nüchternheit. [...] Das würde die ganze Art der *Begegnung* zwischen den Menschen verändern. Es gäbe in dieser Begegnung nichts mehr von der besonderen *Nähe*, die entsteht, wenn Menschen sich mit moralischen Empfindungen begegnen. Nicht nur empört könnte man über die anderen nicht sein. Man könnt ihnen auch nicht *dankbar* sein und ihnen etwas *verzeihen*.“

- e) Die Argumentation, dass der Wechsel der Perspektive von Besessenheit hin zu Krankheit zu einem humaneren Umgang geführt habe, ist richtig. Allerdings liegt hier etwas anderes vor als der von Singer intendierte Perspektivenwechsel: während hier ein deterministisch-übernatürliches durch ein deterministisch-natürliches Erklärungsmuster ersetzt wurde, strebt Singer an, die Idee der Freiheit, des freien Willens, der Urheberchaft und der Verantwortung durch eine deterministisch-natürliche Perspektive zu ersetzen. Die von Singer herangezogene Analogie ist also nicht passend.
- f) Es ist richtig, Straftätern Therapie- und Schulungsprogramme anzubieten. Dies ist aber etwas, was im modernen Strafvollzug, dessen Ziele Strafe, Sicherung und Resozialisierung sind, schon heute passiert. So hat z.B. die JVA Bayreuth als eine unter wenigen bayernweit eine Therapiestation, auf der nicht nur Sexualstraftäter, sondern auch andere Gewalttäter therapeutisch in Gruppen behandelt werden können. Der erste Schritt der Tätertherapie ist, den Täter mit seiner, in der Regel von ihm bagatellisierten oder verleugneten, Tat in allen Einzelheiten respektvoll zu konfrontieren, um so der Entwicklung des Reuegefühls den Boden zu bereiten.<sup>25</sup> Denn alle weiteren Maßnahmen, die dann vor allem das Ziel haben, Impulskontrolle aufzubauen, so dass der Täter lernt, seinen Tendenzen, anderen Schaden zuzufügen, zu widerstehen, können nur dann greifen, wenn er seine Tat als ich-dyston erlebt und angefangen hat, selber unter ihr zu leiden, so dass er lernen will, sich zukünftig anders zu verhalten (Aufbau von Änderungsmotivation). Zum Thema Reue schreibt Bieri (2007, 363):  
„Aber in jenem anderen Moment konnte es nicht anders sein, als dass Sie unmoralisch dachten und also eine unmoralische Entscheidung trafen“, wird Raskolnikow natürlich sagen, „und deswegen ist es trotz allem Unsinn, sich Vorwürfe zu machen.“ Reue, könnte man sagen, ist das klare, taghelle Bewusstsein davon, dass dieser Gedanke ohne jede Einschränkung falsch ist. Sie ist ein Gefühl, das aus der Einsicht entspringt und ihr standhält, dass die lebensgeschichtliche Bedingtheit einer Verfehlung keinerlei Entschuldigung darstellt und uns in keiner Weise entlastet.“  
Und das Gefühl von Reue kann sich nur dann entwickeln, wenn ich am „moralischen Standpunkt“ jenseits aller Determiniertheit festhalte und dem Täter helfe, dies auch zu tun. Daraus folgt, dass wirksame Tätertherapie aus dem Leib-Seele-Verständnis von Singer, d.h. auf der Basis der materialistischen Identitätstheorien, nicht möglich ist.
- g) Erziehung vornehmlich als Prägungsprozess zu sehen, übersieht, dass es zwar in früher Kindheit Prägungsprozesse gibt vornehmlich in der Phase kindlicher Amnesie zwischen 0 und 3 bis 4 Jahren, die, da dem episodischen Gedächtnis nicht zugänglich, nicht oder nur schwer modifizierbar sind, aber darüber hinaus es ja noch weitere Lernweisen gibt, die nicht mehr als Prägung verstanden werden können, insbesondere Lernen aus Einsicht ist hier zu nennen (siehe dazu die Affenexperimente von Köhler 1925: zusammenfassende Darstellung in Hussy 1984, 32f.), also jegliche Formen expliziten Lernens. Auch implizite Lernprozesse

---

<sup>25</sup> Fiedler (2004, 429) betont, wie wichtig es ist, auch dem Straftäter mit Respekt und Empathie zu begegnen und dessen persönlichen Lebensziele in der Therapie zu berücksichtigen; dabei sei es unabdingbar, das Delikt von der Person zu trennen, nicht die Person ist verwerflich, sondern das Delikt. Der Therapeut stellt sich mit dieser Haltung auf die Seite des Patienten-Täters, indem er ihn unterstützt, der Versuchung, strafbare Handlungen zu begehen, immer besser zu widerstehen: „Durch eine klare Unterscheidung von *einerseits* der Sexualstraftat und den damit zusammenhängenden innerpsychischen Verfassungen und *andererseits* der Person des Patienten als **autonomer Persönlichkeit** (hervorgehoben von K-H.K.) stellt sich der Therapeut auf die Seite des Sexualstraftäters und arbeitet nicht gegen seine ‚Person‘[...].“

## Teil I: theoretischer Teil

(klassisches und operantes Konditionieren) sind modifizierbar, wie die erfolgreiche Konfrontationsbehandlung von Ängsten und Zwangshandlungen zeigt. Dabei konnte in Studien mit bildgebenden oder EEG-Verfahren gezeigt werden, dass im Erwachsenenalter(!) die therapeutische Veränderung des Erlebens und Verhaltens mit (hirn)physiologischen Veränderungen einherging, wobei allerdings die gelernte Angstreaktion nicht verlernt, sondern gehemmt worden ist (Miltner et al. 2003, S.399; Grawe 2004, S.174f.)

- h) Singer stellt sich selbst die Frage, wie es sein kann, dass Neurone über weite Entfernungen hinweg Synchronizität erzeugen: „Nervenverbindungen leiten elektrische Signale nur sehr langsam. Dies wirft die Frage auf, wie es das Nervensystem zustande bringt, trotz dieser langsamen Wechselwirkungen über große Entfernungen hinweg Synchronizität zu erzeugen, die im Millisekundenbereich präzise ist und keine Phasenverschiebungen aufweist.“ (Singer 2002, S.165) Er stellt dann die Vermutung an, dass im Rahmen ontogenetischer Prozesse die Verbindungen mit der passenden Leitungsgeschwindigkeit ausgewählt werden (s. ebd.). Damit löst er aber das aufgezeigte Problem nicht, da auch die schnellsten Verbindungen für die Erzeugung von Synchronizität auf klassischem Wege zu langsam sind (s.o Kap. 1.2.)

### 2.2.1. Die Perspektive Gerhard Roths

G. Roth (geb. 1942) ist Professor für Verhaltensphysiologie an der Universität Bremen und Rektor des Hanse-Wissenschaftskollegs in Delmenhorst. Roth hat mehrere Bücher verfasst und zahlreiche Artikel. Ich beziehe mich im folgenden auf zwei Bücher (Roth 2003a, Roth 1997) und fünf Fachartikel (Roth 2003b, Roth 2004a, Roth 2004b, Roth 2006, Roth 2007). Ähnlich wie bei Singer wiederholen sich die Argumente Roths in den verschiedenen Publikationen. Folgende Argumentationsmuster sind dabei für unsere Fragestellung relevant:

- a) *Auch Willensentscheidungen unterliegen zuallererst unbewussten Prozessen und sind nicht frei*

Aus den Experimenten von B. Libet und von Haggard & Eimer folgert Roth: „Der Willensakt tritt auf, nachdem das Gehirn bereits entschieden hat, welche Bewegung es ausführen wird“ (Roth 2003a, 523), ist also nicht frei (Roth 2006, 13)

- b) *Auch das rationale Abwägen ist vollständig determiniert*

Bezogen auf den Einwand gegen die Schlussfolgerung aus den in a) erwähnten Experimenten, dass eine Willensentscheidung nicht in wenigen Sekunden getroffen wird, wie dies in den Experimenten verlangt wurde, sondern ein länger andauernder Prozess des Abwägens für Willensentscheidungen wesentlich ist, bestätigt Roth, dass für die Analyse komplexer Situationen ein Abwägen erforderlich ist, und dass diese Aufgaben bei unübersichtlichen Datenmengen und „insbesondere für das Bestimmen mittel- und langfristiger Konsequenzen“ von subcortikalen limbischen Zentren nicht geleistet werden können, deswegen hat sich im Laufe der Evolution eine „besonders große und komplexe Großhirnrinde mit einem entsprechend großen Stirnhirn entwickelt, wie dies beim Menschen der Fall ist“ (Roth 2003a, 525). Dabei gebe es sogar Hinweise darauf,

„dass bei der Konfrontation mit schwierigen Problemen Netzwerke des Stirnhirns in ein erhöhtes ‚Rauschen‘ (als ‚gezieltes Zufallselement‘) versetzt werden, um neue, ungewöhnliche Verknüpfungsstrukturen zu erzeugen, die wir dann subjektiv als besonders kreative Einfälle erleben“ (ebd., Hervorhebungen von K-H.K., s. dazu auch Roth 2003a, 508)

In der Folge dann postuliert Roth, dass es eine Illusion wäre, diesen Prozess des Abwägens für tatsächliche Freiheit zu halten:

## Teil I: theoretischer Teil

„Das rationale Abwägen geschieht nämlich nicht weniger determiniert als das affektiv-emotional bestimmte Entscheiden; *wir erleben es nur anders*“ (Roth 2003a, 526)

### c) *Die Letztentscheidung hat das limbische System*

„Unser Verstand kann als ein Stab von Experten angesehen werden, dessen sich das verhaltenssteuernde limbische System bedient. [...] Der Cortex entscheidet aber ebenso wie der Beraterstab selbst nichts, beide bereiten die Entscheidungen nur vor. Sie sagen uns: Wenn du dies tust, dann wird dies wahrscheinlich diese Folgen haben, tust du jenes, dann wird das passieren usw.... Da das verhaltenssteuernde System bzw. der oberste Chef sich aber eindeutig verhalten muss, muss auch eine eindeutige Entscheidung getroffen werden, und zwar eine, die emotional verträglich ist. Dies meinen wir, wenn wir sagen, wir müssen mit einer bestimmten wichtigen Entscheidung ‚leben‘ können.“ (Roth 2003a, 527)

Daraus folgert Roth (ebd.), dass es, anders als es in der Alltagspsychologie erscheine, nicht die logischen Argumente als solche seien, die uns zu vernünftigen Handeln antreiben, „sondern die Vorstellungen der hiermit verbundenen Konsequenzen, die uns positiv oder negativ erscheinen“.

### d) *Das bewusste Gefühl der Freiheit des Willens erfüllt wichtige Aufgaben*

Um in der komplexen natürlichen und sozialen Umwelt überleben zu können, „entwickelt das Gehirn ein *Selbst* bzw. *Ich*“. Dies Selbst-Ich sei nur dann funktionsfähig, wenn es sich Intentionen, Absichten und Handlungsfähigkeit zuschreibt, denn die Zuschreibung von unbewussten limbischen, exekutiven und motorischen Prozessen wäre viel zu komplex und würde damit das System überlasten und seiner Handlungsfähigkeit im Wege stehen. (Ebd. 529). Unsere soziale Interaktion beruhe auf der „intentionalen Deutung“ menschlichen Handelns. Damit würden wir dem „fatalen Deutungszirkel“ unterliegen, den auch der logische Behaviorismus berechtigterweise schon konstatiert habe.

„Wir beobachten ein bestimmtes Verhalten (Rennen, Fleiß) und folgern daraus einen inneren intentionalen Zustand, den wir dann zur Erklärung des beobachteten Verhaltens nehmen“ (ebd., 529) Wir machen das, „weil unser Gehirn dafür so eingerichtet ist. Es wäre zumindest im Alltagsleben nicht möglich, wissenschaftlich korrekte nicht-intentionale Beschreibungen für ein Verhalten zu liefern“ (ebd.)

Ohne diese intentionalen Zuschreibungen funktioniere keine Gesellschaft; dass die Zuschreibungen eigentlich unkorrekt sind, spiele dabei keine Rolle:

„Bei einer nicht-intentionalen Erklärung dafür, warum Herr Meier so schnell rennt, müsste man sehr weit ausholen und die Persönlichkeitsstruktur von Herrn Meier, seine frühkindlichen Erfahrungen, seine spätere Erziehung, seine Berufssituation usw. genau darlegen, und eventuelle käme man nicht zu einem befriedigenden Ende. So sagt man einfach ‚Herr Meier rennt, weil er unbedingt seinen Zug kriegen muss [...] Ob dies wissenschaftlich korrekt ist, **spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle** (hervorgehoben von K-H.K), denn solche alltagspsychologischen Erklärungen erfüllen den Zweck der Zuweisung von *Intentionen*, ohne die keine Gesellschaft funktioniert.“ (Ebd. 529f.)

### e) *Bewusstes und Unbewusstes*

Das bewusste Ich habe nur begrenzte Einsicht in die „eigentlichen Antriebe unseres Verhaltens“ (Ebd. 551)<sup>26</sup> Das bewusste Ich sei nicht in der Lage, über Einsicht oder Willensentschluss seine emotionalen Verhaltensstrukturen zu ändern. Dies kann nur über emotionale „bewegende“ Interaktionen geschehen, „wie sie beispielsweise im Rahmen einer Psychotherapie möglich sind“ (ebd.).

### f) *Zur Veränderbarkeit des Menschen*

Hierzu nimmt Roth eine skeptische Haltung ein. In später Jugend und im Erwachsenenalter

„ist der Mensch in seinen Persönlichkeitsmerkmalen nur noch wenig veränderbar... Junge ebenso wie ältere Menschen suchen sich eher die Umwelten, die zu ihnen passen, als dass sie sich diesen Umwelten anpassen. Ob man die rund zwanzig Prozent an Veränderbarkeit, die für die späteren Erziehungsmaßnahmen und Einwirkungen zur Verfügung stehen, als viel oder als wenig ansieht, ist eine Geschmackssache. Insgesamt führen die genannten Erkenntnisse zu einer skeptischen Haltung in Bezug auf die Veränderbarkeit des Menschen.“ (Ebd. 552f.)

---

<sup>26</sup> siehe dazu auch Roth (2003b): Wie das Gehirn die Seele macht. In Schiepek, G. (Hrsg.): Neurobiologie der Psychotherapie. Schattauer: Stuttgart, S.28ff.)

## Teil I: theoretischer Teil

### g) *Nicht-reduktionistischer Physikalismus*

Roth versteht sich explizit als nicht-reduktionistischen Physikalisten (Ebd. 562; Roth 2007) Bewusstsein wie z.B. das Erleben, man sei Urheber seiner Handlungen, überhaupt die Intentionalität, seien zwar eine Illusion, aber für das gesellschaftliche Leben unverzichtbar (s.o) Laut Roth (2003a, 561f.) müsse man akzeptieren, „dass eine unmittelbare Gleichsetzung von Bewusstsein und dem Feuern von Neuronen unzulässig ist, und zwar sowohl aus empirischen als auch aus erkenntnistheoretischen Gründen [...]; übrig bleibt die Irreduzibilität des subjektiven Erlebniszustandes“. Aber auch Geist, Bewusstsein und Wille seien dabei innerhalb der Grenzen deterministisch wirkender Naturgesetze verstehbar und letztlich auch erklärbar. „Geist, Bewusstsein, Wille werden dabei als *besondere* physikalische Zustände akzeptiert, die das Naturgeschehen nicht transzendieren“ (ebd. 562)

### h) *Abgeschlossenheit der physikalischen Welt*

„Die physische Welt ist nach unserem Kenntnisstand kausal abgeschlossen, d.h. Veränderungen in der physischen Welt können nur aufgrund einer Wechselwirkung im Rahmen von Gesetzmäßigkeiten geschehen, wie sie die Physik beschreibt. Danach kann es gar keine Einwirkung nicht-physischer Ereignisse auf physisches Geschehen geben, denn das würde die Abgeschlossenheit und völlige Determiniertheit der physischen Welt verletzen.“ (Roth 2003a, 244)

Dem Einwand von Habermas (2007), dass neurobiologische Erklärungsansätze notwendigerweise reduktionistisch sein müssen, begegnet Roth (2007) mit mehreren Argumenten:

### i) *Der Reduktionismusvorwurf beruht auf einem Missverständnis*

Unter Gehirnprozessen kann man nämlich zwei Dinge verstehen, zum einen „die messbaren, elektrophysiologisch-neurochemischen Prozesse der Erregungsverarbeitung im Gehirn, welche sich via EEG, MEG, fMRI, PET messen lassen. Damit erfasse man aber nicht die „*Funktion oder Bedeutung*“ solcher Vorgänge im Gehirn. Die Aktivität des Neurons habe für sich keine Bedeutung, das sei die „Neutralität des neuronalen Codes“ (Roth 1997, Kap.5). „Es ist deshalb trivialerweise unmöglich, die Funktion oder Bedeutung neuronaler Aktivität auf diese rein neuronalen Prozesse zu reduzieren.“ (Roth 2007, 174) Roth vermutet, dass die Kritiker der Hirnforscher, die diesen Reduktionismus vorwerfen, genau diese Bedeutung von „Hirnprozessen“ „als rein neurophysiologischen Abläufen meinen“ (ebd.).

Zum anderen seien Gehirne aber nicht allein dazu da, elektrische oder chemische Erregung zu verarbeiten, sondern „sie erzeugen ein Verhalten, das im Dienste des Lebens und Überlebens des Organismus, einschließlich des sozialen Überlebens, steht“ (Ebd.) Die Hauptaufgabe der kognitiven und systemischen Neurobiologie sei es, Funktion und Bedeutung neuronaler Aktivitätszustände herauszufinden, „die sich stets nur aus dem *Aktivitätskontext* ergeben“ (ebd.).

„Wenn kognitive Neurobiologen in diesem Zusammenhang von ‚Hirnprozessen‘ reden, dann meinen sie in aller Regel *nicht allein* die rein neurophysiologischen und neurochemischen Vorgänge, sondern schließen den funktionellen Zusammenhang dieser Vorgänge mit bestimmten Verhaltenreaktionen oder (im Falle des Menschen) mit inneren Erlebnissen und damit die *Bedeutungsebene* mit ein.“ (Roth 2007, 175)

Dies sei kein Kategorienfehler, wenn man zeigen kann, dass ein bestimmtes psychisches Geschehen M immer zusammen mit einem neurophysiologischen Geschehen N. auftritt. Sondern hier liege ein „*Kategorienwechsel*“ vor.

Der Reduktionismusvorwurf greife nicht, wenn man unter „Hirnprozessen“ nicht nur die rein physiologischen Abläufe versteht, sondern die Tatsache berücksichtigt, dass Hirnprozesse „bedeutungshafte Prozesse“ sind (ebd. 176)

### j) *Intentionale Zustände lassen sich neurobiologisch erklären*

Hier führt Roth (2007, 176-178) vor allem zwei Experimente als Grundlage seiner Schlussfolgerung an, dass „alle psychischen Erlebnisse, einschließlich derer, bei denen gesellschaftliche Interaktion und Kommunikation eine Rolle spielen, ihre präzise neuronale Grundlage besitzen“ (ebd. 178). Die Aussage, dass intentionale



## Teil I: theoretischer Teil

Zustände das Hirngeschehen grundsätzlich transzendieren, sei vor diesem Hintergrund nicht haltbar: Im ersten Experiment wurden den Vpn an einer Fingerkuppe ein leichter Schmerzreiz zugefügt. Dabei zeigte sich, dass nur die Versuchspersonen, deren Gehirn nicht nur eine Aktivität im zugehörigen somatosensorischen Cortexareal zeigte, sondern zusätzlich im insulären und anterioren cingulären Cortex, einen Schmerz auch erlebten.

Im zweiten Experiment wurde der Vpn im Kernspintomographen gesagt, sie müsse auf ein grünes oder rotes Licht achten. Dabei wurde ihr mitgeteilt, dass beim grünen Licht nichts geschehe, beim roten hingegen ihr ein Schmerzreiz zugefügt werde. Es wurde also eine Schmerzerwartung auf das rote Licht hin erzeugt. Allein diese Erwartungshaltung reichte aus, um eine länger andauernde Aktivierung im linken insulären, anterioren und orbitofrontalen Cortex zu erzeugen.

### k) Ursachen und Gründe

In Berufung auf A.Beckermann (1985: Analytische Handlungstheorie) argumentiert Roth (2007), dass eine Körperbewegung genau dann eine Handlung<sup>27</sup> ist, „wenn es eine Beschreibung gibt, unter der sie eine intentionale Handlung ist, und das zweitens intentionale Zustände kausalen Charakter haben, wenn sie durch bestimmte physiologische Zustände realisiert werden“ (ebd. 179) Roth (2007) unterscheidet dann aus neurobiologischer Sicht drei Ebenen des Gehirns, „die unterschiedliche Typen der Begründung bzw. Erklärung von Verhaltensweisen ermöglichen“. Alle drei Ebenen interagieren bei Handlungen miteinander und stellen somit die neurobiologische Grundlage von Gründen dar. Damit die drei Typen von Gründen handlungswirksam werden können, müssen sie in „*neuromotorische Programme*“ umgesetzt werden. Dabei entwickelt sich ein sogenanntes Bereitschaftspotential, welches ab dem Erreichen einer bestimmten Stärke die Armbewegung „*verursacht*“. Im Gehirn werden also sowohl Handlungsgründe als auch Ursachen für die Bewegung repräsentiert.

Daraus folgert Roth (2007, 181):

„Die Unterscheidung zwischen Ursachen und Gründen trennt also nicht das Gehirn von seiner sozialen Umwelt, sondern wird durch die beschriebene Organisation des Gehirns selbst hervorgebracht. Gründe – welcher Art auch immer – müssen, um handlungswirksam zu werden, neuromotorische Ursachen bewirken.“

Demnach wirkt also der von Habermas postulierte objektive Geist, die Welt des symbolisch gespeicherten, objektiven Wissens, der nach Habermas zwar von Gehirn hervorgebracht worden sei, sich dann aber verselbständigt habe, nicht auf das Gehirn zurück. Roth verneint die Verselbständigung und die Rückwirkung.

### l) Mentale Verursachung

Laut Roth (2007, 181ff.) sei die Gefahr der Überdetermination, die dann auftauche, wenn man davon ausgeht, dass mentale Zustände mit neuronalen Zuständen unauflöslich verbunden sind, nur dann gegeben, wenn wir Mentales und Neuronales intuitiv als unterschiedliche Entitäten auffassen.

„Aufgrund empirischer Untersuchungen stellen wir [...] fest, dass mentale Zustände M nur dann auftreten, wenn bestimmte neuronale Prozesse N gleichzeitig stattfinden (und andere N ihnen vorangehen). Umgekehrt sind – soweit wir wissen – mit bestimmten N immer bestimmte M verbunden bzw. führen bestimmte N immer zu bestimmten M.“ (Roth 2007, 181)

Roth verneint hier das Vorliegen multipler Realisierung, wie ihn die Supervenienztheorie behauptet (s.o. Kap 1.1), sondern geht von einer 1:1-Zuordnung von N und M aus, was eine perfekte Korrelation impliziert, vorausgesetzt die Reizsituation, in die die Messung eingebettet ist, ist identisch geblieben. Roth führt in Abwehr des Reduktionismusvorwurfs dann noch aus, dass hier kein reduktiver Physikalismus vorliege, weil nicht alle N mit M identisch seien, sondern es gebe N's und N-M's, also neurophysiologische Prozesse ohne Bewusstsein (die puren N) und neurophysiologische Prozesse mit Bewusstsein (N-

<sup>27</sup> wobei eine Handlung immer intentional ist, was sie von einer reinen Körperbewegung unterscheidet

## Teil I: theoretischer Teil

M), bei letzteren lasse sich N von M nicht mehr trennen, da diese immer zusammen auftreten würden. Außerdem sei diese Auffassung mit der Annahme vereinbar, dass „das Mentale Eigengesetzlichkeiten zeigt“ (ebd. 182), auch im unbelebten Bereich seien komplexe physikalische Systeme anzutreffen, die „Emergenzphänomene“ aufweisen würden.

### 2.2.2. Kritik der Perspektive G.Roths

Anders als bei der Kritik der Perspektive W.Singers werde ich hier die aufgezählten Argumentationsmuster der obigen Abfolge zuordenbar einer Kritik unterziehen:

- Ad a) Die Schlussfolgerung Roths aus den Experimenten von Libet und im Gefolge Libets, dass der Wille nicht frei ist, auf neurobiologischer Ebene das Erleben des freien Willens vollständig durch vorhergehende physiologische Prozesse determiniert ist, ist, wie ich bei der Diskussion von B. Libet anhand empirischer Untersuchungen zeigen werde (s.u Kap.2.3.) voreilig. Die vollständige Unfreiheit des Willens lässt sich daraus nicht folgern.
- Ad b) Wenn rationales Abwägen ausschließlich als das Abwägen von positiven und negativen Konsequenzen verstanden wird, also einer Kosten-Nutzen-Analyse mit emotionaler Beteiligung entspricht, dann kann dies als vollständig hirneurophysiologisch determinierter Prozess verstanden werden, was Bieri (2007) und Dörner (2001) gezeigt haben. Interessanterweise verweist Roth hier aber auf Befunde, die erhöhtes Stirnhirn-Rauschen als „gezieltes Zufallselement“ gefunden haben. Dies spricht dafür, dass Abwägungsprozesse sich eben nicht in kognitiv-emotionalen Kosten-Nutzen-Analysen erschöpfen, sondern nicht-algorithmische Elemente hinzutreten, worauf Penrose (1995, siehe dazu Teil III dieser Arbeit) hingewiesen hat. Roth führt also selber Befunde an, die möglicherweise darauf hinweisen, dass der Zusammenhang von Gehirn und mentalen Prozessen sich nicht völlig befriedigend im Rahmen der klassischen Physik verstehen lässt, wobei Roth diesen Beobachtungen zum Trotz behauptet, dass der Determinismus des klassischen physikalischen Weltbildes völlig hinreiche, indem er behauptet, dass das Rauschen kein echter Zufall sei, sondern im Rahmen der Chaostheorie verstanden werden kann.<sup>28</sup>
- Ad c) Obwohl Roth genau wie Singer nicht müde wird, zu betonen, dass das Gehirn ein komplexes, nicht-lineares, sich selbst organisierendes System ist, indem es keine letztendliche Instanz gibt, die alle Erfahrungen bzw. Verarbeitungsaspekte integriert, es also absolut nicht-hierarchisch arbeitet, führt Roth hier eine Hierarchie ein, nämlich das limbische System als „Chef“.
- Ad d) Zu diesem Argumentationsmuster ist erst einmal zu sagen, dass der logische Behaviorismus in seinem Bemühen, Kategorienfehler aufzuzeigen gescheitert ist, da dies Bemühen in einen Regress ad infinitum geführt hat: Intentionen lassen sich nicht auf Verhaltensdispositionen vollständig reduzieren (s.o. Kap. 1.1) Indem Roth die Wichtigkeit von intentionalen Zuschreibungen für die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft betont, zeigt er, dass er die psychosoziale Ebene nicht auf die physiologische reduzieren will. Dabei wird aber deutlich, dass das, was auf der physiologischen Beschreibungsebene eine Rolle spielt, nämlich ob die kausalen Zusammenhänge auch korrekt wiedergegeben sind, auf der psychosozialen Ebene keine Rolle mehr spielt. D.h., dass die psychosoziale Ebene

---

<sup>28</sup> Roth (2003a, 510) zeigt hier sogar mal Zeichen von Unsicherheit bezüglich seiner Annahmen: „**Mit aller Vorsicht** (Hervorhebung von K-H.K.) kann man aber davon ausgehen, dass derartige Vorgänge [sc.: möglicherweise echte stochastische Vorgänge] auf der molekularen und zellulären Ebene des neuronalen Geschehens keinen wesentlichen Einfluss auf die verhaltensrelevanten Zustände des Gehirns haben.“ Damit widerspricht er aber seinen obigen Ausführungen, dass gerade das Rauschen neuronale Grundlage für Kreativität sein könnte.

## Teil I: theoretischer Teil

eine Eigengesetzlichkeit aufweist. Bewusste Intentionalität ist nach Roth, wie auch nach Singer, notwendig, um seine Handlungen vor anderen rechtfertigen zu können, und da sei es unerheblich, dass diese Rechtfertigungen, wie psychologische Untersuchungen gezeigt haben, oft illusionär sind. Das sich in a-d abzeichnende Leib-Seele-Modell G.Roths lässt sich als Graphik so darstellen (M=Mental; N=neurophysiologisch):

$$\begin{array}{ccc} M_1 & \Rightarrow & M_2 \\ \uparrow & & \uparrow \\ N_1 & \Rightarrow & N_2 \end{array}$$

„ $\uparrow$ “ bedeutet: „emergiert“; „ $\Rightarrow$ “ bedeutet: „führt zu“ im Sinne eines echten kausalen Zusammenhangs. Damit ist  $M_2$  aber überdeterminiert, was dem Prinzip des Okcham'schen Rasiermessers (eine Theorie sollte möglichst sparsam sein) widerspricht. Roth (2007, s.o) versucht, genau dieses Gegenargument zu entkräften. Dazu aber unten an gegebener Stelle mehr.

- Ad e) Diese Sichtweise Roths scheint mir korrekt zu sein, entspricht sie doch den Befunden der Psychotherapieforschung (Grawe/Donati /Bernauer 1994; Grawe 1998). D.h. die Hirnforschung hat hier nichts neues zutage gebracht, sondern bestehende Befunde bestätigt.
- Ad f) Es ist sicher richtig, dass sich Persönlichkeitsstrukturen im Grunde im Erwachsenenalter nicht mehr grundlegend ändern lassen. Die von Roth angegebenen 20% sind im meinen Augen viel, wenn er sie, so wie ich ihn verstanden habe, auf Persönlichkeitsstrukturen bezieht. In der Psychotherapie geht es aber in den seltensten Fällen darum, Persönlichkeiten zu ändern, sondern darum, seine Ressourcen zu mobilisieren und Unterstützung beim Erreichen eigener Ziele zu bekommen, bestimmte Neigungen bei sich zu erkennen und damit umgehen zu lernen, und es geht darum, die KlientInnen dabei zu unterstützen, eine für sie passende Umwelt zu finden. So betrachtet, ist das Änderungspotential um ein Vielfaches höher und steht den Wirkungen von Psychopharmaka in nichts nach (s. z.B. Grawe/Donati/Bernauer 1994)
- Ad g) Indem Roth (s.u.) zugibt, dass sich die Funktion und Bedeutung von hirnpfysiologischen Prozessen nur aus dem Aktivitätskontext verstehen lassen, in dem sie gemessen werden, gibt er damit zu, dass physiologische Prozesse in einen psychosozialen Kontext eingebunden sind, der aber nicht das Gleiche wie die physiologischen Prozesse ist, denn wie sollte er dann den Kontext des zu Messenden abgeben. Insofern ist völlig unverständlich, dass Roth daran festhält, ein nicht-reduktionistischer Physikalist zu sein und zugleich leugnet, dass psychosoziale Prozesse über hirnpfysiologische hinausgehen.
- Ad h) Roth geht also davon aus, dass Welt alles das ist, was der Fall ist. Die Quantenphysik (s.o. Kap. 1.2.) hat aber gezeigt, dass die Welt nicht alles ist, was der Fall ist, sondern auch alles, was der Fall sein kann. Die physikalische Welt ist nicht völlig determiniert, es gibt echten Zufall.
- Ad i) Die Argumentation Roths, dass hier ein „Kategorienwechsel“ und kein Kategorienfehler vorliegen soll, fußt auf dem Nachweis, dass M und N immer zusammengehen sollen, dies jedoch setzt perfekte Korrelationen voraus, die auch in hirnpfysiologischen Untersuchungen bisher nicht gefunden wurden. Außerdem wird hier das Argument von Davidson (1965, s.o. Kap 1.1) ignoriert, dass Zusammenhänge auf der psychosozialen Ebene immer probabilistisch sind, Theorien der klassischen Physik hingegen von deterministischen Zusammenhängen ausgehen. Daraus folgert Davidson (s.o. Kap.11.), dass es darum keine exakten psychophysischen Gesetze geben kann, also M und N nicht

## Teil I: theoretischer Teil

immer völlig identisch sein können (im Sinne von perfekter Korrelation). Aber auch wenn wir stehen lassen, dass M und N immer perfekt zusammengehen, was empirisch erst noch gezeigt werden müsste, dann liegt trotzdem nicht nur ein Kategorienwechsel vor, weil die Bedeutung von N sich ja nur aus dem Kontext von M ergibt, d.h. die Verbindung M-N ist nur in ihrem Kontext herstellbar und dieser Kontext ist ein psychosozialer, von dem M ein Teil ist. Und nur wenn man die so generierte Bedeutung aus dem psychosozialen Kontext in N hineinprojiziert und als Teil von N betrachtet, liegt kein Kategorienfehler vor. Dabei steht jedoch infrage, ob diese Projektion statthaft ist, denn das klassisch-physikalische Weltbild operiert nicht mit Bedeutungen, sondern mit Energie und Masse. Erst im Rahmen der Quantenphysik wurde deutlich, dass Information gleichwertig neben Energie und Masse stehen muss, wahrscheinlich sogar die grundlegende Einheit darstellt (s.o. Zeilinger in Kap. 1.2.) Im klassisch-physikalischen Rahmen ist also die Projektion nicht möglich, somit liegt hier doch ein Kategorienfehler vor, weil Roth seine Sichtweise im klassischen Weltbild der Physik verortet. Hirnprozesse können nur dann als bedeutungshafte Prozesse verstanden werden ohne einen Kategorienfehler zu machen, wenn man Information als grundlegende Einheit des Universums anerkennt und damit den Rahmen der klassischen Physik verlässt. Dann ist es möglich, die Kategorien zu wechseln, da nun Information in Energie oder Masse umgewandelt werden kann, genau wie Masse in Energie und vice versa umwandelbar ist (s. dazu Görnitz & Görnitz 2007)

- Ad j) Daraus, dass die Schmerzerwartung mit den entsprechenden Arealen, die mit dem Schmerzhaften am Schmerz einhergehen, allein durch sprachliche Instruktion aktiviert wurde, folgert Roth, dass intentionales Geschehen die Hirnprozesse nicht transzendiert. Interessant ist doch hier aber, dass eine soziale Interaktion zu physiologischen Veränderungen geführt hat, die der Instruktion folgten, was Roth natürlich so erklärt, dass die sprachliche Instruktion vom Gehirn verarbeitet wurde, und zwar bedeutungshafte, und diese Verarbeitung, also ein Hirnprozess, hat dann zu den mit der Schmerzerwartung korrelierten physiologischen Veränderungen geführt. Wenn man die Dinge so auffasst, transzendiert in der Tat hier nichts, aber wie die Ausführungen in ad i) gezeigt haben, darf Roth diesen Schritt der Zuschreibung bedeutungshafter Verarbeitung ans Gehirn nur machen, wenn er sein zugrundeliegendes physikalisches Weltbild verändert, was er explizit ablehnt (s. Roth 2003a, 510)
- Ad k) Roth ordnet Gründen für die Bewegung des Arms bestimmte Verarbeitungsareale im Gehirn zu, während Ursachen für z.B. die Bewegung des Arms in anderen Hirnarealen zu suchen sind. Damit würde die Unterscheidung von Gründen und Ursachen im Gehirn selbst liegen, das Gehirn also wiederum nicht transzendieren. Auch hier gilt derselbe Einwand wie schon in i) und j): Die Verlagerung von Gründen ins Gehirn ist nur möglich, wenn man Gehirn als Organ versteht, welches Bedeutungen konstruiert aus den chemischen und elektrischen Erregungsinputs. Dies setzt aber voraus, dass auf physikalischer Ebene elektrische und chemische Energie in Information (Bedeutung ist ein Spezialfall von Information) umgewandelt werden kann. Dies ist aber im klassischen Weltbild der Physik nicht vorgesehen. Somit sind Gründe der psychosozialen Beschreibungsebene zuzuordnen, Ursachen der physiologischen, insofern man das physikalische Weltbild nicht ändert.
- Ad l) Roth setzt der Gefahr der Überdetermination entgegen, dass bestimmte neuronale Zustände immer mit bestimmten mentalen Zuständen einhergehen würden. Wie schon in ad i) dargelegt, ignoriert er, dass es zwischen mentalen und neuronalen Zuständen keine perfekten Zusammenhänge geben kann, da Zusammenhänge auf der psychosozialen Ebene immer probabilistisch sind im Gegensatz zur klassischen Physik. In empirischen Untersuchungen wurden bisher immer Korrelationen  $<1$  gefunden (s. z.B. die ausführliche Darstellung von

## Teil I: theoretischer Teil

Untersuchungen in Grawe 2004), die Behauptung, dass ein bestimmtes M somit immer mit einem bestimmten N zusammengehe, kann also nicht stimmen, sondern stimmt nur gemittelt über Versuchspersonengruppen. Den Nachweis eines perfekten Zusammenhangs kann man aufgrund des Messfehlers nur führen, wenn man eine Messebene von einer Strukturebene unterscheidet, was meines Wissens bisher noch niemand in der hirnhysiologischen Forschung getan hat.

Ein zweiter Einwand bezieht sich auf das Argument Roths, die Eigengesetzlichkeit mit Emergenz zu erklären. Denn mit dem Begriff Emergenz wird zwar darauf hingewiesen, dass ein komplexes System ab einem bestimmten Organisationsgrad Merkmale aufweist, die sich aus den Elementen des Systems nicht mehr herleiten lassen, aber Emergenz erklärt nicht, wie das geschieht. Nur als reduktionistischer Physikaliker müsste man alle Phänomene der höheren Stufe durch die niedere erklären können, für den nicht-reduktiven Physikalismus würde das nicht zutreffen, so Roth (2007, 182) Roth kann nur dadurch an der Eigengesetzlichkeit des Mentalen und zugleich an der Nichttranszendenz des Mentalen festhalten, indem er erstens die völlige Identität von N und M, im Sinne des immer gemeinsam Auftretens von N und M in N-M, behauptet, und zweitens die Konstruktion von Bedeutungen auf die physiologische Ebene verlagert. Die Frage ist, ob es statthaft ist, dem Gehirn die Bedeutungshaftigkeit zuzusprechen. Dabei ist zu bedenken, dass es richtig ist, dass das Bewusstsein des Menschen sich auf der Basis der immer komplexeren Verschaltung der Nervenetze entwickelt hat, so dass das menschliche Gehirn vor allem „Inputs“ verarbeitet, die vom Gehirn selbst kommen. Fraglich ist aber, ob dies ausreicht, die Entstehung von Bewusstsein zu erklären. Wenn man die Bedingungen der quantenphysikalischen Welt (Nicht-Lokalität, Beobachterabhängigkeit) in Betracht zieht, fällt auf, dass die klassisch physikalische Welt im Gegensatz dazu von Lokalität und Beobachterunabhängigkeit geprägt ist. Dies scheint auch für dissipative Strukturen zu gelten (vgl. Kriz 1999, S.61-63). Die psychosoziale Welt hingegen ist wiederum geprägt durch Beobachterabhängigkeit (der Beobachter hat Einfluss auf das zu beobachtende System<sup>29</sup>) und, für mentale Prozesse, von Nicht-Lokalität, worauf schon Descartes hingewiesen hat. Es scheint also so zu sein, dass die psychosoziale Welt der quantenphysikalischen immer ähnlicher wird, je komplexer sie, die psychosoziale, wird. Dieser Befund spricht dafür, dass Komplexität allein nicht ausreicht, um Bewusstsein zu schaffen, sondern die Komplexität so beschaffen sein muss, dass sie quantenphysikalische Vorgänge im makrophysikalischen Bereich ermöglicht. Es scheint also so zu sein, dass der Informationsaspekt der Materie in der Welt der klassischen Physik zu vernachlässigen ist, obwohl dieser Aspekt die klassische Physik erst ermöglicht hat (s.o. Kap 1.2.). Hingegen wird er in der biologischen Welt mit zunehmendem Komplexitätsgrad immer wichtiger. Dies könnte daran liegen, dass sich Systeme mit zunehmendem Komplexitätsgrad immer mehr vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernen, wodurch die quantenphysikalische Bedingtheit dieses Sachverhalts (s.o. Kap. 1.2. und Schrödinger 2006) immer wichtiger wird. Dies spricht dafür, dass klassisch verstandene Materie als Energie und Masse zwar im Phänomenbereich der klassischen Physik zur Beschreibung der Phänomene ausreicht, jedoch für den biologischen und vor allem menschlichen Bereich der Bewußtseinsphänomene der erweiterte Materiebegriff der Quantenphysik (Energie, Masse, Information) zugrundegelegt werden muss. Vor diesem Hintergrund ist es nicht statthaft, dem Gehirn auf der Basis klassisch verstandener Materie bedeutungsstiftende Verarbeitung zuzusprechen. Da dies nicht statthaft ist, liegt auch Überdeterminiertheit, wie oben in ad d) gezeigt, vor, so dass es nur zwei Möglichkeiten gibt, der Überdeterminiertheit zu entgehen, wenn man an

---

<sup>29</sup> Deswegen wurden standardisierte Testverfahren entwickelt, die Objektivität (Beobachterunabhängigkeit) aber nur zum Preis des Validitätsverlustes herstellen können.

## Teil I: theoretischer Teil

klassisch verstandener Materie festhalten und zugleich zirkuläre Kausalität (s.u. Synergetik) leugnen will, nämlich:

Entweder die Eigengesetzlichkeit zurückzunehmen als erster Alternative:

Alternative 1:

$$M_1 \rightarrow M_2$$
$$\uparrow \quad \uparrow$$
$$N_1 \Rightarrow N_2$$

$M_1$  = Mentaler Zustand zum Zeitpunkt  $t=1$ ;  $M_2$  = Mentaler Zustand zum Zeitpunkt  $t=2$ ;  $N_1$  = Neuronaler Zustand zum Zeitpunkt  $t=1$ ;  $N_2$  = Neuronaler Zustand zum Zeitpunkt  $t=2$ ; „ $\Rightarrow$ “ bedeutet: „bewirkt echt“; „ $\rightarrow$ “ bedeutet: „bewirkt scheinbar“ im Sinne einer Scheinverursachung; „ $\uparrow$ “ bedeutet: „emergiert“

Damit wird jegliche mentale Verursachung von  $M_1$  auf  $M_2$  oder von  $M$  auf  $N$  zu einer Scheinverursachung mit der Folge, dass die Mentale Ebene nichts bewirkt und damit wie im *Epiphänomenalismus* ein reines Begleitphänomen ist, welches dann eigentlich auch fehlen könnte.

Als zweiter Alternative, um der Überdeterminiertheit zu entgehen, könnte man die Emergenz leugnen. Damit wäre echte mentale Verursachung wieder möglich, jedoch um den Preis eines *Parallelismus* mit allen Problemen, die damit zusammenhängen (s.o. Kap. 1.1)

Als **Fazit** kann gezogen werden:

- 1) dass auch die Sichtweise Roths keine befriedigende Lösung des Leib-Seele-Problems darstellt, weil Roth vom klassisch-physikalischen Weltbild ausgeht. Wenn er von einem erweiterten Weltbild ausgehen würde, indem auch echter Zufall und nicht-berechenbare Prozesse ihren Platz haben (s.u. Teil III: Penrose 1995), dann wäre Eigengesetzlichkeit der mentalen Ebene mit mentaler Verursachung im Rahmen der Physik möglich, ohne in einen Dualismus, Parallelismus oder Epiphänomenismus zu verfallen, da dann die Umwandlung von Information (Bedeutung) in Energie und sogar Masse denkbar ist im Rahmen der Naturgesetze.
- 2) Die jüngsten Anführungen von Roth (2007) entsprechen weitgehend der psychophysischen Identitätstheorie Feigl's. Die diesbezüglichen Anmerkungen in Kap.1.1. gelten damit auch für Roth (2007). Insbesondere verwickelt sich auch Roth (2007) in Widersprüche, wenn er einerseits der psychosozialen Ebene Eigengesetzlichkeit zugesteht, und andererseits aber die Freiheit des Willens, die ja auf der psychosozialen Ebene evident ist, leugnet, somit trotz der Eigengesetzlichkeit Rückschlüsse von  $N$  auf  $M$  zieht. Dies zeigt sich insbesondere in seinen Publikationen zur Willensfreiheit und Strafrecht (siehe exemplarisch Roth 2006), in denen er die selben Schlussfolgerungen wie W.Singer zieht (s.o.). Somit dominiert trotz aller gegenläufigen Beteuerungen doch die biologische Ebene über die psychosoziale, so dass von einem Gleichgewicht der Ebenen, so wie es die Identitätsannahme nahe legt, in den Argumenten Roths nicht ausgegangen werden kann.

Alle **physikalistischen Theorien**, sowohl reduktionistische als auch die von den Autoren, die vorgeben, keine Reduktionisten zu sein, gehen also davon aus, dass die neurophysische Ebene die mentale Ebene als emergentes Phänomen verursacht und dass die mentale Ebene nicht auf die neurophysische zurückwirkt, da es keine mentale Ebene als eigenständige Ebene gibt, wobei die Nichtreduktionisten hier in einen Widerspruch geraten, weil sie zugleich eine Eigengesetzlichkeit des Mentalen annehmen, was aber doch heißen muss, dass es die mentale

## Teil I: theoretischer Teil

Ebene doch gibt. Als Graphik lässt sich dies so darstellen mit N=neurophysisch und M=Mental, sowie „↑“= „verursacht als emergentes Phänomen“:

M  
↑  
N

Nicht erforscht ist dabei, ob diese Emergenzverursachung gleichzeitig erfolgt, oder ob Zeitverschiebungen, wie sonst bei kausalen Verursachungen unterstellt, zu dem Prozess gehören. Mit Verweis auf Libet nehmen Physikalisten Zeitverschiebungen an. Ich vermute, dass Zeitverschiebungen, wenn vielleicht sogar nur im Mikrosekundenbereich, eine Rolle spielen, so dass man den postulierten Zusammenhang auch horizontal darstellen kann mit der Annahme, dass die Zeit von links nach rechts fortschreitet:

$N \rightarrow M$

Deutlich wird also, dass Physikalisten den Zusammenhang von N und M lineal<sup>30</sup> konzeptualisieren, während die Zusammenhänge auf der Ebene von N allein als komplex, sich selbstorganisierend und dynamisch-nicht-lineal mit vielfältigen Rückkopplungsschleifen betrachtet werden, wobei die Dynamik nicht mehr vollständig adäquat mittels linearer Algebra beschreibbar ist, sondern stattdessen durch Systeme nicht-linearer Gleichungen adäquater beschrieben werden kann.

### 2.3.1. Die Perspektive B.Libets

Benjamin Libet (geb. 1916) lehrte und forschte u.a. in Chicago, Canberra (zusammen mit Sir John Eccles) und Philadelphia. Aktuell arbeitet er als emirierter Professor für Physiologie in San Francisco an der Universität Kalifornien und am Zentrum für Neurowissenschaften in Davis, Kalifornien. Im Vorwort zu Libets Buch *Mind Time* (2005) resümiert Stephen M. Kosslyn:

„Benjamin Libet hat eine beneidenswerte Liste von Erfolgen bei der Produktion empirischer Befunde über die Beziehung zwischen Ereignissen im Nervensystem und dem Bewusstsein vorzuweisen. Diese Befunde sind nicht einfach nur zuverlässig – sie sind auch überraschend. Seine Entdeckungen waren zunächst kontrovers, haben aber der Prüfung der Zeit standgehalten.“ (Kosslyn 2005, S.9)

Im Buch *Mind Time*, dass den Ausführungen zu Libet in der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, versammelt Libet seine Beiträge an einem Ort und stellt sie in einen eigenen interpretativen Kontext. Die Arbeiten von Libet konzentrieren sich auf die zeitlichen Beziehungen zwischen neuronalen Prozessen und bewusster Erfahrung. Dabei betont er immer wieder, dass diese Zusammenhänge empirisch zu untersuchen sind statt spekulativ, wobei empirisch für Libet bedeutet, dass falsifizierbare Theorien entwickelt und dann empirischen Falsifikationsversuchen ausgesetzt werden (Libet, aaO., S. 23 mit explizitem Bezug auf Popper).

---

<sup>30</sup> Schiepek (1986,33): „Eine lineale Epistemologie jedoch, welche von unidirektionalen Ursache-Wirkungsfolgen ausgeht, muss für systemisches Denken als inadäquat gelten. Schiepek zitiert dann Bateson: „Das Adjektiv [...] ‚lineal‘ beschreibt eine Relation zwischen einer Reihe von Ursachen oder Argumenten, bei der die Sequenz nicht zum Ausgangspunkt zurückführt“, während „[...] ‚linear‘ ein terminus technicus aus der Mathematik [sc.: ist], der eine Beziehung zwischen Variablen dergestalt beschreibt, dass sich eine gerade Linie ergeben wird, wenn sie auf rechthöckigen cartesischen Koordinaten zusammen eingetragen werden“ (Bateson 1982, zit. nach Schiepek 1986, 33). Schiepek (1986, 34) führt dann aus, dass systemisches, vernetztes Denken anstelle einer linealen eine zirkuläre Epistemologie erfordert: zwischen den Elementen eines Systems bestehen multidirektionale, rückgekoppelte Zusammenhänge. Die Elemente stehen also in einem „rekursiven Verhältnis“ zueinander. (Merke: Die Terminologie ist in LISREL genau umgekehrt: Wechselwirkungen werden hier als nicht-rekursiv bezeichnet.)

## Teil I: theoretischer Teil

Identitätstheorien sieht Libet als nicht empirisch überprüfbar an, da die Substanz, auf den sich die zwei Sprachperspektiven beziehen sollen, empirisch nicht auffindbar sei (aaO., S. 201, S. 228):

„Nach der Identitätstheorie werden die geistigen und physischen Phänomene als zwei Aspekte eines einheitlichen Substrats betrachtet; es handelt sich um eine ‚Doppelaspekttheorie‘. [...] Diese Theorie scheint nicht prüfbar zu sein, weil es keine Möglichkeit gibt, das einheitliche Substrat direkt zu erfassen, welches angeblich diesen Doppelaspekt aufweist.“ (Libet, aaO., S.228)<sup>31</sup>

Bevor ich zur Darstellung der Theorie des BMF, des bewussten mentalen Feldes, komme, steht nun an, den experimentellen Ansatz Libets zu würdigen. Libet verfolgte in allen seinen Untersuchungen zum Bewusstsein die grundlegende Frage, wie die Aktivitäten von Nervenzellen im Gehirn mit bewusstem, subjektivem Erleben und mit unbewussten geistigen Funktionen verbunden sind (s. aaO, S.55). Diese grundlegende Frage mündete bei Libet in zwei Forschungsstränge, zum einen wie bewusste und unbewusste Erfahrungen von Sinneswahrnehmungen, zum anderen wie das bewusste Erleben des freien Willens mit hirnelektrischen Prozessen zusammen hängt.

### 1) Hirnelektrische Prozesse und bewusste und unbewusste Sinneswahrnehmungen

Durch die Zusammenarbeit mit dem Neurochirurgen B.Feinstein war es Libet möglich, elektrische Reizungen von Hirnarealen vorzunehmen und diese mit den subjektiven Berichten der Patienten in Verbindung zu bringen: bei den Patienten mussten Operationen am Gehirn aus medizinischen Gründen vorgenommen werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, psychophysiologische Untersuchungen in diesem Rahmen durchzuführen, da die Patienten bei solchen Operationen bei vollem Bewusstsein sind, denn im Gehirn existieren keine Schmerzrezeptoren, so dass die OP schmerzfrei vonstatten gehen kann ohne Vollnarkose.<sup>32</sup> Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass die Reizung von Arealen des sensorischen und somatosensorischen Cortex zu Empfindungen im zugehörigen Projektionsareal führte und nicht zu Empfindungen im Cortexareal (aaO., S.59), was bedeutet, dass „die Empfindung subjektiv auf eine bestimmte Körperstruktur ‚bezogen‘ wird, die normalerweise ihren sensorischen Input zu der gereizten Stelle des Kortex sendet“ (ebd.). Im Anschluss daran führten Libet und Feinstein eine Art psychophysische Untersuchungen am offenen Gehirn durch mit der Frage: „welche Arten von Neuronenaktivierungen in diesem sensorischen Kortex sind entscheidend für die Erzeugung einer Empfindung, die gerade über der Bewusstseinsschwelle liegt, d.h., für die schwächste Empfindung, über die man berichten kann?“ (ebd.) Die Untersuchung am offenen Gehirn mit direkter elektrischer Reizung des Cortexgebietes oder der thalamischen Bahn zu dem betreffenden Cortexgebiet lässt sich dann in Beziehung bringen zur Untersuchung der elektrischen und psychischen Effekte der Reizung der peripheren Sinnesorgane, z.B. der elektrischen Reizung der Haut. Dabei zeigte sich, dass die elektrische Reizung am Gehirn, die aus kurzen Stromstößen von 0,1 bis 0,5ms Dauer bestand, mindestens 0,5 Sekunden lang andauern musste, um mit einer bewussten Empfindung im zugehörigen peripheren Areal einherzugehen (aaO, S.64), wobei sich die Stärke der Reizimpulse als irrelevant für die bewusste Erfahrung herausstellte:

„[...] eine bestimmte Dauer wiederholter [sc.: hirnelektrischer] Impulse ist notwendig, um eine bewusste Empfindung zu erzeugen; ein einzelner Impuls ist im Hinblick auf dieses Ergebnis völlig ineffektiv, und zwar gleichgültig, wie stark er ist [...]“ (Libet, aaO., S.68)

Die elektrische Reizung der Haut hingegen führt schon bei viel kürzeren Reizimpulsen auf die Haut zur bewussten Sinneserfahrung. So ist es z.B. kein

---

<sup>31</sup> Im empirischen Teil dieser Arbeit wird deutlich werden, dass Libet sich hier irrt. Mit LISREL ist die Identitätstheorie empirisch prüfbar. Dazu muss das gemeinsame Substrat nicht direkt empirisch fassbar sein, sondern kann als latenter Faktor aufgefasst werden.

<sup>32</sup> Libet führte also ähnlich strukturierte Untersuchungen am offenen Gehirn wie W.Penfield (Penfield & Boldrey 1937), dem Entdecker des somatosensorischen Humunculus, durch.



## Teil I: theoretischer Teil

Problem, einen einzelnen nur 100ms andauernden Reizimpuls bewusst wahrzunehmen, wenn die Stärke des Reizes über der Wahrnehmungsschwelle liegt. Während also bei der direkten Reizung des Cortexareals die Dauer entscheidend ist, ist bei der peripheren Reizung nicht die Dauer, sondern die Reizstärke die entscheidende Größe. Wie kann das möglich sein? Hier hilft ein Blick auf die elektrophysikalische Reaktion des Nervensystems auf einen peripheren Reiz ausreichender Stärke weiter: Periphere Reizung erzeugt zuallererst im primären Cortexareal, auf das das gereizte Hautareal projiziert, das sogenannte primäre evozierte Potential (primäres EP). Das primäre EP setzt dabei nur einige Vielfache von 10 ms nach der Hautreizung ein; dabei braucht es bei einem kürzeren Weg, etwa dem von der Hand, 14-20ms, bei dem längeren Weg vom Fuß braucht es ca. 40-50ms. Dabei entspricht die Stärke (Amplitude) des primären EP der Stärke des Inputs von der Haut.

„Ein auffälliges Merkmal des primären EP besteht darin, dass es weder notwendig noch hinreichend für die Auslösung einer bewussten Empfindung ist. Wir fanden, dass es nicht notwendig war, weil wir eine bewusste Empfindung mit einem schwachen Reiz auf der Oberfläche des sensorischen Kortex auslösen konnten. Dieser kortikale Reiz erzeugt keine evozierte elektrische Reaktion die äquivalent zum primären EP wäre; letzteres wird nur von einem Input erzeugt, der zum Kortex von unten her über die sensorische Bahn kommt.“ (Libet, aaO., S.73)

Jedoch löst ein einzelner Reiz in jedem Teil der sensorischen Bahn, die von der Haut kommt, ein primäres EP aus. Dabei gelten jedoch die Bedingungen wie bei der direkten Reizung von sensorischen Arealen im Cortex: die Reizung führt nur dann zur bewussten Erfahrung, wenn sie mindestens 0,5 s andauert, unabhängig von der Reizstärke (ebd. S.74). Das primäre EP an sich ist damit auch nicht hinreichend für bewusste Erfahrung, sondern, wie sich bei der weiteren Erforschung der elektrophysikalischen Reaktion des Nervensystems auf periphere Reizung hin herausstellte, löst der einzelne periphere Impuls auf die Haut zusätzlich zum primären EP im primären sensorischen Cortex spätere kortikale Komponenten der elektrischen Reaktion des Cortex aus. Und wenn diese späteren Komponenten mindestens ca. 0,5s andauern, geht dies mit einer bewussten Sinneswahrnehmung einher. Wenn die Stärke des peripheren, physikalischen Reizes auf die Haut unter die Wahrnehmungsschwelle abgesenkt wird, wird weiterhin ein der Stärke proportionales primäres EP ausgelöst, jedoch fehlen die späteren Komponenten gänzlich. D.h., dass ein einzelner peripherer Reiz eine längerandauernde Periode elektrischer Aktivität im Cortex auslösen muss, bevor die bewusste Empfindung auftreten kann.

„Daraus folgt, dass die *späteren* Reaktionen der Hirnrinde, die nach einem *einzelnen Impuls auf die Haut* erzeugt werden, notwendig für die Erzeugung einer bewussten Empfindung zu sein scheinen. Diese späteren Reaktionen dauern länger als 0,5 s an – lange genug, um die Zeitdauer von Aktivierungen bereitzustellen, die für die postulierte Verzögerung des Bewusstseins benötigt werden, und das gilt selbst für einen normalen sensorischen Reiz auf die Haut.“ (Libet, aaO., S.74)

Wenn das bewusste Erleben, wie sich herausgestellt hat, der Reizung um 0,5 Sekunden hinterher hängt, wie kann dann das Erleben der Gleichzeitigkeit von Sinneserfahrung und Reiz erklärt werden? Die Vermutung, dass hier ein unbewusster Rückdatierungsprozess stattfindet, liegt nahe. Libet konnte in mehreren Experimenten aufzeigen, dass die Datenlage für einen solchen Rückdatierungsprozess spricht; exemplarisch soll hier eines der Experimente dargestellt werden (Libet aaO., S.102-104):

Den Versuchspersonen wurden Reize des sensorischen Cortex mit 500ms andauernder Reizung und Reize auf die Haut verabreicht. Dabei wurde die Abfolge der kortikalen und peripheren Reizung variiert. Wenn die Hypothese des Rückdatierungsprozesses zutrifft, dann sollten die Versuchspersonen die Haut- und kortikale Reizung erst dann als gleichzeitig wahrnehmen, wenn die Hautreizung am Ende der kortikalen Reizung, also nach 500ms, verabreicht wird. Wird die Hautreizung eher verabreicht, dann sollt die Hautreizung als früher

## Teil I: theoretischer Teil

auf tretend empfunden werden, obwohl sie später als die kortikale Reizung einsetzte. Genau diese Sachverhalte sind eingetroffen.

Um die Hypothese zu prüfen, dass das primäre EP grundlegend ist für die Rückdatierung in dem Sinne, dass die Rückdatierung auf den Beginn des primären EP's stattfindet, reizte Libet statt des somatosensorischen Cortex in einem weiteren Experiment einen Teil der aufsteigenden sensorischen Bahn (Lemniscus medialis) neben der Reizung der Haut. Denn im Unterschied zur kortikalen Reizung, bei der kein primäres EP generiert wird, geht die Reizung der sensorischen Bahn mit einem primären EP einher. Dabei konnte Libet zeigen, dass nun die Empfindungen als gleichzeitig wahrgenommen wurden, wenn die Hautreizung zu Beginn der 500ms andauernden Reizung der sensorischen Bahn stattfand, was eindeutig für die Hypothese spricht, dass das EP der Zeitpunkt ist, auf den die Rückdatierung vorgenommen wird (aaO., S.106f.)

Nachdem Libet den Einwand, dass Bewusstsein auf Gedächtnisprozessen beruhen würde, plausibel entkräftet hat (aaO., S.87-95)<sup>33</sup>, formuliert er auf der Basis der empirischen Befunde folgende für das Leib-Seele-Problem wichtige Folgerung:

„Die primäre EP-Reaktion allein scheint das Signal zu sein, auf das das subjektive Bewusstsein des Zeitpunkts und der räumlichen Lokalisierung bezogen wird. Es wird also schwierig, einen zusätzlichen neuronalen Prozess zu beschreiben, der diesen Rückbezug einer verzögerten sensorischen Erfahrung auf die primäre EP-Reaktion vermitteln könnte, obwohl ein solcher Mechanismus nicht unmöglich ist. Wenn die primäre EP-Reaktion selbst für die Datierung verantwortlich ist, ohne dass es andere unbekanntene neuronale Aktivitäten gibt, dann scheinen die subjektiven Deutungen eine rein mentale Funktion zu sein, ohne entsprechende neuronale Basis im Gehirn.“ (Libet, aaO., S.117f.)

Libet versteht seine Sicht dabei nicht als substanzdualistische, sondern als emergenztheoretische: psychische Prozesse sind emergente Phänomene zugrundeliegender Hirnprozesse (aaO., S.118). Allerdings nimmt Libet, wie an obigen Aussagen von Libet deutlich wird, an, dass die emergente psychische Ebene auf die physiologische Ebene zurückwirken kann. Er scheint also von einer Form von Wechselwirkung oder zirkulärer Kausalität auszugehen. Explizit stellt Libet die Identitätstheorie infrage, der der Befund widerspricht, dass es, so wie es aussieht, für zumindest den subjektiven Prozess der Rückdatierung kein physiologisches Substrat gibt (aaO., S.119). Libets Sicht ist also nur insofern physikalistisch, als er davon ausgeht, dass ohne das Gehirn nichts ist, bzw. weiterführende Annahmen wissenschaftlich nicht prüfbar sind, denn im Unterschied zu anderen Physikalisten geht er von der Möglichkeit der Abwärtskausalität des aus Hirnprozessen emergierenden Geistigen auf das Physische aus.

Die experimentellen Befunde führten darüber hinaus zur Formulierung der von Libet sogenannten **Time-on-Theorie des Bewusstseins**, die aus folgenden empirisch prüfbaren Postulaten besteht:

- Auch unbewusste Prozesse sind geistige Prozesse, nämlich dann, wenn die unbewussten Prozesse Repräsentanten von Erfahrungen sind. (aaO., S.132f.); Prozesse wie die Regelung des Herzschlags oder der Körpertemperatur sind unbewusste physiologische Prozesse im Unterschied zu den unbewussten geistigen Prozessen (aaO., S.124). Unbewusste physiologische Prozesse können nicht ins Bewusstsein gelangen, wobei auch manche unbewussten geistigen Funktionen nicht bewusst werden können wie z.B. die zeitliche Rückdatierung sensorischer Repräsentationen.

---

<sup>33</sup> U.a. führt Libet den Befund an, dass eine Person mit beidseitigem Verlust des Hippocampus zwar keine neuen Inhalte ins Langzeitgedächtnis überführen kann, jedoch die Fähigkeit zum Bewusstsein der unmittelbaren Gegenwart und des Bewusstseins von sich selbst beibehält (aaO., S.89)

## Teil I: theoretischer Teil

- Während bewusste Prozesse auf hirnpfysiologischer Aktivität von mindestens ca. 500ms beruhen, erfordern unbewusste geistige Funktionen viel weniger Zeit (ca. 100ms; siehe dazu Birbaumer/Schmidt 1996, S.502).
- „Um ein bewusstes sensorisches Erlebnis zu erzeugen [...], müssen geeignete Gehirnaktivitäten während einer Mindestzeit von 500ms andauern [...] Die anhaltende Zeit oder Dauer der Aktivitäten ist also ungefähr 0,5 s. Diese Eigenschaft haben wir schon experimentell nachgewiesen.“ (Libet aaO., S.134)
- Kürzer als ca. 500 msec andauernde Gehirnaktivität ist notwendig für unbewusste geistige Funktionen. „Eine unbewusste geistige Funktion könnte dann in eine bewusste einfach dadurch transformiert werden, dass die Dauer (time-on) der geeigneten Gehirnaktivität erhöht wird.“ (ebd.)
- „Es gibt gute Gründe für die Annahme, das das Richten der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes sensorisches Signal ein wirksamer Faktor dafür ist, die sensorische Reaktion zu einer bewussten zu machen.“ (Libet, aaO., s.135)

Libet und seine Mitarbeiter führten folgendes Experiment zur Prüfung der Time-on-Theorie durch (Libet. AaO.,, S. 136ff.):

Die Versuchsperson hatte zwei Knöpfe L1 und L2 vor sich. Bei jedem Versuch leuchtete L1 eine Sekunde lang; danach leuchtete L2 eine Sekunde lang. Während L1 oder L2 leuchteten, wurde in zufälliger Variation (bezüglich L1 und L2) der sensorische Thalamus elektrisch gereizt, wobei die Dauer der Reizung in unsystematischer Ordnung von 0ms (=kein Reiz) bis 750ms variiert wurde. Nachdem L2 zu leuchten aufgehört hatte, sollte die Versuchsperson angeben, ob der Reiz während L1 oder L2 verabreicht worden war, indem sie den L1- oder L2-Knopf drücken sollte. Dabei wurde die Versuchsperson instruiert, auch dann einen Knopf zu drücken, wenn sie nichts gespürt hatte.

Darüber hinaus zeigte die Versuchsperson das Niveau der Bewusstheit des Reizes an, indem sie drei zusätzliche Knöpfe #1, #2 und #3 zur Auswahl hatte mit:

#1= die Versuchsperson spürte den Reiz, wenn auch vielleicht nur schwach;

#2= die Versuchsperson hatte ‚ein ungewisses Gefühl des Reizes, oder vielleicht von etwas anderem‘;

#3= Die Versuchsperson spürte nichts und riet bei der Wahl des Knopfes L1 oder L2.

Da es nur zwei Bedingungen L1 und L2 gab, ist die Zufalls-trefferwahrscheinlichkeit unter der Bedingung 0 Impuls 50%. Das Experiment führte zu folgenden Ergebnissen:

- Unter der Bedingung 0 Impuls, die zur Folge hatte, dass die Versuchspersonen nicht anders konnten als zu raten, lag die ermittelte Trefferwahrscheinlichkeit tatsächlich bei ca. 50%.
- Bei allen Versuchen mit Reizung aber ohne bewusste Empfindung lagen die richtigen Antworten signifikant über 50%. D.h., dass dies Experiment die Befunde zur Existenz unterschwelliger Wahrnehmung bestätigt (vgl. Zimbardo 1995, S.167; Libet aaO., S.154). „Das galt sogar für kurze Reizfolgen von 15-150ms“ (aaO., S.137) Bei länger dauernden Reizfolgen von 150-260ms und damit einer immer noch subjektiv ratenden Versuchsperson lagen die Versuchspersonen in 75% der Fälle richtig. „Die Versuchspersonen detektierten also häufig den Reiz und gaben die richtige Antwort *ohne ein Bewusstsein* irgendeiner Wirkung des Reizes.“ (ebd.) Das Phänomen der unterschweligen Wahrnehmung zeigt, dass man von der Existenz unbewusster geistiger Prozesse ausgehen muss.

## Teil I: theoretischer Teil

- Die zwei Gruppen A (= richtige Reaktion durch Raten und kein Bewusstsein) und B (= richtige Reaktion und minimale Anzeichen von *ungewissem Bewusstsein*) unterschieden sich einzig und allein in der applizierten Reizdauer, welche in Gruppe B im Durchschnitt um 400ms verlängert war:

„Mit anderen Worten, die bloße Hinzufügung von Bewusstsein zu einer korrekten Detektion erforderte einen Zuwachs der Reizdauer von fast 400ms für die wiederholte Folge von Reizen. Dies Ergebnis war genau so, wie es die Time-on-Theorie vorhergesagt hat. Die Resultate zeigen, dass Bewusstsein ein *Phänomen ist, das unabhängig vom Inhalt ist*. Beim selben Inhalt (richtiger Bericht über die Gegenwart eines Reizes) war eine Zunahme von 400ms der Reizdauer nötig, um der Reaktion ein minimales Bewusstsein hinzuzufügen. Diese einzigartige Bedingung für Bewusstsein *an sich* macht es zu einer Funktion, die sich von anderen Hirnfunktionen unterscheidet.“ (Libet aaO., S.138)

Nach Libet (aaO., S.141) legt die Time-on-Theorie nahe, dass alle bewussten Ereignisse unbewusst beginnen, bevor überhaupt ein Bewusstsein des Ereignisses erscheinen kann. So werden auch das Sprechen und Schreiben unbewusst eingeleitet, denn „wenn man versucht, sich jedes Wortes bewusst zu werden, bevor man es ausspricht, wird der Redefluss langsam und zögerlich“ (ebd., S.142). Dasselbe gelte für das Spielen von Musikinstrumenten und für schnelle motorische Reaktionen wie bei Reaktionstests und im Sport:

„Schnelle Reaktionen auf Signale können quantitativ in Reaktionszeit-Untersuchungen gemessen werden. In einer Reaktionszeit-Untersuchung finden die tatsächlichen Reaktionen vermutlich unbewusst statt, wobei das Bewusstsein des Signals der Handlung folgt.“ (Libet aaO., S.146)<sup>34</sup>

Darüber hinaus legt nach Libet die Time-on-Theorie nahe, dass das Erscheinen einer bewussten Erfahrung Alles-oder-Nichts-Charakter hat:

„Es gibt also kein berichtbares Bewusstsein eines Ereignisses, wenn die entsprechenden neuronalen Aktivitäten nur 90% der 500ms andauern, die für ein wirkliches Schwellenbewusstsein notwendig sind. Die Time-on-Experimente haben gezeigt, dass das Schwellenbewusstsein ziemlich plötzlich auftaucht, wenn die Aktivitäten die ganzen 500ms andauern.“ (Libet, aaO., S.147)

## 2) Hirnphysiologische Prozesse und das bewusste Erleben des freien Willens bei Jetzt-Handlungen

Aus den bisherigen Befunden zur Time-on-Theorie stellten Libet und seine Mitarbeiter die Hypothese auf, dass auch Willenshandlungen durch unbewusste Prozesse eingeleitet werden könnten, die auf der elektrokortikalen Ebene mindestens ca. 500ms andauern müssen, um schließlich zur bewussten Erfahrung des freien Willens führen zu können:

„Wenn das innerlich erzeugte Bewusstsein des Willens oder der Handlungsabsicht ebenfalls durch eine notwendige Zeit von Aktivitäten verzögert wird, die etwa 500ms andauern, dann scheint es möglich zu sein, dass die Gehirnaktivitäten, die einen Willensakt einleiten, weit vor der adäquaten Entwicklung des bewussten Willens beginnen.“ (Libet, aaO., S. 159)

Bei der experimentellen Untersuchung dieser Frage machte sich Libet eine Entdeckung von Kornhuber und Deecke (s. dazu Deecke 2007, 48ff.) aus dem Jahr 1964 zunutze, die das von ihnen sogenannte Bereitschaftspotential, eine negative Gleichspannungsverschiebung vor Willkürbewegungen, über dem Vertex (Cz) als auch lateral über dem motorischen Cortex (an C3 und C4) messbar, entdeckten. Dabei ließen sie die Versuchsperson in einem 6-Sekunden-Zeitfenster entscheiden, wann sie eine Zeigefingerbeugung vornehmen wollten und ermittelten daraufhin den Beginn der zugehörigen elektrischen Aktivität, die der Bewegung vorausging, in einer

---

<sup>34</sup> Dabei ist in Erweiterung der Ausführungen Libets damit zu rechnen, dass das der Reaktion folgende Bewusstsein des Reizes und der Reaktion selbst wiederum Einfluss auf die nachfolgende hirnelektrische Lage nehmen kann, so wie es schon für die subjektiven Rückdatierungsprozesse (s.o.) naheliegender ist und wie es Libet für die Vetofunktion des freien Willens empirisch gezeigt hat (s.u.)

## Teil I: theoretischer Teil

Rückwärtsanalyse, bei der die elektrischen Potentialverläufe von 40 Versuchsdurchgängen jeweils einer Versuchsperson von dem Beginn der motorischen Bewegung an rückwärts einer statistischen arithmetischen Mittelung unterzogen wurden. Dabei zeigte sich, dass durch den Mittelungsprozess EEG-Rauschen herausgefiltert wird und so die eigentliche elektrische Aktivität, die die Willkürbewegung vorbereitet, sichtbar werden kann. Libet erweiterte diese Versuchsanordnung, um die Zeit der bewussten Erfahrung des Willens von dem Beginn des BP's unabhängig erfassen zu können. Die Frage der Messbarkeit der bewussten Willenserfahrung ist deswegen diffizil, weil eine verbale oder motorische Reaktion der Versuchsperson mit elektrischer Aktivität einhergehen würde, die das infrage stehende BP überlagern würde. Libet kam dann nebenbei, wie so oft bei kreativen Ideen, in einem ganz anderen Zusammenhang (aaO., S. 162) auf die Idee, dass die Versuchspersonen sich den Zeitpunkt der Bewusstheit des Bewegungsimpulses ja merken und nach dem Versuchsdurchgang darüber berichten könnten. Zu diesem Zweck entwarf Libet eine Uhr auf einem Bildschirm, indem er ein Kathodenstrahloszilloskop so arrangierte, dass der von ihm erzeugte Lichtfleck am Rand des Bildschirms einen Kreis beschrieb. Dabei war der äußere Rand des Bildschirms durch eine kreisförmige Anordnung von 60 Sekunden wie bei einer gewöhnlichen Uhr markiert. Dabei ging der Lichtfleck jedoch nicht innerhalb von 60 Sekunden einmal im Kreis herum, sondern schaffte eine Umrundung innerhalb von 2,56 Sekunden, so dass jede markierte Sekunde auf der simulierten Uhr ca. 43 ms der Bewegung des Lichtflecks entsprachen. Dadurch wurde es möglich, Zeitunterschiede im Millisekundenbereich aufzudecken.

Zur Prüfung der Exaktheit der von den Versuchspersonen angegebenen Zeiten des bewussten Erlebens führte Libet eine zusätzliche Reihe von 40 Versuchen durch, „bei denen ein schwacher Hautreiz auf die Hand verabreicht wurde. Die Versuchspersonen wurden gebeten, *keine* Willenshandlung zu vollziehen, sondern sich vielmehr die Uhrzeit der Hautempfindung zu merken, die nach jedem Versuch berichtet werden sollte [...]“ (Libet aaO., S.164) Auf diese Weise ist es möglich, den Zeitpunkt der Darbietung des Hautreizes mit dem subjektiven Zeitpunkt des bewussten Erlebens zu vergleichen, wobei beide aufgrund der subjektiven Rückdatierungsprozesse weitgehend identisch sein sollten. Dabei zeigte sich, dass die subjektiven Zeiten nahe bei den wirklichen Reizzeiten, dabei jedoch etwa 50ms früher als die Zeitpunkte der tatsächlich verabreichten Hautreizung lagen. Da dieser Unterschied nahezu konsistent auftrat, konnte er als Konstante von den im Hauptexperiment (s.u.) ermittelten Zeiten für das bewusste Willenserlebnis von durchschnittlich -200ms (=200ms vor der Bewegungsausführung) subtrahiert werden.

Das Hauptexperiment (9 Versuchspersonen nahmen teil) hatte den folgenden Aufbau: Während die Versuchsperson 2,3 m vom Oszilloskop entfernt saß und in jedem Durchgang die Mitte des Bildschirms mit ihrem Blick fixierte, wurde ein Gleichspannungs-EEG an Cz abgeleitet (Libet aaO., S. 162f. und S.173). Die Versuchsperson „wurde gebeten, nicht im Voraus zu planen, wann sie handeln würde; sie sollte vielmehr die Handlung ‚von sich aus‘ erscheinen lassen.“ (ebd., S.163) Darüber hinaus wurde sie gebeten, den Zeitpunkt ihres „ersten Bewusstseins“ ihrer Bewegungsabsicht mit dem Lichtfleck auf der Uhr zu verknüpfen, so dass sie dann nach Durchführung des Versuchsdurchganges über den Zeitpunkt berichten konnte. Auf diese Weise konnten die berichteten W-Zeiten (W=bewusstes Wollen) der vierzig Versuchsdurchgänge mit der Zeit des Einsetzens des über dieselben 40 Durchgänge gemittelten BP's verglichen werden. Bei den Versuchen stellte sich heraus, dass die W-Zeiten über jede Gruppe von vierzig Versuchen nur eine Standardabweichung von etwa 20ms aufwiesen, so dass von einer hinreichenden Genauigkeit ausgegangen werden kann. Die Art der motorischen Reaktion, nämlich die Beugung des rechten (dominanten Handgelenks) wurde vom Experimentator vorgeschrieben, hingegen die Wahl des Zeitpunktes „war völlig frei“ (aaO., S.167), was den Versuchsaufbau von

## Teil I: theoretischer Teil

Kornhubers und Deeckes unterscheidet, die ein Sechsekundenintervall für die Entscheidung vorgegeben hatten (s.o.). Der Zeitpunkt der motorischen Reaktion wurde über eine EMG-Messung am rechten Handgelenk bestimmt.

*Ergebnis des Hauptexperimentes:* wenn die Versuchsperson entgegen der Instruktion den Zeitpunkt der Handlung auf der Lichtfleck-Uhr vorausgeplant hatte, dann begann das Bereitschaftspotential (BP) bei ca. 1000 ms vor der motorischen Reaktion, in den Versuchen ohne Vorausplanung begann das BP ca. 500ms vor der motorischen Reaktion, der Zeitpunkt für den bewussten Bewegungswunsch wurde bei 200 ms (um die 50ms Fehleinschätzung korrigiert also bei 150ms) vor der motorischen Reaktion angegeben.

„Welche Antwort erhielten wir also auf unsere ursprüngliche Frage bezüglich der relativen Zeiten für den Beginn der Gehirnaktivität (BP) gegenüber dem bewussten Handlungswillen? Die eindeutige Antwort war: Das Gehirn leitet *zuerst* den Willensprozess ein. Die Versuchsperson wird sich später des Drangs oder Wunsches (W) zu handeln bewusst, und zwar ungefähr 350 bis 400 ms *nach* dem Beginn des gemessenen BP, das von Gehirn erzeugt wird. Das galt für jede der vierzig Versuchsreihen bei jeder der neun Versuchspersonen.“ (Libet, aaO., S.173)

Libet vermutet, dass der wirkliche Abstand zwischen dem BP ohne Vorausplanung und dem W größer als 350 ms ist:

„Man sollte beachten, dass der wirkliche Einleitungsprozess im Gehirn wahrscheinlich vor unserem gemessenen Bereitschaftspotential beginnt, und zwar in einem unbekanntem Areal, das dann das supplementäre motorische Areal in der Hirnrinde aktiviert. Das supplementäre motorische Areal liegt auf der Mittellinie in der Nähe des Scheitels und gilt als Quelle unseres gemessenen BP's.“ (aaO., S.168)

Da nach Libets Befunden der Willensprozess unbewusst eingeleitet wird, ergibt sich die Frage, ob es irgendeine Rolle für den bewussten Willen als Vollzug einer Willenshandlung gibt. Anders als Roth (s.o.) und Singer (s.o.) zieht Libet nicht einfach den (Kurz)schluss, dass die unbewusste Einleitung des Willensprozesses die Illusion des freien Willens beinhaltet, sondern fragt sich nach der Rolle die der bewusste freie Wille haben könnte, wenn er bewusst geworden ist.. Dabei stellt Libet die Hypothese auf, dass der bewusste freie Wille keine Illusion ist, sondern eine Veto-Funktion haben könnte, der er gerecht werden kann, da er ca. 150ms vor der motorischen Handlung erscheint, was ausreichen müsste, um die Handlung stoppen zu können. Um diese Frage zu klären, führten Libet und Mitarbeiter ein Experiment durch, in dem die Versuchspersonen gebeten wurden, sich zu einer bestimmten Uhrzeit, z.B. der 10-Sek.-Markierung, auf eine Handlung vorzubereiten und diese jedoch dann zu unterdrücken, wenn die Uhr den Zeitpunkt 100-200ms vor der 10-Sekunden-Markierung erreichte<sup>35</sup>. Dabei entwickelten die Versuchspersonen ein ausgeprägtes BP 1-2 Sek. vor dem Veto in „Übereinstimmung mit dem Bericht der Versuchsperson, dass sie eine Handlungserwartung spürte“ (Libet, aaO. S. 178).

„Dieses BP wurde jedoch bei 100 –200 ms vor der festgesetzten Zeit flach, da die Versuchsperson die Handlung unterdrückte und keine Reaktion des Muskels auftrat. [...] Damit wurde zumindest gezeigt, dass eine Person eine erwartete Handlung innerhalb von 100-200ms vor der für die Handlung festgesetzten Zeit unterdrücken kann.“ (Libet ebd.)

Für Libet steht „die Existenz der Veto-Möglichkeit außer Zweifel“ (aaO., S.181) und deshalb ist es gerechtfertigt, vom freien Willen zu sprechen:

„Der freie Wille *initiiert* also keinen Willensprozess; er kann jedoch das Resultat steuern, indem er den Willensprozess aktiv unterdrückt und die Handlung selbst abbricht, oder indem er die Handlung ermöglicht (oder auslöst)“ (aaO., S.183)

Die Untersuchungen zum Willensprozess von Libet haben eine **Vielzahl von Nachuntersuchungen** stimuliert, von denen nur die wichtigsten hier Erwähnung finden können:

---

<sup>35</sup> Diese Abwandlung des ursprünglichen Versuchsaufbaus ist bei dieser Fragestellung notwendig gewesen, da die motorische Reaktion ja ausbleibt und es deswegen kein EMG-Signal für die Rückwärtsanalyse geben kann.

## Teil I: theoretischer Teil

- 1) Haggard und Eimer (1999) kritisierten an Libets Versuchsplan, dass die Probanden gar keine freie Wahl hatten, da sie nur über den Zeitpunkt, nicht jedoch über die Art der Handlung Entscheidungsfreiheit hatten. Wesentliches Kriterium für freie Willensentscheidungen ist aber, die Wahl zu haben, welche Handlung man ausführen möchte. Daher leiteten Haggard und Eimer nicht nur das Bereitschaftspotential (an Cz), sondern darüber hinaus noch das lateralisierte Bereitschaftspotential (LBP) ab, welches sich aus der Differenz der Potentiale an C3 und C4 ergibt (, dabei ist das Potential, welches im der motorischen Bewegung kontralateralen Areal erscheint, immer größer als das ipsilaterale), wobei die Versuchspersonen sich zwischen der Bewegung der rechten und der linken Hand entscheiden sollten. Dabei fanden die Autoren heraus, dass zwar die W-Zeitpunkte mit dem jeweiligen LBP korrelieren, nicht jedoch mit dem BP. Daraus folgerten die Autoren, dass nur das LBP die unbewusste Ursache des späteren bewussten Willenserlebens und der nachfolgenden Handlung sein können, nicht jedoch das BP.
- 2) Keller & Heckhausen (1990): während Libet aus der zeitlichen Abfolge von BP und W-Zeit geschlossen hat, dass die Initiierung motorischer Akte unbewusst beginnt, bieten Keller & Heckhausen die *alternative Erklärung* an, dass die Instruktion der Versuchsperson, dem Gefühl, sich bewegen zu wollen, Aufmerksamkeit zu schenken, automatische und normalerweise unbewusste motorische Akte auf die Stufe bewusster Wahrnehmung gebracht hat und deswegen die W-Zeit notwendigerweise dem Onset des BP's folgen muss. Sie überprüften diese alternative Erklärung in *drei Experimenten*<sup>36</sup>; im ersten wurden BPe von Versuchspersonen gemessen, die unbewusste Bewegungen ausführten. Dabei wurde die Aufmerksamkeit von Bewegungsempfindungen weggelenkt, indem die Probanden sich auf eine Zählaufgabe konzentrierten. Das zweite Experiment war als Replikation von Libets et al. Studie von 1983 angelegt, während das dritte Experiment aus einer Entspannungsbedingung bestand, in der die Versuchspersonen instruiert wurden, sich zu entspannen und introspektiv auf Empfindungen im rechten und linken Arm zu achten. Die Introspektion wurde vor dem Experiment trainiert. Im Experiment wurde die Versuchsperson gebeten, immer wenn das EMG auf einen motorischen Akt hinwies, einen introspektiven Bericht der Periode bevor der aktuellen Bewegung abzugeben. Dabei sollte die Versuchsperson angeben, ob die Bewegung vorgeplant oder spontan war. Wenn sie spontan war, fragte der Versuchsleiter nach, ob der Bewegung irgendeine Art von Bewegungsdrang vorausgegangen war.

### *Ergebnisse:*

- a) die zwei Typen von BP-Messungen im dritten Experiment (bewusst und unbewusst ausgeführte Bewegungen) unterscheiden sich nicht von den entsprechenden BPen aus dem ersten (unbewusst) und zweiten (bewusst) Experiment. Das zeigt, dass die BPe des ersten Experiments (mit Zählaufgabe) und das Libet-Experiment nicht elektrophysiologisch kontaminiert waren durch die Zählaufgabe oder durch die Aufgabe, sich das Signal auf der Uhr zu merken.
- b) Die Onset-Zeiten der BPe für bewusste und unbewusste Bewegungen waren fast dieselben. Dieser Befund passt zur Hypothese der Autoren, dass die BPe von spontanen motorischen Bewegungen 500ms vor der Bewegung beginnen, unabhängig davon, ob sie bewusst sind oder unbewusst.
- c) BPe unbewusster Bewegungen haben eine signifikant geringere Amplitude als die BPe bewusster Bewegungen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass das supplementär motorische Areal<sup>37</sup>, welches

<sup>36</sup> Die drei Experimente fanden an drei verschiedenen Tagen mit denselben Versuchspersonen statt

<sup>37</sup> das SMA liegt anatomisch zwischen Fz und Cz

## Teil I: theoretischer Teil

vor allem an willkürlichen und selbst-initiierten Bewegungen beteiligt ist (s. dazu Deecke 2007, S.78f.), bei unbewusst ausgeführten Bewegungen nicht aktiviert oder deutlich schwächer aktiviert ist.

- d) Während die BPe von Personen, die willentlich spontane motorische Handlungen ausführen (Libet Situation) ihre maximale Amplitude an FCz über dem supplementär-motorischen Areal (SMA) haben, weisen BPe von unbewussten Bewegungen in der jeweiligen kontralateralen motorischen Area (MI) über C3 bzw. C4 ihre maximale Amplitude auf. Dieser Befund passt zu der in c) formulierten These, dass die geringere BP-Amplitude bei unbewussten Bewegungen an der fehlenden oder geringeren Aktivierung der SMA liegt, insbesondere, wenn man zusätzlich noch den Befund in Rechnung stellt, dass die Differenzen zwischen den BPen unbewusster mit denen bewusster Bewegungen an FCz am größten waren (s. Keller & Heckhausen 1990, S.358, Fig.5).

Aus diesen Ergebnissen folgern die Autoren, dass die BPe unbewusster motorischer Akte in anderen Hirnarealen als der SMA generiert werden. Die Ergebnisse sprechen für die Annahme, dass man 2 unterschiedliche Systeme für die Kontrolle von Willkürbewegungen annehmen muss. Das erste System ist das laterale prämotorische System (LPS), welches seinen hauptsächlich Input von Gebieten des sensorischen Kortex bezieht. Das zweite System ist das mediale prämotorische System (MPS), welches anatomisch durch das SMA repräsentiert wird und den Hauptinput von den Basalganglien bezieht.

Zusammenfassend ziehen Keller & Heckhausen (1990, S.360; Übersetzung aus dem Englischen von K-H K) die folgenden Schlüsse aus obigen Ergebnissen:

„Die Zusammenschau all unserer Ergebnisse scheint die folgende Interpretation der Libet'schen Resultate zu erlauben: In Kontrast zu seiner Sichtweise legen unsere Resultate nahe, dass die generelle Handlungsintention durch die Instruktion zu Beginn des Experimentes induziert worden ist. Immer wenn eine normalerweise unbewusste motorische Antwort auf einen sensorischen Stimulus durch einen Mechanismus selektiver Aufmerksamkeit detektiert worden ist, wird das MPS, insbesondere das SMA in den Prozess involviert, welches dann das Start-Signal für den motorischen Akt freischaltet. In Bezugnahme auf dies Modell fällt der Zeitpunkt des Dranggefühls notwendigerweise zusammen mit dem Kontrollwechsel von einem lateralen unbewussten zu einem medialen bewussten Prozess. Es war die Anweisung, die internalen Prozesse introspektiv zu beobachten, welches die Versuchspersonen das Gefühl des Bewegungswunsches spüren ließ. Die Versuchspersonen überquerten die Grenze zwischen unbewussten und bewussten Akten durch die fokussierte Aufmerksamkeit auf interne Ereignisse.“

Keller & Heckhausen scheinen also nahe zu legen, dass die bewusste Entscheidung, gemäß der Intention des Versuchsleiters zu handeln, schon vor Beginn des Experiments getroffen wurde, so dass es dann in der Natur des Versuchsaufbaus liegt, dass unbewusste Impulse vor der bewussten Wahrnehmung und anschließenden Handlung liegen müssen, man also aus den Libet'schen Ergebnissen heraus nicht generell freie Willensentscheidungen als Illusion abtun kann.

- 3) Trevena & Miller (2002) bieten zwei alternative Erklärungen<sup>38</sup> für den von Libet et al. (1983), Haggard & Eimer (1999) und Keller & Heckhausen (1990) gefundenen Sachverhalt, dass das Bereitschaftspotential dem bewussten Drang, sich zu bewegen, vorausgeht an:

- a) da langsame Hirnrindenelemente in einem Mittelungsprozess über mehrere Versuchsdurchgänge gewonnen werden, unterliegt die Bestimmung der Latenz der EEG-Komponenten dem sogenannten

---

<sup>38</sup> Alternativ zu Libets Erklärung, dass die Willensentscheidung, die Bewegung jetzt auszuführen, unbewusst vorbereitet wird, was der Descartes'schen Auffassung, dass unsere bewusste Willensentscheidung kausalen Einfluss auf die nachfolgende Handlung hat, von vielen Forschern als widersprechend gedeutet wird.



„smearing“-Artefakt (vgl. auch Trevena & Miller 2002b, S.308). „Smearing“-Artefakt bedeutet, dass der Beginn der EEG-Komponente in Richtung der Trials verschoben ist, die den frühesten Beginn haben, denn die arithmetische Mittelungsprozedur verschiebt den berechneten Mittelwert Richtung dieser frühen Extreme (Meyer, Osman, Irwin & Yantis 1988). D.h., dass der Beginn der meisten BPe in den Untersuchungen von Libet et al. und den nachfolgenden Untersuchungen viel näher am Beginn der Bewegung liegen dürften, als der durchschnittliche Onset des gemittelten BPs nahe legt. Aufgrund des „smearing“-Artefakts ist es deswegen notwendig, nicht die durchschnittliche vom Probanden berichtete W-Zeit mit dem Onset des Bereitschaftspotentials zu vergleichen, sondern die vom Probanden berichtete früheste W-Zeit. Nur wenn das gemittelte BP der frühesten W-Zeit vorangeht, kann dies als Bestätigung der bisherigen Befunde zur zeitlichen Abfolge von BP und W-Zeit gelten.

- b) Der Befund Libets, dass das gemittelte BP der W-Zeit vorangeht, kann auch darauf zurückzuführen sein, dass sich im BP (abgeleitet am Vertex Cz) nicht-motorische Aktivität widerspiegelt. Die von Libet selbst berichtete Beobachtung, dass vorgeplante BPe deutlich eher beginnen als BPe ohne Vorplanung, spricht dafür, dass mentale Planungsaktivität zumindest zusätzlich zu motorischer Aktivität Teil des BPs ist. Auch der von Haggard & Eimer (1999) berichtete Befund, dass nur die lateralisierten BPe mit der W-Zeit korrelieren, nicht jedoch das BP, zeigt auf, dass sich im BP andere mentale Aktivitäten widerspiegeln als die Bereitstellung von Ressourcen für die nachfolgende motorische Aktivität. Dass die Amplitude des BPs von motivationalen Faktoren abhängt, konnten schon Deecke et al. (1973) zeigen: wenn die Probanden eine Rückmeldung über das Ergebnis der Bewegung erwarteten, fiel die BP-Amplitude höher aus. Auch der Befund von Keller & Heckhausen (1990, s.o.), dass die Amplitude der BPe, die bewussten Bewegungen vorausgingen, größer ist, als das BP von unbewussten Bewegungen, ist hier zu nennen. Auch bei der Tic-Störung Gilles de la Tourette tauchen, wenn überhaupt, nur sehr niedrig-amplitudige BPe vor der unwillkürlichen Tic-Bewegung auf (Obeso et al 1981). Trevena und Miller fassen die vorliegenden Befunde folgendermaßen zusammen:

„Auch wenn das BP corticale Aktivität der Bewegungsvorbereitung umfasst, ist das BP nicht ausschließlich auf die Bewegungsvorbereitung bezogen, sondern scheint auch mit kognitiven oder perzeptuellen Aspekten der Bewegungsvorbereitung, wie z.B. Antizipation oder Motivation, zusammenzuhängen. Dh., auch wenn das BP 500ms vor der willkürlichen Bewegung beginnt, ist es nicht klar, dass das Gehirn so früh mit der spezifischen Bewegungsvorbereitung anfängt.“ (Trevena & Miller 2002, S.169; Übersetzung aus dem Englischen von K-H K)

Als Konsequenz aus diesen Befunden erheben Trevena & Miller (2002) in ihrer eigenen Untersuchung das lateralisierte Bereitschaftspotential (LBP) an C3 und C4 zusätzlich zum BP an Cz, da die bisherigen Befunde dafür sprechen, dass das LBP spezifischer die motorische Präparation widerspiegelt. Trevena & Miller (2002) führten zwei Experimente durch; im ersten Experiment wurde weitestgehend der Libet'sche Versuchsaufbau, insbesondere die Instruktion Libets „let the urge to act appear on its own without any preplanning“ (Libet, zitiert nach Trevena&Miller aaO., S.169), übernommen mit dem Unterschied, dass die W-Zeiten so erhoben wurden, dass die früheste W-Zeit pro Versuchsperson statistisch korrekt ermittelt werden konnte (aaO., S.165 und 172f.: temporal order judgment methodology). Darüber hinaus erschien zu Beginn des Trials auf dem Bildschirm ein L oder R als Instruktion, die linke bzw. rechte Hand zu bewegen, wenn der Drang zur Bewegung wahrgenommen worden war.

Dabei zeigte sich zum einen, dass die früheste W-Zeit dem BP an Cz nachfolgte, was damit die Befunde Libets bestätigt, zum anderen, **dass aber die LBPe den frühesten W-Zeiten nachfolgten.** Gegen dies Ergebnis könnte eingewendet werden, dass das LBP schon zu Beginn des Trials begann, kurz nachdem der Hinweisreiz-Buchstabe auf dem Bildschirm erschienen war, dieses LBP aber nicht erfasst wurde, weil es schon in der Grundkurvenperiode möglicherweise aufgetaucht ist und deswegen bei der Differenzbildung unterging. Um diesem Argument zu begegnen, führten die Autoren ein **zweites Experiment** durch, das zwei Bedingungen umfasste: in der *Handbedingung* sollte die Versuchsperson sich den Zeitpunkt des gespürten Bewegungsimpulses merken, wobei ihr frei stand, welche Hand sie bewegen will und sie sollte im Anschluss an den Trial die Zeit ihrer Entscheidung, welche Hand sie bewegen will, angeben. Die *Wenn-Bedingung* unterschied sich nur im abzugebenden Bericht von der Hand-Bedingung: die Versuchsperson sollte sich wieder beides merken, jedoch nach Abschluss des Trials den Zeitpunkt der Entscheidung „to move now“ berichten, worüber die Versuchsperson in beiden Bedingungen vor Durchführung des Experiments informiert wurde. (aaO., S. 180). In beiden Bedingungen begann das BP vor der frühesten W-Zeit, die LBPe folgten jedoch auf die frühesten W-Zeiten, während sie den durchschnittlichen W-Zeiten, wie schon in Experiment 1, auch folgten. Damit ist gezeigt, dass man das „smearing“-Artefakt unbedingt in Rechnung stellen muss, und wenn man es in Rechnung stellt, dann zeigt sich, dass die spezifische elektrokortikale Vorbereitung der Bewegung, welche sich im LBP zeigt, erst nach der bewussten Entscheidung auftritt.

Die Autoren folgern aus ihren Ergebnissen:

„Unsere Schlussfolgerung ist, dass das Ergebnis, dass die endgültigen motorischen Präparationen sich zu bewegen nicht stattfinden, bevor die Entscheidung sich zu bewegen stattgefunden hat, Libet et al.'s (1983) Schlussfolgerungen widersprechen und die allgemeine Überzeugung bestärken, dass unsere bewussten Entscheidungen effektiv sind im Initiieren unserer Aktionen.“ (aaO. S.187; Übersetzung aus dem Englischen von K-H K)

- 4) Herrmann, Pauen et al. (2005) schlagen eine neue Interpretation von Libets Experimenten aus der Analyse einer Wahlreaktionsaufgabe vor. Im Wahlreaktionsparadigma sollen die Versuchspersonen einen Knopf entweder mit der rechten oder der linken Hand drücken, nachdem ihnen dies durch einen entsprechenden Hinweisreiz aufgetragen worden ist. Im Experiment wurden vier Hinweisreize (Kanizsa-Quadrat, Kanizsa-Dreieck, anderes Quadrat, anderes Dreieck; aaO., S.126) angewendet, von denen nur einer der Zielreiz war. Die Versuchspersonen wurden instruiert, mit ihrem rechten Zeigefinger einen Knopf zu drücken, wenn der Zielreiz (mit einer 25%igen Wahrscheinlichkeit) erscheint, und einen anderen Knopf mit dem linken Zeigefinger, wenn einer der drei Vergleichsreize (75%ige Wahrscheinlichkeit) erscheint. Die ‚Bereitschaftspotentiale‘, welche hier Bereitschaftsfelder (BF) heißen, wurden mit dem Magnetenzephalogramm (MEG)<sup>39</sup> erhoben. Das Wahlreaktionsparadigma

---

<sup>39</sup> Die Magnetenzephalographie ist eine nicht-invasive Methode zur Messung der kleinen Magnetfelder, die bei den elektrischen Strömen der Neuronen und Neuronenverbände entstehen. Möglich wurde diese Messung erst in den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts „durch die Entwicklung hochempfindlicher Sensoren auf der Basis der so genannten *superconducting quantum interference devices* (SQUIDS)“ (Schnitzler & Gross; in Walter (Hrsg.) 2005, S.151ff.) Die neuronalen Grundlagen sind mit denen der EEG-Messung identisch. Bereitschaftspotentiale müssen auch hier über Mittelungsprozeduren errechnet werden. Die zeitliche Auflösung entspricht dem des EEG. Auch beim MEG besteht wie beim EEG das sogenannte inverse Problem, „d.h., dass die Identifizierung der Areale, deren Aktivierung zu einem bestimmten Messergebnis geführt hat, nicht eindeutig ist“ (aaO., S.160), jedoch ist die Lokalisierung aktivierter Hirnregionen genauer als beim EEG (aaO., s.151).

## Teil I: theoretischer Teil

wurde gewählt, um untersuchen zu können, ob die vor der motorischen Aktivität und Bewusstwerdung des Bewegungsimpulses einsetzende elektrische Aktivität (BP) eher eine unspezifische Aktivierung im Sinne einer Erwartungshaltung darstellt, oder die spezifische Wahl der Hand vor der Handbewegung widerspiegelt. Wenn das BP vor dem Hinweisreiz einsetzen sollte, würde diese für eine unspezifische Aktivierung sprechen, da die Probanden ja noch gar nicht wissen können, welche Hand sie bewegen werden. Genau dies ist eingetroffen. Das Bereitschaftsfeld ging dem Tastendruck ca. 1200 ms voraus, während der Hinweisreiz im Durchschnitt 440 ms vor dem Tastendruck erschienen war; diese Dauer von 440 ms bewegt sich in der Größenordnung der von Libet postulierten Zeit, die es für bewusste Wahrnehmungen braucht, so dass davon auszugehen ist, dass die Versuchspersonen in der vorliegenden Untersuchung eine bewusste Wahl getroffen und nicht automatisiert gehandelt haben.

Die Autoren interpretieren ihre Befunde folgendermaßen:

„Da das BP vor der Reizdarbietung einsetzt und die Versuchspersonen angemessen reagieren, kann das BP nicht determinieren, welche der beiden verfügbaren Alternativen (Bewegung der rechten oder der linken Hand) ausgeführt wird. Stattdessen scheint das BP eine allgemeine Erwartung widerzuspiegeln.“ (Herrmann, Pauen et al., aaO. S.130) „Es erscheint uns aus diesen Gründen plausibler, die von Libet beobachtete Aktivität als Indiz einer allgemeinen Erwartung und nicht als spezifische Determination der bewussten Bewegungsentscheidung zu interpretieren.“ (AaO., S.129)

- 5) Siong Soon, Brass, Heinze & Haynes (2008) haben unbewusste Determinanten freier Entscheidungen im menschlichen Gehirn untersucht mit der Methode der funktionalen Magnetresonanztomographie. Die Versuchspersonen wurden gebeten, sich zu entspannen, während sie die Mitte eines Bildschirms fixierten, auf dem eine Abfolge von Buchstaben für jeweils 500ms erschien. Wenn sie schließlich an irgend einer Stelle den Drang spürten, die vorher besprochene Handlung auszuführen, dann waren sie frei, entweder den linken-Finger-button mit dem linken Finger oder den rechten-Finger-Button mit dem rechten Finger zu drücken, wobei sie vor Beginn des Experiments instruiert wurden, dies sofort nach dem gespürten Drang zu tun. Nachdem die Versuchspersonen ihren frei gewählten button gedrückt hatten, erschien ein Antwort-Zuordnungs-Screen auf dem Bildschirm mit den vier Buchstaben, die vor dem motorischen Handlung auf dem Bildschirm hintereinander erschienen waren. Die Versuchspersonen konnten dann den Buchstaben anklicken, bei dessen Erscheinen sie den Drang gespürt und die freie Wahl ausgeführt hatten, so dass auf diese Weise der Zeitpunkt für die Wahlhandlung ermittelt werden konnte. In der Untersuchung ging es um die Frage, ob über den primären motorischen Kortex (MI, Area 4 nach Brodman) und die supplementär-motorische Area (SMA) hinaus noch weitere Hirnregionen an der Entscheidung beteiligt sind, bevor die Aktivierung von SMA und MI die Ausführungsphase beginnen lässt. Um diese Frage beantworten zu können, wurde zum einen auf das BOLD<sup>40</sup>-Signal selbst zurückgegriffen, zum anderen kam eine Mustererkennungssoftware zur Anwendung, die auf aufwendigen, letztlich jedoch auf linearen Regressionen (Siong Soon et al.: Supplementary information, 2008 S.19) beruhenden statistischen Prozeduren aufbaut, und mit der die Hirnregionen

---

<sup>40</sup> BOLD ist die Abkürzung für „blood oxygen level dependent“. Bei der fMRT macht man sich den Umstand zunutze, das der Blutoxygenierungsgrad unterschiedliche magnetische Eigenschaften hat, so das man mittels des Magnetresonanztomographen die Intensität der Stoffwechselaktivität in verschiedenen Hirnbereichen messen kann und damit das Ausmaß an Aktivierung dieser Hirnregionen. Bei der funktionalen MRT (fMRT) wird die Aktivierung von Hirnregionen bei vom Versuchsleiter vorgegebenen Bedingungen, z.B. kognitiven Aufgaben, gemessen und in Relation zur untersuchten kognitiven Aktivität gesetzt. Während die MRT eine hohe räumlich Auflösung hat, ist die zeitliche Auflösung schlecht (liegt im Sekunden statt im Millisekundenbereich im Unterschied zum EEG und MEG), s. dazu Goebel & Kriegeskorte, in: Walter (Hrsg.) 2005, S. 22ff. und auch Beisteiner & Barth, in: Walter (Hrsg.) 2005, S.74ff.)

## Teil I: theoretischer Teil

herausgefunden werden sollten, die eine Vorhersage der rechts/links-Entscheidung der Versuchspersonen überzufällig (d.h. >50%) gestatten. Die Autoren fanden heraus, dass der frontopolare Kortex (Brodmann Area 10) 7 Sekunden vor der Entscheidung der Versuchspersonen aktiviert war und eine Vorhersage der Entscheidung erlaubte. Darüber hinaus fanden sie heraus in einem Zusatzexperiment, in welchem der Zeitpunkt für die Entscheidung für den linken oder rechten Finger von außen festgelegt war, dass der precuneus im posterioren cingulären Kortex erst nach dem festgelegten Entscheidungszeitpunkt aktiviert war. Die Autoren vermuten, dass der frontopolare Kortex die erste Stufe der späteren Entscheidung widerspiegelt, während der precuneus in die Speicherung der Entscheidung involviert ist, bis sie das Bewusstsein erreicht und die Handlung ausgeführt wurde. Dazu ist schon hier anzumerken, dass diese Interpretation nicht zwingend aus den Daten folgt, denn das Zusatzexperiment differenziert nicht zwischen dem Hinweisreiz, die Entscheidung jetzt zu treffen, und dem Bewusstsein für die getroffene Entscheidung. Man kann die Daten auch so interpretieren, dass der precuneus aktiviert wurde, nachdem die Entscheidung bewusst geworden ist und der precuneus dazu dient, die Entscheidung bis zur Handlungsausführung im bewussten Gedächtnis zu speichern. Haynes interpretiert den frühen Zeitpunkt des Onsets der hirnelektrischen Aktivität, die schließlich in der motorischen Handlung kulminiert, in einem kürzlichen Interview der ZEIT<sup>41</sup> als „mächtige Verschärfung der Befunde Libets“ (zit nach Schnabel 2008, S.3), da der Onset nun bei 7 Sekunden, bzw., wenn man in Rechnung stellt, dass der Kernspintomograph die Hirnaktivität mit einer Verzögerung von 3-4 Sekunden zeigt, sogar bei 10 Sekunden vor dem bewussten Erlebnis der Entscheidung liegt statt wie bei Libet im Bereich von 1000 ms (bei vorausgeplanten Handlungen). Wie schon Roth argumentiert Haynes, dass Libet die Veto-Möglichkeit nur behauptet, aber nicht experimentell untersucht habe, was aber laut Libet (Mind Time, s.o) nicht zutrifft; Libet hat diese Frage empirisch untersucht, was aber von Roth, Singer und Haynes ignoriert wird. Außerdem erwähnt Haynes im besagten Interview nicht, dass er in seiner mit Mitarbeitern durchgeführten Untersuchung auch herausgefunden hat, dass die Entscheidung vom BOLD-Signal her im rechten primären Motorkortex erst nach der bewussten Entscheidung von der Mustererkennungssoftware „vorhergesagt“ werden konnte. (Siong Soon et al.: Supplementary information, 2008, S.6f.) Dies steht in Einklang mit den Befunden von Trevena & Miller, dass das lateralisierte BP, welches die spezifische Bewegungsvorbereitung widerspiegelt, erst nach der frühesten W-Zeit begann und damit nach der bewussten Entscheidung. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Mustererkennungssoftware eine Vorhersage der Entscheidung für die rechte Hand (gesteuert vom linken primären Kortex) kurz vor der bewussten Entscheidung treffen konnte. Dies lässt sich so interpretieren, was die Autoren der Studie jedoch nicht tun, dass die Bewegungsabläufe der rechten Hand bei Rechtshändern so automatisiert sind, dass eine bewusste Handlungskontrolle nicht nötig ist, bei der Entscheidung für die linke Hand jedoch mehr Bewusstheit erforderlich ist und deswegen die Vorhersage vom rechten primären motorischen Kortex vor der getroffenen bewussten Entscheidung nicht möglich ist. Daraus folgt, dass die Bewegung und die Entscheidung für die Bewegung zwar unbewusst vorbereitet werden, jedoch, wenn es sich nicht um automatisierte Bewegungsabläufe handelt, die bewusste Entscheidung für die Bewegung und wahrscheinlich auch die Bewusstheit während der Bewegung entscheidend dafür sind, dass die Bewegung auch ausgeführt wird. Aus dem Befund von Haynes und seinen Mitarbeitern, dass die unbewusste elektrische Aktivität schon viel früher als bei Libet begann, zu folgern, dass der freie Wille eine Illusion ist, wie es Singer

---

<sup>41</sup> Interessanterweise ging das Interview der Veröffentlichung in der Fachzeitschrift um einige Wochen voraus!

## Teil I: theoretischer Teil

und Roth explizit und Haynes implizit in dem Interview tun, scheint ein Fehlschluss zu sein, der eher in der materialistischen Ideologie der Autoren als in den Daten zu verorten ist.

An der Interpretation der Daten macht auch stutzig, dass die BOLD-Aktivität, aufgrund der ja die Mustererkennungssoftware ihre Vorhersagen trifft, im frontopolen Cortex und im precuneus im Bereich 0 (=keine Aktivität im Vergleich zur Baseline) liegt, und dennoch soll gerade von diesen Hirnregionen die nachfolgende Entscheidung der Probanden am frühesten vorhergesagt werden können (s. dazu ebd., S.6: figure 5). Darüber hinaus liegt das Maximum des BOLD-Signals in diesen Regionen nach dem Onset für den nächsten Trial, d.h. dem Beginn der nächsten Buchstabenabfolge, so dass eine Kontaminierung mit dem BOLD-Signal des vorherigen Trials nahe liegt.

Fasst man nun die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zusammen, dann ist festzuhalten, dass die Untersuchungen zur zeitlichen Abfolge von dem Beginn elektrischer Aktivität und dem bewussten Entscheidungszeitpunkt für eine Handlung bzw. dem bewussten Erleben eines Handlungsimpulses insgesamt zeigen, dass die Interpretation in Richtung freier Wille=Illusion nicht zur Datenlage passt. Es ist mindestens von einer Vetomöglichkeit auszugehen, die Befunde von Travena & Miller (2002) sowie von Herrmann, Pauen et al. (2005) weisen sogar daraufhin, dass der freie Wille sich nicht nur in einer Vetofunktion erschöpft, sondern darüber hinaus auch mitbestimmt, welche Entscheidung getroffen und welche spezifische Handlung dann vorbereitet wird (LBP-onset nach der frühesten W-Zeit). Die Befunde sprechen also für eine Wechselwirkung von Psyche und Hirnphysiologie: unbewusste Vorbereitung (auf der physiologischen Ebene) der später bewussten Entscheidung, die dann wieder Einfluss nimmt auf die elektrische Aktivierung, insbesondere auf den Ort der LBP.

Libet (2005, S.200ff.) hat eine empirisch prüfbare Theorie vorgeschlagen, die mit den bisherigen Befunden in Einklang stehen und zugleich die direkte empirische Prüfung des Einflusses von der Psyche auf hirnpfysiologische Prozesse ermöglichen soll, „**die Theorie des bewussten mentalen Feldes**“, die nun im Folgenden kurz dargestellt und kritisch betrachtet werden soll:

Die Notwendigkeit zur Formulierung einer Theorie, die mentale Prozesse zu ihrem Gegenstand hat, sieht Libet im Phänomen der Einheit des bewussten Erlebens (das Bindungsproblem) bei mangelnder Isomorphie mit den räumlichen Mustern im Gehirn und im Phänomen der Willensfreiheit gegeben:

„Wenn Willensfreiheit als gültiges Phänomen akzeptiert wird, braucht man eine bewusste mentale Funktion (die vermutlich nicht-physisch ist), um die Aktivitäten der physischen Nervenzellen zu beeinflussen. Dieses Problem ist die Kehrseite der Frage, wie aus physischen Nervenzellen ein bewusstes, subjektives Erleben entsteht.“ (Libet aaO., S.205)

Laut Libet gibt es zwischen emergenten Phänomenen der physischen Welt, wie z.B., dass die Eigenschaften von H<sub>2</sub>O nicht aus H und O vorhergesagt werden können, oder dass die Eigenschaften von Benzol nicht aus seinen Elementen, nämlich Wasserstoff und Kohlenstoff, vorhergesagt werden können, sondern eine neue Eigenschaft im Benzolring auftaucht, und dem emergenten Phänomen des Geistigen einen fundamentalen Unterschied.

„Im Unterschied zu physischen emergenten Phänomenen ist die emergente subjektive Erfahrung jedoch nicht direkt physisch beobachtbar oder messbar, da subjektive Erfahrung nur der Person zugänglich ist, die die Erfahrung hat. Die emergente, subjektive Erfahrung dieses Systems ist offensichtlich anders als die Eigenschaften der verantwortlichen Nervenzellen; sie könnte anhand dieser neuronalen Aktivitäten nicht vorhergesagt werden. Es sollte nicht überraschen, dass die emergente subjektive Erfahrung einzigartige, unerwartete Eigenschaften aufweist.“ (Libet aaO., S.206)

Libet macht dann in diesem Zusammenhang deutlich, dass er „bewusstes, subjektives Erleben als eine weitere fundamentale Eigenschaft der Natur“ (ebd., S.206f.) ansieht, die genauso fundamental sei, wie die fundamentalen Phänomene der Physik:

## Teil I: theoretischer Teil

„Warum subjektives Erleben aus den geeigneten neuronalen Aktivitäten hervorgeht, könnte genauso wenig zu beantworten sein wie ähnliche Fragen zu anderen fundamentalen Phänomenen. Warum ist Masse etwa träge? Warum weisen Massen eine Anziehung der Schwerkraft auf? Warum verhält sich die Materie sowohl auf wellenartige als auch auf quantenartige Weise? Fundamentale physische Phänomene sind weder reduzierbar noch erklärbar.“ (AaO., S.206)

Die fundamentalen Eigenschaften des emergenten Geistigen zusätzlich zum Erleben und zum Bewusstsein selbst sieht Libet „in der Einheit des subjektiven Erlebens und dem Potential zur Beeinflussung der Aktivitäten von Nervenzellen“ (aaO., S.207)

Libet setzt sich in diesem Zusammenhang auch mit den Befunden von Singer (s.o) auseinander, welcher die Synchronisation im Gamma-Wellen-Bereich als neurologische Grundlage und Lösung des Bindungsproblems ansieht. Libet entgegnet, dass, auch wenn sich diese These Singers in weiteren Untersuchungen bestätigen sollte, trotzdem das Problem bestehen bleibt, dass „die subjektiven Erfahrung vollständig einheitlich ist und im Gegensatz zu den synchronisierten Aktivitäten von separaten Gruppen von Nervenzellen keine Lücken im räumlichen und farbigen Bild aufweist“ (aaO., S.210)

Libet verortet also die Lösung des Bindungsproblems und des freien Willens auf der geistigen Ebene und nicht auf der physiologischen. Als empirisch prüfbarer Lösungsversuch schlägt er das Konzept des *bewussten mentalen Feldes (BMF)* vor:

„Als eine mögliche experimentell prüfbare Lösung für beide Merkmale der Geist-Körper-Beziehung habe ich vorgeschlagen, dass wir das bewusste subjektive Erleben so auffassen könnten, als ob es ein *Feld* wäre, das durch geeignete, aber vielfältige neuronale Aktivitäten des Gehirns erzeugt wird. Ein solches Feld würde eine Kommunikation innerhalb der Gehirnrinde ohne neuronale Verbindungen und Bahnen ermöglichen.“ (aaO., s.212)

Das BMF sieht Libet als Vermittler zwischen den physischen Aktivitäten der Nervenzellen und dem Auftauchen von subjektivem Erleben an. Dabei würde es keiner physikalischen Kategorie (z.B. elektromagnetische Felder, Schwerkraftfelder) angehören, sondern es wäre eine „phänomenologisch unabhängige Theorie“, die nicht in physikalischen Begriffen beschreibbar ist, sondern, wie bei allen subjektiven Ereignissen „nur durch subjektive Erfahrung feststellbar“ (aaO., S.213) und „nur der Person zugänglich, die die Erfahrung hat“ (ebd.) sein würde.

Dabei könne man jedoch das BMF sich als analog zu bekannten physikalischen Kraftfeldern vorstellen, denn genau wie bei einem Magnetfeld, welches dadurch erzeugt wird, dass elektrischer Strom durch einen Leiter fließt, wobei das dabei entstehende Magnetfeld wiederum den Stromfluss beeinflusst, kann man sich auch das BMF als aus den Gehirnprozessen emergierend und zugleich auf diese zurückwirkend vorstellen, wobei das BMF, wie schon erwähnt, jedoch „nicht direkt mit äußeren physikalischen Mitteln“ (aaO., s.213) beobachtet werden kann. Als Funktion des BMF sieht Libet „nur das Phänomen der bewussten subjektiven Erfahrung“ (aaO., S.226) an, welche alle kognitiven Funktionen wie z.B. Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Motivation, welche nicht als vom BMF vermittelte Funktionen angesehen werden, begleitet.

Libet geht weiterhin in Anlehnung an die split-brain-Untersuchungen von Sperry davon aus, dass lokale Hirnregionen „einen unabhängigen Beitrag zum größeren, einheitlichen BMF leisten oder es verändern können“ (aaO., s.216). Deswegen sollte es möglich sein, solche Beiträge nachzuweisen, wenn das betreffende Gebiet der Hirnrinde vollständig isoliert ist und „das Gebiet an seinem Ort bleibt, am Leben erhalten wird und auf geeignete Weise funktioniert, die seinem normalen Verhalten ähnlich ist“ (ebd.)

Libet schlägt dann vor, eine Hirnregion, deren Reizung ein bewusstes, berichtbares Erlebnis auslöst, anatomisch bei Beachtung der oben genannten Bedingungen zu isolieren und postuliert:

„Wenn die Reizung der isolierten kortikalen Scheibe einen introspektiven Bericht des Patienten auslösen kann, dann muss das BMF in der Lage sein, die geeigneten Gehirnregionen zu aktivieren, die für den sprachlichen Bericht zuständig sind“ (aaO., s.224)

### 2.3.2. Kritik der Perspektive Libets

Ich möchte mit der Kritik an Libets Untersuchungen zur Willensfreiheit beginnen und danach die Theorie des BMF kritisch beleuchten.

An den **Untersuchungen zur Willensfreiheit und den Schlussfolgerungen daraus** lassen sich die bei der Darstellung und kritischen Würdigung der Nachfolge-Untersuchungen schon genannten Aspekte hier noch mal überblicksartig nennen:

- Aus Libets Versuchsanordnung kann nicht zwingend geschlossen werden, dass die bewusste Willensentscheidung unbewusst vorbereitet wird, da die Einwilligung zur Teilnahme am Versuch und die Anerkennung der Bedingungen des Versuchs schon auf bewussten Entscheidungsprozessen beruht
- Es liegt in der Natur der Versuchsanordnung, bei der die Probanden auf in der Introspektion plötzlich auftauchende Bewegungsimpulse achten sollten, dass diese unbewusst vorbereitet, und dann im Anschluss bewusst wahrgenommen und dann ausgeführt werden (s.o. Keller & Heckhausen 1990)
- In Libets Versuchen konnte nur über den Zeitpunkt frei entschieden werden, jedoch nicht über die Art der Handlung, was alltäglichen Entscheidungsprozessen nicht entspricht und damit die Validität des Untersuchungsaufbaus fraglich ist.
- Libet ist zugute zu halten, dass er auch die Veto-Möglichkeit empirisch untersucht hat (, wobei diese Möglichkeit von allen seinen Untersuchungen nicht falsifiziert worden ist). Libet hat sich also eine erkenntnistheoretische Offenheit bewahrt, ohne vorauslaufend von einem deterministisch, physikalisch kausal geschlossenen Weltbild der Physik des 19.Jhdts auszugehen.
- Das Bereitschaftspotential scheint eher Ausdruck einer allgemeinen Erwartungshaltung zu sein, während die spezifische Vorbereitung der motorischen Handlung sich in den lateralisierten Bereitschaftspotentialen widerspiegelt, welche wahrscheinlich erst nach der bewussten Entscheidung sich aufbauen (s. dazu Travena & Miller 2002; Herrmann, Pauen et al. 2005) Der freie Wille erschöpft sich demnach nicht in der Veto-Möglichkeit, sondern ist an der Initiierung konkreter Handlungen beteiligt.
- Die Schlussfolgerung von Singer und Roth aus den Untersuchungen Libets, dass der freie Wille eine Illusion sei, entspricht nicht den Befunden.
- Die Identitätstheorie lässt sich experimentell nicht untersuchen, jedoch heißt das nicht, dass sie sich deswegen jeglicher empirischen Prüfung entzieht, wie Libet meint, sondern die Identitätstheorie kann korrelationsanalytisch mit Hilfe linearer Strukturgleichungsmodelle gegen andere Modellkonzeptionen, wie z.B. ein Wechselwirkungsmodell oder ein monokausales Wirkungsmodell von der Physis auf die Psyche, getestet werden (s.u. Teil 2).

Nun zu den kritischen Anmerkungen zur **Theorie des bewussten mentalen Feldes**:

- Libet räumt selbst ein, dass seine vorgeschlagene Prüfungsmethode extrem invasiv ist und deswegen nur bei Patienten infrage kommt, bei denen die Entfernung oder Isolation eines für die Prüfung geeigneten Gehirnteiles aus medizinischen Gründen indiziert ist, z.B. bei entsprechenden Tumorerkrankungen, bei denen auch ein Teil des gesunden Gewebes entfernt werden muss. Libet selbst schätzt die Zahl von infrage kommenden Probanden auf 5-10 weltweit pro Jahr (aaO., s.223) ein und bemerkt, dass es sich als ein „entmutigendes Unternehmen“ (ebd.) herausgestellt hat, einen kooperativen Neurochirurgen zu finden, der zu solchen Patienten Zugang hat.
- Auch wenn es angenommen werden kann, dass es eines Tages mal möglich gewesen sein würde, die von Libet vorgeschlagene Untersuchung durchzuführen, und angenommen, die Hypothese Libets, dass das BMF ohne neuronale

## Teil I: theoretischer Teil

Verbindung zu den Sprachregionen es schafft, dass der Proband über seine subjektive Erfahrung berichtet, ist nicht eingetreten, dann bedeutet dies nicht, dass die mentale Ebene als Illusion oder Epiphänomen betrachtet werden muss, denn das empirische Ergebnis kann dann darauf zurückgeführt werden, dass der Neurochirurg durch die Abtrennung der scheibenartigen Hirnregion die Selbstorganisationsprozesse so geschädigt hat, dass die subjektive Ebene gar nicht mehr aus der physiologischen emergieren kann und in der Konsequenz dann natürlich auch keine Wirkung mehr von der mentalen auf die physische Ebene festgestellt werden kann.

- Die Theorie des bewussten mentalen Feldes ist also nicht geeignet, um Abwärtskausalität nachweisen zu können. Dies wird nur mit nicht-invasiven Methoden möglich sein, die die Selbstorganisationsprozesse nicht behindern oder gar zerstören.
- Während Singer und Roth entgegen ihrer eigenen Einschätzung nicht als nicht-reduktive, sondern als reduktive Physikalisten einzustufen sind, ist die Perspektive Libets auf jeden Fall nicht-reduktionistisch, indem seine Perspektive mit der Annahme einer Wechselwirkung von geistigen und physiologischen Prozessen konsistent ist. Libet ist nur insofern Physikalist, als er annimmt, dass das Geistige aus den physiologischen Hirnprozessen emergiert, es also ohne Gehirn, zumindest nicht nachweisbar, keine geistigen Prozesse gibt. Dieser Auffassung dürften sich jedoch fast alle Wissenschaftler anschließen. Insofern wäre fast jeder als Physikalist zu bezeichnen. Libet wurde hier zu den Physikalisten gerechnet, da Singer und Roth und viele andere sich auf seine Forschungen beziehen und seine Befunde reduktiv-physikalistisch interpretieren.

### 3. Der dualistische Interaktionismus nach J.C.Eccles

J.C.Eccles (geb. 1903, gest. 1997) erforschte als Mediziner sein Leben lang neurophysiologische Prozesse. Er bekam 1963 den Nobelpreis. Zum Leib-Seele-Problem hat er ab 1977 drei Bücher veröffentlicht: *Das Ich und sein Gehirn* (dt.1982 zusammen mit Karl.R.Popper, siehe Popper & Eccles 2005d), *Die Evolution des Gehirns* (dt. 1993) und *Wie das Selbst sein Gehirn steuert* (1996). Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das jüngste von Eccles veröffentlichte Buch zum Thema, also auf Eccles (1996), in welchem Eccles frühere Veröffentlichungen noch einmal explizit zusammengefasst referiert und um seine neusten Veröffentlichungen zum Thema ergänzt.

Bevor ich aber genauer auf Eccles' dualistischen Interaktionismus eingehe, möchte ich einen Schritt zurücktreten und die bisherigen Konzepte, insbesondere die von Roth, Singer und Libet, im Vergleich zu den folgenden dualistischen Konzepten aus der Distanz betrachten. Dafür möchte ich mir das in der Diskussion so genannte **Bieri-Trilemma** zunutze machen, dass dadurch entsteht, indem man von der Gültigkeit der folgenden drei miteinander inkompatiblen Sätze ausgeht (s. dazu Bieri 1997, S.5):

- 1) Mentale Phänomene sind nicht-physische Phänomene
- 2) Mentale Phänomene sind im Bereich physischer Phänomene kausal wirksam
- 3) Der Bereich physischer Phänomene ist kausal geschlossen: physische Phänomene sind immer nur Wirkung von oder Ursache für physische Phänomene.

*Identitätstheoretiker* versuchten, dem Trilemma zu entkommen, indem sie **Satz 1** für nicht wahr erklärten, sondern stattdessen behaupteten, dass mentale Phänomene physische Phänomene *sind*. Dem widerspricht aber u.a. die Möglichkeit der multiplen Realisierung (zur ausführlichen Diskussion s.o. die Präliminarien) und



## Teil I: theoretischer Teil

möglicherweise die Erklärungslücke zwischen Qualia und physischen Prozessen im Gehirn. *Eliminative Materialisten* und *logische Behavioristen* versuchen, das Trilemma zu lösen, indem sie mentale Phänomene als nicht existent oder als Illusion erklären (s.o. Roth und Singer), so dass es nur noch physische Phänomene gibt und damit auch kein Trilemma mehr, aber auch dieser Lösungsversuch ist nicht überzeugend (s.o. Präliminarien). *Epiphänomenalisten* leugnen **Satz 2**, indem sie behaupten, dass es zwar mentale Phänomene im Unterschied zu physischen gebe, mentale Phänomene aber kausal unwirksam seien. Auch diese Position hat nicht überzeugt, wie in den Präliminarien schon ausführlich dargelegt. Eccles und Popper versuchen in ihrer jeweiligen dualistischen Position zu begründen, dass **Satz 3** unzutreffend ist, dass die physikalische Welt also gar nicht so kausal geschlossen ist, wie uns in den Diskussionsbeiträgen von materialistischer Seite aus mit Hinweis auf den Energieerhaltungssatz weisgemacht werden soll. Dazu nun aber unten mehr.

### 3.1. Die dualistisch-interaktionistische Theorie

Eccles geht davon aus, dass „Geist und Gehirn eigenständige Entitäten“ (Eccles 1996, S.27) sind, die über ein vermittelndes Gehirngebiet in Interaktion treten können. Dies Gehirngebiet nennt er „Liaisongehirn“ (ebd. und aaO., S.129). Den Geist nennt Eccles in Anlehnung an Poppers Dreiwelten-Theorie (s.u.) Welt 2 und das Gehirn fasst er als Teil der umfassenderen physikalischen Welt = Welt 1 nach Popper auf. **Welt 2 (Geist)** fasst Eccles aus drei Teilen bestehend auf, die miteinander in Wechselwirkungsbeziehungen stehen: der *äußere Sinn* betrifft die Wahrnehmung in all ihren Facetten (Licht, Farbe, Geräusch, Geruch, Geschmack, Schmerz, Berührung), der *innere Sinn* bezieht sich auf Gedanken, Gefühle, Erinnerungen, Träume, Vorstellungen, Absichten, Aufmerksamkeiten, während *das Selbst* die Psyche, das Selbst, die Seele, den Willen umfasst, wobei Eccles unter Selbst folgendes versteht:

„Es [sc.: das Selbst] wird im Sinn einer erfahrenen Einheit verstanden, die sich aus einer Verbindung von Erinnerungen an bewusste Zustände herleitet, die zu sehr unterschiedlichen Zeiten über das ganze Leben verteilt erfahren werden. Daher muss, damit ein ‚Selbst‘ existieren kann, ein ununterbrochener Zusammenhang mentaler Ereignisse bestehen, der insbesondere auch die Unterbrechungen durch Perioden der Bewußtlosigkeit überbrückt. Zum Beispiel stellt sich die Kontinuität unseres ‚Selbst‘ nach dem Schlaf, nach einer Narkose und nach vorübergehenden Amnesien als Nachwirkung von Gehirnerschütterungen oder Krämpfen wieder her.“ (aaO., S.35)

**Welt 1** umfasst bei Eccles die gesamte physikalische Welt und darüber hinaus die physiologischen Prozesse des Gehirns, die mit psychischen Phänomenen einhergehen (s. das Diagramm in: aaO., S.18). Einen Teil dieser physiologischen Prozesse, wobei er diesen Teil vor allem im supplementären motorischen Feld (SMF<sup>42</sup>) vermutet (aaO., S. 121), wobei er offen lässt, ob sich noch weitere Hirnbereiche als zu diesem Teil gehörig zeigen werden, betrachtet er als Liaisongehirn (aaO., S.129). Das Liaisongehirn ist der Ort der Wechselwirkung zwischen *bewusstem* Geist und Gehirn (Welt1). Dabei wird nicht Energie ausgetauscht, dies wäre auch gar nicht möglich, da dies den Energieerhaltungssatz verletzen würde, sondern Information:

„Es gibt eine Grenze, und über diese Grenze findet ein wechselseitiger Austausch statt, den man sich als einen Fluss von Informationen – nicht von Energie – vorstellen kann. Somit haben wir die unerwartete Doktrin, dass die Welt der Materie-Energie (Welt 1) nicht vollständig abgeschlossen ist, - in der klassischen Physik ein grundlegendes Dogma - , sondern dass es in der ansonsten vollständig abgeschlossenen Welt 1 subtile Kommunikationen gibt. Im Gegensatz dazu wurde die Abgeschlossenheit von Welt 1 in allen Theorien des Geistes mit großem Erfindungsreichtum behütet. Keine der materialistischen Theorien unterstützt das dualistische Verständnis, dass die Welt des Geistes [...] in Wechselbeziehung mit dem Gehirn [...] steht und dass sie [sc.: die Welt des Gehirns] ihr gegenüber offen ist.“ (Eccles, aaO., S.27)

### 3.2. Die Mikroarealhypothese

Da Eccles Geist und Körper als unterschiedliche Wesenheiten und damit wie Descartes als verschiedene Substanzen betrachtet, steht er vor der Frage, wie der

---

<sup>42</sup> Supplementäres motorisches Feld (SMF) = supplementäres motorisches Areal (SMA)

## Teil I: theoretischer Teil

Interaktionsprozess – die Wechselwirkung – genau abläuft und wo dieser Wechselwirkungsprozess zu verorten ist. Wie wir wissen, kommt dafür nicht die Zirbeldrüse (Epiphyse) in Betracht -, wie Descartes vermutete -, da sie für die Produktion des Hormons Melatonin zuständig ist, welches in der Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus eine entscheidende Rolle spielt. Darüber hinaus spielt die Epiphyse in der Geschlechtsentwicklung eine wichtige Rolle. Mit Vorsatz, willentlichen Handlungen und bewussten Wahrnehmungen<sup>43</sup> hat sie nichts zu tun und kommt deswegen für die Interaktionsfrage nicht in Betracht. Eccles geht hier auch einen anderen Weg als Descartes, indem er sich auf die Suche macht, wo es im Gehirn morphologische Strukturen gibt, die eine Interaktion möglich machen. Diese sind dann nicht unbedingt nur an einem Ort zu finden, sondern können verschiedene Hirnbereiche auszeichnen. Beeinflusst von dem Quantenphysiker Margenau (The Miracle of Existence 1984) vermutet Eccles, dass quantenphysikalische Prozesse bei der Geist-Gehirn-Interaktion eine Rolle spielen, wobei er unter Berufung auf Margenau *Geist als Wahrscheinlichkeitsfeld* versteht:

„Man kann den Geist im anerkannten Sinn des Wortes als ein Feld betrachten, aber er ist ein nicht-materielles Feld. Vielleicht kommt ihm ein Wahrscheinlichkeitsfeld noch am nächsten [...] Es muss auch keine Energie enthalten, um für all die bekannten Phänomene verantwortlich zu sein, in denen der Geist mit dem Gehirn in Wechselbeziehung tritt.“ (Margenau 1984, zit nach Eccles 1996, S.46f.)

„[...] Einige Felder, wie etwa das Wahrscheinlichkeitsfeld der Quantenphysik, enthalten weder Energie noch Materie.“ (Margenau 1984, S.22, zit nach Eccles, aaO., S113)

Für Eccles ergibt sich dann die Frage, wo es Gehirnstrukturen gibt, deren Dynamik probabilistisch ist, so dass der Geist als Wahrscheinlichkeitsfeld darauf Einfluss nehmen könnte. Eccles ist dann bei seiner Suche nach geeigneten Strukturen auf physiologische Untersuchungen zum *präsynaptischen Vesikelgitter* gestoßen; das präsynaptische Vesikelgitter ist eine Struktur in der präsynaptischen Axonendigung - auch Bouton genannt - einer Synapse, die die Axonendigung (Bouton) mit einem postsynaptischen Dendritendorn<sup>44</sup> bildet. Die Gitterstruktur ergibt sich aus dem Wechsel zwischen präsynaptischen Membranverdichtungen, „die sich mit synaptischen Vesikeln [...] abwechseln“ (Eccles. AaO., S.161).

„Das Bouton enthält zahlreiche Vesikeln, von denen jedes 500 bis 10 000 Moleküle eines spezifischen synaptischen Botenstoffes (Transmitter) enthält - in den meisten exzitatorischen Boutons der Hirnrinde Glutamat oder Aspartat. Einige synaptische Vesikeln stehen in engem Kontakt mit der präsynaptischen Membran gegenüber dem außerordentlich engen synaptischen Spalt. Diese Vesikeln erscheinen zwischen dichten Membranhöckern.“ (Eccles, aaO., S.159f.)

Gewöhnlich weisen die Boutons von Synapsen nur *ein* präsynaptisches Vesikelgitter (PVG) auf. Zudem könne man davon ausgehen, „dass sie [sc.: die Vesikelgitter] *parakristalline Eigenschaften* aufweisen“ (Eccles, aaO., S.160; Hervorhebungen von K-H.K). Schätzwerten zufolge liegen nur etwa 30 –50 Vesikeln im Vesikelgitter; der

---

<sup>43</sup> Die Zirbeldrüse wird auch als „drittes Auge“ bezeichnet, da sie bei allen Wirbeltieren auf Licht reagiert, auch wenn beim Menschen und bei den höheren Wirbeltieren die zuständigen Lichtsensoren degeneriert sind. Dies erklärt den Befund, dass zur Bildung von Melatonin aus Serotonin Licht erforderlich ist. Diese Prozesse sind vollkommen unbewusst und *nicht bewusstseinsfähig* und damit ausschließlich der physiologischen Ebene zuzuordnen. (siehe dazu Thompson: das Gehirn 2001, S.219ff.)

<sup>44</sup> „Die Dendriten also alle Fasern, die von der Nervenzelle ausgehen, mit Ausnahme des Axons – stellt man sich am besten als dünne Ausstülpungen des Zellkörpers vor. [...] Ihre Zahl und Größe pro Zelle kann von einigen wenigen und kurzen Fasern bis zu einer riesigen Masse von Fortsätzen reichen, die das Neuron wie einen Baum aussehen lassen. Dendriten [...] sind regelrecht übersät mit Synapsen. Es sei hier daran erinnert, das *Dendriten* wie auch der Zellkörper über die synaptischen Verbindungen mit anderen Zellen *Signale empfangen*. Die Information wird [...] vom Zellkörper des Neurons über das einzige Axon an die jeweilige Zielzelle – eine andere Nervenzelle, eine Muskel- oder Drüsenzelle – weitergeleitet. In der Großhirnrinde sind die Dendriten zahlreicher Nervenzellen *von Tausenden kleiner Vorsprünge bedeckt, die man ‚dendritische Dornen‘* (engl.: dendritic spines) nennt [...]. An jedem dieser Vorsprünge bildet der Dendrit eine Synapse mit dem Axon einer anderen Nervenzelle. Da der ‚Dorn‘ zum Dendriten gehört, stellt er den postsynaptischen Teil der Synapse dar; die präsynaptische Axonendigung liegt ihm gegenüber. Synapsen an dendritischen Dornen hält man für exzitatorisch.“ (Thompson 2001, S.40-43; Hervorhebungen von K-H.K.)

## Teil I: theoretischer Teil

Rest befindet sich locker im Inneren des Boutons. Im Vorgang *der Exocytose*<sup>45</sup>, bei dem ein Vesikel mit der Membran verschmilzt und sich dabei öffnet, werden Transmittermoleküle in den synaptischen Spalt freigesetzt. Dabei ist folgender Befund der physiologischen Forschung für die Mikroareal-Hypothese von Eccles von fundamentaler Wichtigkeit:

„[...] 30 bis 50 Vesikeln [könnten] in dem PVG enthalten sein, aber nur eines von ihnen reagiert gelegentlich mit einer Exocytose als Antwort auf einen Auslöserimpuls (Jack et al., 1981; Korn und Faber, 1987). Die Exocytose wird offenbar durch eine bisher unbekannte kollektive Eigenschaft des parakristallinen PVG gelenkt.“ (Eccles 1996, S. 162)

Ein wichtiger Punkt ist, dass auch im Ruhezustand ohne externe oder interne Reizung kleine erregende postsynaptische Potentiale (mini EPSP) auftreten. Diese Miniatur-EPSP haben alle etwa die gleiche Amplitude, sie werden also etwa durch die gleiche Menge an Transmittersubstanz ausgelöst. Diese Pakete von Transmittern werden Quanten genannt. Man hat an Untersuchungen der motorischen Endplatten herausgefunden, dass das Endplattenpotential aus vielen kleinen, gleichamplitudigen EPSP zusammengesetzt ist, also aus ganzzahligen Vielfachen eines EPSP, also durch die gleichzeitige Freisetzung einer großen Zahl von Quanten verursacht wird:

„Mit anderen Worten: Es besteht in Ruhe eine geringe *statistische Wahrscheinlichkeit*, dass zu jedem Zeitpunkt ein Quant<sup>46</sup> Überträgersubstanz freigesetzt wird. Die Wahrscheinlichkeit wird *durch das präsynaptische Aktionspotential* für kurze Zeit *erheblich vergrößert*, so dass innerhalb von einer Millisekunde einige Hundert Quanten freigesetzt werden, die das Endplattenpotential auslösen.“ (Birbaumer & Schmidt 1996, S.124)

Die Mikroareal-Hypothese behauptet nun, dass der Geist in der Lage ist, die Wahrscheinlichkeit der Exocytose und damit die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines kleinen exzitatorischen postsynaptischen Potentials zu beeinflussen. Dabei ist für Eccles Argumentation gar nicht so entscheidend, dass die Transmittermoleküle in Quanten abgegeben werden, was biologische Gründe hat, nämlich die Vorratshaltung in Vesikeln, und keine quantenphysikalische, sondern entscheidend ist, dass die Öffnung eines Vesikels und die Ausschüttung in den synaptischen Spalt (Exocytose) ein Wahrscheinlichkeitsprozess ist, der nach Eccles so strukturiert ist, dass zu einem Zeitpunkt pro PVG nur ein Vesikel geöffnet werden kann. Eccles vermutet, dass die Gitterstruktur die Funktion hat, „die Abgabe synaptischer Vesikeln zu begrenzen, die durch einen präsynaptischen Impuls ausgelöst wird“ (Eccles, aaO., S.108) Dies macht biologisch Sinn, da ein Bouton wahrscheinlich nicht mehr als 200 synaptische Vesikeln enthalte, was nur für ein paar Minuten normaler Funktion reiche, d.h. ein sparsamer Umgang mit den Vesikeln und den darin enthaltenen Transmittermolekülen ist sinnvoll. Das eingehende Studium der Exocytose im Zentralnervensystem der Säuger brachte zutage, dass die Wahrscheinlichkeit in der Hirnrinde bei ca 0,2 liegt: d.h. dass nur jeder fünfte experimentell zugeführte exzitatorische Impuls bei einer Impulsfrequenz von 50 pro Sek. zu einer Exocytose führt (Eccles aaO., S.206 und 101ff.). Da nun die Exocytose ein Wahrscheinlichkeitsprozess ist, nimmt Eccles an, dass der Geist Hirnprozesse über die Beeinflussung der Exocytose-Wahrscheinlichkeit beeinflussen kann. Dabei taucht dann aber das Problem auf, das die Erhöhung der Exocytose-Wahrscheinlichkeit an einer Synapse nicht ausreichend genug ist, um ein postsynaptisches Aktionspotential zu bewirken (Eccles, aaO., S.164). Befunde zur Cytoarchitektur der Hirnrinde, die u.a. von Fleischhauer (1972, s. Eccles, aaO., s.146)

---

<sup>45</sup> „Wie wird der chemische Transmitter aus der präsynaptischen Axonendigung freigesetzt? Noch weiß man nicht genau, welcher Mechanismus durch den  $Ca^{2+}$  - Einstrom in Gang gesetzt wird. Als sicher gilt jedoch, dass die eigentliche Transmitterfreisetzung durch *Exocytose* erfolgt. [...] Ein mit Transmitter gefülltes Vesikel heftet sich an die Membran der Axonendigung an. Die Vesikelmembran verschmilzt (fusioniert) mit der Axonmembran, öffnet sich dadurch nach außen und entleert die Transmittermoleküle in den synaptischen Spalt.“ (Thompson 2001, S.84)

<sup>46</sup> „Als **Quantenhypothese** wird die Annahme bezeichnet, dass an allen Synapsen, die präsynaptische Vesikel haben, der Transmitter in Quanten freigesetzt wird, auch an solchen, deren Transmitter noch unbekannt ist. Ein **synaptisches Quant** (nicht zu verwechseln mit dem physikalischen Begriff des Energiequants) enthält wahrscheinlich einige Zehntausend Transmittermoleküle, die innerhalb 1-2 ms in den sehr schmalen synaptischen Spalt entleert werden [...].“ (Birbaumer & Schmidt 1996, S.124)

## Teil I: theoretischer Teil

vorgenommen worden sind, haben gezeigt, dass die aufsteigenden (apikalen) Dendriten der Pyramidenzellen der Schicht V der Hirnrinde (in Schicht V befindet sich das Soma des jeweiligen Neurons) sich auf ihrem Weg von der unteren Schicht V zur obersten Schicht I in Bündeln zusammenfinden. Die Anordnung der Dendriten zu Bündeln ist dabei schon in Schicht IV gut erkennbar (siehe das Golgi-Präparat des visuellen Kortex einer Ratte; Eccles, aaO., S.148). Diese Bündel stellen nach Fleischhauer die „anatomischen Grundeinheiten der Hirnrinde“ (Eccles aaO., S.149) dar, obwohl ca. die Hälfte der Neuronen der Hirnrinde nicht an den Bündeln beteiligt ist; dabei handelt es sich um die Pyramidenzellen, die in Schicht IV und VI entspringen (d.h. dort liegt ihr Soma) und nur zur Schicht III emporsteigen, bevor ihre jeweiligen Dendriten in je eigene Büschel auslaufen. Ein befriedigende Hypothese über die Funktion dieser Einheiten liege bisher nicht vor. Eccles nennt die Dendritenbündel *Dendronen*:

„Da die Theorie lautet, dass das Dendron eine neurale Grundeinheit der Hirnrinde ist, stellt die Endung ‚on‘ eine sinnvolle Anlehnung an die Teilchen der Physik dar.“ (Eccles, aaO., S.151)

Angenommen, ein Dendron enthält ungefähr 70 bis 100 apikale Dendriten, so käme man bei ca. 1500 bis 2000 Dornsynapsen pro Dendriten sicher auf über 100 000 Dornsynapsen pro Dendron. D.h. es besteht eine große Zahl an Input-Möglichkeiten pro Dendron. Auch der synaptische Ausgang eines Dendrons ist „außerordentlich hoch“ (ebd.):

„Man muss sich vor Augen halten, dass das Dendron als grundlegende anatomische Einheit der Hirnrinde etwas 200 Neuronen umfasst. Die Module sind Übermittlungseinheiten, die durch die kortikokortikale Verknüpfung der Axone der Pyramidenzellen definiert sind [...], und jedes von ihnen würde etwa 4000 Neuronen enthalten – das sind rund 20 mal so viele wie bei den Dendronen. Es gibt rund 200 Dendronen und 10 Module pro Quadratmillimeter in der Hirnrinde, und rund 40 Millionen Dendronen im gesamten Kortex.“ (Eccles, aaO., S.151)

In der Mikroarealhypothese von 1996 nimmt Eccles nun an, dass jeweils ein Dendron mit einem von ihm sogenannten *Psychon* eine *Wechselwirkungseinheit* bildet:

„Die Mikroarealhypothese (Eccles 1986) litt in ihrer ursprünglichen Fassung unter dem Mangel, dass sie die mentalen Ereignisse – die ihr zuzufügen auf neuronale Ereignisse einwirken sollten – nicht genau definierte. [...] Die neue Fassung der Hypothese lautet, dass alle mentalen Ereignisse und Erfahrungen – tatsächlich die ganze Bandbreite der äußeren und inneren Sinne von Welt 2 – aus elementaren oder einheitlichen mentalen Ereignissen zusammengesetzt sind, die wir **Psychonen** nennen können. Weiterhin lautet die Hypothese, dass jedes dieser Psychonen reziprok und auf eindeutige Weise mit seinem jeweiligen Dendron verbunden ist. Das Dendron ist – abgesehen von seiner synaptischen Lern-Plastizität – ein gegebenes anatomisches Gebilde, aber funktional bestehen große Unterschiede in der Intensität der Aktionen, die auf neurale Einflüsse folgen. Funktional gleicht es dem Psychon, mit dem es verbunden ist und dem ebenfalls alle Abstufungen der mentalen Intensität von Null bis zu einer maximalen funktionalen Bindung zu seinem Dendron zugänglich sind. Psychonen stellen keine Wahrnehmungswege zu Erfahrungen von Welt 2 [...] dar. Sie *sind* die Erfahrungen in all ihrer Vielfalt und Einzigartigkeit.“ (Eccles, aaO., S.156; Fettdruck von K-H.K)

Eccles nimmt darüber hinaus an, dass es möglicherweise Tausende von Psychon-Arten gebe, von denen jedes zu seiner Dendron-Art passe. Insgesamt geht Eccles von 40 Millionen Psychonen und entsprechend vielen Dendronen aus. Auch wenn Eccles eine „intime Verbindung“ (aaO., S.157) zwischen jedem Psychon und jedem Dendron annimmt, gesteht er Psychonen eine „unabhängig Existenz“ (ebd.) zu. Die intime Verbindung zwischen Psychon und Dendron ermöglicht es, dass z.B. ein mentaler Vorsatz nicht nur die Wahrscheinlichkeit der Exocytose an *einer* Synapse beeinflusst, sondern Zehntausende gleichzeitig (Eccles, aaO., S.164, 167). Da nun Veränderungen gleichzeitig an tausenden von Vesikelgittern stattfinden, taucht die Frage auf, wo die Energie herkommt, die zur Auslösung der Exocytose notwendig ist. Eccles nimmt an, dass die Energie aus der Transmitterkonzentrationsänderung im Vesikel stammt, die mit der Öffnung des Vesikels eintritt; indem die Transmittermoleküle nicht mehr davon abgehalten werden müssen, aus dem Vesikel heraus zu diffundieren, wird Energie für die Exocytose-Auslösung frei. Dazu bemerkt Eccles:

„In den mikroskopischen Bereichen, mit denen sich die Quantenphysik befasst, ist es möglich, Energie auszuborgen, wenn sie umgehend zurückerstattet wird. Somit würden die Transaktionen der Exocytose nicht gegen die Erhaltungsgesetze der Physik verstoßen“ (AaO., S.163f.)

## Teil I: theoretischer Teil

Die enge Verzahnung von Psychonen und Dendronen wirft aber auch die Frage auf, wie sie mit dem Bindungsproblem der bewussten Erfahrung in Einklang zu bringen ist. Zwar lässt sich die Wirkung von Welt 1 auf Welt 2 im Rahmen der Mikroarealhypothese so verstehen, dass ein Sinnesreiz zur Aktivierung der zugehörigen Dendronen führt, was wiederum mit einer erhöhten Exocytose-Wahrscheinlichkeit zusammengeht, welche „zu einer gesteigerten Möglichkeit zur selektiven Exozytose für das zugeordnete Psychon [...], in Einklang mit einem quantenphysikalischen Wahrscheinlichkeitsfeld, führt“ (Eccles, aaO., S.165). Dabei führe die Steigerung in der vesikulären Auswahl durch das Psychon für den Sinnesbereich unmittelbar zu der Sinneserfahrung in Welt 2 und „signalisiert dem Psychon, dass die Übertragung und Integration in Welt 2 ein ‚Erfolg‘ war“ (ebd.). Eccles gibt zu, dass „diese Wahrnehmungshypothese unzulänglich“ (aaO., S.166) sei, da sie das Bindungsproblem nicht erklären kann. Zur Lösung des Bindungsproblems nimmt Eccles an, dass es direkte Verbindungen von Psychon zu Psychon geben könnte, so dass es eine von den Dendronen unabhängige „Psychon-Welt“ geben würde:

„Die Übermittlung von Psychon zu Psychon könnte die Einheit unserer Wahrnehmung und der inneren Welt unseres Geistes erklären, die wir kontinuierlich von Augenblick zu Augenblick erfahren [...]. Diese Einheit wird bei allen Ereignissen in Welt 2 erfahren.“ (Eccles, aaO., S.259)

Eccles ist sich des spekulativen Charakters dieser Vermutung bewusst und sieht hier noch große Aufgaben für die Psychologie.

Die Mikroarealhypothese wird von Eccles auch im Zusammenhang mit der Evolution betrachtet und ausformuliert. Eccles nimmt an, dass die Strukturierung der Hirnrinde in Dendronen „sich im Zuge der natürlichen Selektion als rein materielle Anlage entwickelte“ (aaO., S.178). Dadurch sei es möglich gewesen, mit der erhöhten Komplexität neuronaler Inputs fertig zu werden, „die eine Folge der evolutionären Fortschritte bei Rezeptoren für spezielle Sinne war“ (ebd.) Mit der Bündelung der apikalen (aufsteigenden) Dendriten zu Dendronen, war es für den Geist nun möglich, über die Psychon-Dendron-Wechselwirkung auf die Physiologie Einfluss zu nehmen.

Eccles stellt die Hypothese auf, dass das Gehirn der Wirbeltiere (auf jeden Fall Reptilien und Fische) und der Wirbellosen sowieso „geistlos, deterministisch und den klassischen Erhaltungsgesetzen unterworfen war“ (aaO., S.208). Dann sei es in der komplexen Anlage des Neokortex bei Säugetieren mit ihren „auf Quantenemissionswahrscheinlichkeiten beruhenden Funktion zu Erfahrungen einer anderen Welt, der Welt des bewußten Geistes, die damals vermutlich noch sehr primitiv und flüchtig waren“ (Eccles, aaO., S.208) gekommen. Die Evolution der Hominiden habe dann noch höhere Ebenen des Bewusstseins hervorgebracht, ersichtlich an seinem reflexiven Selbst und der menschlichen Kultur (ebd.). In diesem Zusammenhang stellt Eccles die Frage, „ob die Geist-Welt bereits bestand, bevor sie durch die entwickelte Hirnrinde der primitiven Säuger erfahren werden konnte“ (aaO., S.180):

„Die Antwort müsste lauten, dass die Geist-Welt ins Dasein kam, sobald die Hirnrinde in ihrer Entwicklung so weit fortgeschritten war, dass sie Mikroareale mit synaptischen Vesikeln aufwies, die sich in den präsynaptischen Vesikelgittern in Bereitschaft befanden [...] Diese Mikrostruktur zeichnete sich ab, während sich Dendronen entwickelten, die wie oben beschrieben, mit Psychonen in Wechselbeziehung treten konnten.“ (Eccles, aaO., S.180)

Eccles geht also davon aus, dass die Geist-Welt völlig unabhängig von der Körper-Welt existierte und sich aber erst zeigen konnte, nachdem die Hirnentwicklung ein bestimmtes Niveau erreicht hatte; je weiter sich nun insbesondere das Frontalhirn entwickelte, desto mehr und differenzierter konnte sich die Geist-Welt zeigen. Die Geist-Welt existiert nach Eccles also unabhängig von der Körperwelt, braucht aber, um erfahrbar zu werden, die Interaktion mit einer entsprechend komplex strukturierten Körperwelt, wie sie das Gehirn der Säuger nun bereitstellt.

Eccles führt u.a. folgende **empirischen Untersuchungen** an, die für seine Mikroarealhypothese sprechen sollen:

- 1) Roland et al. (1980 ; s. Eccles, aaO., s.120f.) erfassten die regionale Hirndurchblutung (RHD) bei einem Patienten mit der Xenon-Technik. Der

## Teil I: theoretischer Teil

Patient war trainiert worden, für die gesamte Dauer (45 Sek.) der Messung der RHD ein kompliziertes Muster auf Finger-Daumen-Bewegungen auszuführen. Es zeigte sich eine starke Aktivierung des zugehörigen kontralateralen Feldes des motorischen und sensorischen Kortex für die beteiligten Daumen und Finger, wie vorauszusehen war, aber darüber hinaus ist eine ebenso starke Aktivierung des supplementären motorischen Feldes (SMF) beidseitig zu erkennen. *Als der Patient die Bewegung nur im Geist ausführte, fand sich ein starker Aktivierungsanstieg nur im SMF, nirgends sonst.* Der Patient hatte bei allen Experimenten die Augen und Ohren geschlossen. Eccles interpretiert dies Ergebnis dahingehend, dass sich damit das SMF als Ort der Wechselwirkung zwischen Vorsatz und hirnhysiologischer Ebene gezeigt habe. Die Untersuchung selbst sieht er als Beleg für die kausale Wirkung der Geist-Welt aufs Gehirn an

- 2) Roland et al. (1981 ; siehe Eccles, aaO., S.126ff. und S.152 ff.) führten PET-Scans durch, bei denen über radioaktive Markierung der regionale Blutfuß (rCBF) im Gehirn bestimmt werden kann. Dabei wurden die acht Probanden instruiert, sich auf eine Fingerspitze zu konzentrieren, die einem eben noch wahrnehmbaren Berührungsreiz ausgesetzt werden sollte, was aber während der PET-Aufzeichnung nicht geschah. Es wurde also eine selektive, somatosensorische Aufmerksamkeit ohne taktile Stimulierung, d.h. ohne externe Reizung, ‚induziert‘. Die Forscher fanden eine signifikante Aktivierung im postzentralen Gyrus (Projektionsgebiet der betreffenden Fingerspitze) und im mittleren präfrontalen Bereich. Eccles deutet dies im Sinne einer Kausalwirkung der Geist-Welt (selektive Aufmerksamkeit) auf die Hirnhysiologie. Dabei übersieht er, dass das Korrelat für den Aufmerksamkeitsprozess präfrontal zu verorten ist und die Aktivität postzentral das Objekt der Aufmerksamkeit widerspiegelt. Man kann diesen Befund damit auch identitätstheoretisch deuten, dass die selektive Aufmerksamkeit untrennbar mit der präfrontalen Aktivierung einhergeht und somit nicht den Hirnprozessen vorausgeht.
- 3) Roland et al (1985; s. Eccles, ebd.) haben darüber hinaus 6 Probanden ‚instruiert‘, gedanklich (schweigend) eine Subtraktionsaufgabe (sukzessiv von 50 ausgehend 3 abziehen) auszuführen mit geschlossenen Augen und Ohrstöpseln und dabei die rCBF gemessen. Hier kam es zu einer Aktivierung mehrerer Bereiche im frontalen Kortex sowie im supramarginalen und im angularen Gyrus beider Scheitellappen (Parietallappen).

Beide Untersuchungen interpretiert Eccles folgendermaßen:

„Es lässt sich vorhersagen, dass der immense Umfang schweigenden Denkens, zu dem wir fähig sind, Aktivitäten in einer so großen Vielzahl von Bereichen der Hirnrinde hervorruft, dass der größte Teil des Neokortex dem Einfluss des Denkens unterworfen ist [...] Die Hypothese, dass nicht-materielle, mentale Ereignisse die Wahrscheinlichkeit der vesikulären Emission des präsynaptischen Vesikelgitters verändern können, kann alle diese Einflüsse des schweigenden Denkens erklären [...]“ (Eccles, aaO., S.129f.).

Eccles sieht also auch hier im Wesentlichen eine Verursachung vom Geist zum Gehirn. Darüberhinaus bezieht sich Eccles auch auf das von Kornhuber & Deecke (s.o.) gefundene Bereitschaftspotential und sieht dies als Beleg dafür an, dass der Wille der Willkürhandlung vorausgeht (Eccles, aaO., S.41) und dass das SMF „der Sitz starker Aktivierung durch mentale Absichten hin“ (Eccles, aaO., S.124) ist. Auch die Untersuchungen von B.Libet (s.o.) zum Zusammenhang von bewusstem Willen und Willkürhandlung führt Eccles an und resümiert, dass das bewusste Wollen dem Beginn der Bewegung um etwa 200ms vorausgehe. Auch dass der Beginn des Bereitschaftspotentials schon viel früher liegt, nämlich bei 1000 ms., berichtet Eccles

## Teil I: theoretischer Teil

(aaO., S.237). Eccles sieht darin jedoch keinen Beleg dafür, dass das Gehirn anstelle des Geistes die Entscheidung trifft. Aus der Konstruktion des Bereitschaftspotentials über Mittelungsprozeduren, um es von dem Hintergrundsrauschen abheben zu können, folgert Eccles (aaO., S.237):

„ Es [sc.: das Bereitschaftspotential mit Beginn vor dem *bewussten* Wollen] stellt offensichtlich nicht mehr als die Tendenz des bewussten Wollens dar, sich zeitlich auf diese Weise in den Hintergrund einzuordnen. Es weist nicht darauf hin – wie üblich angenommen – , dass das *Gehirn* die willkürliche Bewegung einleitet. Dies geschieht durch den Geist beim bewussten Wollen, für das Libet findet, dass es der tatsächlichen Bewegung um etwa 200 ms vorausgeht [...]“ (Eccles, aaO., S.237)

Diese Erklärung von Eccles der Libetschen Experimente kann nicht befriedigen, da er nicht begründet, wieso sich der Geist in den Hintergrund einordnet, was das für einen Sinn machen könnte. Da erscheint doch die Erklärung viel stichhaltiger, dass die Entscheidung, die Bewegung dann auszuführen, wenn man den Impuls bewusst wahrgenommen hat, schon vor dem Beginn des BSPs, aber frühestens vor dem Beginn des Experimentes mit der Einwilligung zum Experiment gegeben worden ist. Dass das BSP vor dem Bewusstwerden beginnt, liegt in der Struktur des Experimentes begründet, da die Probanden ja auf hochkommende Bewegungsimpulse achten sollten (für weitere Einwände bzgl. der Libet-Experimente siehe oben das ausführliche Kapitel zur Perspektive Libets).

Die Interpretation der Experimente durch Eccles zeigt, dass er die Befunde aus seiner dualistischen Interaktionismustheorie heraus deutet, man sie aber genauso gut aus z.B. der Identitätstheorie heraus deuten kann. D.h., die Befunde eignen sich nicht - im Gegensatz zur Sichtweise von Eccles (z.B. aaO., S.111) für eine Entscheidung zwischen Identitätstheorie oder dualistischem Interaktionismus. Zur Testung der Theorie braucht es also andere Vorgehensweisen als die bisherige experimentelle Neurobiologie verwendet hat. In Teil II dieser Arbeit werde ich einen Untersuchungsansatz mit Strukturgleichungsmodellierung vorstellen, der die Strukturgleichungsmethode über die Grenzen der Geist und Gehirnebene hinaus anwendet und werde untersuchen, ob sich diese Methode zum Theorienpassungsvergleich eignet. Wenn sich herausstellen sollte, dass die Wechselwirkungsannahme besser zu den Daten passt, dann ist dies allerdings kein Beleg für den metaphysischen Substanzdualismus, sondern steht genauso gut mit Selbstorganisations- und Emergenztheorien in Einklang. Da diese einer Annahme einer Seelensubstanz außerhalb der physikalischen Welt nicht bedürfen, aber der Erklärungsbereich der Phänomene genauso groß ist, sind die Selbstorganisations- und Emergenztheorien dem Substanzdualismus Eccles' gemäß dem Ockham'schen Sparsamkeitsprinzip vorzuziehen.

### 3.3. Quantentheoretische Begründung der Mikroarealhypothese

Das Faktum, dass eine Exozytose nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit stattfindet, also ein probabilistischer – keine deterministischer – Prozess ist, fordert eine Erklärung entweder thermodynamischer oder aber quantenphysikalischer Art. Thermodynamisch lässt sich nicht erklären, wieso die Erhöhung der extrazellulären  $Ca^{2+}$ -Konzentration nur zu einer Erhöhung der Exozytose-Wahrscheinlichkeit, nicht aber schließlich zu einem deterministischen Zusammenhang zwischen Nervenimpuls und Exozytose führt, was an einem Zitat Kandel's deutlich wird:

„Die Erhöhung der extrazellulären  $Ca^{2+}$ -Konzentration ändert nicht die Gestalt der spontanen Miniaturendplattenpotentiale oder das synaptische Einheitspotential [sc.: =Aktionspotential]. Sie steigert jedoch *die Wahrscheinlichkeit* der Transmitterausschüttung, so dass es bei einem Aktionspotential zu *weniger Ausfällen* kommt und postsynaptische Potentiale höherer Amplitude entstehen.“ (Kandel et al. 1996; kursiv von K-H.K)

Von daher erscheint es lohnend, einen quantenphysikalischen Standpunkt zu entwickeln. Nach Eccles und Beck (in Eccles 1996, S.226) sind die elektrochemischen Vorgänge nach Auslösung der Exozytose als klassischer membran-mechanischer Makro-Prozess zu verstehen. Die Auslösung der Exozytose selbst hingegen ist probabilistischer Natur und verlangt eine quantenphysikalische Erklärung:

## Teil I: theoretischer Teil

Immer mehr Anzeichen deuten darauf hin, dass der komplexe Vorgang der Exozytose und seine probabilistische Natur von einem „Trigger“-Mechanismus abhängt, der Quantenübergänge zwischen metastabilen molekularen Zuständen beinhaltet.“ (Beck und Eccles, aaO., S. 226)

Beck und Eccles entwerfen im Folgenden ein quantenmechanisches Modell für den Trigger-Mechanismus, bei dem Calciumionen die Vesikel des parakristallinen präsynaptischen Vesikelgitters für die Exozytose vorbereiten. Dabei wird das parakristalline präsynaptische Vesikelgitter in einen metastabilen Zustand versetzt, in dem sich die Exozytose vollziehen kann. Dabei greifen sie auf den Tunneleffekt als typisches quantenmechanisches Phänomen zurück (Haken & Wolf 1987, S.405). Mit dem Tunneleffekt lässt sich nicht nur die Natur des radioaktiven Zerfalls verstehen (Fließbach 2005, S.149ff.), sondern auch die chemische Bindung u.a. im Wasserstoff-Molekülion  $H_2^+$  (Haken & Wolf, aaO., S.399ff.). Zunächst aber wenden sich Beck & Eccles (aaO.) der Frage zu, wann sich ein Mikrosystem im Sinne der klassischen und wann im Sinne der Quantenphysik verhält. Dies hänge einerseits von der Größe der in Betracht stehenden Teilchen ab, zum anderen von der Umgebungs-Temperatur. Für ein hypothetisches Quasi-Teilchen mit einem Freiheitsgrad gelten die folgenden Bedingungen:

a) Die thermische Energie  $E_{th}$  ist gegeben durch  $E_{th}=1/2 k_B T$ ; wobei  $k_B$  die Boltzmann-Konstante ist und  $T$  die Umgebungstemperatur (s. dazu Fließbach 2005, S.6f.);

b) Die quantenmechanische Nullpunktsenergie  $E_0$  eines Quasi-Teilchens der Masse  $M$ , das auf eine Distanz  $\Delta q$  lokalisiert ist, ist gegeben durch:

$$E_0 \approx (2\pi\hbar/\Delta q)^2 / (2M)^{47}$$

c) Mit  $E_0=E_{th}$  kann nun die Grenzlinie zwischen dem Quantenregime und dem klassischen Regime bestimmt werden: Wenn  $E_0$  deutlich größer  $E_{th}$  ist, dann gilt das Quantenregime, im umgekehrten Falle das klassische thermische Regime. Nimmt man nun versuchsweise eine Umgebungstemperatur  $T=27$  Grad Celsius = 300 K (Kelvin) und eine Größe  $\Delta q=1 \text{ \AA}$  (Angström) an, kann man mittels obiger Gleichung auch die kritische Masse  $M_c$  eines Quasi-Teilchens bestimmen, wobei gilt: wenn  $M \ll M_c$ , dann gilt das Quantenregime; wenn  $M \gg M_c$ , dann gilt das thermische Regime. Unter den obigen Annahmen ( $1\text{\AA}$ , 300K) beträgt die kritische Masse das Sechsfache der Masse des Wasserstoffatoms. Daraus schlussfolgern Beck & Eccles:

„Diese Abschätzung zeigt recht deutlich, dass ein quantenmechanischer Trigger der Exozytose in einem molekularen Prozess bestehen muss, zum Beispiel in der Veränderung einer Wasserstoffbrücke durch elektronische Umordnung.“ (AaO., S.228)

Im Weiteren konnten Beck & Eccles (aaO., S.230f) mit Rückgriff auf die Methode von Wentzel, Karmers und Brillouin (WKB-Methode; s. dazu Fließbach 2005, S. 143ff.) zeigen, „dass der Exozytose-Trigger-Prozess im *Femtosekundenbereich* der Quantenchemie von Membranen angesiedelt ist [sc.. femto =  $10^{-15}$  ]“ (aaO., S.231), d.h. insbesondere, dass die Relaxationszeit für den Blockierungsprozess weiterer Exozytosen am selben Vesikelgitter im Femtosekundenbereich liegt. Nun wird auch verständlich, wie es sein kann, dass ein einzelner elektrisch zugeführter Impuls nur eine Exozytose auslöst pro Vesikelgitter, dh. pro Bouton, hingegen ein Aktionspotential mehrere 100 Quanten aktivieren kann: da der depolarisierte Teil des Aktionspotentials  $>1$  ms andauert, können in dieser Zeit locker mehrere 100-1000 Exozytosen nacheinander stattfinden. Die mathematische Modellierung der Exozytose, wie sie von Beck & Eccles vorgeschlagen wurde, hat zur Konsequenz,

---

<sup>47</sup>  $\hbar$  = Planck'sches Wirkungsquantum;  $\Delta p$  = Impuls-Unschärfe. Die Gleichung basiert auf der Heisenbergschen Unschärferelation bezüglich Ort ( $q$ ) und Impuls ( $p$ ), wobei  $\Delta$  die Orts-bzw.

Impulsveränderung meint:  $\Delta p \Delta q \geq 2\pi\hbar$ . Nimmt man nun die untere Grenze der Ungleichung und formt die Impulsunschärfe gemäß der Gleichung  $E=(\Delta p)^2$  in die zugehörige kinetische Energie um, dann ergibt sich die im Text dargestellte Formel.



## Teil I: theoretischer Teil

dass die Wahrscheinlichkeit der Exozytose eines Boutons nicht von der Anzahl der Vesikel im Vesikelgitter abhängt. Dies lässt sich empirisch überprüfen, was meines Wissens bis heute immer noch aussteht.

### 3.4. Kritik des dualistischen Interaktionismus Eccles'

- 1) Positiv ist erst einmal hervorzuheben, dass Eccles den Versuch unternommen hat, eine Theorie zu entwickeln, die der Reduktionsgefahr des Psychischen auf das Physische begegnet und die zugleich bemüht ist, die bestehenden neurophysiologischen Kenntnisse einzubinden. Darüberhinaus ist sie zumindest in Einzelaspekten empirisch überprüfbar:
  - a) da die Geist-Welt umso mehr Einfluss auf die Gehirnphysiologie ausüben kann, je mehr Spielraum die Physiologie lässt, d.h. je geringer die spontanen Exozytose-Wahrscheinlichkeiten sind, sollten sich diese je nach Funktion der Hirnregionen unterscheiden. Für Eccles' Theorie spricht der Befund, dass die Exozytose-Wahrscheinlichkeiten im Hippocampus, der für explizite Gedächtnisprozesse notwendig ist, niedriger sind als z.B. im dorsospinozerebellaren Trakt (DSZT)<sup>48</sup>, wo die Wahrscheinlichkeit 0,76 betrug, im Hippocampus hingegen nur ca. 0,2.
  - b) In Übereinstimmung mit Eccles' Mikroarealhypothese sollten die Exozytose-Wahrscheinlichkeiten im Gehirn von Wirbellosen und niederen Säugetieren im Durchschnitt höher sein als im Gehirn von Hominiden. Dies wurde bis dato meines Wissens noch nicht empirisch untersucht.
  - c) Die Exozytosewahrscheinlichkeit sollte unabhängig von der Vesikelanzahl im Vesikelgitter sein. Auch dies wurde bis dato meines Wissens noch nicht empirisch überprüft.
- 2) Die Psychon-Dendron Einheit kann genauso gut identitätstheoretisch erklärt werden. Ob der Zusammenhang zwischen Psychonen und Dendronen sich so verhält wie Eccles vermutet, lässt sich nicht über einfache Korrelationen untersuchen. Eccles selbst gibt hier keine Hinweise, wie die Wechselwirkung in Abgrenzung zur Identität untersucht werden könnte. Um das Bindungsproblem zu klären, muss Eccles eine eigene Psychon-Welt annehmen mit Wechselwirkungen zwischen Psychonen; er nimmt also eine Geist-Welt an, die unabhängig von der Welt der Physis bestehen soll. Dies ist in hohem Maße spekulativ, da nicht klar ist, wie so etwas sein kann. Zudem lassen sich positive empirische Befunde für die Mikroarealhypothese in ihrer quantenphysikalischen Ausformung auch emergenztheoretisch einbinden. Die Annahme einer unabhängigen, nicht aus der Körperwelt sich heraus entwickelnden Geist-Welt gehört also in den Bereich der Metaphysik, da sie sich einer empirischen Überprüfung entzieht.
- 3) Die von Eccles selbst herangezogenen Befunde aus PET- und anderen bildgebenden Verfahren lassen sich allesamt auch identitätstheoretisch deuten. Dies kommt sicherlich auch daher, dass die zugrundeliegenden Untersuchungen nicht dazu konzipiert wurden, die Wechselwirkungshypothese gegen die Identitätshypothese zu testen, sondern letztlich auf einfachen Korrelationen beruhen.
- 4) Eccles & Beck erwähnen selber am Rande Selbstorganisationsprozesse und zeigen eine mögliche Integration mit ihrer Mikroarealhypothese auf:

„Darüber hinaus bedeutet die Wechselwirkung zwischen mentalen Ereignissen und quantenmechanischen Wahrscheinlichkeitsamplituden für die Exozytose eine kohärente Kopplung einer großen Anzahl von Einzelamplituden der Hunderttausende von Boutons in einem Dendron.

---

<sup>48</sup> Insbesondere im Cerebellum finden physiologische Prozesse statt, die die physiologische Grundlage für automatisierte psychische Prozesse bilden.

## Teil I: theoretischer Teil

Dies wiederum führt zu einer überwältigenden Zahl von Aktualitäten oder „Moden“<sup>49</sup> in der Aktivität jedes Mikrobereichs des Neokortex. Der Physiker wird die starke Analogie zur Laserfunktion oder ganz allgemein zum Phänomen der Selbstorganisation erkennen.“ (Beck & Eccles, aaO., S.234f.)

Um die Anspielung von Beck & Eccles zu verstehen, ist es hilfreich, sich schon an dieser Stelle klarzumachen, was Laserlicht von einfachem Licht unterscheidet (s. dazu Haken & Haken-Krell 1994, S.37ff.); während einfaches Licht einer Lampe völlig unkorrelierte Lichtwellenzüge verschiedener Frequenz und Länge ausstrahlt, ist die Lichtwelle des Lasers hochgeordnet, gleichmäßig und kohärent. Laserlicht entwickelt sich, indem Atome (z.B. Cr-Atome) elektrisch angeregt werden und dann bei der Rückkehr in den alten energetischen Zustand Lichtquanten verschiedener Wellenlängen und Frequenzen abgeben. Ob ein Atom gerade ein Lichtquant abgibt oder nicht, ist rein zufällig, also ein quantenphysikalischer Prozess. Die Lichtwellen treten dann in Konkurrenz zueinander, weil ein Spiegelsystem sie ausreichend lange in der Lichtröhre hält, bevor sie aus dieser austreten. Über die Wechselwirkung (Konkurrenz) der Wellen entwickelt sich schließlich ein Ordner, der die Oberhand gewinnt und den einzelnen Elektronen seine Merkmale aufzwingt. Dies geschieht ab einer bestimmten Stromzufuhr (Kontrollparameter), die der Experimentator regeln kann, allein aus der Wechselwirkung der einzelnen Elektronen untereinander und mit dem sich etablierenden Ordner, ohne dass von außen irgendwelche Merkmale vorgegeben wurden. Dieser Selbstorganisationsprozess, der in der Wechselwirkung von Ordner und Teilen begründet ist, baut auf dem quantenmechanischen Zufallsprozess der Abstrahlung von Photonen bei elektrischer Anregung auf. Ähnliches postulieren nun Beck & Eccles für die Selbstorganisationsprozesse im Geist-Gehirn; auch diese bauen nach Beck & Eccles auf dem quantenmechanischen Zufallsprozess der Exozytose auf. Während die Synergetik Hakens in seiner Anwendung auf Gehirnprozesse (s.u. Teil III) zwar die Wechselwirkungen zwischen Gehirn und Geist mathematisch modellieren kann und dabei auch zeigen kann, dass Geist aus dem Gehirn heraus emergiert, macht Haken nicht klar, wie man sich die Einflussnahme des Geistes auf das Gehirn konkret vorstellen kann, denn auch in der mathematischen Modellierung wechselt die Beschreibungsebene der konkreten, körperlichen Teile zu der Ebene des abstrakten, unkörperlichen Geistes. Haken kann zwar im Prinzip die Wechselwirkungen mathematisch erfassen und in Einklang mit der Empirie bringen, jedoch die Einflussnahme des Geistes im Einzelnen nicht erklären. Diese Lücke lässt sich mit der quantenmechanisch-ausformulierten Mikroarealhypothese schließen, davon ausgehend, dass die quantenmechanischen Modellvorstellungen unabhängig davon gelten können, ob man nun eine unabhängig von der Körper-Welt bestehende Geist-Welt oder aber ein emergentes Verhältnis zwischen beiden annimmt.

### 4. Die Dreiweltentheorie Poppers und sein Konzept eines emergenten zirkulären Dualismus

Zuerst soll im Folgenden die Dreiweltentheorie zur Darstellung kommen. In einem zweiten Schritt werden dann die drei Begründungsstränge der Dreiweltentheorie nachgezeichnet. In einem abschließenden dritten Schritt wird dann die Dreiweltentheorie einer kritischen Betrachtung unterzogen.

#### 4.1. Darstellung der Dreiweltentheorie

Die Dreiweltentheorie wird hier vor allem unter Rückgriff auf Popper (in Popper & Eccles 2005, S.61-77), Popper (1972 [1995<sup>3</sup>]) und auf Popper (1994 bzw. in Metzinger 2007, S.39-56) dargestellt.

<sup>49</sup> Beck & Eccles spielen hier auf die Synergetik von H.Haken an, ohne Haken hier zu nennen. Siehe dazu ausführlicher das Kapitel über Synergetik in Teil III dieser Arbeit.

## Teil I: theoretischer Teil

Popper vermutet (Popper/Eccles 2005, S.61), dass es neben physikalischen Zuständen noch psychische Zustände gibt, die er als *wirklich* ansieht, „da sie ja mit unseren Körpern in Wechselwirkung stehen“. Für Popper ist also das wirklich, real, was Wirkungen hat, die wahrnehmbar und/oder messbar sind. Insofern kommt nach Popper psychischen Zuständen genauso Wirklichkeit zu wie physischen. Dabei versteht sich Popper jedoch nicht als Substanzdualist:

„Ich befürworte also wie Descartes eine dualistische Betrachtungsweise, möchte aber natürlich *nicht* von *zwei in Wechselwirkung stehenden Substanzen* sprechen. Ich halte es aber für berechtigt und nützlich, *zwei Arten in Wechselwirkung stehender Zustände* (oder Ereignisse) zu unterscheiden, physikalisch-chemische und psychische.“ (Popper: Objektive Erkenntnis 1972 [1995<sup>3</sup>], S.263; Hervorhebungen im Original)

Popper unterscheidet aber nicht nur zwei Zustandsbereiche oder Ebenen, die er „Welten“ nennt (in Popper & Eccles 2005, S.63), sondern sogar drei:

**Welt 1:** alle physikalischen Gegenstände und physikalischen und chemischen Prozesse, zu denen auch die neurophysischen Prozesse im Gehirn gehören;

**Welt 2:** „die Welt psychischer Zustände, einschließlich der Bewusstseinszustände, der psychischen Dispositionen und unbewussten Zustände; dies will ich ‚Welt 2‘ nennen“ (ebd.);

**Welt 3:** „die Welt der Inhalte des Denkens und der Erzeugnisse des menschlichen Geistes, diese will ich ‚Welt 3‘ nennen“ (ebd.).

Popper betrachtet nun nicht nur Welt 2 als genauso real wie Welt 1, sondern behauptet, dass auch Welt 3 wirklich ist:

„Eine meiner Hauptthesen ist, dass Gegenstände der Welt 3 wirklich [...] sein können: nicht nur in ihren Materialisationen oder Verkörperungen von Welt 1, sondern auch unter dem Gesichtspunkt von Welt 3. Als Gegenstände der Welt 3 können sie Menschen dazu veranlassen, andere Dinge der Welt 3 zu schaffen und dadurch auf Welt 1 einzuwirken; und die Wechselwirkung mit Welt 1 – selbst die indirekte Wechselwirkung – halte ich für ein entscheidendes Argument dafür, ein Ding wirklich zu nennen.“ (AaO., S.64)

Popper sieht, dass Theorien Produkte menschlichen Denkens sind, behauptet aber, dass sie, wenn sie erst einmal formuliert worden sind, dann ein Eigenleben entwickeln, ihnen also ein gewisser Grad an Autonomie zugestanden werden muss:

„Natürlich sind Theorien Produkte menschlichen Denkens [...]. Dennoch haben sie einen gewissen Grad an *Autonomie*: Sie können objektive Konsequenzen haben, an die bis dahin niemand gedacht hat und die *entdeckt* werden können, entdeckt im gleichen Sinne, in dem eine existierende, aber bisher unbekannte Pflanze oder ein unbekanntes Lebewesen entdeckt werden kann. Man kann sagen, dass Welt 3 nur zu Anfang Menschenwerk ist, und dass Theorien, wenn sie einmal da sind, ein Eigenleben zu führen beginnen: Sie schaffen unvorhergesehene Konsequenzen, sie schaffen neue Probleme.“ (AaO., s.65; Hervorhebungen im Original)

An späterer Stelle schreibt Popper, dass die Welt 3 „ein bisschen mehr als eine Welt der Erzeugnisse des Geistes ist“ (Popper 1994, in Metzinger 2005, S.43), und führt dazu ein Beispiel aus der Geometrie, den Satz des Thales, an, dabei versucht er aufzuzeigen, dass der Satz des Thales eine „*unbeabsichtigte Konsequenz* [kursiv im Original] unserer Erfindung der Geometrie, des Kompasses und des Kreises, der geraden Kante und der geraden Linie“ (ebd.) ist. Der Beweis des Satzes des Thales beruht auf zwei Aussagen, der einen, dass die Winkelsumme im Dreieck immer zwei rechten Winkeln entspricht und zweitens, dass in einem gleichschenkligen Dreieck (=mit zwei gleich langen Seiten) die zwei Winkel zwischen diesen und der dritten Seite auch gleich groß sind. Daraus folgert Popper:

„Also sind die Theoreme, die Probleme und natürlich die Argumente, die wir ‚Beweise‘ nennen, alle nicht-beabsichtigte Konsequenzen unserer Erfindung der Geometrie. Diese nicht-beabsichtigten Konsequenzen können entdeckt werden, genauso, wie wir vielleicht einen Berg oder einen Fluss entdecken – was beweist, dass sie bereits vor ihrer Entdeckung da waren.“ (AaO., S.44)

Popper räumt dabei ein, dass der Gedanke der Welt 3 ein „ungewöhnlicher und schwerer Gedanke“ (AaO., S.41) ist.

## Teil I: theoretischer Teil

Die Rolle der Welt 2 sieht Popper darin, Objekte der Welt 3 zu produzieren und zwischen Welt 3 und Welt 1 zu vermitteln, was er am Beispiel einer Chemiefabrik erläutert; im Falle einer Fabrik ist es so, dass Welt 3 – objektive Pläne und objektive Zielvorstellungen – das regulieren, was in Welt eins durch die Maschinen geschieht. Dabei werden aber die Maschinen von Menschen entworfen und gebaut, so dass Welt 3 nur über Welt 2 einen Einfluss auf Welt 1 ausüben kann.

Die Rolle der Welt 3 sieht Popper als fundamental für die Lösung des Körper-Geist-Problems an:

„Wenn meine These korrekt ist, dann können wir nicht erwarten, auch nur in die Nähe einer Lösung des Körper-Geist-Problems zu kommen, solange wir Welt 3 nicht in Betracht ziehen. Denn das Körper-Geist-Problem war das Problem der Beziehung zwischen den Welten 1 und 2. Und wenn es ein wichtiges Element in dieser Beziehung ist, dass Welt 2 als Vermittler zwischen den Welten 1 und 3 fungiert, dann muss das Körper-Geist-Problem sozusagen unvollständig gestellt bleiben, bis wir es so erweitern, dass es die Beziehung zwischen allen drei Welten abdeckt.“ (aaO., S.42)

Die Bedeutung der Welt 3 macht Popper dann im selben Text (aaO.) deutlich, indem er zwischen biologischer und exosomatischer Evolution unterscheidet. Die exosomatische (=kulturelle) Evolution beruht auf den Wirkungen der Welt 3, vermittelt über Welt 2, auf Welt 1. Physikalische Deterministen sind nicht in der Lage, kulturelle Evolution zu erklären, da sie dazu so etwas wie Welt 3 in seinen Rückwirkungen auf Welt 1, vermittelt über Welt 2, annehmen müssten, dies aber nicht können, da der physikalische Determinismus ja Welten jenseits der Welt 1 als Illusion betrachten muss; dann gilt aber folgendes:

„[...] der physikalische Determinismus ist eine Theorie, über die man, wenn sie wahr ist, nicht argumentieren kann, denn sie muss alle unsere Reaktionen, auch das, was uns als auf Argumente gegründete Überzeugung erscheint, *auf rein physikalische Bedingungen* (kursiv im Original) zurückführen.“ (Popper: Objektive Erkenntnis 1972 [1995<sup>3</sup>], S. 233)

Daraus muss man schlussfolgern, dass Wissenschaft und wissenschaftlicher Fortschritt nicht möglich wären, wenn der physikalische Determinismus zutreffen würde.

Nach näherem Hinsehen fallen sofort Parallelen von Poppers Dreiweltentheorie zu Platons Ideenlehre (s. dazu zusammenfassend Halder 2000, S.151 & 250f.) auf; auch bei Platon kann man drei Seinsbereiche unterscheiden: die Welt der sinnlich-realen und vergänglichen Einzeldinge, die Welt der übersinnlichen, beständigen und übereinzeln Ideen und schließlich die Welt der Seelen. In der Terminologie Poppers könnte man die Welt der Ideen Welt 3, die Welt der Seelen Welt 2 und die Welt der sinnlich-realen, vergänglichen Einzeldinge Welt 1 nennen. Für Platon ist die Welt der Ideen die einzige Welt, die vollständig real (und göttlich) ist, was er u.a. im Höhlengleichnis in seiner Politeia verdeutlicht hat. Wie Popper richtig bemerkt (aaO., S.47f.), besteht Platons Ideenwelt aus Begriffen, an oberster Stelle aus dem Begriff des Guten. Poppers dritte Welt hingegen besteht nicht aus Begriffen, sondern aus Aussagen, Theorien und Hypothesen, aber genau wie Platons Ideenwelt sieht Popper seine Welt drei als autonom vom erkennenden Subjekt an (zumindest als relativ autonom), so dass die Wahrheiten der dritten Welt erkannt und nicht erfunden werden. Popper grenzt sich in diesem Zusammenhang auch gegen Wittgenstein ab, allerdings ohne Wittgenstein zu nennen; während Popper von real-existierenden philosophischen Problemen ausgeht, die das erkennende Subjekt vorfindet, sieht Wittgenstein, insbesondere der späte Wittgenstein, philosophische Probleme als sprachliche Rätsel an, wenn man also die Sprache analysiert, kann man auch das Rätsel einer Lösung zuführen (vgl. dazu Edmonds & Eidinov 2003); dem hat Popper Zeit seines Lebens zum Teil heftig widersprochen:

„Hier ist deshalb die wichtigste Unterscheidung zwischen Platons Welt und meiner. Platon war der größte Philosoph aller Zeiten, aber indem er [...] Worte, Begriffe und Bedeutungen in den Vordergrund rückte, verteuflte er die gesamte philosophische Tradition. Die meisten Philosophen [...] standen unter dem Einfluss dieser Tradition. Und sogar die neueste Philosophie, die Philosophie der Sprach- oder Bedeutungsanalyse, bildet keine Ausnahme: es ist keine Philosophie der Sprache, sondern eine Philosophie der Worte [...].“ (Popper 1994, in Metzinger 2007, S.48)

## Teil I: theoretischer Teil

Zum Abschluss der Darstellung ist noch festzuhalten, dass Popper die drei Welten hierarchisch anordnet. Da in der Evolution nachweislich zuerst die physikalische Welt (=Welt 1) dagewesen ist, kommt dieser grundlegende Bedeutung zu. Aus ihr heraus entwickelte sich im Laufe der Evolution als nicht reduzierbare neue Ebene die Welt 2. Die Welt 3 hingegen sieht Popper zum Teil als aus Welt 2 heraus entstanden, zum Teil aber auch als schon immer vorhanden; mit Entstehung der Welt 2 ist es nun dem Menschen möglich Probleme, die Teil der Welt 3 sind, als solche zu erkennen und kritisch zu beschreiben und einer argumentativen Kritik zu unterziehen. Jede der höheren Welten baut auf der niederen auf, ist aber nicht auf diese reduzierbar, da sie Aspekte umfasst, die auf der niederen Stufe noch nicht vorkommen und von dieser her auch nicht vorhersehbar waren. Die drei Welten beeinflussen sich wechselseitig, wobei allerdings Welt 3 auf Welt 1 und Welt 1 auf Welt 3 nur über Vermittlung von Welt 2 wirken kann. Während Popper in der Veröffentlichung mit Eccles (Erstveröffentlichung auf Englisch im Jahr 1977) die Interaktion von Welt 2 mit Welt 1 noch nicht an konkreter Stelle im Gehirn verortet, macht er 1994 (Popper 1994; in Metzinger 2007, S.54) viel weitergehende Aussagen; er schlägt hier nämlich vor, dass die Wechselwirkung im Sprachzentrum des Gehirns liegt.

Popper schreibt der Welt 3 eine Hauptrolle bei der Lösung des Geist-Körper-Problems zu, so schreibt Popper (1994; in Metzinger 2007, S.52):

„Volles Bewusstsein ist in der Welt 3 verankert – dass heißt, es ist eng verknüpft mit der Welt der menschlichen Sprache und der Theorien. Es besteht in der Hauptsache aus Denkvorgängen. Aber es gibt keine Denkvorgänge ohne Denkinhalte, und Denkinhalte gehören zu Welt 3.“

Nach Popper kontrollieren sich die Ebenen (=Welten) in Wechselwirkungsbeziehungen, wobei er eine Kontrollhierarchie der Ebenen annimmt mit Welt 1 als Basis, darüber Welt 2 und dann Welt 3. Das heißt, dass Welt 2, insbesondere das Selbst, nicht die höchste Kontrollebene sei, sondern das Selbst werde durch Welt 3-Theorien „plastisch kontrolliert“. Unter „plastischer Kontrolle“ versteht er dabei eine „Art des Gebens und Nehmens, es ist ein Kontrolltyp, der Feedback mit einschließt“, so dass „wir in der Lage sind, die uns kontrollierenden Welt-3-Theorien zu verändern“ (ebd. 52f.). Dabei sieht er zu Recht plastische Kontrolle als vermittelndes Drittes an zwischen Determinismus auf der einen und Zufall auf der anderen Seite. Wie Popper (1972 [1995<sup>3</sup>]) feststellte, genügt die Widerlegung des Determinismus nicht, um Freiheit garantieren zu können, er zitiert in diesem Zusammenhang den Deterministen Moritz Schlick: „[...] Handlungsfreiheit, Verantwortung und Zurechnungsfähigkeit reichen nur so weit, wie die Kausalität reicht; sie hören auf, wo der Zufall im Spiel ist [...], ein höherer Grad von Zufälligkeit [...] [bedeutet einfach] einen höheren Grad von Verantwortungslosigkeit“ (M.Schlick: Erkenntnis; zit. nach Popper, aaO., S.236) und stimmt ihm diesbezüglich zu. Denn es ist natürlich etwas völlig anderes, wenn meine Handlungen dem Zufall entspringen, als wenn ich sage, ich habe mich frei entschieden, so zu handeln. Da aber, konsequent zu Ende gedacht, Determinismus<sup>50</sup> Freiheit und damit Willensfreiheit und Verantwortung ausschließt, objektiver Zufall jedoch auch nicht das umschreibt, was wir mit Freiheit und Willensfreiheit meinen (s. dazu Bieri 2007), muss es etwas Drittes geben zwischen Determinismus und Zufall. Und genau dieses Dritte beschreibt Popper als „plastische Kontrolle“, als Prozess des Gebens und Nehmens, der wechselseitigen Beeinflussung.

### 4.2.Begründung der Dreiweltentheorie

Popper begründet seine Dreiweltentheorie im Wesentlichen mit drei Argumentationssträngen (Widerlegung des physikalischen Determinismus und Geschlossenheit der physikalischen Welt, Emergenz der Sprache und des Bewusstseins, Evolutionstheorie)

---

<sup>50</sup> In der starken Form, so wie ihn Popper versteht

## Teil I: theoretischer Teil

- a) Durch Widerlegung des physikalischen Determinismus will Popper zeigen, dass die Welt 1 nicht vollkommen physikalisch geschlossen ist. Dabei versteht Popper (1972 [1995<sup>3</sup>], S.229) unter physikalischem Determinismus die Lehre, dass alle Ereignisse „vollständig und unendlich genau“ physikalisch vorherbestimmt sind, „ohne *jede* Ausnahme [kursiv im Original]“; „der physikalische Indeterminismus behauptet nicht mehr, als dass der Determinismus falsch ist, dass es da oder dort *wenigstens einige* [kursiv im Original] Ausnahmen von der genauen Vorherbestimmung gibt. Unter einem *physikalisch abgeschlossenen System* versteht Popper

„eine Menge oder ein System physikalischer Gegenstände, wie Atome oder Elementarteilchen oder physikalische Kräfte oder Kraftfelder, die miteinander in Wechselwirkung stehen – und zwar *nur* [kursiv im Original] miteinander – endgültigen Wechselwirkungsgesetzen folgend, die keinen Raum für Wechselwirkungen mit (oder Einflüsse von) irgend etwas außerhalb dieses abgeschlossenen Systems lassen.

Zur Widerlegung des physikalischen Determinismus führt Popper den objektiven Zufall der Quantentheorie und die Veränderung der Vorstellungen, was Materie ist, im Zuge der Entwicklung der Quantentheorie an (in Popper & Eccles 2005, S.24ff.) und resümiert dazu:

„Das Universum erscheint uns heute nicht als eine Ansammlung von Dingen, sondern als eine Menge von in Wechselwirkung stehenden Ereignissen oder Prozessen [...]“ (in Popper 2005c, S. 26)

In *Über Wolken und Uhren* (Popper 1972 [1995<sup>3</sup>]) führt Popper darüber hinaus die Sichtweise des Mathematikers und Physikers Charles Sanders Peirce an, der aufgezeigt hat, dass selbst die genauesten Vergleiche von Massen und Längen, welche an Genauigkeit alle anderen physikalischen Maße übertreffen, „weniger genau sind als die Buchführung eines Bankkontos“ (Peirce, zit nach Popper, aaO., S.221).

„Daraus schloss Peirce, man könne vermuten, dass alle Uhren mit einer gewissen *Ungenauigkeit* oder *Unvollkommenheit* behaftet seien, wodurch ein *Element des Zufalls* hereinkomme. So vermutet Peirce, die Welt werde nicht nur von den *strengen Newtonschen Gesetzen* beherrscht, sondern gleichzeitig auch von den *Gesetzen des Zufalls* oder der Unordnung: von Gesetzen der statistischen *Wahrscheinlichkeit*.“ (Popper, ebd.; alle Hervorhebungen im Original)

Diese Gedanken baut Popper später (Popper 1995. Eine Welt der Propensitäten; s. dazu Keuth 2000, S.215f. und 220ff.) zu seiner Propensitätstheorie<sup>51</sup> aus. Unter Propensität versteht Popper die Verwirklichungstendenz von Ereignissen. Propensitäten werden über relative Häufigkeiten nach dem Gesetz der großen Zahl empirisch ermittelt. Während in der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie Wahrscheinlichkeit in Bezug auf relative Häufigkeiten definiert wird, sieht Popper Propensität als Verwirklichungstendenz an, die „im allgemeinen *jeder Möglichkeit* und jedem einzelnen Wurf *innewohnt*“ (Popper 1995, S.26; Hervorhebungen im Original). Die Propensitätstheorie „nimmt an, dass Propensitäten nicht bloße Möglichkeiten, sondern physikalische *Wirklichkeiten* sind. Sie sind so real wie Kräfte oder Kraftfelder“ (Popper, aaO., S. 28). Popper geht dann sogar noch einen Schritt weiter und versteht sämtliche physikalischen Kräfte und Kraftfelder als Spezialfälle von Propensitäten. Dabei betont Popper, dass Propensitäten nicht Eigenschaften seien, die einem Objekt innewohnen, sondern Eigenschaften, „die einer *Situation* innewohnen, zu der das Objekt gehört“ (Popper, aaO., S.31; Hervorhebungen im Original):

„[Betrachten] wir die Propensität eines wahllos herausgegriffenen Wasserstoffatoms, Teil eines bestimmten Makromoleküls [etwa einer Nukleinsäure) zu werden [...]: Ob ein Katalysator, ein Enzym, da ist oder nicht, kann dabei einen großen Unterschied machen [...]. Die Wahrscheinlichkeit oder Propensität wird 0 sein für ein Wasserstoffatom, das wahllos irgendwo aus dem Universum herausgegriffen wird, die Wahrscheinlichkeit oder Propensität für ein Wasserstoffatom innerhalb eines Organismus und in der unmittelbaren Nachbarschaft eines geeigneten Enzyms kann aber ganz beträchtlich sein.“ (Popper 2005c, S.50)

<sup>51</sup> Wobei sich diese aber auch schon in Popper & Eccles 1972 (2005<sup>9</sup>, S. 46-50) in ihren Grundzügen findet

## Teil I: theoretischer Teil

Wenn nun aber die physikalische Welt 1 nicht vollkommen deterministisch ist, sondern indeterministisch in Poppers Sinne, dann kann Welt 2 auf Welt 1 einwirken, indem sie auf Propensitäten für Ereignisse der Welt 1 Einfluss nimmt und Welt 3 kann dies tun, vermittelt über Welt 2; wenn z.B. ein Architekt ein Haus konstruiert, so tut er dies mit seinen denkerischen Fertigkeiten (Welt 2) und wenn er den Plan aufschreibt, so dass er auch für andere zugänglich ist, wird der Inhalt seiner denkerischen Bemühungen objektiv und so zum Bestandteil von Welt 3<sup>52</sup>. Wenn nun sich Bauingenieure und Bauarbeiter von seinem Plan leiten lassen (Interaktion von Welt 3 und Welt 2, hier speziell Wirkung von Welt 3 auf Welt 2) und das Haus bauen, haben sie Einfluss auf die materielle Welt genommen und so Welt 1 verändert; zusammengefasst lassen sich die Zusammenhänge folgendermaßen darstellen:

Welt 2 → Welt 3 → Welt 2 → Welt 1.

In dieser Darstellung wurden allerdings nicht die Wechselwirkungen zwischen psychischer (Welt 2) und hirnpfysiologischer (Welt 1) Ebene berücksichtigt, sondern einfach vorausgesetzt. Im Sinne Poppers wird der Entschluss des Architekten, z.B. den Füller zu nehmen und den Plan aufzuschreiben, Propensitäten im hirnpfysiologischen Bereich so verändern, dass es schließlich zum Aufschreiben des Plans kommt, wobei die Steuerung des Prozesses des Aufschreibens natürlich wieder ein Rückkopplungsprozess ist, bei dem physiologische Daten aus den Sinnenorganen verarbeitet werden und Einfluss auf Wahrnehmungen und die Intentionalität des Schreibaktes (Welt 2) nehmen.

- b) Emergenz der Sprache und des Bewusstseins, also der Welt 2: Popper versteht unter Emergenz das unvorhersehbare Auftauchen von etwas Neuem, unvorhersehbar deswegen, weil es sich aus den Eigenschaften der Teile der Ebene, aus der heraus sich das Neue entwickelt hat, nicht vorhersehen lässt.

„Wir können also über die Entstehung des Bewusstseins nur spekulieren. Klar ist jedoch, dass es etwas Neues und Unvorhersehbares ist: Es ist emergent, es taucht auf.“ (Popper 2005c, S.54)

Das typische Programm der Reduktion geht von folgenden Reduktionsstufen aus:

- 
- 5) Ökologie/Soziologie
  - 4) Psychologie
  - 3) Biologie
  - 2) Chemie
  - 1) Physik
- 

Aus der Physik als der grundlegendsten Wissenschaft sollen sich also alle anderen Wissenschaften ableiten lassen, d.h., anders formuliert, dass sich die Stufen 2-4 allesamt auf Physik reduzieren lassen sollen. Dabei wird jedoch übersehen, dass schon die Chemie, wenn auch weitgehend, so doch nicht vollständig, auf Physik reduzierbar ist. Daraus folgt, dass man die Stufen nicht als Stufen eines Reduktionsprogrammes ansehen kann, sondern die nächsthöheren Stufen als Bereicherung der niederen anzusehen sind:

„Die Sachgebiete [...] sind also deutlich *nicht reduzierbar* auf die niederen Stufen, obgleich die Theoreme der niederen Stufen auf den höheren gültig bleiben und irgendwie auch in den höheren Theoremen enthalten sind. Ferner sind *einige* Theoreme der höheren Stufen auf die niederen reduzierbar.“ (Popper 2005c, S. 43; Hervorhebungen im Original)

Daraus folgt, dass die nächsthöheren Stufen Aspekte beinhalten, die neu sind, sich nicht reduzieren lassen, also auch im letzteren Sinne emergent sind. Nimmt man

---

<sup>52</sup> während der Plan inhaltlich zu Welt 3 gehört, gehört natürlich das Papier und die Tinte, mit der er schriftlich festgehalten worden ist, zu Welt 1, ähnlich wie eine Gipskulptur als Form zu Welt 3 und als Gips zu Welt 1 gehört.

## Teil I: theoretischer Teil

aber Emergenz als Nicht-Reduzierbarkeit ernst, dann muss man das Geschlossenheitspostulat bezüglich der Welt 1 aufgeben, denn letzteres beinhaltet ja, dass sich alles auf Prozesse der Welt 1 reduzieren lassen müsste. Die mangelnde Vorhersagbarkeit der Entstehung von Sprache und Bewusstsein aus hirnhysiologischen Prozessen heraus (sowie die Nicht-Reduzierbarkeit auf letzte) macht deutlich, dass Welt 1 nicht geschlossen sein kann und somit Wechselwirkungen zwischen den Welten möglich sind. Dass Wechselwirkungen zwischen niederer und höherer Ebene vorkommen, Abwärts-Kausalität (downward causation) also möglich ist, illustriert Popper u.a. an folgendem Beispiel des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Molekülbewegung: reduktionistisch betrachtet lässt sich Temperatur als die Durchschnittsgeschwindigkeit der Bewegung einzelner Moleküle verstehen, lässt sich also auf die Bewegung von einzelnen Molekülen reduzieren. Dies trifft jedoch die Zusammenhänge nicht vollständig, denn die Bewegung eines einzelnen Moleküls wird auch von der Durchschnittsgeschwindigkeit von Molekülgruppen beeinflusst, indem die Durchschnittsgeschwindigkeit einer Molekülgruppe die Durchschnittsgeschwindigkeit einer benachbarten Molekülgruppe und damit auch wieder die Geschwindigkeit der zugehörigen einzelnen Moleküle beeinflusst. Also schon hier auf der physikalischen Ebene findet eine Wechselwirkung zwischen Temperatur als Makrophänomen und der Bewegung einzelner Moleküle als Mikrophenomene statt. In diesem Sinne lässt sich Temperatur eben nicht vollständig auf Mikrophenomene reduzieren, sondern es bedarf des Zusammenspiels von Mikro- und Makrophänomenen, um zu verstehen, was Temperatur ist.

„Das scheint mir ein weiteres bedeutsames Beispiel für das allgemeine Prinzip zu sein, dass eine höhere Stufe einen dominanten Einfluss auf eine niedrigere Stufe ausüben kann.“ (Popper aaO., S.60)

- c) Die ‚organische‘ Evolution: Während Lamarck davon ausging, dass die Vorliebe der Giraffe, hochgelegene Äste abzuäsen, dazu geführt habe, dass diese Vorliebe zum Strecken des Halses und in einem weiteren Schritt dann zur Vererbung längerer Hälse geführt habe, erworbene Eigenschaften also direkt vererbt würden, geht die darwinsche Evolutionstheorie davon aus, dass blinder Zufall, der mit Mutationen im Erbgut der Organismen einhergeht, und Selektionsdruck der äußeren Umwelt zur natürlichen Auslese führen, in deren Rahmen dann der an die Umwelt bestangepasste Organismus überlebt und die anderen verdrängt. Im Sinne des Darwinismus haben also Zielsetzungen, Präferenzen, Wünsche und Hoffnungen der einzelnen Lebewesen keinen Einfluss auf die Evolution. Diese Lehre sei falsch, was auch die Darwinisten Baldwin und Morgan in ihrer sogenannten Lehre von der „**organischen Evolution**“ festgestellt hätten; ein Lebewesen ist in der Lage, sich eine Vorliebe durch Versuch und Irrtum bewusst anzueignen, so hat die einzelne Giraffe mit der Zeit bemerkt, dass die Blätter von Ästen in höheren Bereichen oft nahrhafter sind als untere Blätter, so dass sie die Vorliebe für hoch liegende Blätter entwickelte und diese Vorliebe via Modelllernen auch an ihre Nachkommen weitergegeben haben dürfte. D.h. die Giraffe hat in einem gewissen Umfang sich ihre Umwelt selbst gewählt, bzw. ihre Umwelt verändert, so wie ein Baum schon in der Lage ist, seine Wurzeln durch einen Felsspalt hindurchzutreiben und so auf nährstoffreichen Boden zu stoßen, der für sein Wachstum zuträglicher ist. Durch die Wahl bzw. Veränderung der Umwelt entstand nun bei der Giraffe ein Selektionsdruck in der Richtung, dass Tiere mit längeren Hälsen besser zur Umwelt passten, so dass Mutationen, die in diese Richtung gingen, zu Überlebensvorteilen der betroffenen Tiere führten, die sich dann schließlich gegenüber den Tieren mit kurzen Hälsen via der von Darwin beschriebenen natürlichen Auslese durchsetzten:

„Um ein bekanntes Beispiel zu nennen: Nach Lamarck war es die Vorliebe, hochgelegene Äste von Bäumen abzuäsen, die die Vorfahren der Giraffe ihre Hälse strecken ließ, und diese Vorliebe führte dann durch die Vererbung erworbener Eigenschaften zu unserer Giraffe. Für den modernen



## Teil I: theoretischer Teil

Darwinismus [...] ist diese Erklärung völlig unannehmbar, weil erworbene Eigenschaften nicht vererbt werden. Das heißt aber keineswegs, dass die Tätigkeiten, Vorlieben und Wahlhandlungen der Vorfahren der Giraffe nicht eine entscheidende (wenn auch indirekte) Rolle in ihrer Evolution gespielt haben. Im Gegenteil, sie schufen eine neue Umwelt mit neuen Abarten des Selektionsdrucks für ihre Nachkommen, und das führte zur Auslese der langen Hälse.“ (Popper, aaO., S.33)

Der Mechanismus der natürlichen Auslese werde also dann wirkungsvoller, je größer das vorhandene Verhaltensrepertoire des Organismus ist, Verhaltensstarrheit dürfte es hingegen der natürlichen Auslese schwerer machen, neue Anpassungen zu schaffen. Vor diesem Hintergrund könnte, so Popper, nun verständlicher werden, wie das menschliche Bewusstsein entstanden ist:

„Man könnte sagen, dass der Mensch, als er sich zu sprechen entschloss und Interesse an der Sprache zeigte, sich auch dazu entschied, sein Gehirn und sein Bewusstsein zu entwickeln; dass die Sprache, einmal geschaffen, den Selektionsdruck ausübte, unter dem sich das menschliche Gehirn und das Bewusstsein des eigenen Selbst, das bewusste Ich entwickelten.“ (Popper, aaO., S.34)

Dies sieht Popper als Beleg dafür an, dass unsere Entscheidungen, Gedanken, Pläne und Handlungen „zu einer Situation führen, die ihrerseits auf uns und auf die Entwicklung des menschlichen Gehirns zurückwirkt“ (ebd.). Das Entstehen von Sprache und vor allem in der Folge von Bewusstsein lässt sich nur verstehen, wenn das Bewusstsein seinerseits auf die physische Ebene zurückwirken kann, so dass sich aus dieser Wechselwirkung heraus ein Selektionsdruck Richtung Sprache und der zugehörigen Gehirnstrukturen entwickelt hat, der zu immer differenzierteren Sprach- und Bewusstseinsmöglichkeiten in Verbindung mit der Evolution der entsprechenden Hirnstrukturen (hier vor allem des Frontalhirns) führte. Dass Bewusstsein im Prozess der Evolution sich schrittweise zu immer höheren Stufen hin entwickelte, zeigt, das Bewusstsein mit einem evolutiven Vorteil verbunden ist (z.B. macht Bewusstsein Probehandeln und das Voraussehen von eventuellen Gefahren möglich sowie das Umlernen von Gewohnheiten, die maladaptiv geworden sind) und somit kein bloßes Epiphänomen sein kann. Der evolutive Vorteil kann aber nur dann zum Tragen kommen, wenn Bewusstsein auf physische Prozesse im Gehirn Einfluss nehmen kann, was bei der Änderung von Gewohnheiten offensichtlich ist, da diese sich nur über bewusst gewähltes und durchgeführtes Alternativverhalten ändern lassen, was mit hirnpfysiologischen Veränderungen einhergeht. Dies wurde z.B. für die verhaltenstherapeutische Behandlung von Zwangsstörungen schon empirisch belegt (s. dazu Grawe 2004, S.174f.).

### 4.3.Kritik der Dreiweltentheorie und ihrer Begründungsversuche

- Erst einmal ist zu betonen, dass Eccles und Popper gemeinsam ein Buch verfasst haben aus der Sorge heraus, dass das typisch Menschliche durch die Vorherrschaft eines Maschinenmodells - in moderner Form: der Mensch als informationsverarbeitende Maschine – verloren bzw. in Vergessenheit geraten könnte. Beide wollen also vehement einem reduktionistischen Menschenbild mit seinen schädlichen Auswirkungen auf die Gesellschaft entgegentreten und nehmen dafür in Kauf, sich gegen den Mainstream zu stellen.
- Diese Gemeinsamkeit darf aber nicht dazu führen, dass man die Unterschiede zwischen Popper und Eccles aus dem Blick verliert: während Eccles sich als Substanzdualist versteht, der, wie Descartes von der unabhängigen Existenz des Seelischen ausgeht, das Seelische also nicht aus dem Körperlichen emergiert, sondern sich im Laufe der körperlichen Weiterentwicklung im Prozess der Evolution nur immer besser und differenzierter zeigen konnte, wodurch ein evolutiver Vorteil entstand, geht Popper davon aus, dass das Materielle dem Geistigen vorausgegangen ist und das Geistige erst *entstanden* ist im Prozess der Evolution als ein Emergieren aus den materiellen Prozessen heraus mit der Folge, dass das Neue dann wiederum auf die Materie

rückwirken konnte. Poppers Konzept ist daher auch nicht als dualistischer Interaktionismus zu bezeichnen, sondern als **Konzept eines emergenten zirkulären Dualismus, eigentlich sogar Pluralismus**, wobei mit „zirkulär“ die Wechselwirkungsprozesse als zirkuläre Kausalität (vgl. oben: „plastische Kontrolle“) aufgefasst werden.

- Poppers Position bezüglich des Geist-Körper-Problems ist so schillernd, dass drei Lesarten möglich sind (vgl. dazu Hastedt 1988, S.183), eine dualistische, die weitgehend mit Eccles übereinzustimmen scheint, erkennbar z.B. an seinem Lokalisationsvorschlag für die Wechselwirkung (s.o.), eine aspektdualistische Lesart und eine emergenztheoretische.
- Poppers Kritik am Determinismus und das Ersetzen desselben durch Wahrscheinlichkeiten oder Propensitäten bedeutet nicht zwingend die Aufgabe der Geschlossenheit der physikalischen Welt: Popper setzt hier Zufälligkeit bzw. Nicht-Vorhersagbarkeit und Nicht-Geschlossenheit gleich. Wie aber am deterministischen Chaos (Kriz 1999, 13ff.) deutlich wird, kann durchaus Nicht-Vorhersagbarkeit auf der Makroebene mit der Mikroebene<sup>53</sup> vollständig determinierenden Gesetzmäßigkeiten einhergehen. Zufall bzw. mangelnde Vorhersagbarkeit und Geschlossenheit der physikalischen Welt schließen sich somit nicht zwangsläufig gegenseitig aus. Jedoch macht die Einführung von Propensitäten die Offenheit der Welt 1 für Einflüsse der Welt 2 möglich, es muss aber nicht so sein.
- Popper unterscheidet nicht zwischen starkem und schwachem Determinismus (s.o. Kap.1.3.). Hätte er dies getan, dann hätte er sehen können, dass nur starker Determinismus und Emergenz sich ausschließen, schwacher Determinismus jedoch sehr wohl mit Emergenz einhergehen kann (vgl. dazu auch Stephan 2007, 178ff.).
- Mit der Einführung der „plastischen Kontrolle“ als drittem Weg zwischen Determinismus und Zufall scheint mir Popper eine fundamentale Idee in die Diskussion eingeführt zu haben. Denn wenn man davon ausgeht, dass in Willensentscheidungen natürlich alle Erfahrungen, Erlebnisse und Gewohnheitsbildungen einfließen, die sich im Laufe der Biographie angesammelt haben, man aber trotzdem von Freiheit als der Möglichkeit, selbstbestimmt zu handeln, ausgeht, dann ist der Ausweg aus diesem Dilemma die Annahme zirkulärer Kausalität zwischen psychischer und physischer Ebene: Alle früheren Einflüsse bestimmen natürlich die von mir getroffenen Entscheidungen mit, aber im Prozess der Entscheidung mache ich mir diese Einflüsse und normativen Einstellungen, so gut es geht, bewusst, um dann die Entscheidung zu finden, die zu meinem Selbstbild und zu den an mich gestellten Erwartungen und wichtigen überindividuellen Normen am besten passt. D.h., dass Entscheidungen immer auch kreative Prozesse umfasst, die sich algorithmisch nicht vollständig fassen lassen (s.u. Teil III die Ausführungen in Anlehnung an R.Penrose), aber dennoch keineswegs blind zufällig sind, und die Aha-Erlebnisse, die sich im Zuge solcher nicht-algorithmischer Prozesse einstellen, wirken dann via downward causation auf die sich in der neurophysischen Struktur und neurophysischen Prozessen niedergeschlagenen Erfahrungen zurück, so dass meine Entscheidung dann eine freie ist, die dennoch im Netz der Kausalitäten gründet.
- Die Autonomie der Welt 3 leitet Popper her, indem er aufzeigt, dass z.B. die *Erfindung* der Geometrie durch den Menschen zu Folgeproblemen führt, die dann nicht mehr erfunden, sondern *entdeckt* werden. Daraus die Autonomie der Welt der Theorien abzuleiten, ist nicht zwingend. Naheliegender ist hingegen die Erklärung, „dass menschliche Auffassungen Implikationen [...] enthalten, die nicht intendiert und bei der Formulierung noch nicht bewusst

---

<sup>53</sup> Mit Mikroebene ist hier nicht der Geltungsbereich der Quantenphysik gemeint.

## Teil I: theoretischer Teil

gewesen sind. [...] So ist die Schlussfolgerung naheliegend, dass die Welt 3 lediglich eine aufwändige Illustration für die Komplexität und Eigendynamik menschlicher Gedanken ist“ (Hastedt 1988, S.185f.). Dass die Annahme von so etwas wie einer platonischen Welt der Ideen rational ist, hat, wie mir scheint, Penrose (s.u. Teil III) mit Rekurs auf Gödels Unvollständigkeitstheorem schlüssiger begründet.

- Welt 3 soll einerseits aus Welt 2 emergieren, andererseits aber auch schon vorher bestanden haben, wie ein Berg, der ja auch unabhängig von seiner Entdeckung bestehen würde. Diese Sichtweise ist in sich widersprüchlich. Denn wenn etwas emergiert ist, dann ist das, was dabei entstanden ist, qua Definition von Emergenz, neu und unerwartet, also kann es als solches nicht schon vorher bestanden haben.
- Die Konzeption der Welt 3 betrachtet Denkinhalte, Theorien, Hypothesen, Probleme, die sich aus vorhandenen Theorien ergeben usw. als real und somit als vom Bewusstsein und physiologischen Gehirnprozessen zu unterscheidende Entität. Popper übersieht dabei jedoch, dass Theorien etc. nur dann ihre Wirkung entfalten, wenn sie kommuniziert werden. Sind Theorien nicht Bestandteil eines Diskurses, dann werden sie, obwohl sie in Büchern objektiviert und prinzipiell jedem Interessiertem zugänglich sind, schnell in Vergessenheit geraten. *Was Popper übersieht, ist, dass die Eigendynamik seiner Welt 3 erst in Diskursen zwischen Menschen zustande kommt.* Genau in dieser sozial-kommunikativen Komponente sehe ich einen wesentlichen Unterschied zwischen der Konzeption Luhmanns (s.o. Kap.1.3) und der Poppers. Auch Luhmann (s.o. Kap. 1.3) sieht die biologische Körperebene, die Ebene der Psyche und die soziale Ebene als zu unterscheidende Entitäten an, nämlich als drei zu unterscheidende, dabei aber in struktureller Kopplung befindliche operational geschlossene Systeme, zwischen denen via struktureller Koppelungsprozesse kausale Interdependenzen bestehen. Aber Luhmann nimmt kein gesondertes Reich der Ideen an, sondern stattdessen soziale Systeme, deren Elemente kommunikative Akte sind, und scheint mir damit die Komplexität der Wirklichkeit besser zu beschreiben als Popper. Genau wie Luhmann macht aber auch Poppers Konzeption deutlich, dass sich deskriptive und argumentative Diskurse nicht durch Interaktion von Gehirnen (P.M.Churchland 1981, in: Metzinger 2005, S.213) beschreiben lassen.
- Poppers Ausführungen zur Emergenz von Sprache und Bewusstsein verbleiben weitgehend im Bereich der Entstehung derselben im Prozess der Evolution (genetische Emergenztheorie). Genetische Emergenztheorien greifen aber zu kurz, wenn sie die gegenwärtigen Beziehungen zwischen Geist und Körper beschreiben sollen (Hastedt 1988, s. dazu Kap. 1.3.)
- Es hat den Anschein, als ob es Popper gar nicht so sehr um die Lösung des Körper-Geist-Problems geht, sondern er dies Problem nutzt, um die Bedeutung seiner Welt 3 (und damit seiner Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie) hervorzuheben, was ihn deutlichst von Eccles unterscheidet, der Zeit seines Lebens sich dem Körper-Geist-Problem gewidmet hat. Dafür spricht, dass Eccles eine Vielzahl von Veröffentlichungen zum Thema für sich verbuchen kann, Popper hingegen nur vereinzelt sich zum Geist-Körper-Problem geäußert hat. (s. dazu Hastedt 1988, S. 181f.)
- Popper gebührt genau wie Eccles das Verdienst, aufgezeigt zu haben, dass eine materialistisch-monistische Position rational nicht zwingend ist.

5. Möglichkeiten und Grenzen der empirischen Herangehensweise an das Leib-Seele-Problem

5.1. Grenzen der bisherigen Herangehensweisen

Während Popper genau wie in der Regel alle anderen philosophischen Autoren den rational-argumentativen Zugang zum Thema gewählt hat, bemühte sich Eccles eine zumindest in Teilen empirisch testbare Theorie zu entwickeln. Zur Begründung seiner Vorstellungen greift er dabei, genauso wie Roth und Singer, auf empirische neuropsychologische Befunde zurück, die jedoch zu ganz anderen Fragestellungen, also nicht zur Klärung des Leib-Seele-Problems, generiert worden sind. Dies hat zur Folge, dass Roth, Singer und Eccles zum Teil dieselben Befunde im Lichte ihrer jeweiligen Theorien interpretieren und dabei übersehen, dass die referierten Befunde gar nicht dazu dienen konnten, die Frage, ob Dualismus oder Materialismus zu den Daten besser passt, entscheiden zu können. Denn in der Regel handelte es sich um Korrelationsstudien, und aus Korrelationsstudien lassen sich ohne weiterführende Verarbeitung in Strukturgleichungsmodellen keine Kausalitätsaussagen ableiten. Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen im Gefolge Libets, die experimentell aufgebaut sind und damit prinzipiell über die vorhandene Zeitachse Rückschlüsse über Kausalitäten zulassen können. Die nähere Betrachtung dieser Untersuchungen machte aber deutlich, dass das in Betracht gezogene Zeitfenster im Sekundenbereich zu kurz ist, um alle möglicherweise relevanten Wechselwirkungen zu erfassen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma könnte die Heranziehung von Strukturgleichungsmodellierung (SEM) sein, bei der Querschnittsdaten zugrunde gelegt werden, in denen sich kausale Zusammenhänge niedergeschlagen haben. Dies hat den Vorteil, unabhängig von Zeitfenstern zu sein, kann aber nur funktionieren, wenn die herangezogenen Daten als traits (anstelle von states) interpretiert werden können. Hagemann, Naumann, Thayer & Bartussek (2002) haben vermittels der Anwendung der latent state-trait theory herausgefunden, dass 60% der Varianz der erhobenen Ruhe-EEG-Asymmetrie auf individuelle Differenzen eines stabilen latenten Trait-Faktors zurückgehen. Diese Untersuchung spricht dafür, dass es angemessen ist, Ruhe-EEG-Variablen als Trait-Indikatoren zu verstehen, was mittlerweile in einer Fülle von Untersuchungen so vorausgesetzt wurde mit guten Ergebnissen<sup>54</sup> (u.a. Thatcher, North & Biver 2002; Thatcher, North, Biver 2005; Thatcher et al. 2003; Lubar 2003, Monastra et al. 1999, Clarke et al. 2001). Auch auf neuropsychologischer Ebene werden die verwendeten Konzentrationstests als Trait-Indikatoren verwendet und in die Prä-Post-Vergleiche genauso wie Intelligenz-Tests einbezogen (s. z.B. die Neurofeedbackstudie von Fuchs, Birbaumer et al. 2003). Die oben angegebenen Untersuchungen zeigen, dass es sowohl für das EEG als auch für neuropsychologische Tests angemessen ist, sie als Indikatoren für zugrundeliegende Traits zu betrachten. Dadurch wird es möglich, Strukturgleichungsmodelle empirisch zu testen anhand von EEG<sup>55</sup>-, neuropsychologischen, und klinischen Daten. Um das dualistische Modell (= Wechselwirkungsmodell) gegen das materialistische Modell (=monokausales Modell) und gegen die Identitätstheorie (= Einfaktormodell) testen zu können, ist es notwendig, die Ebenengrenzen zu überschreiten, also Strukturmodelle zu konstruieren, die psychologische und physiologische Daten umfassen. Um herauszufinden, ob es schon andere Versuche in dieser Richtung gibt, habe ich eine Internet-Recherche am 19.1.08 in PubMed durchgeführt mit der Suchanweisung: „SEM & Brain“ für den Zeitraum 1988 bis Dezember 2007. Dabei bin ich auf 110 Untersuchungen gestoßen, die zum überwiegenden Teil erst ab dem Jahr 2000 und später veröffentlicht worden sind. Keine einzige dieser Untersuchungen beschäftigte sich explizit mit dem Körper-Geist-Problem und so verwundert es auch nicht, dass

<sup>54</sup> Thatcher et al 2005 konnten z.B. zeigen, dass die Ruhe-EEG-Coherence ausgeprägt signifikant mit der Intelligenz des Hamburg-Wechsler-Intelligenztestes korrelierte.

<sup>55</sup> Natürlich auch MEG, fMRI oder PET-Daten

## Teil I: theoretischer Teil

keine einzige der Untersuchungen Ebenen-übergreifend konzipiert worden ist. Folgende Typen von Untersuchungen lassen sich unterscheiden:

- 1) psychologische Ebene: Nominaldatenniveau mit zwei oder manchmal auch mehr Gruppen (z.B. musste eine Versuchsperson eine bestimmte kognitive Aufgabe lösen in der einen Bedingung, in der anderen Bedingung etwas anderes tun; die psychologischen Gruppen ergeben sich hier also durch qualitativ unterschiedliche Aufgaben, die jede Versuchsperson lösen musste); physiologische Ebene: EEG-Daten, oder PET- oder fMRI-Daten<sup>56</sup>, die pro Aufgabengruppe erhoben werden. Structure-equation-modeling (SEM) wird dann pro Aufgabengruppe durchgeführt und im Nachhinein auf Unterschiede hin qualitativ verglichen. Ziel der Untersuchung ist es also, die Konnektivität zwischen Hirnregionen in verschiedenen psychologischen Aufgabengruppen zu vergleichen. SEM wird also nicht ebenenübergreifend verwendet, was voraussetzen würde, dass auch die psychologischen Variablen auf Intervalldatenniveau (bzw. mindestens Ordinaldatenniveau) erhoben worden wären.
- 2) Auf psychologischer Ebene wird nur eine Bedingung erhoben und auf physiologischer Ebene ein Strukturgleichungsmodell getestet.
- 3) Untersuchungen, in denen genetische Indikatoren mit IQ-Daten und EEG- oder fMRI-Daten korreliert werden und dann einer SEM unterzogen werden. Bei diesen Untersuchungen geht es nur darum, das Ausmaß an genetischer Bedingtheit festzustellen.
- 4) Kontrollgruppenuntersuchungen: Die psychologische Variable wird durch zwei, manchmal auch mehrere distinkte Gruppen von Versuchspersonen repräsentiert, z.B. Gesunde vs. Schizophrene. Die physiologischen Daten werden dann pro Gruppe erhoben und ein SEM wieder pro Gruppe durchgeführt und im Anschluss qualitativ verglichen.

Die obige Auflistung macht deutlich, dass es in keinem Fall darum geht, Interaktionen zwischen psychischer und physischer Ebene zu untersuchen, sondern es scheint stillschweigend vorausgesetzt zu werden, dass die physische Ebene die psychologische verursacht. Die ebenenübergreifende Verwendung von SEM als empirischer Zugang zum Leib-Seele-Problem scheint also ein Novum zu sein. Diesen Zugang habe ich als sozialwissenschaftlichen Zugang titulierte, da es in den Sozialwissenschaften Usus ist, wenn möglich auch psychosoziale Variablen auf Ordinal-, und, wann immer möglich, auf Intervallskalenniveau zu erheben. Dies scheint, wie die PubMed-Internet-Recherche zutage gefördert hat, im Bereich von Neurophysiologie und Neuropsychologie nicht üblich zu sein. Bei der Messung von Variablen der physiologischen und psychologischen Ebene scheint auch das **Komplementaritätsprinzip der Quantenphysik** zu gelten (s.o. Kap.1.2.): je genauer man die physiologische Ebene erfasst, desto ungenauer wird die Erfassung der psychologischen Ebene. In den oben referierten SEM-Untersuchungen wurden die physiologischen Prozesse im Gehirn örtlich und wenn möglich, auch zeitlich in hoher Auflösung und Differenziertheit erfasst, während die psychologische Ebene meist nur aus zwei nominalen Bedingungen bestand. Dieser Versuchsaufbau wird durch die messtechnischen Gegebenheiten der bildgebenden Verfahren (MEG,PET, MRI und fMRI) und des EEG nahegelegt, bei denen etwas nur als Differenz zu einer Grundbedingung erfasst und interpretiert werden kann (Schleim 2008; Walter 2005). D.h., dass ohne psychologische Konstrukte die physiologischen Daten nicht interpretierbar sind. In den meisten Untersuchungen wurden meist zwei psychologische Gruppen gebildet, so dass die physiologischen Daten einen Rahmen bekamen, in dem sie mit Sinn gefüllt werden konnten, wobei die physiologischen Daten in hoher zeitlicher (und schlechter räumlicher) oder in hoher räumlicher und

---

<sup>56</sup> d.h. Intervalldatenniveau

## Teil I: theoretischer Teil

schlechter zeitlicher Auflösung erfasst werden. D.h., dass auf der physiologischen Ebene selbst eine Komplementarität zwischen Zeit und Ort besteht, ähnlich wie in der Quantenphysik zwischen Bewegungsimpuls und Ort. Dazu kommt die Komplementarität zwischen Physis und Psyche, in den referierten Fällen wurde die Physis sehr genau und differenziert erfasst, die Psyche nur grob und auf Nominaldatenniveau mit zwei oder mehreren Kategorien. Versuchen wir nun einmal, uns das Ganze genau andersherum vorzustellen, also hohe Auflösung, sprich: Differenziertheit, auf der psychologischen Ebene, was passiert dann auf der physiologischen Ebene? Was würde passieren, wenn man z.B. die Versuchspersonen sich nicht nur Objekte, wie z.B. Wäschekörbe versus Gesichter vorstellen läßt, sondern auch noch die Intensität der visuellen Details dabei variieren soll, z.B. den Wäschekorb in 5 verschiedenen Brauntönen? Je differenzierter die psychologische Ebene erfasst wird, desto schwieriger wird es, die zugehörigen physiologischen Muster zu unterscheiden, da die Messmethodik auf der physiologischen Ebene nicht mehr ausreicht, solche feinen Unterschiede als signifikante Unterschiede zu erfassen, die sich vom Rauschen des Gehirns abheben. Es scheint also das Komplementaritätsprinzip für Hirnphysiologie und Psyche zu gelten, die Manfred Wetzell folgendermaßen umschreibt:

„In dem Maße, in dem eine Entscheidung für das eine, die Objektivierung, vorliegt, entschwindet das andere, die Selbsterfahrung, und vice versa.“ (Wetzell 2007, S.32)

Die Komplementarität für hirnhysiologische und psychologische Ebene lässt sich grafisch veranschaulichen:

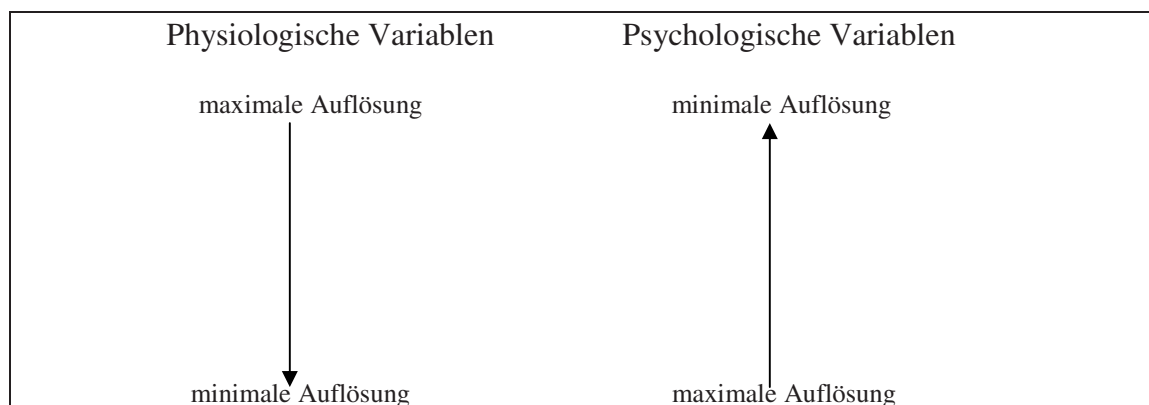


Abb.1. 8: Komplementarität der hirnhysiologischen und psychologischen Ebene

Bei maximaler Auflösung der physiologischen Variablen können die psychologischen Variablen nur auf Nominaldatenniveau erfasst werden bei minimaler Auflösung. Wenn man nun die Auflösung der physiologischen Variablen vermindert, kann man gleichzeitig die Auflösung der psychologischen Variablen erhöhen. Es ist also möglich, sich in der Mitte zu treffen – anders als in der Quantenphysik – mit mittlerer Auflösung für die Variablen beider Ebenen. Dies ist notwendig, da sonst eine Wechselwirkung nur schwerlich erfasst werden kann, denn bei maximaler Auflösung der physiologischen Ebene wird dieser mehr Gewicht zukommen und vice versa. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass die erfassten Variablen beider Ebenen dasselbe Datenniveau aufweisen (Ordinal- oder Intervalldatenniveau). Deswegen wurde bei der vorliegenden empirischen Untersuchung im zweiten Teil dieser Arbeit darauf geachtet, dass auch die psychologischen Variablen mindestens auf Ordinaldatenniveau erfasst werden, was bei der vorliegenden Untersuchung mit einem Verlust räumlicher (nur EEG-Daten des Frontalhirnlappens) und qualitativer Auflösung (nur Frequenzbandquotienten als Variablen) der physiologischen Ebene verbunden ist. Um Variablen der zwei Ebenen auf gleichem Datenniveau einander zuordnen zu können, ist es darüber hinaus notwendig, die Frequenzbandquotienten an den verschiedenen Orten des Frontalhirnlappens als Indikatoren eines latenten

## Teil I: theoretischer Teil

zugrundeliegenden physiologischen Faktors zu betrachten, was differenzierende Aspekte, nämlich die Beiträge verschiedener Hirnregionen zu der auf der psychologischen Ebene erbrachten Leistung, zwangsläufig aus der Untersuchung ausschließt. Modelle mit mehr als einem physiologischen Faktor sind prinzipiell möglich, würden aber jedoch große Untersuchungsstichproben erfordern, was den Rahmen der vorliegenden, nicht finanziell unterstützten Arbeit gesprengt hätte. Die vorliegende Studie (s.u. Teil II) ist also nur als allererste, tentative Pilotstudie zu betrachten.

### 5.2. Zur Notwendigkeit kritischer Rationalität als Voraussetzung für Klärungsversuche des Leib-Seele-Problems

Die wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Ausführungen in Teil I, Kap.1.3. dieser Arbeit haben gezeigt, dass Poppers kritischer Rationalismus als wissenschaftstheoretische Beschreibung und auch als wissenschaftstheoretische Norm zu kurz greift, da er nur die deduktive Seite expliziert, die induktive Seite aber in den Bereich des Subjektiven verbannt. Wissenschaftliche Untersuchungen sollten sich demnach nicht nur der deduktiven Betrachtungsweise verpflichtet fühlen, sondern auch die induktive Seite würdigen. Es geht also darum, wenn unerwartete Dinge im Forschungsprozess auftauchen, dann diese nicht gleich zum Anlass zu nehmen, ganze Theorien/Modelle oder gar das Forschungsprogramm zu verwerfen, sondern stattdessen sie als Information zu betrachten, um die theoretischen Konstrukte zu modifizieren und so zu Theorien/Modellen zu kommen, die dann **bei den nachfolgenden Falsifikationsversuchen** zeigen müssen, ob sie der Wirklichkeit besser standhalten als ihre Vorgänger. In dieser Arbeit werde ich deswegen die Methode der Strukturgleichungsmodellierung sowohl zur Exploration, insbesondere, was die Messmodelle angeht, als auch zur Konfirmation nutzen, wobei zwischen diesen Bereichen klar und nachvollziehbar unterschieden werden muss. Kritische Rationalität zeigt sich hier in der nachvollziehbaren und rational begründbaren Integration von Induktion und deduktiver Prüfung. Darüberhinaus zeigt sich kritische Rationalität hier auch insofern, als hier direkt Modelle zur empirischen Untersuchung des Leib-Seele-Problems entwickelt werden, statt dass zum Leib-Seele-Problem mit Untersuchungen Stellung bezogen wird, die gar nicht das Ziel hatten, das Leib-Seele-Problem näher zu beleuchten.

## 6. Aufmerksamkeitsdefizit- und Hyperaktivitätsstörung (ADHS; engl.: ADHD)

### 6.1. Erscheinungsbild, Epidemiologie und weitere empirische Befunde

Aufmerksamkeitsstörungen mit und ohne Hyperaktivität/Impulsivität sind zusammen mit den aggressiven Verhaltensstörungen die häufigsten psychischen Störungen im Kindesalter (Döpfner et al. 2000, S.1). Kernsymptome sind eine Beeinträchtigung der Aufmerksamkeit (erhöhte Ablenkbarkeit, mangelnde selektive Aufmerksamkeit, eingeschränkte Daueraufmerksamkeit...), erhöhte motorische Aktivität (Hyperaktivität) und mangelnde Impulskontrolle (kognitive und emotionale Impulsivität). Nach DSM IV (Saß et al. 1998, S.62ff.) lassen sich drei Subtypen unterscheiden :

- Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung, vorwiegend unaufmerksamer Typus: Hier sind mindestens 6 von 9 Kriterien für den Bereich Unaufmerksamkeit erfüllt<sup>57</sup>, jedoch weniger als 6 von 9 Kriterien für den Bereich Hyperaktivität/Impulsivität

---

<sup>57</sup> Der FBB-HKS von Döpfner (s. im Anhang) erweist für die Diagnosestellung gute Dienste, da er sich streng an die DSM-IV Kriterien anlehnt und die Bereiche Aufmerksamkeit von Hyperaktivität/Impulsivität unterscheidet

## Teil I: theoretischer Teil

- Aufmerksamkeitsdefizit- /Hyperaktivitätsstörung, Mischtypus: hier sind sowohl für den Bereich Aufmerksamkeit als auch für Hyperaktivität/Impulsivität jeweils mindestens 6 von 9 Kriterien erfüllt;
- Aufmerksamkeitsdefizit- /Hyperaktivitätsstörung, vorwiegend Hyperaktiv-impulsiver Typus: mindestens 6 von 9 Kriterien des Bereichs Hyperaktivität/Impulsivität sind erfüllt, und weniger als 6 oder gar keine aus dem Bereich Aufmerksamkeit.

Obwohl das DSM IV genauso wie die ICD10 (Dilling et al. 2005) voraussetzen, dass die Symptome der Aufmerksamkeitsdefizit- /Hyperaktivitätsstörung<sup>58</sup> (ADS, ADHS) in mindestens zwei Lebensbereichen auftreten, kann das Ausmaß der Symptome von Bereich zu Bereich stark variieren. In der Regel treten die Symptome dann stark auf, wenn von den Kindern / Jugendlichen eine längere Aufmerksamkeit bei für sie fremdbestimmten oder langweiligen Tätigkeiten verlangt wird, wie z.B. Hausaufgaben machen, lernen, dem Unterricht folgen. Bei Computerspielen hingegen verhalten sie sich unauffällig, können hier sogar oft sehr gut aufmerksam und konzentriert sein. Auch tritt die Symptomatik in der Regel deutlich stärker in Gruppensituationen als in der dyadischen Face-to-Face-Situation auf. Daher kann auch nicht aus einem Fehlen von Auffälligkeiten in der Untersuchungssituation auf das Nicht-Vorliegen der Störung geschlossen werden.

Die Prävalenzraten der ADS /ADHS schwanken je nach zugrundegelegten Kriterien und Untersuchungsverfahren stark. Brühl et al. (2000) untersuchten die Prävalenz von ADS /ADHS nach DSM IV bei deutschen Kindern im Alter von 6 bis 10 Jahren mit dem FBB-HKS-Elternbogen und fanden eine Diagnoseprävalenz (für alle Subtypen zusammengenommen) von 6%. Jungen sind gegenüber Mädchen deutlich häufiger betroffen. Baumgärtel et al (1995 ; s. Döpfner et al 2000, S.6) fanden eine Jungen-Mädchen-Relation von 2 :1 für den vorherrschend unaufmerksamen Typus und von 5 :1 für den vorherrschend hyperaktiv-impulsiven Typus.

Die vielfältigen empirischen Befunde zum Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom mit und ohne Hyperaktivität sowie dem vorwiegend hyperaktiv-impulsiven Typus lassen sich mit Barkley (2006; Kapitel 3 und 4) folgendermaßen zusammenfassen:

- ADHD<sup>59</sup> geht mit vielfältigen Entwicklungs-, kognitiven und akademischen Beeinträchtigungen sowie Gesundheitsrisiken einher.
- ADHD ist mit einer geringen Reduktion der Intelligenz verbunden (im Durchschnitt!) und mit moderaten und größeren Defiziten im adaptiven Funktionsniveau<sup>60</sup> und akademischen Fertigkeiten und geht damit mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Lern- und Leistungsstörungen (z.B. Lese-Rechtschreibstörung) einher.
- ADHD ist darüber hinaus verbunden mit Sprachproblemen (z.B. mangelhafte Organisation und ineffizientes und unlogisches Ausdrücken von Ideen; Schwierigkeiten, Situationen in ihren Abläufen aus der Erinnerung wiederzugeben; mangelhaftes inneres, handlungsbegleitendes Sprechen etc.).
- ADHD geht mit moderaten Problemen mit dem verbalen Arbeitsgedächtnis einher.
- ADHD geht oft einher mit mangelndem Zeitmanagement und der Schwierigkeit, Zeitintervalle z.B. zwischen Reiz und geforderter Reaktion oder zwischen Reaktion und Belohnung mental zu überbrücken

---

<sup>58</sup> ADS = Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität/Impulsivität; ADHS = Aufmerksamkeitsstörung mit Hyperaktivität /Impulsivität.

<sup>59</sup> ADHD = Attention-Deficit-Hyperactiv-Disorder

<sup>60</sup> was sich z.B. in lebenspraktischen Schwierigkeiten zeigt: Vielen AD(H)S-Kindern und Jugendlichen fällt es schwer, Routinen aufzubauen (z.B. sich gründlich und regelmäßig die Zähne zu putzen, sich morgens zügig ohne Trödeln anzuziehen usw.)



## Teil I: theoretischer Teil

- ADHD ist sehr stark verbunden mit Schwierigkeiten in der Emotionsregulation, insbesondere dem Umgang mit Frustrationen. Kinder mit ADHD zeigen höhere Grade an Aggressivität, Ärger und Traurigkeit; einige ADHD-Kinder zeigen geringere Grade an Empathie.
- Die Selbsteinschätzung von Fähigkeiten und Fertigkeiten ist insbesondere in defizitären Bereichen positiv verzerrt: ADHD-Kinder und Jugendliche denken oft, dass sie etwas können, dann kommt die Klassenarbeit und hinterher die schlechte Note. Die realistische Einschätzung eigener Kompetenzen gelingt oft nicht.
- Unter wenig oder Null-Verstärkungsbedingung haben Kinder mit ADHD größere Schwierigkeiten, bei der gestellten Aufgabe zu bleiben als Kontrollkinder, und ADHD-Kinder zeigen größere Verbesserungen der Aufgabenbewältigung als Kontrollkinder, wenn sofortige und konsistente Verstärkung eingeführt wird.
- ADHD geht mit einem Underarousal im EEG, insbesondere in frontalen und zentralen Regionen, einher. Dies zeigt sich sowohl in quantitativen EEG-Analysen (quantitative Analysen des Spontan-EEGs, welches auch tonisches EEG genannt wird) als auch in Untersuchungen, in denen evozierte Potentiale erhoben wurden (phasisches EEG). Die konsistentesten Ergebnisse der EEG-Forschung sind erhöhte slow-wave oder Theta-Aktivität, insbesondere im Frontallappen, und verminderte Beta-Aktivität frontal und zentral. So konnten Chabot und Serfontein (1996) eine erhöhte absolute und relative Theta-Aktivität und reduzierte Alpha- und Beta-Aktivität in Ruhe bei geschlossenen Augen nachweisen bei ADHD-Kindern im Vergleich zu Kontrollkindern. Dabei war der Unterschied zur Kontrollgruppe bezgl. Alpha vor allem posterior erkennbar, für Beta hingegen frontal. Clarke et al. (2001) fanden darüberhinaus erhöhte Theta-Beta power ratios im Vergleich zu gesunden Kontrollen unter Ruhebedingungen mit geschlossenen Augen. Diese kortikale Verlangsamung bzw. Underarousal fand sich auch in Untersuchungen von Lubar (siehe zusammenfassend Lubar & Lubar 1999) und Monastra (Monastra et al. 1999). Clarke et al. (2001, S.219) weisen daraufhin, dass sie neun Versuchspersonen (7,5%) wegen exzessiver Beta-Aktivität aus der Untersuchung ausgeschlossen haben. Auch Chabot & Serfontein (1996) erwähnen eine solche Subgruppe von ADHD-Kindern. Lubar und Lubar (1991, S.108f.) beschreiben diese Subgruppe wie folgt:  
„Ein vierter Subtyp beinhaltet Individuen, die gesteigerte Aktivität in den anterior medialen Bereichen des Frontallappens zeigen. [...] Diese Individuen sind auch hyperaktiv, ablenkbar und ruhelos. [...] Diese Individuen erfahren darüber hinaus ein Aufmerksamkeitsdefizit, welches die Unfähigkeit beinhaltet, den Aufmerksamkeitsfokus zu verschieben, verbunden mit hyperfokussierter Aufmerksamkeit auf irrelevanten Details. Einige Individuen mit medialer orbital-frontaler Hyperaktivierung zeigen emotionale Wechselhaftigkeit, Explosivität und Aggressivität. [...] Der anteriore, cinguläre Gyrus (ACC), welcher zum orbital-frontalen Kortex projiziert, ist in vielen dieser Individuen hypermetabolisch.“ (Übersetzung von K-H.K)  
Die Untersuchungen von Clarke et al. (1998, 2001) haben gezeigt, dass vor allem Unterschiede zwischen den Gruppen in Maßen relativer power und power ratios sich replizieren ließen:  
„Differenzen wurden gefunden bezüglich absolutem und relativem theta und bezüglich relativem alpha und relativem beta zwischen allen untersuchten Gruppen<sup>61</sup>. Die Ergebnisse zeigen, dass die in Maßen relativer Power gemessenen Effekte stabiler sind, als Maße absoluter power. Die Analyse [...] bestätigt das frühere Ergebnis, dass der theta/beta ratio differenzieren kann zwischen der Gruppe normaler Kinder und Kindern mit ADHD. Darüberhinaus wurden ratio-Differenzen auch zwischen ADHDin und ADHDcom gefunden.

---

<sup>61</sup> ADHDin= Aufmerksamkeits-Hyperaktivitätsstörung, vorwiegend unaufmerksamer Typ; ADHDcom= Aufmerksamkeits-Hyperaktivitätsstörung, Mischtyp; control= Kontrollgruppe ohne psychische Störungen

## Teil I: theoretischer Teil

Auch der theta/alpha Ratio<sup>62</sup> differenziert zwischen allen drei Gruppen.“ (Clarke et al., 2001, S. 219 ; Übersetzung von K-H.K)

Während die oben referierten Untersuchungen Abweichungen des Arousal in Ruhebedingungen und bei Monastra, Lubar et al. (1999) auch während kognitiver Aufgaben festgestellt haben, weisen die Untersuchungen von Sonuga-Barke (2002) darauf hin, dass ADHD-Kinder nicht in der Lage sind, das Arousalniveau<sup>63</sup> der jeweiligen Aufgabe so anzupassen, dass sie sie gut lösen können. Dies fand Sonuga-Barke heraus, indem er das Aktivierungsniveau experimentell manipulierte: Die Kinder sollten einen zuvor auf dem Monitor präsentierten Reiz wiedererkennen und mit der Computermaus anklicken. Dabei wurde die Reizdarbietungszeit variiert (5 Sekunden, 10 Sekunden, 15 Sekunden) unter der Annahme, dass die Aufgabe mit kürzerer Darbietungszeit schwieriger wird und damit ein höheres Aktivierungsniveau erfordert. Die Hypothese, dass ADHD-Kinder im mittleren Bereich keine Schwierigkeiten haben, sich jedoch in der 5- und 15-Sekunden-Bedingung von der Kontrollgruppe unterscheiden würden, ist eingetroffen.: die Leistung in der 5- und 15-Sekunden- Bedingung war schlechter als die Leistungen in der Kontrollgruppe. Die Studie von Sonuga-Barke (2002) kann als Bestätigung seines sogenannten *State Regulation Deficit Model's* angesehen werden. In der Summe sprechen die Befunde dafür, dass sowohl tonisches Underarousal und Overarousal bei ADHD vorkommen kann als auch phasisches Dysarousal. Dass das phasische Dysarousal vor allem ein Unteraktivierungsproblem ist, zeigen mehrere Untersuchungen, die Leins (2004, S. 52f.) übersichtlich zusammengefasst hat. U.a. fanden Johnstone et al (2001), dass bei ADHS- Kindern im Vergleich zu gesunden Kontrollkindern die frühe Negativierung<sup>64</sup> (CNV1) geringer ausgeprägt war.

- Primäre Sinnesstörungen (insbesondere Hören und Sehen) sind nicht mit ADHD assoziiert.
- Probleme in der motorischen Entwicklung stellen eine übliche komorbide Störung dar.
- ADHD geht wahrscheinlich mit einem erhöhten Risiko einher, an Asthma zu erkranken. Das Risiko von ADHD-Kindern für das Auftreten einer epileptischen Störung ist erhöht, ebenso wie vermehrte Einschlaf- und Durchschlafprobleme vorkommen.
- ADHDler neigen zu Verletzungen infolge von Unfällen, bzw. sind ihre Verletzungen häufiger und ernster.
- Kinder mit ADHD und ihre Familien nutzen das medizinische System mehr als Kontrollgruppen, was mit erhöhten medizinischen Kosten einhergeht.

---

<sup>62</sup> theta/alpha power ratio= quadrierte theta-Amplitude /(geteilt durch) quadrierte alpha-Amplitude. Die Theta/alpha und die theta/beta power ratios (übersetzt: Quotienten der quadrierten Amplituden) nehmen von der Kontrollgruppe über ADHDin bis ADHDcom an frontalen Positionen zu. Dh., dass ADHD mit einer frontalen Verlangsamung (mehr theta und weniger beta) einhergeht. Clarke et al. (2001, S.214) haben die Frequenzbänder folgendermaßen definiert : Delta (0,5-2,5 Hz), Theta (2,5-7,5 Hz), Alpha (7,5-13,5 Hz), Beta (13,5 -20,5 Hz) und Gesamt-EEG (0,5-20,5 Hz).

<sup>63</sup> Mit Arousalniveau ist der Aktivierungsgrad des Kortex gemeint, der im Wesentlichen von der Retikulären Formation in Zusammenarbeit mit thalamischen Kernen gesteuert wird (s. dazu Birbaumer/Schmidt 1996, S.528f.; Serman 1996). Dabei unterscheidet man tonische Wachheit und phasische Aktivierungserhöhung.

<sup>64</sup> Man unterscheidet generell zwischen zwei EEG-Formen: dem Spontan-EEG (hier werden über die Fourieranalyse Frequenzbänder [Delta, Theta, Alpha, SMR, Beta, High Beta, Gamma] aus dem Rohsignal herausgefiltert) und den sogenannten evozierten Potentialen (hier wird die elektrische Reaktion auf einen Reiz hin im Bereich 0-1Hz erhoben; es handelt sich hier also um die sogenannten Langsamen Hirnrindspotentiale [engl: slow cortical potentials, abgekürzt: SCP]). Die CNV (contingente negative Variation) ist eine späte SCP-Komponente, innerhalb der CNV unterscheidet man eine frühe CNV (CNV 1) und eine späte CNV (CNV2). Die CNV1 wird mit der Orientierungsreaktion in Verbindung gebracht, die CNV2 mit der Vorbereitung einer nachfolgenden Reaktion. Siehe dazu Birbaumer/Schmidt 1996, S.500-504.

## Teil I: theoretischer Teil

- Teenager und Erwachsene mit ADHD haben häufiger Autounfälle als Kontrollgruppen
- Befunde mehren sich, dass ADHD mit geringerer Lebenserwartung infolge riskanten Verhaltens verbunden sein könnte.

ADHD ist sehr oft mit komorbiden Störungen verknüpft (Barclay, aaO., S. 206ff.):

- Angststörungen treten durchschnittlich in 25-35% der ADHD-Fälle auf. Angststörungen gehen dabei zwar mit weniger Impulsivität, dafür aber mit vermehrter Unaufmerksamkeit und schlechterem ‚Responding‘ auf Stimulantien einher.
- Depressive Störungen (Depressive Episoden) kommen bei Jugendlichen mit ADHD in 25-30% der Fälle vor, bei Jugendlichen mit Major-Depression entwickeln 16-63% zusätzlich eine ADHD. Wenn ADHD und Depression zusammen auftreten, erhöht dies die Wahrscheinlichkeit für Störungen des Sozialverhaltens, für schlechtere Therapieeffekte und für massivere psychologische Fehlanpassung der Eltern.
- Bis zu 84% der ADHD-Kinder leiden unter komorbidem oppositionellem Trotzverhalten (im Durchschnitt 45-55%).
- Störungen des Sozialverhaltens (delinquentes Verhalten) kommen im Durchschnitt bei 35-45% der ADHDler vor. Wenn Störungen des Sozialverhaltens vorkommen bei ADHD, dann ist dies fast immer auch verbunden mit oppositionellem Trotzverhalten. Die Störung des Sozialverhaltens beginnt in der Gruppe der ADHDler früher als ohne ADHD. Das Vorhandensein einer Störung des Sozialverhaltens ist ein Zeichen für eine ernstere Form von ADHD, und wahrscheinlich konstituiert die Komorbidität von ADHD und Störung des Sozialverhaltens einen Subtyp von ADHD mit ausgeprägtem persistentem antisozialem Verhalten, einem höheren Level an Impulsivität, verzerrten Attributionen über die Intentionen von anderen, leichter provozierte Aggression, länger anhaltendem Groll gegen andere, einer größeren Wahrscheinlichkeit für depressive Störungen und für Substanzmissbrauch, einer größeren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer antisozialen Persönlichkeitsstörung im Erwachsenenalter und einer stärker beeinträchtigten Ursprungsfamilie.
- Eine posttraumatische Belastungsstörung (PTSD) kann ADHD verursachen und vice versa. Allerdings kommt ADHD mit PTSD allein nur selten vor (nur 1-6 % der reinen ADHDler entwickeln eine PTSD). Wenn jedoch oppositionelles Trotzverhalten oder bipolare Störung hinzukommen, dann ist das Risiko für eine PTSD signifikant höher (22-24% der ADHDler mit oppositionellem Trotzverhalten oder bipolarer Störung entwickeln eine PTSD).
- Das Tourette-Syndrom (TS) kommt bei ADHDlern nicht öfter vor als bei Nicht-ADHDlern. Jedoch kommen Nicht-TS-Ticstörungen etwas häufiger bei ADHDlern vor (12-34%). In der Stichprobe von Menschen mit TS tritt ADHD hingegen gehäuft auf (25-85%).
- Es existieren keine Daten bezüglich des Vorkommens von Autismus-Spektrum- Störungen in der Gruppe der ADHDler. Jedoch kann ADHD bei 26% der Kinder mit Autismus-Spektrum-Störungen vorkommen.
- ADHD-Kinder haben sehr oft Schwierigkeiten im Umgang mit Gleichaltrigen (50-70%) und erfahren soziale Ablehnung. Diese sozialen Probleme sind am stärksten in der komorbiden Gruppe ADHD + oppositionelles Trotzverhalten / Störung des Sozialverhaltens ausgeprägt.
- ADHD ist verknüpft mit bedeutsamen Konflikten in Eltern-Kind-Beziehungen, charakterisiert durch geringere und schlecht aufrecht erhaltene Compliance des Kindes bezüglich elterlicher Forderungen, mehr elterliche

## Teil I: theoretischer Teil

Befehle und Bestrafungen. Eltern-Kind-Konflikte und ein problematischer Erziehungsstil sind in den Familien mit komorbidem ADHD+oppositionelles Trotzverhalten/Störung des Sozialverhaltens am stärksten ausgeprägt. Dasselbe gilt für Lehrer-Kind-Interaktionen.

- Eltern von ADHD-Kindern haben oft selbst ADHD. Wenn die Kinder komorbides oppositionelles Trotzverhalten /Störung des Sozialverhaltens zeigen, dann erhöht dies die Wahrscheinlichkeit für depressive Störungen und für die antisoziale Persönlichkeitsstörung bei den Eltern, genauso wie dann auch gehäufte Eheprobleme und soziale Benachteiligungen der Eltern auftreten.
- ADHD kann nützlicherweise über die An- oder Abwesenheit von Hyperaktivität/Impulsivität in Subtypen unterteilt werden, so wie es im DSM-IV schon möglich ist, indem das DSM-IV die Unterscheidung zwischen kombiniertem Typ (Unaufmerksamkeit + Hyperaktivität/Impulsivität) und vorwiegend unaufmerksamen Typ zulässt. Im vorwiegend unaufmerksamen Typ (Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität/Impulsivität) lässt sich vielleicht sogar noch eine Untergruppe unterscheiden, die sich durch verlangsamtes kognitives Tempo auszeichnet. Diese Untergruppe könnte sogar für eine qualitativ unterschiedliche Aufmerksamkeitsstörung stehen. Individuen mit verlangsamten kognitiven Tempo sind in der Regel passiver, vermeidender, phlegmatischer, lethargischer, wirken öfter wie weggetreten, ohne angeben zu können, an was sie gerade denken, neigen zu mehr Tagträumereien und haben seltener oppositionelles Trotzverhalten oder Störungen des Sozialverhaltens als andere ADHDler. Stattdessen neigen sie verstärkt zur Manifestation von internalisierenden Symptomen (Depressionen, Ängste) oder Störungen.
- Es sprechen Argumente dafür, dass ADHD mit internalisierenden Symptomen einen anderen Subtyp bilden, vorausgesetzt, dass solche Fälle mit reduzierter Impulsivität (des Kindes/Jugendlichen) und höherem Ausmaß an Ängsten und Depressionen in der Familiengschichte einhergehen. Möglicherweise sprechen diese Fälle schlechter auf Stimulantien an.

Die referierten Befunde zeigen, dass ADHD ganz wesentlich eine Störung der inhibitorischen Kontrolle (Hemmung vorschneller Reaktionen, Unterbrechung ineffektiver Reaktionen und Interferenzkontrolle)<sup>65</sup> und der Exekutivfunktionen (nonverbales Arbeitsgedächtnis, Internalisierung von Sprache [verbales Arbeitsgedächtnis], Selbstregulation von Affekten, Motivation und Arousal, Planungsverhalten)<sup>66</sup> ist. Nun stellen aber die Exekutivfunktionen einen wichtigen Teil menschlichen Bewusstseins dar, wie ich oben schon dargestellt habe (Teil I, Kap.1.3., Fußnote 16, S.55). Da gerade in der Bewusstseinsforschung das Leib-Seele-Problem immer wieder eine Rolle spielt, bietet sich an, Daten, die im Rahmen einer ebenenübergreifenden ADHD-Diagnostik und Differentialdiagnostik erfasst werden, zur Erforschung des Leib-Seele-Problems heranzuziehen. Genau dies ist im zweiten Teil dieser Arbeit geschehen. Natürlich können damit nur Aussagen zu Zusammenhängen des funktionalen Bewusstseins (s.o. Bieri, Fußnote 16, S.55 dieser Arbeit) mit zugrundeliegenden physiologischen Hirnprozessen gemacht werden. Wenn sich jedoch hier schon Wechselwirkungen zeigen sollten, so dass eine kausale Reduktion auf die Physis unmöglich ist, dann dürfte das für Zusammenhänge zwischen Qualia und Physis erst recht gelten, denn gerade Qualia widersetzen sich materialistischen Reduktionsversuchen besonders, was Levine (1983) mit dem Begriff der „Erklärungslücke“ umschrieben und beschrieben hat.

---

<sup>65</sup> Barcley (2006, S.301-303)

<sup>66</sup> Barcley (2006, S.304ff.)

## Teil I: theoretischer Teil

Lauth & Schlottke haben ein Modell von Aufmerksamkeitsstörungen entwickelt, welches die oben referierten Befunde weitgehend integriert. Dies soll im Folgenden gewürdigt werden.

### 6.2. Das Modell der ADHS (engl.: ADHD) von Lauth & Schlottke und das Leib-Seele-Problem

Die oben dargestellten Befunde können verschiedenen Ebenen zugeordnet werden. Lauth & Schlottke (2002, S.61) unterscheiden 6 Ebenen:

- a) **Neurobiologisch-psychophysiologische Ebene** („Beeinträchtigte zentralnervöse Aktivierungsregulation bzw. Modulationsschwäche mit unzureichender inhibitorischer Kontrolle in variablen Verhaltensbereichen“): Hier gehen die Befunde zur Entwicklung von Asthma und Allergien bei ADHS sowie die Befunde zur Wirkung von Verstärkern bei ADHS und die neurophysiologischen Befunde zum Underarousal und zur mangelnden Adaptation des Arousalniveaus an die geforderte Aufgabe ein.
- b) **Ebene der Selbstkontrollkompetenzen** („Mängel in den ‚executive functions‘ [...] mit Defiziten im Planungsverhalten, im nonverbalen Arbeitsgedächtnis, in der kognitiven Flexibilität, bei der Internalisierung und Verfügbarkeit von Selbstkommunikation zur Verhaltenssteuerung, in der Daueraufmerksamkeit“). Mit Barkley (2006, 316)<sup>67</sup> lassen sich an dieser Stelle in prägnanterer Form vier exekutive Funktionen unterscheiden: nonverbales Arbeitsgedächtnis, Internalisierung von Sprache (verbales Arbeitsgedächtnis), Selbstregulation von Affekt/Motivation/Arousal und Planungsverhalten mit seinen Kompetenzen des Analysierens und Synthetisierens.
- c) **Die Ebene der Verhaltenssteuerung:** Eingeschränkte Verhaltensregulation, mangelnde Verhaltensorganisation, unzureichende Wissenssysteme, Fertigkeitendefizite.
- d) **Die Ebene der Verhaltensauffälligkeiten:** Impulsivität, Hyperaktivität, Träumen/Trödeln, Geringe Ausdauer.
- e) **Die Ebene der Umweltreaktionen:** Umkehr der Kontingenzen (Aufmerksamkeit der Bezugspersonen liegt auf dem Problemverhalten anstelle auf angemessenen Verhaltensweisen, die als selbstverständlich betrachtet werden), Ablehnung /Zurückweisung des Kindes, Bestrafen statt belohnen, wenig förderlich anleiten.
- f) **Die Ebene der reaktiven Verarbeitung beim Kind:** Das Erleben von Misserfolgen und von mangelnder Passung bezüglich der an das Kind gestellten Erwartungen führt zu folgenden Belastungsreaktionen: geringes Selbstwertgefühl und geringe Frustrationstoleranz, Vermeiden von misserfolgsbesetzten Anforderungsbereichen (vgl. dazu das Konzept der Lern- und Leistungsstörungen von Betz /Breuninger 1998); Schwierigkeiten im Umgang mit uneindeutigen Situationen; gegebenenfalls weitere Problemverschärfung in Form aggressiven Verhaltens und /oder depressiver Verstimmungen.

---

<sup>67</sup> Barclay (2006, S. 300) nennt sein Modell *hybrid model of executive functions*, hybrid deswegen, weil es zum einen ein Modell der Funktionen des Präfrontallappens und seiner Netzwerke mit den Basalganglien und dem Kleinhirn, zum anderen weil es ein Entwicklungs-neuropsychologisches Modell menschlicher Selbstregulation ist. Barclay macht klarer, dass bei ADHS vor allem frontale Abweichungen zugrunde liegen, die mit beeinträchtigten exekutiven Funktionen aufgrund mangelnder „Behavioral-Inhibition“-Prozesse einhergehen. Die Rolle der sozialen Umwelt für die Aufrechterhaltung und Verschlimmerung der Symptome kommt hingegen in Barclay's Modell gar nicht vor!!!

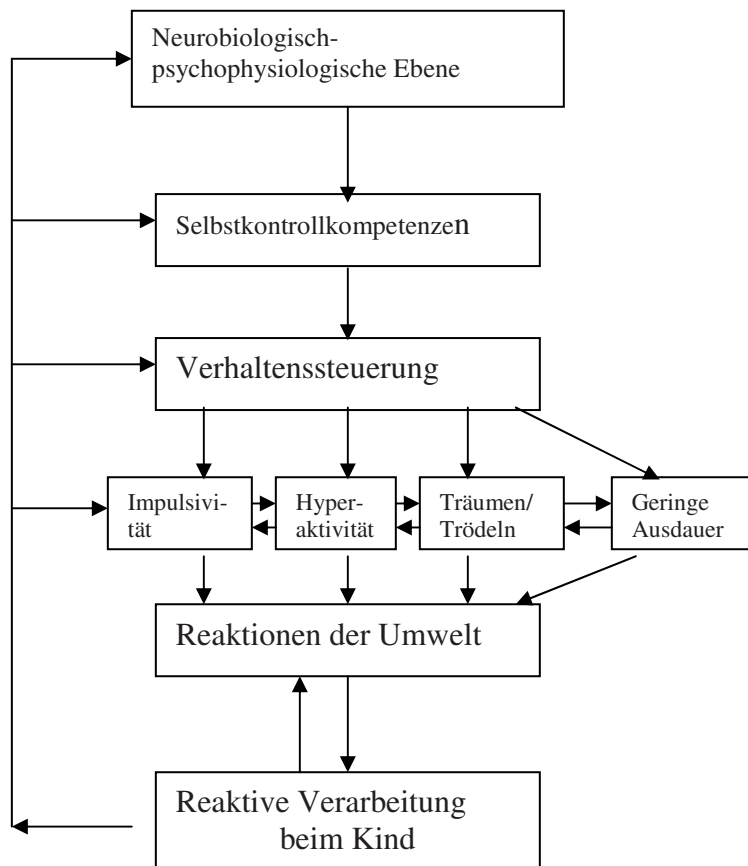


Abb.1. 9: Modell der Aufmerksamkeitsstörungen nach Lauth & Schlottke (2002)

Während die psychophysiologische<sup>69</sup> Ebene auf die neuropsychologische Ebene (Selbstkontrollkompetenzen) einwirkt, wirkt letztere auf die nachfolgenden psychologischen Ebenen und psychosozialen Ebenen (Reaktionen der Umwelt, reaktive Verarbeitung des Kindes) im Sinne einer Kausalkette ein. Zirkuläre Kausalität wird nur zwischen den 4 Verhaltensauffälligkeiten sowie zwischen Reaktionen der Umwelt und der reaktiven Verarbeitung beim Kind angenommen. Zusätzlich wird eine Rückwirkung von der Ebene der reaktiven Verarbeitung auf alle vorhergehenden Ebenen, auch auf die physiologische Ebene, angenommen. Bevor ich näher auf die Rückwirkung der reaktiven Verarbeitung auf die physiologische Ebene eingehe, möchte ich auf den Zusammenhang zwischen Umweltreaktionen, welche sich in verschiedenen Erziehungsstilen manifestieren können, und den Verhaltensauffälligkeiten etwas näher eingehen: Monastra et al (2002)

<sup>68</sup> In der Auflage von 1999 findet sich das ursprüngliche Modell (s. Anhang dieser Arbeit). Dabei entspricht die „Einschränkung der Verhaltensregulation“ der Ebene der „Selbstkontrollkompetenzen“ im neuen Modell, welche in dieser Arbeit als **neuropsychologische Ebene** betrachtet wird, welche über neuropsychologische Tests ( wie z.B. den TOVA [s.u.]) in jeweiligen Teilaspekten erfasst werden kann. Die „Verhaltensäußerungen“ und die „Einschränkung der Verhaltensorganisation“ entsprechen als **psychologische Ebenen** weitgehend der Ebene der „Verhaltenssteuerung“ und der „Verhaltensauffälligkeiten“ im neuen Modell. „Umweltreaktionen“ und „reaktive Verarbeitung auf seiten des Kindes“ sind in beiden Modellen als übergeordnete Ebenen gleich geblieben.

<sup>69</sup> Psychophysiologisch und physiologisch wird in vorliegender Arbeit synonym gebraucht

## Teil I: theoretischer Teil

haben eine Untersuchung vorgelegt, in der sie nicht nur die Wirkung von EEG-Biofeedback auf die Verhaltensauffälligkeiten und die physiologische Ebene belegen, sondern auch zeigen konnten, dass die Art des Erziehungsstils Einfluss auf den Erfolg der therapeutischen Maßnahmen hat. Die Untersuchung von Monastra et al. (2002) hat folgenden Aufbau:

100 Patienten mit ADHS wurden multimodal in einer Klinik ambulant behandelt mit:

Stimulantien (sorgfältig dosiert)

Elterntraining

Unterstützung bezüglich schulischer Anforderungen

Wenn die Eltern es wünschten, wurde zusätzlich EEG-Biofeedback (Beta/SMR-Training) angeboten: Eltern von 51 Kindern wollten das, 49 nicht

Die beiden Gruppen waren bezüglich Verhaltens-, Aufmerksamkeits- und elektrophysiologischer Parameter sowie gemäß demographischer Aspekte äquivalent

Das EEG-Biof.-Training wurde so lange fortgesetzt, bis sich im EEG an Cz, verglichen mit der Monastra-normativen Datenbasis, eine Normalisierung des Arousal zeigte

Durchschnittlich waren 44 Sitzungen nötig, um dies Ziel zu erreichen.

Ein Jahr nach der Eingangsuntersuchung wurde jeder Klient der Studie erneut in einer Posttreatment-Phase untersucht (TOVA; QEEG; Verhaltensmaße). Dabei wurden zwei Untersuchungen durchgeführt, eine als die Ritalinbehandlung noch stattfand, und die zweite, nachdem das Ritalin eine Woche lang nicht mehr verabreicht wurde („wash-out period“)

Ergebnisse: in beiden Gruppen (mit zusätzlichem und ohne zusätzlichem Neurofeedback) traten statistisch signifikante Verbesserungen im Prä/Post-Vergleich auf bezüglich Verhalten und Aufmerksamkeit, aber:

Nur die Gruppe mit EEG-Biofeedback zeigte Verbesserungen im EEG

Bei der Testung (zweite Posttestung) zum Zeitpunkt nach der „Auswasch-Periode“ des Ritalins konnten nur die Klienten der EEG-Biofeedbackgruppe die Verbesserungen im Verhalten, bezüglich Aufmerksamkeit und im EEG-Muster aufrechterhalten. Alle Patienten ohne EEG-Biofeedback wurden rückfällig, gemessen anhand Einschätzskalen des Verhaltens (zu Hause und Schule) und der Ergebnisse von Continuous Performance Tests (TOVA).

Zusätzlich zu den oben dargestellten Befunden, gingen die Autoren auch der Frage nach, welchen Einfluss der elterliche Erziehungsstil auf die Ergebnisse therapeutischer Bemühungen hat. Sie operationalisierten den elterlichen Erziehungsstil, indem sie zwei Klassen unterschieden: systematischen versus unsystematischen Erziehungsstil. Datengrundlage zur Einschätzung des Erziehungsstils der Eltern war ein Interview, das direkt nach Abschluss der Behandlung mit den Eltern durchgeführt wurde. Wenn die Eltern berichteten, Time-Out-Strategien, Wegfall von Privilegien und vor allem Verdienen von Privilegien als Erziehungsmaßnahmen einzusetzen, dann wurde der Erziehungsstil als „systematisch“ klassifiziert. Wenn sie hingegen keinerlei Belohnungs- oder „response cost“-Strategien oder sogar von physischen Strafen, sich dem Kind zu ergeben oder dem Kind aus dem Wege zu gehen, berichteten, dann wurde der Erziehungsstil als „unsystematisch“ klassifiziert (s. dazu auch Patterson 1977). Teilt man nun die Kinder in zwei Gruppen ein je nach elterlichem Erziehungsstil und führt dann eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Elterlicher Erziehungsstil, EEG-Biofeedback (ja, nein) und Ritalin (vor/nach der Auswaschperiode) durch, dann kann man prüfen, ob Effekte des Erziehungsstils auf die Symptomatik je nach den unterschiedenen therapeutischen Maßnahmen vorliegen (Interaktionseffekte). Dabei zeigte sich, dass die Symptomreduktionen (gemessen mit der ADDES-Skala, bei der hohe Werte geringe und niedrige Werte hohe Symptomintensität angeben) am stärksten in der Subgruppe mit EEG-Biofeedback und systematischem Erziehungsstil waren; nur in dieser Subgruppe gab es keinerlei Verschlechterung nach Auswaschen der Medikation. Die Gruppe mit Eltern mit unsystematischem Erziehungsstil konnte vom EEG-Biofeedback auch deutlich besser profitieren als die Kinder, die kein Biofeedback (aber Ritalin im

## Teil I: theoretischer Teil

Rahmen der multimodalen Standardbehandlung) erhielten, jedoch gingen die guten Ergebnisse nach Wegfall des Ritalins zurück (bei besserem Niveau als in der Prätestphase). Unter der Bedingung „kein EEG-Biofeedback“ hingegen hatte der Erziehungsstil keinen Einfluss auf den Effekt des Ritalinfaktors. Ohne Biofeedback brachen die Effekte vollständig nach Auswaschen des Ritalins ein, ohne dass der Erziehungsstil darauf irgendeinen Einfluss hatte. Auch vergrößerte der Erziehungsstil nicht die Wirkung des Ritalins. Der systematische Erziehungsstil gewinnt also erst in Kombination mit EEG-Biofeedback an Einfluss. Zugleich ist der Effekt des EEG-Biofeedbacktrainings in der Gruppe mit systematischem Erziehungsstil deutlich höher als in der Gruppe mit unsystematischem Erziehungsstil. Daraus folgt, dass der Erziehungsstil als mögliche Umweltreaktion die Wirkung von Trainingsmaßnahmen deutlich moderiert. Pädagogisch-therapeutische Maßnahmen sind also nicht isoliert durchführbar, sondern immer im Alltagskontext des Kindes zu sehen und einzubetten. Die Therapie des ADHS muss also multimodal sein. Da Monastra et al (2002) herausgefunden haben, dass die Erfolge auf der Symptomebene einhergehen mit Erfolgen auf der physiologischen Ebene, kann man davon ausgehen, dass der Erziehungsstil auch Rückwirkungen nicht nur auf die Verhaltensstörungen, sondern auch auf das zugrundeliegende Arousal (physiologische Ebene) hat in dem Sinne, dass sich die Effekte des EEG-Biofeedbacktrainings auf das cerebrale Arousal nochmals vergrößern, wenn die Maßnahmen von systematischem Erziehungsstil der Eltern begleitet werden.

Für die Annahme der *Rückwirkung reaktiver Verarbeitung auf die physiologische Ebene* in ihrem neuen Modell geben Lauth & Schlottke leider keine Befunde an, was ich an dieser Stelle ergänzen möchte: so schildern Lubar & Lubar (1999, S.117) den Fall eines 10-jährigen Kindes, dessen Mutter während der EEG-Biofeedback-Phase begonnen hatte, wieder Alkohol zu missbrauchen. Das Kind reagierte depressiv auf das Verhalten von Mutter, was mit einer Erhöhung der Theta-Amplituden an Cz (dem Trainingsort) einherging. Erst als die Mutter eine Alkoholismustherapie machte und ihr Problem immer besser bewältigte, konnte auch das Kind wieder Trainingsfortschritte machen (schrittweise Verbesserung der Theta-Werte über die folgenden Sitzungen).

Auch ein Fall aus meiner eigenen Praxis mag die Rückwirkung der reaktiven Verarbeitung auf die psychophysiologische Ebene verdeutlichen:

Es handelt sich hierbei um einen 8-jährigen Jungen M., der in unserer Praxis wegen einer Aufmerksamkeitsstörung mit Hyperaktivität/Impulsivität in Behandlung ist; im Rahmen einer multimodalen Verhaltenstherapie, die als einen Schwerpunkt die Beratung der Eltern bzw. der Bezugspersonen umfasst, wurde mit dem Jungen daneben auch ein Neurofeedback-Training durchgeführt. Die folgende Tabelle zeigt den Gesamtverlauf der Entwicklung der Theta-Amplitude (4-8 Hz) an C4 mit Beginn in der 7.Sitzung (die ersten 6 Sitzungen stellten eine Placebophase dar, in der das Training so neu war, dass M. aufgrund des Neuheitseffektes aufmerksam bei der Sache bleiben konnte):



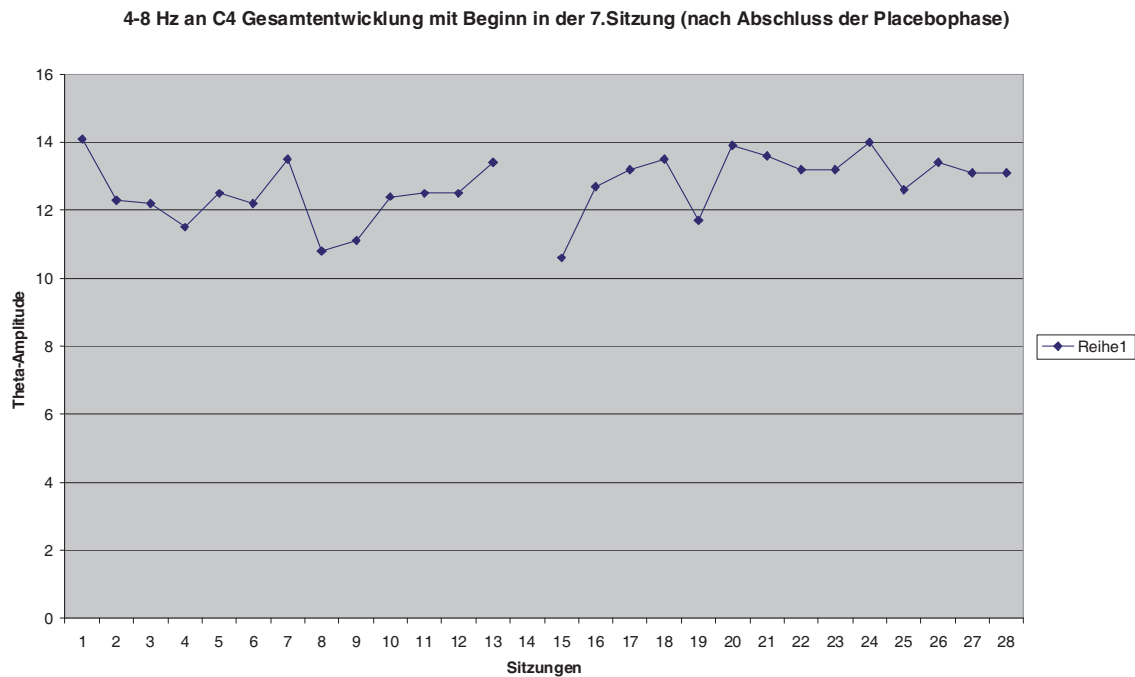


Abb.1. 10: Theta-Gesamtentwicklung eines 8-jährigen Jungen an C4 über 28 Sitzungen Neurofeedbacktraining

Nach der 14.Sitzung (14. Sitzung nach der Placebophase, also mit Einschluss der Placebophase die 20. Sitzung) fand eine sogenannte mehrwöchige Transferpause statt, in der M. die erlernten Strategien zuhause anwenden sollte. Das noch gute Ergebnis in der 15.Sitzung (erste Sitzung nach der Transferpause) zeigt, dass M. die Strategien mit gutem Erfolg angewendet hat. Nach der 16. Sitzung eskalierte ein Paarkonflikt des Vaters mit seiner Lebenspartnerin dermaßen, dass diese aus der gemeinsamen Wohnung auszog und sich in der Folge nicht mehr um die Therapietermine für M. kümmerte. Während in der ersten Therapiephase die Bezugspersonenarbeit schwerpunktmäßig mit der Lebenspartnerin stattgefunden hat, weil diese sich rührend um M. kümmerte und ganz stringent und konsequent die besprochenen Tokenpläne umsetzte, brach diese Arbeit nun zusammen. Stattdessen nahm nun der Vater die Bezugspersonensitzungen wahr, und Vater brachte nun M. zu den Sitzungen. Der Verlauf ab der 16. Sitzung zeigt (steigende Theta-Werte), das M. durch die Trennung seines Vaters von seiner Lebenspartnerin und dem damit einhergehenden Bezugspersonenverlust sehr verunsichert war, was sich in der Sitzung auch an der Zunahme an nervösen Verhaltensweisen zeigte (sich im Gesicht blutig kratzen). Neurophysiologisch geht diese reaktive Reaktion von M. einher mit erhöhten Theta-Werten<sup>70</sup>. Dies wird besonders deutlich, wenn man den obigen Gesamtverlauf in zwei Teile splittet (1. bis 15. Sitzung vs. 16. bis 28. Sitzung) und getrennt betrachtet:

<sup>70</sup> Und mit erhöhtem Beta (17-26 Hz), s.u.

4-8 Hz an C4 nach Placebophase bis einschließlich 8 September

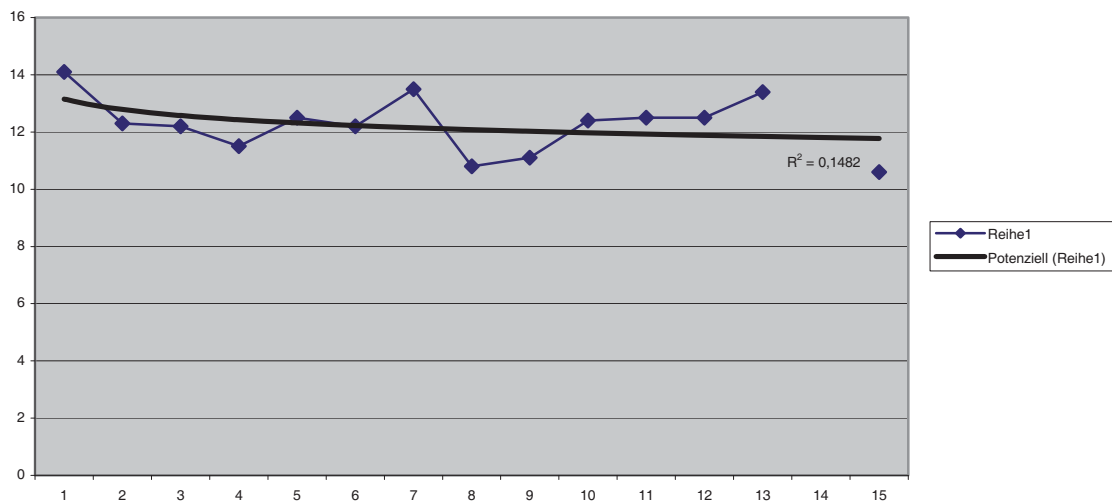


Abb.1. 11: Theta-Entwicklung an C4 eines 8-jährigen Jungen im Laufe eines Neurofeedbacktrainings vor Eintritt eines kritischen Lebensereignisses

Hier zeigt sich ein Trend in der Form, dass die Theta-Amplituden mit fortschreitender Sitzungszahl abnehmen. Der Determinationskoeffizient zeigt, dass  $r=0,38$  beträgt, was in Anbetracht der vielfältigen Einflüsse auf Theta (Tageszeit, Müdigkeit...) als bedeutsamer Zusammenhang anzusehen ist. Das Training hatte also in den ersten 14 Sitzungen nach der Placebophase physiologische Auswirkungen im EEG, die auch mit Verbesserungen auf der Symptomeebene (erfasst über Fragebögen) einhergegangen sind.

Das kritische Lebensereignis Trennung des Vaters von einer sehr wichtigen Bezugsperson spiegelt sich im Verlauf der Theta-Amplitude von der 15. bis zur 27. Sitzung wider (die 15. Sitzung erscheint in der Grafik als erste Sitzung und so fort):

4-8 Hz an C4 ab dem 11.9.08

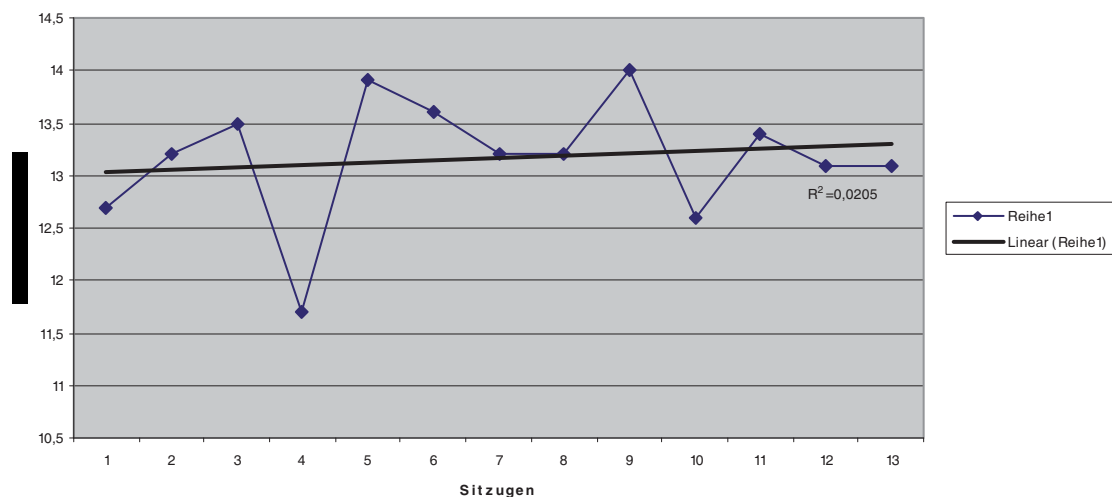


Abb.1. 12: Theta-Entwicklung an C4 nach Eintritt des kritischen Lebensereignisses

Hier zeigen sich keinerlei Verbesserung der Theta-Amplituden, sondern das arithmetische Mittel der Theta-Amplituden dieser Phase ist im Vergleich zur erfolgreichen Phase vor dem kritischen Lebensereignis erhöht ( $M_{\text{erste Phase}}=12,257 \mu\text{V}$ ;  $M_{\text{zweite Phase}}=13,169 \mu\text{V}$ ;  $M_{\text{zweite Phase}} - M_{\text{erste Phase}} = 0,912 \mu\text{V}$ , also fast  $1\mu\text{V}$  höher).

Da M.'s EEG physiologisch nicht nur zu viel relatives Theta frontal und zentral aufweist, sondern darüber hinaus auch Beta (17-26 Hz) zentral und frontal erhöht ist, M. also

## Teil I: theoretischer Teil

sowohl Underarousal als auch Overarousal im Ruhe-EEG aufweist<sup>71</sup>, ist es angezeigt, nicht nur Theta im Training zu hemmen, sondern ebenso Beta herunterzutrainieren. Der Gesamtverlauf von Beta (17-26) sieht folgendermaßen aus (bereinigt um Ausreißer die mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert der jeweiligen Phase abweichen):

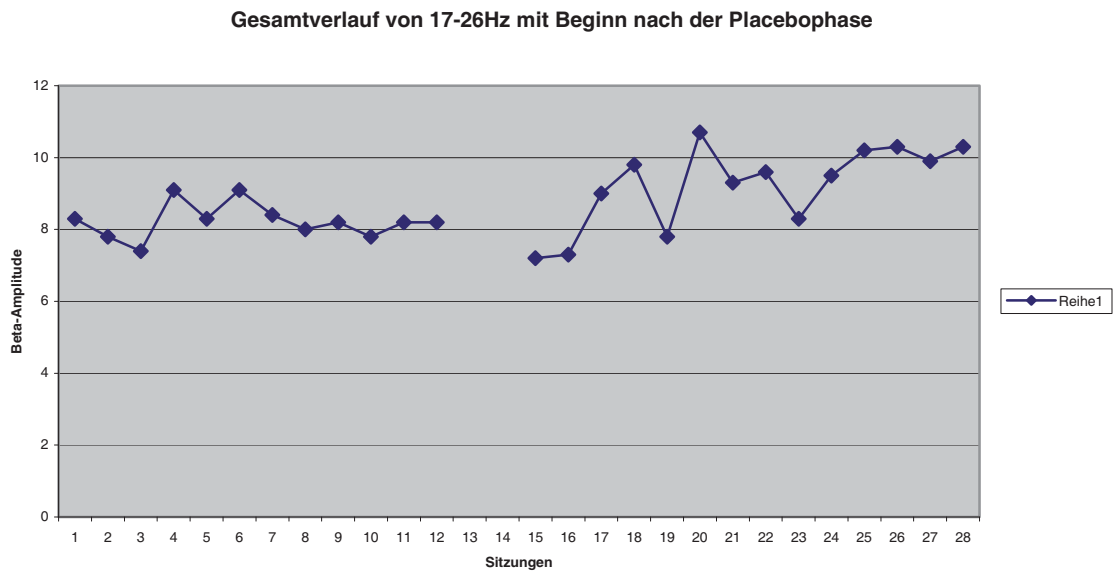


Abb.1. 13: Beta-Gesamtverlauf an C4 eines 8-jährigen jungen über 28 Sitzungen Neurofeedback hinweg (nach der Placebophase)

Auch hier fällt auf, dass Beta bis zur 14. bzw. 15. Sitzung absinkt, danach jedoch immer mehr ansteigt. Auch hier zeigen sich in der ersten Trainingsphase und in den ersten 1 bis zwei Sitzungen nach der Transferpause bedeutsame Verbesserungen (bereinigt um Ausreißer):

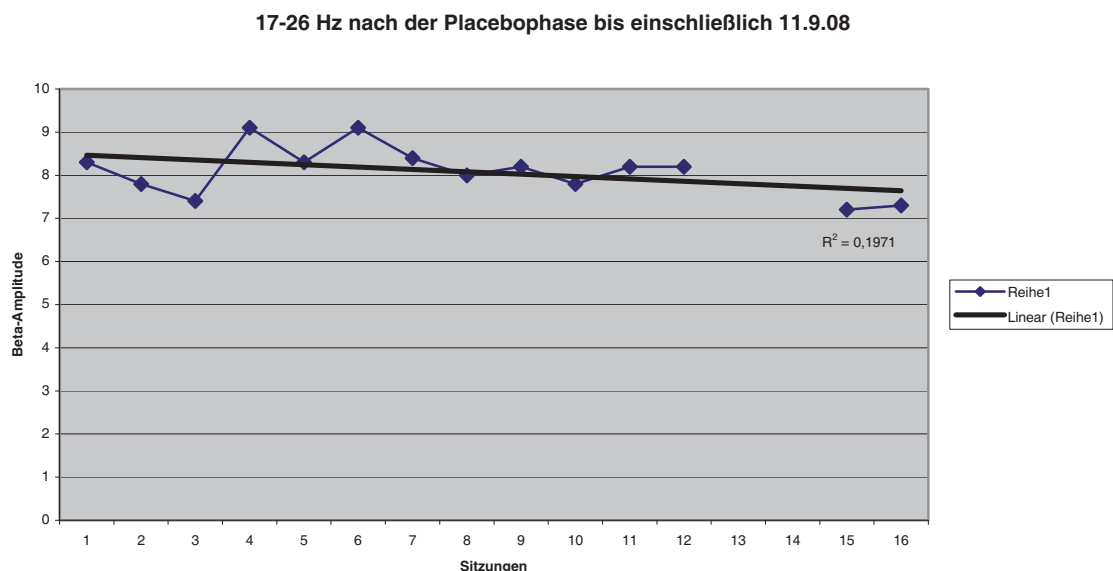


Abb.1. 14: Beta-Verlauf vor Eintritt des kritischen Lebensereignisses

<sup>71</sup> Aus den Untersuchungen von Monstra, Lubar et al. (1999; s.o.) sowie Clarke (2001, s.o.) wäre er ausgeschlossen worden wegen exzessivem Beta.

## Teil I: theoretischer Teil

Es fällt auf, dass hier der Zusammenhang der Verbesserung (Beta-Abnahme) mit dem Sitzungsverlauf mit  $r=0,44$  noch höher ausfällt als bezüglich theta.

Um das kritische Lebensereignis herum und dann nach dem kritischen Lebensereignis zeigt sich eine deutliche Verschlechterung der Beta-Entwicklung:

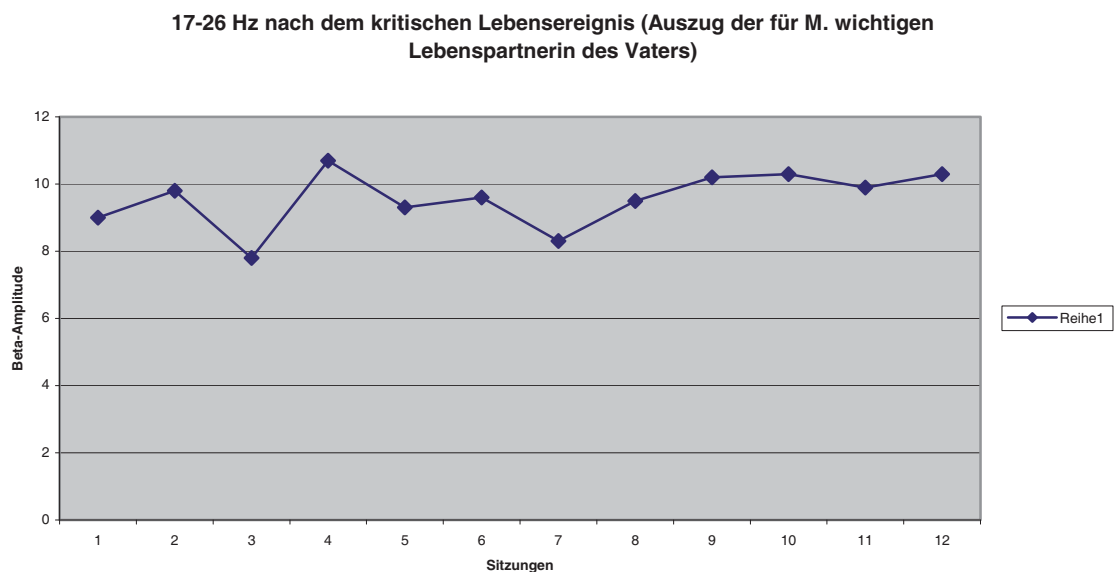


Abb.1. 15: Beta-Verlauf nach dem Eintritt des kritischen Lebensereignisses

Die bedeutsame Verschlechterung (linearer Trend mit  $R^2=0,189$  und  $r=0,43$ ) geht einher mit nervösen Verhaltensweisen, die sogar in den Trainingssitzungen selbst vorkommen.

Das Beispiel zeigt, wie sich die reaktive Verarbeitung kritischer Lebensereignisse auf das EEG auswirkt. Die von Lauth & Schlottke postulierte Rückwirkung der reaktiven Verarbeitung auf die psychophysiologische Ebene ist also berechtigter Weise Teil des ADHD-Modells.

Auffällig ist, dass Lauth & Schlottke in ihrem Modell von 1992 (in: Lauth & Schlottke 1999, S.19; s. Anhang) von einer zirkulären Kausalität (Wechselwirkung) zwischen neurobiologischer Ebene und der neuropsychologischen Ebene (Selbstkontrollkompetenzen [b] und Verhaltensregulation [c]) ausgehen, während die Rückwirkung der reaktiven Verarbeitung auf die neurobiologische Ebene erst im neuen Modell von 2002 konzipiert wurde. Die fehlende Annahme der Rückwirkung der neuropsychologischen Ebene auf die neurobiologische Ebene im neuen Modell hat jedoch Konsequenzen für das aus dem Modell abgeleitete Therapiekonzept, die ich hier aus Lauth & Schlottke (2002; S.67f.) zitieren möchte:

„Im Einzelnen ergeben sich daraus folgende Therapieziele, die in unserem Behandlungskonzept den jeweiligen Therapiebausteinen zugeordnet sind:

Die Veränderung neurobiologischer Grundlagen der Aufmerksamkeitsstörung **durch medikamentöse Therapie** (Psychopharmaka), um insbesondere die eingeschränkte zentralnervöse Aktivitätsregulation zu verbessern [...];

Die Verhaltenssteuerung des Kindes verbessern, um so zu einer günstigeren Inhibitionskontrolle anzuleiten und die Häufigkeit ungeeigneter wie ineffizienter Verhaltensmuster zu verringern (Reaktionsverzögerung) sowie Aufmerksamkeitsprozesse anzubahnen und zu intensivieren [...];

Handlungsorganisatorische Kompetenzen im Bereich von Strategieerwerb und der Nutzung metakognitiver Prozesse verbessern [...];

Verhaltensorganisierende Wissensanteile verbessern, um Lernbeeinträchtigungen zu korrigieren und selbstgesteuertes Lernen zu ermöglichen [...];

Die Zusammenarbeit mit Eltern und Lehrern fördern, um die Übertragung der bisherigen Therapiefortschritte in den Alltag zu erleichtern und eine angemessene Anleitung des Kindes im Alltag zu erreichen [...].“ (Lauth & Schlottke 2002, S.67f. Fettdruck von K-H.K)

Während also Lauth & Schlottke an dieser Stelle ihres Trainingsprogramms die Notwendigkeit medikamentöser Therapie neben psychologisch-pädagogischen Maßnahmen fordern, betonen sie an anderer Stelle (aaO., S.375f.) unter Bezugnahme auf

## Teil I: theoretischer Teil

die Leitlinien zur Behandlung der ADHD der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, dass eine Pharmakotherapie

„vor allem dann als notwendig erachtet [wird], ‚wenn eine stark ausgeprägte, situationsübergreifende hyperkinetische Symptomatik mit krisenhafter Zuspitzung (z.B. drohende Umschulung in eine Sonderschule, massive Belastung der Eltern-Kind-Beziehung) vorliegt‘.[...] Ferner, wenn vorausgehende Interventionen in der Schule und in der Familie nicht hinreichend erfolgreich waren und aktuelle Auffälligkeiten auch in der Schule zu beobachten sind“ (ebd. S.375).

Der Vergleich beider Zitate zeigt, dass Lauth & Schlottke sich hier selbst widersprechen. Ihre aus ihrem Modell gezogene Schlussfolgerung ist bezüglich der Pharmakotherapie rigider als die Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, die eine medikamentöse Behandlung erst unter erschwerenden Bedingungen verlangen. Jedoch ist die aus ihrem Modell gezogene Schlussfolgerung stringent und zwingend, solange man eine Wechselwirkung zwischen neurobiologischer und neuropsychologischer Ebene leugnet. Denn psychologische Maßnahmen können nur dann das zugrundeliegende neurobiologische frontale Dysarousal positiv beeinflussen, wenn eine entsprechende Kausalannahme (im Sinne schwacher Kausalität; s.o. Kap. 1.3.) gemacht wird. Dies zeigt, dass die Konzeption des Leib-Seele-Zusammenhangs (moderner ausgedrückt: des Zusammenhangs von Geist und Gehirn) weitgehende therapeutisch-pädagogische Konsequenzen nach sich zieht und deswegen unbedingt auch in Therapieprogrammen nicht unreflektiert zugrunde gelegt werden sollte.

Im folgenden empirischen Teil der vorliegenden Arbeit wird nun der Zusammenhang zwischen **neurobiologischer** und **neuropsychologischer Ebene** und der Zusammenhang zwischen **neurobiologischer** und **psychologischer Ebene**<sup>72</sup> (= die Ebene der Verhaltensauffälligkeiten) untersucht werden. Letzterer wird im alten Modell wie auch in neuen Modell von Lauth & Schlottke nur indirekt konzipiert und nur in einer Richtung (neurobiologische Ebene [Dysarousal] → neuropsychologische Ebene [Selbstkontrollkompetenzen und Verhaltenssteuerung] → psychologische Ebene [Verhaltensauffälligkeiten]). Auch dies verneint aus theoretischer Sicht die Möglichkeit therapeutisch-pädagogischer Maßnahmen, auf das Dysarousal effektiv Einfluss nehmen zu können. Konsequenterweise legt Leins (2004, S.75) ihrer Therapiestudie (Vergleich von Frequenzbandbiofeedbacktraining mit dem Training langsamer Hirnrindenpotentiale [SCP-Training] ein modifiziertes Modell in Anlehnung an Lauth & Schlottke (2002) zugrunde, in dem sie von Wechselwirkungen zwischen allen Ebenen ausgeht.

---

<sup>72</sup> Auch der Zusammenhang zwischen neurobiologischer Ebene und der reaktiven Verarbeitung auf seiten des Kindes ( aus der Sicht der Eltern) wird einer Untersuchung unterzogen werden.

## Teil II: empirischer Teil

### 1.0. Structure equation modeling (SEM) und das Leib-Seele-Problem: Möglichkeiten und Grenzen

Während im experimentellen Zugang die Richtung eines Zusammenhangs direkt geprüft werden kann, ist das im Rahmen einer Querschnittstudie, die auf Korrelationen basiert, nicht möglich. D.h. dass die Richtung des Zusammenhangs physiologische Ebene  $\rightarrow$  psychologische Ebene bzw. psychologische Ebene ( $\psi$ )  $\rightarrow$  physiologische Ebene ( $\phi$ ) nicht direkt geprüft werden kann. Jedoch ist es möglich, ein sogenanntes nicht-rekursives<sup>73</sup> Modell zu modellieren, welches so strukturiert ist, dass es, falls der korrelative Zusammenhang auf einer wechselseitigen Beeinflussung fußt, diesen Zusammenhang quantifizieren kann. Dabei wird das nichtrekursive Modell (Feedback-Modell) für die querschnittsbezogenen Daten „als Approximation an ein zeitlich verzögertes rekursives Modell aufgefasst“ (Pfeifer & Schmidt 1987, 82). Gemeint ist damit, dass auf der Ebene der Theorie die physiologische und die psychologische Ebene sich mit kurzer Zeitverzögerung gegenseitig beeinflussen. „Bei Grenzwertbetrachtungen geht unter bestimmten Bedingungen [sc.: kurze Zeitverzögerung] ein zeitlich verzögerter rekursiver Prozeß in ein nichtrekursives Modell über.“ (Pfeifer & Schmidt, ebd.)

Bei nichtrekursiven Modellen hängen die geschätzten Koeffizienten in ihrer Höhe sehr stark von den jeweiligen Variablen des Messmodells ab, d.h. dass dem Auswahlprozedere der Variablen besondere Bedeutung zukommt. Weiterhin ist es sinnvoll, bei Feedbackmodellen wegen der hohen Wahrscheinlichkeit der Interdependenz der Fehler von einer Korrelation der latenten Residuen (Strukturmodellebene) auszugehen (Korrelation der Residuen zeta).

Der Vorteil gegenüber experimentellen Vorgehensweisen liegt darin, dass experimentell notwendigerweise nur ein kleiner Zeitausschnitt betrachtet werden kann, man also die mögliche Verkettung:  $\psi \rightarrow \phi \rightarrow \psi \rightarrow \phi \rightarrow \psi \dots$  u.U. nicht in den Blick bekommt. Wenn aber eine Verkettung in diesem Sinne vorliegt mit kurzer zeitlicher Verzögerung, wovon bei Gehirnprozessen versuchsweise ausgegangen werden kann (s. dazu Eccles 1996, S.231: die Prozesse am präsynaptischen Vesikelgitter laufen im Femtosekundenbereich der Quantenchemie von Membranen ab; s. dazu auch die Forschungen von Libet: Mind Time, 2005), dann wird sich dies in einem nichtrekursiven Feedbackmodell niederschlagen, d.h. man wird dort substantielle Koeffizienten in beide Richtungen finden, wenn Wechselwirkung vorliegt.

Wie lässt sich nun aber das materialistische Modell<sup>74</sup>  $\phi \rightarrow \psi$  gegen das Wechselwirkungsmodell  $\phi \leftrightarrow \psi$  testen? Dabei ist zu bedenken dass die Modelle  $\phi \rightarrow \psi$

---

<sup>73</sup> Der Begriff wird in der LISREL-Literatur genau entgegengesetzt zur Bedeutung des Begriffs in der systemischen und systemtheoretischen Literatur benutzt

<sup>74</sup> Eigentlich handelt es sich hier erst einmal um Epiphänomenalismus und im zweiten Schritt um reduktiv-materialistisch, indem der mentalen Ebene nicht nur jegliche kausale, epistemologische oder ontologische Bedeutung abgesprochen wird, sondern sie deswegen auch negiert werden soll. Bezüglich unserer Fragestellung ist diese Unterscheidung allerdings irrelevant, so dass zukünftig nur noch von Materialismusmodell gesprochen wird bzw. Epiphänomenalismusmodell und Materialismusmodell synonym gebraucht werden.

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

(materialistisch) und  $\psi \rightarrow \varphi$  (idealistisch) strukturell äquivalent sind (s. dazu Jöreskog/Sörbom (2001): LISREL 8. User's reference guide, S.271f.), sich also nicht gegeneinander testen lassen. Das Wechselwirkungsmodell unterscheidet sich in der Anzahl der zu schätzenden Parameter von den anderen Modellen, es ist somit prinzipiell testbar gegen das Materialismusmodell (da nicht strukturell äquivalent). Dabei ist das Sparsamkeitsprinzip so anzuwenden, dass bei gleichem Fit an die Daten dem Modell mit weniger Parameterschätzungen (und damit mehr Freiheitsgraden) der Vorzug zu geben ist. Ist jedoch der Fit eines der beiden Modelle höher, so ist diesem Modell der Vorzug zu geben, sei es nun das sparsamere oder nicht. Denn das Sparsamkeitsprinzip hat nur dann Gültigkeit, wenn zwei unterschiedliche Modelle den gleichen Erklärungswert haben.

Neben dieser Überprüfung der Globalanpassung der Modelle sollte zusätzlich eine iterative Analyse unterschiedlicher Ausprägungen der Wechselwirkung in Erwägung gezogen werden, da die freien Parameterschätzungen aufgrund der kleinen Stichprobengröße (s.unten Beschreibung der Stichprobe) wahrscheinlich nicht zur dem Datensatz optimalsten Schätzung führen dürften.

Die iterative Analyse von constraints der beiden Modelle (Materialismus vs. Wechselwirkung) in ihrer Anpassung an die Daten könnte folgendermaßen aussehen:

- a)  $\beta_{(1,2)} = \beta_{(2,1)}$
- b)  $\beta_{(1,2)} = 1/2 \beta_{(2,1)}$  und  $\beta_{(2,1)} = 1/2 \beta_{(1,2)}$
- c)  $\beta_{(1,2)} = 1/3 \beta_{(2,1)}$  und  $\beta_{(2,1)} = 1/3 \beta_{(1,2)}$
- d)  $\beta_{(1,2)} = 1/n \beta_{(2,1)}$  und  $\beta_{(2,1)} = 1/n \beta_{(1,2)}$

Dabei ist auf folgendes zu achten: a) kristallisiert sich eine Richtung heraus in dem Sinne, dass Chi-Quadrat und/oder die standardisierten Residuen dann kleiner sind, wenn  $\beta_{(1,2)} < \beta_{(2,1)}$  bzw.  $\beta_{(2,1)} < \beta_{(1,2)}$ ? b) Wenn dies der Fall sein sollte, dann ist zu prüfen, ob es einen Umschlagpunkt gibt, ab dem Chi-Quadrat und/oder die standardisierten Residuen wieder größer und damit die Modellanpassung wieder schlechter wird. Wenn letzteres der Fall ist, liegt Wechselwirkung vor. Wenn Chi-Quadrat und/oder die standardisierten Residuen hingegen mit  $1/n$  mit steigendem  $n$  immer kleiner werden, dann liegt keine Wechselwirkung vor. Vor allem aber ist zu prüfen, ob es ein Wechselwirkungsmodell mit spezifizierter Größe des latenten Zusammenhangs gibt, welches besser passt als die Einfaktorenlösung (=Modell der Identitätstheorie) oder das Modell des Materialismus.

Der Vorzug der iterativen Analyse von constraints gegenüber der ausschließlich globalen Prüfung der Anpassung des Materialismusmodells vs. des freien Wechselwirkungsmodells (s.o.) würde darin liegen, dass bei der Analyse von Modellen mit constraints substantielle Aussagen über die verhältnismäßige Größe von Parametern möglich sind ohne Signifikanztests der Parameter und dies damit auch bei kleinen Stichprobengrößen möglich wäre.

Wenn die obigen Ausführungen zutreffen, dann ist das Materialismusmodell mittels SEM gegen das Wechselwirkungsmodell empirisch testbar. Darüber hinaus wäre es dann mit SEM<sup>75</sup> möglich, die Annahme einer perfekten Korrelation auf der Strukturebene zu testen, so wie es von der Typen-Identitätstheorie im Sinne Feigl's gefordert wird, indem ein Einfaktorenmodell konstruiert wird. Sollte dies Modell am besten passen, besser als Epiphänomenalismus und Wechselwirkung, dann ist dies als Beleg für die Identitätstheorie Feigl's zu sehen. Das Parallelismusmodell im Sinne Fechners (erste Stufe), das davon ausgeht, dass es keine kausalen Verknüpfungen zwischen Physis und Psyche gibt, sondern nur Korrelationen, kann geprüft werden, indem Korrelationen statt Regressionen auf der latenten Ebene modelliert werden. Dabei ist allerdings noch zu prüfen, ob dieses Modell nicht dem Modell des Epiphänomenalismus in LISREL strukturell äquivalent ist. Die Identitätstheorie im Sinne Churchlands (Churchland 1996) geht wie Feigl's davon aus, dass psychische

---

<sup>75</sup> SEM (structural equation modeling) und LISREL (*L*inear *S*tructural *R*ELationships) werden in der vorliegenden Arbeit als Synonyme verstanden.

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

Prozesse hirnpfysiologische Prozesse *sind* und damit gerade nicht von hirnpfysiologischen Prozessen verursacht werden, wobei Churchland dezidierter als Feigl Identität als Gegensatz zur Kausalitätsannahme ins Spiel bringt. Die Identitätstheorie in diesem Sinne lässt sich empirisch nicht gegen die Annahme eines perfekten Parallelismus abgrenzen, da die Modelle in LISREL strukturell äquivalent sind.

**Wünschenswert wäre es, wenn man die obigen Aussagen zur globalen und iterativen Analyse an kleinen Stichproben einer empirischen Prüfung unterziehen könnte, um so feststellen zu können, ob eine empirische Untersuchung der Fragestellung an kleinen Stichproben mit  $N \geq 30$  überhaupt möglich ist.** Dies soll auf den folgenden Seiten geschehen.

### 1.1. Prüfung der in Teil II, Kap.1.0. getroffenen Annahmen mittels **simulierter Daten**

PRELIS<sup>76</sup> (Jöreskog & Sörbom 2002) erlaubt glücklicherweise die Simulation rekursiver Modelle: ein rekursives Modell wird in Strukturgleichungen ausgedrückt. Auf der Basis der formulierten Strukturgleichungen wird ein Datensatz simuliert. Auf diese Weise gelangt man zu fiktiven Daten, die den zugrundegelegten Modellvorstellungen entsprechen. Die Simulation ist dabei leider nur für rekursive (Ein- und Mehrfaktormodelle), nicht jedoch für Wechselwirkungsmodelle möglich. Der fiktive Datensatz wird dann im zweiten Schritt einer Analyse mit LISREL unterzogen, indem der Fit der infrage stehenden Modelle mit dem Datensatz geprüft wird. Wenn die Analyse dazu führt, dass das rekursive Modell besser passt als die anderen, dann ist LISREL eine geeignete empirische Möglichkeit, die infrage stehenden Modelle zu testen bei der infrage stehenden Stichprobengröße.

#### 1.1.1. Erzeugung von Daten, die auf einer latenten abhängigen und unabhängigen Variable beruhen (Materialismusdaten)

Das folgende Modell und die zugehörige Kovarianzmatrix wurden als fiktive Datenbasis für die nachfolgende LISREL-Analyse mit PRELIS erstellt:

The following lines were read from file C:\Promotion\Simulation-IX=130.LS8:

```
TI Simulation2 Monismusmodell-rekursiv6 (Daten gespeichert in:  
Simulation-IX=130.dsf)
```

```
DA NO=30  
CO all  
NE KSI1=NRAND  
NE Zeta1=NRAND
```

```
NE Eta1=.95*KSI1 + Zeta1
```

*Im linken Kasten: die abhängige Variable Eta1 hängt ausschließlich von KSI1 ab.*

```
NE Delta1=NRAND  
NE Delta2=NRAND (lineal-linearer Zusammenhang ohne Wechselwirkung)  
NE Delta3=NRAND  
NE Delta4=NRAND  
NE Epsilon1=NRAND  
NE Epsilon2=NRAND
```

```
NE x1=.9*KSI1 + Delta1  
NE x2=.9*KSI1 + Delta2  
NE x3=.9*KSI1 + Delta3  
NE x4=.9*KSI1 + Delta4  
NE y1=.9*Eta1 + Epsilon1  
NE y2=.9*Eta1 + Epsilon2
```

*Im linken Kasten: zugrundeliegende Gleichungen des Messmodells*

<sup>76</sup> Alle Analysen wurden mit dem LISREL 8- Programmpaket, welches auch PRELIS umfasst, durchgeführt.



```

SD KSI1 Eta1 Zeta1 Delta1-Delta4 Epsilon1 Epsilon2
OU CM=SIMREC.CM XM IX=130
Total Sample Size = 30
Univariate Summary Statistics for Continuous Variables Variable
-----
      Mean  St. Dev.  T-Value  Skewness  Kurtosis  Minimum  Freq.  Maximum  Freq.
-----
x1  -0.255  1.350  -1.034  -0.440  -0.220  -3.520  1  2.018  1
x2  -0.300  1.734  -0.947  -0.526  0.572  -4.984  1  3.085  1
x3  -0.209  1.671  -0.685  -0.469  -0.503  -4.042  1  2.212  1
x4  -0.148  1.631  -0.497  -0.127  -0.566  -3.653  1  2.771  1
y1  -0.431  1.917  -1.232  -0.366  -0.463  -4.988  1  2.726  1
y2  -0.266  1.803  -0.808  -0.379  0.280  -4.459  1  3.298  1
    
```

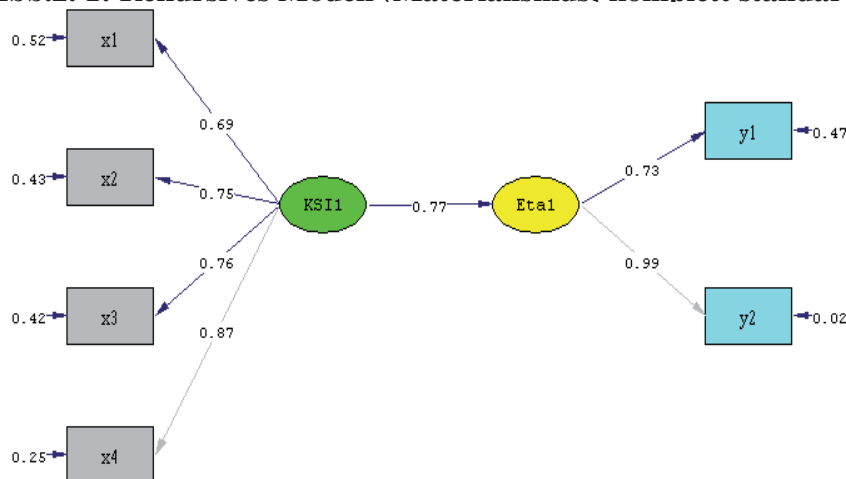
Auffällig ist, dass Skewness (Schiefe) und Kurtosis (Exzess) schon von Null an der ersten Stelle nach dem Komma abweichen, was – als Faustregel – darauf hindeutet, dass hier Abweichungen von der Normalverteilung vorliegen. Leider ist es mit LISREL /PRELIS nicht möglich, simulierte Daten in einem zweiten Schritt zu normalisieren, so dass wir hier leider die Simulation nur mit nicht-normalisierten Daten durchführen können. Dies ist deswegen nicht vorgesehen, weil bei der Simulation eine Zufallsstichprobe aus einer normalverteilten Population einer Zufallsvariablen gezogen wird (s. dazu Jöreskog & Sörbom 2002: Prelis 2: User's Reference Guide, S.189ff.).

### 1.1.2. Globale Analyse der Materialismusdaten

In nächsten Schritt ist nun zu überprüfen, ob die Analyse anhand der globalen Anpassungsindices und /oder der standardisierten Residuen zur Entdeckung des Materialismusmodells führen, so dass das Modell dann auch zu den Daten, welche ja Materialismusdaten sind, passen würde. Wenn stattdessen ein anderes Modell scheinbar besser passen sollte, dann würde dies bedeuten, dass das Leib-Seele-Problem an kleinen Stichproben nicht empirisch untersuchbar wäre.

In der globalen Analyse werden drei Modelle entwickelt (Materialismus, Wechselwirkung und Identität als Einfaktorenmodell), welche dann mit den Materialismusdaten konfrontiert werden. Zugleich kann in diesem Zusammenhang überprüft werden, ob das Parallelismmodell sich vom Materialismusmodell unterscheidet oder mit diesem strukturell äquivalent ist:

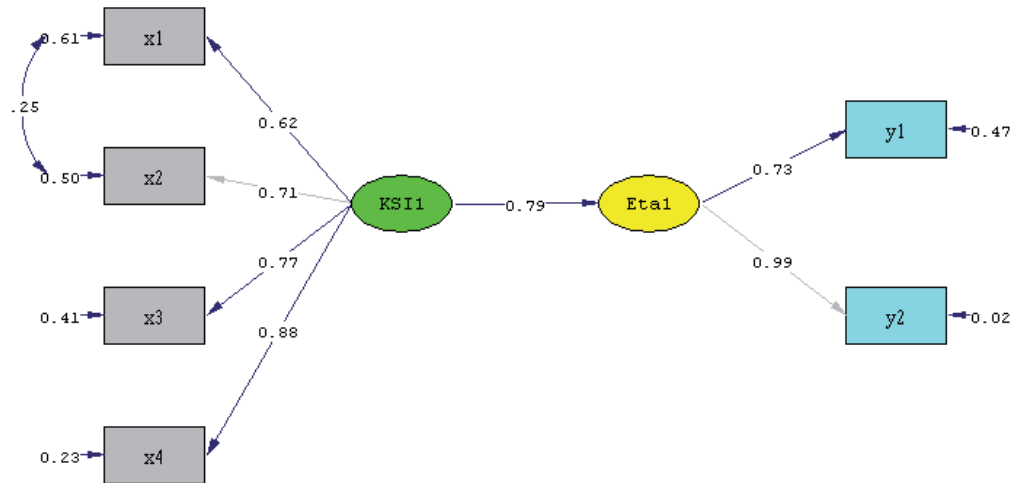
**Abb.2. 1: Rekursives Modell (Materialismus: komplett standardisierte Lösung)**



Chi-Square=8.08, df=8, P-value=0.42528, RMSEA=0.019

Es fällt auf, dass der Modellfit nicht ausreichend ist (Werte  $>|2|$  sind auffällig<sup>77</sup>)  
 Aufgrund der mangelnden Übereinstimmung des Modells wird nun das Messmodell  
 geändert, indem nicht mehr X4 die Varianz für die latente Variable liefert, sondern X2  
 und eine Korrelation der Residuen von X1 und X2 angenommen wird:  
 Da der Fit des Modells unzureichend erscheint, insbesondere Modification-Indices $>0$   
 auftauchten, ist das Modell entsprechend zu modifizieren (komplett standardisierte  
 Lösung):

**Abb.2. 2: modifiziertes Materialismusmodell**



Chi-Square=3.99, df=7, P-value=0.78141, RMSEA=0.000

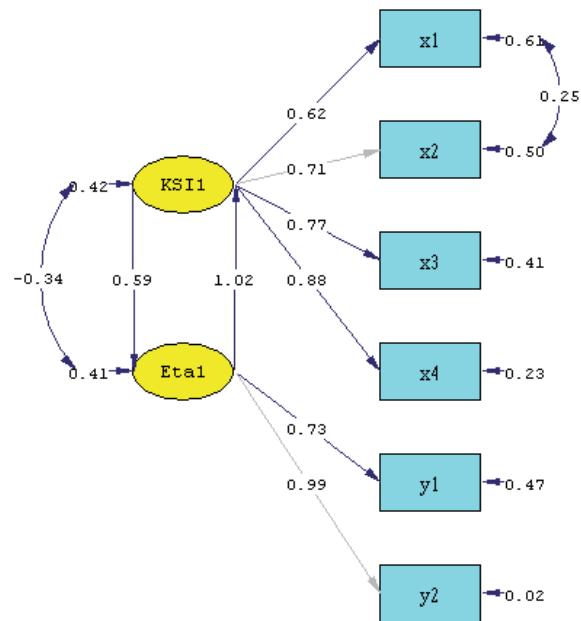
Standardisierte Residuen: Min=-1.39; Max=+1.65  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)=0.99  
 Standardized RMR (SRMR)=0.035

Hier ist die Gesamtanpassung zufriedenstellend, insbesondere die standardisierten  
 Residuen sind nun  $<2$ . Auch Chi-Quadrat ist deutlich gesunken und P-Value  
 gestiegen.

Nun zum Wechselwirkungsmodell:

<sup>77</sup> Siehe dazu Pfeifer & Schmidt 1987, S.38

**Abb.2. 3: Freies Wechselwirkungsmodell (komplett standardisierte Lösung):**



Chi-Square=2.13, df=5, P-value=0.83071, RMSEA=0.000

Stability Index=0.747

St. Res: Min=-1.40; Max=+1.64

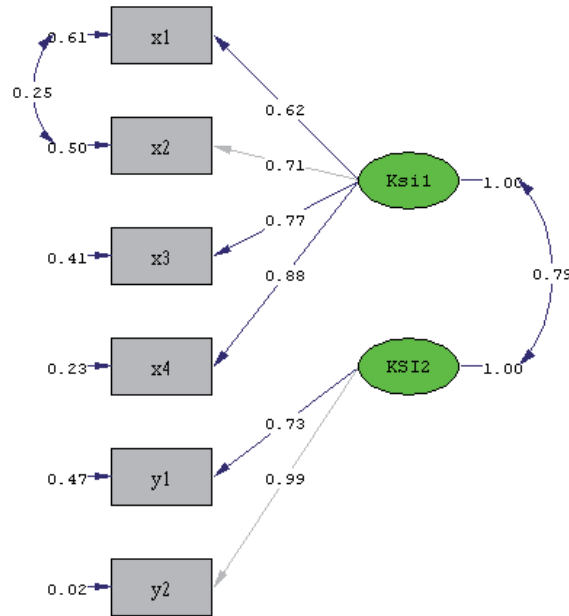
AGFI= 0.99

SRMR= 0.035

Die Reduktion des Chi-Quadrat-Wertes ist geringer als die Reduktion der Freiheitsgrade im Vergleich zum freien Materialismusmodell (=rekursives Modell), was auf eine schlechtere Modellanpassung schließen lässt. Alle anderen Indices differenzieren nicht. Das rekursive Modell hat eine bessere Modellanpassung als das Wechselwirkungsmodell, was ja auch so sein muss, da ein rekursives Modell den simulierten Daten zugrunde liegt.

Nun zum Parallelismusmodell:

**Abb.2. 4: Parallelismusmodell (frei geschätzte Korrelation auf latenter Ebene, komplett standardisiert):**



Chi-Square=3.99, df=7, P-value=0.78141, RMSEA=0.000

Standardisierte Residuen: Min=-1.39; Max=+1.69

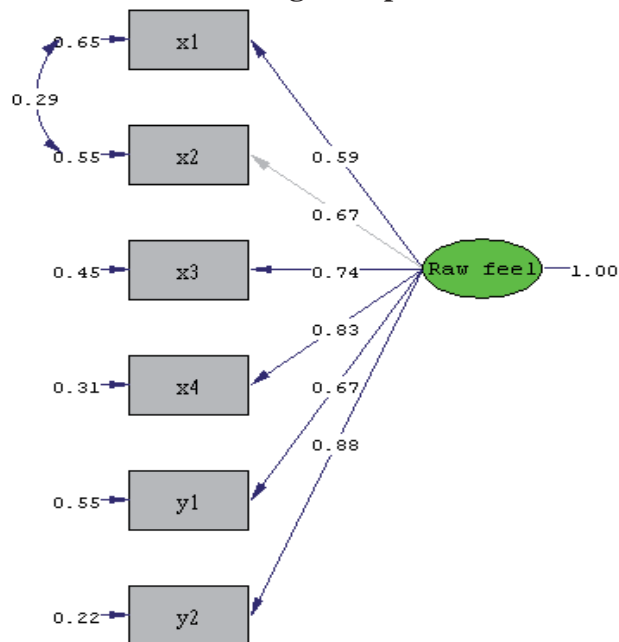
ADFI=0.99

SRMR=0.035

Die Indices sind bis auf eine (kleine) Abweichung der standardisierten Residuen völlig identisch, ebenso wie die geschätzten standardisierten Parameter und Chi-Quadrat sowie die Freiheitsgrade. Daraus folgt, dass dies Modell mit dem freien Materialismusmodell strukturell äquivalent ist, sich also dagegen nicht testen lässt.

Kommen wir nun zum Identitätsmodell als Einfaktorenlösung.

**Abb.2. 5: Identitätsmodell als Einfaktorenlösung (komplett standardisiert):**



Chi-Square=11.61, df=8, P-value=0.16934, RMSEA=0.125

Standard. Residuen: Min=-2.23; Max.=3.78

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

AGFI=0.97; SRMR=0,058

Alle Maße weisen nun auf eine schlechtere Modellanpassung hin als die bisherigen Modelle.

Fazit: Die angegebenen Maße, insbesondere die *Veränderung von Chiquadrat relativ zur Veränderung der Freiheitsgrade* differenzieren in der erwarteten Richtung. Vier weitere Simulationsanalysen an vier weiteren fiktiven Datensätzen zeigten, dass auch hier die Veränderung von Chi-Quadrat relativ zu df sicher differenzierte bei der globalen Analyse. Als aussagekräftigen Index für die globale Analyse kann der folgende Globalanalyseindex (GAI) entwickelt werden:

**$GAI = (Chi^2_{MoI} - Chi^2_{MoII}) - (DF_{MoI} - DF_{MoII})$ ; mit: MoI=Modell mit mehr Freiheitsgraden; MoII=Modell mit weniger Freiheitsgraden; DF=Freiheitsgrade (degrees of freedom).**

GAI>0 bedeutet eine substantiell bessere Anpassung des Modells mit weniger Freiheitsgraden; bei  $GAI \leq 0$  ist die Modellanpassung des komplexeren, mehr Variablen umfassenden Modells schlechter oder es bringt keinen Anpassungsgewinn, d.h. dass nun das Sparsamkeitsprinzip greifen muss, also die Entscheidung für das sparsamere Modell ausfallen muss. Während GAI gut differenziert zwischen dem rekursiven und dem nicht-rekursiven Modell in allen Simulationen, hat die Durchführung von vier weiteren Simulationen gezeigt, dass es vorkommen kann, dass der GAI für das Einfaktorenmodell als das sparsamste Modell spricht, obwohl den Daten ein rekursiver Zusammenhang zugrundegelegen war. D.h. dass der GAI bezüglich der Unterscheidung zwischen rekursiv und Einfaktormodell kein sicherer Index ist. Hier zeigte sich, dass der *Index standardized Root Mean Square Residual (SRMR)* stattdessen sicher differenzierte. *Wenn also GAI für das Einfaktorenmodell sprechen sollte, ist SRMR heranzuziehen und falls SRMR gegen das Einfaktorenmodell spricht, gilt das rekursive Modell.* Die Analyse des Mind-Body-Problems mit LISREL scheint damit möglich, allerdings ohne Differenzierung zwischen Parallelismus und Materialismusmodell. **Differenzieren lassen sich, wie es scheint, Wechselwirkungsmodell, Materialismusmodell und Identitätsmodell global anhand GAI und SRMR** und dies trotz der kleinen Stichprobe von N=30.

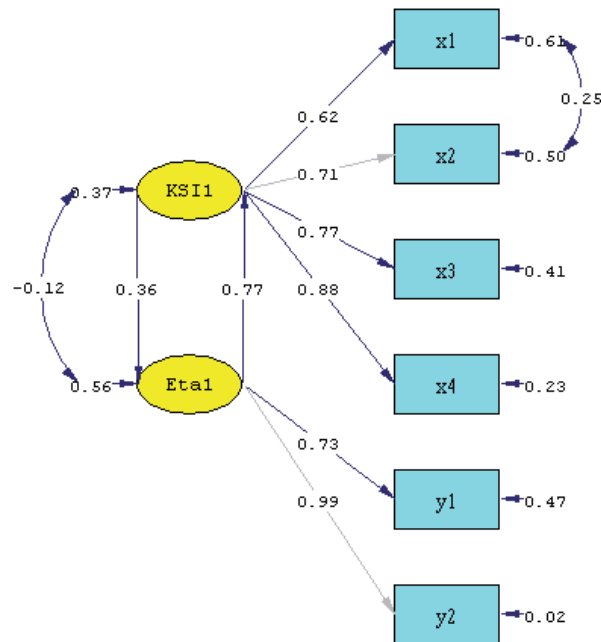
Nun ist noch zu prüfen, ob die Reihenfolge der latenten Variablen im Wechselwirkungsmodell eine Rolle spielt bei der Identifikation des Materialismusmodells unter der Bedingung eines rekursiv erzeugten Datensatzes. Da die Wechselwirkungsmodelle auf Grenzwertbetrachtungen beruhen (s.o.), kann es eine Rolle spielen, welche latente Variable als erste in den Schätzprozess Eingang findet, da der Prozess an einer Stelle starten muss. Um zu prüfen, welchen Einfluss die Reihenfolge der latenten Variablen auf die korrekte Identifikation des Materialismusmodells hat, wurden weitere Simulationsstudien durchgeführt, in denen nicht nur ein Wechselwirkungsmodell ( $\eta_1=KSI, \eta_2=Eta$ ), sondern darüber hinaus ein zweites Wechselwirkungsmodell ( $\eta_1=Eta, \eta_2=KSI$ ) gegen das Materialismusmodell getestet worden ist (die getesteten Modelle finden sich zum Teil im Anhang dieser Arbeit#[SimAnhang](#)). Als Ergebnis dieser zusätzlichen Simulationen kann festgehalten werden, dass unter der Voraussetzung, dass Quasi<sup>78</sup>-Alpha-Fehler und Quasi-Beta-Fehler ausgewogen sein sollen, das Wechselwirkungsmodell in den Modellvergleich eingehen sollte, das die bessere globale Modellanpassung aufweist. Dies war in den Simulationen oft das Modell mit  $\eta_1=Ksi$  (unabhängige Variable im rekursiven Datensatz), aber nicht immer. Wenn es bei der Analyse im empirischen Teil nicht ausdrücklich erwähnt wird, ist immer das besser angepasste Modell in die Analyse eingegangen.

---

<sup>78</sup> Vgl. dazu Emrich (2004; S.38)

Über die globale Analyse hinaus wurde auch die oben in Teil II, Kap.1.0. dargestellte **iterative Analyse** an einem auf rekursiven Zusammenhängen beruhenden Datensatz überprüft<sup>79</sup>:

a)  $\beta_{12} = \beta_{21}$  (komplett standardisiert)



Chi-Square=2.39, df=6, P-value=0.88050, RMSEA=0.000

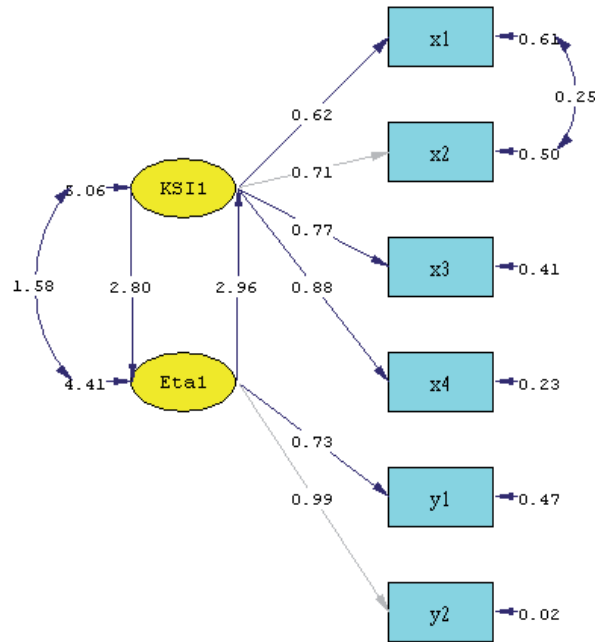
**Abb.2. 6: Wechselwirkung als Gleichgewichtung**

fitted Residuals: Min=-0.21; Max=+0.22; keine Angabe von standardisierten Residuen  
 AGFI=0.99  
 SRMR=0.035  
 Stability Index=0.281

b)  $\beta_{21} = 0.45$   $\beta_{12}$  (komplett standardisierte Lösung)

<sup>79</sup> Im Anhang ist eine Simulation dargestellt, die zeigt, dass das Materialismusmodell bei zugrundeliegenden rekursiven Daten auch via iterativer Analyse entdeckt wird, egal, welche Reihenfolge der latenten Variablen man zugrundelegt

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)



Chi-Square=3.63, df=6, P-value=0.72642, RMSEA=0.000

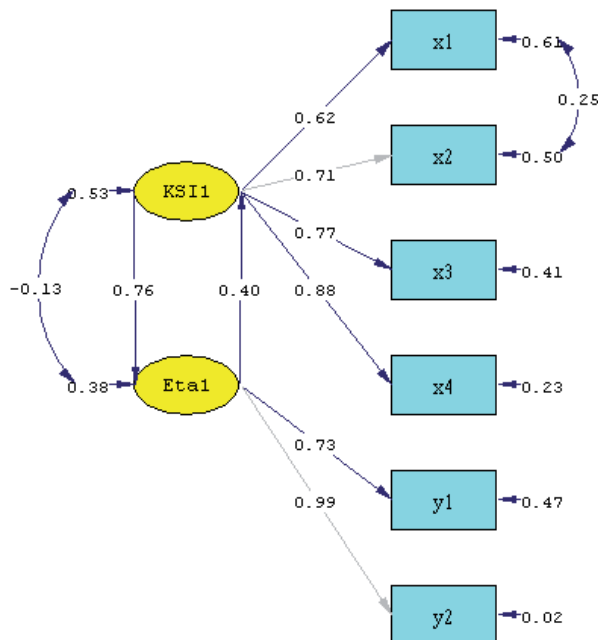
**Abb.2. 7: Beta21=0.45 Beta12 (komplett standardisierte Lösung)**

fitted residuals: Min=-0.21 Max=+0.22 ; stand. Residuen: Min=-1.83; Max=+2.38

ADFI und SRMR: s.o. (identisch)

Stability Index=>1 (Vorsicht!) (siehe auch die Schätzungen der Regressionsparameter, die >1 sind!)

c) Beta21=0.25 Beta12



Chi-Square=2.12, df=6, P-value=0.90864, RMSEA=0.000

**Abb.2. 8: Beta21=0.25 Beta12**

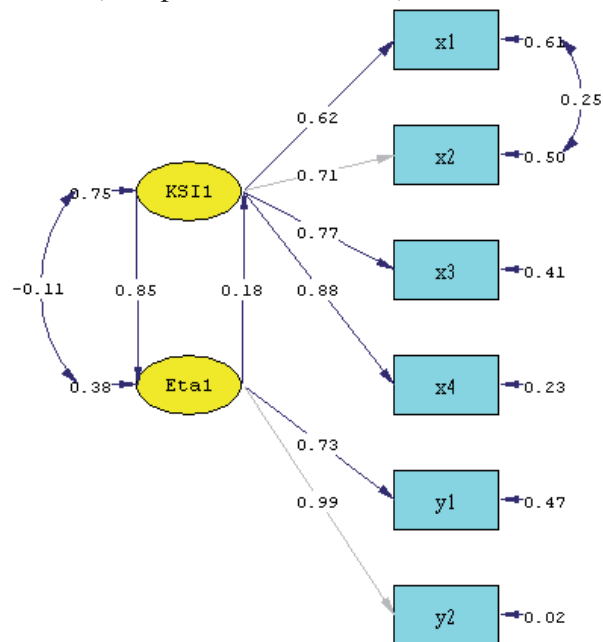
Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

fitted Residual: Min=-0.21; Max=+0.22; stand. Residuen: Min=-1.52; Max=+2.03

AGFI und SRMR identisch wie oben.

Stability index=1.224 (d.h.: Vorsicht bei der Interpretation)

d)  $\beta_{21}=0.1$   $\beta_{12}$  (komplett standardisiert)

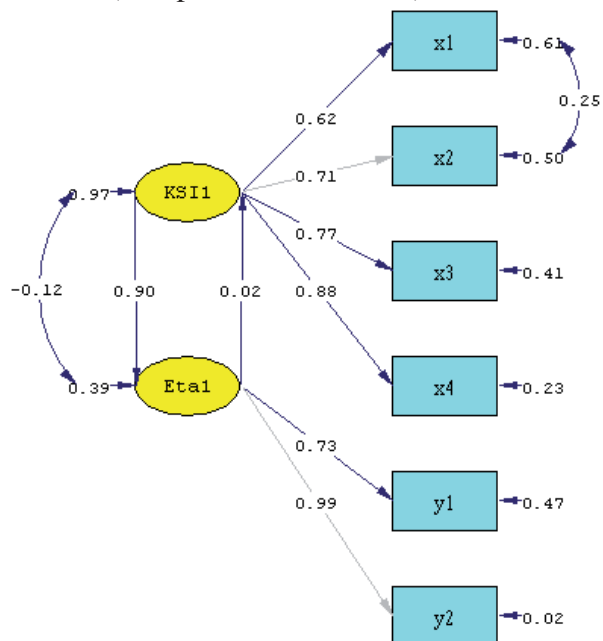


Chi-Square=3.18, df=6, P-value=0.78566, RMSEA=0.000

**Abb.2. 9:  $\beta_{21}=0.1$   $\beta_{12}$  (komplett standardisiert)**

Standardisierte Residuen: Min=-1.41; Max=+1.77; AGFI, SRMR und fitted residuals identisch wie oben, Stability index=1.508 (also Vorsicht!!!)

e)  $\beta_{21}=0.01$   $\beta_{12}$  (komplett standardisiert):



Chi-Square=2.80, df=6, P-value=0.83315, RMSEA=0.000

**Abb.2. 10:  $\beta_{21}=0.01$   $\beta_{12}$  (komplett standardisiert):**

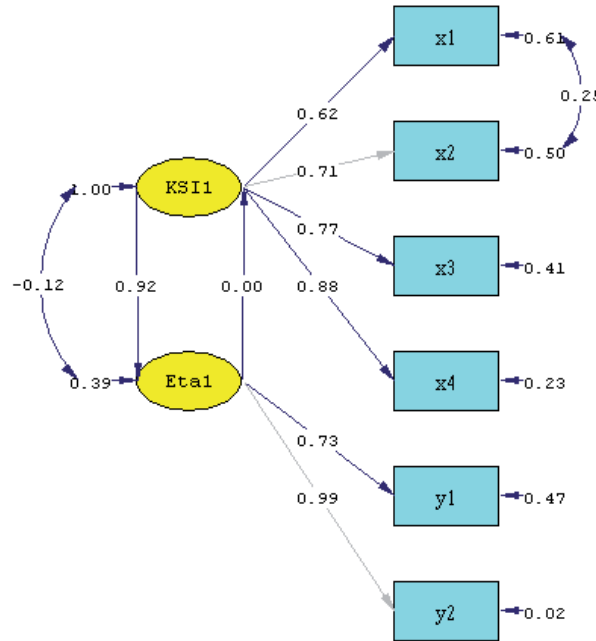


## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

Standardized Residual: Min=-1.39; Max=+1.66; die anderen Indices differenzieren nicht (s.o.)

Stability Index=1.714 (Vorsicht)

f) Beta21=0.001 Beta12 (komplett standardisiert):



Chi-Square=3.48, df=6, P-value=0.74720, RMSEA=0.000

**Abb.2. 11: Beta21=0.001 Beta12 (komplett standardisiert)**

Standardized Residual: Min=-1.39; Max=+1.62

Stability Index=1.770

Die anderen Indices differenzieren nicht.

Fasst man die bisherige iterative Analyse zusammen, so differenzieren hier nur die standardisierten Residuen, wobei die Residuen mit zunehmender Einseitigkeit des Zusammenhangs auf der Strukturebene kleiner werden. Jedoch ist dabei Vorsicht geboten, da die Stabilitätsindices  $>1$  sind. **Eine Reanalyse anhand vier weiterer simulierter Datensätze führte zu dem Ergebnis, dass die standardisierten Residuen sich konsistent in die erwartete Richtung bewegen, wenn die Stabilitätsindices  $<1$  sind. Falls dies nicht der Fall ist, sind die Ergebnisse von Simulation zu Simulation inkonsistent. D.h., dass sich die iterative Analyse sicher nur dann interpretieren lässt, wenn ausreichende Stabilität gewährleistet ist. Insbesondere zeigte sich, dass die Nettoveränderung (NV) von minimalem standardisiertem Residuum und maximalem standardisiertem Residuum der entscheidende Index bei der iterativen Analyse ist:**

**$NV = (\min\text{-ResMoII} - \min\text{-ResMoI}) + (\max\text{-ResMoI} - \max\text{-ResMoII})$**  mit: NV=Nettoveränderungsindex; min-ResMoII=kleinstes standardisiertes Residuum des Modells mit weniger Freiheitsgraden; min-ResMoI = kleinstes standardisiertes Residuum des Modells mit mehr Freiheitsgraden; max-ResMoII = größtes standardisiertes Residuum des Modells mit weniger Freiheitsgraden; max-ResMoI = größtes standardisiertes Residuum des Modells mit mehr Freiheitsgraden.

**Wenn  $NV > 0$ , dann hat das Modell mit den geringeren Freiheitsgraden die bessere Anpassung an die Daten. Bei  $NV = 0$  besteht gleich gute Anpassung, was nach dem Sparsamkeitsprinzip bedeutet, dass dem Modell mit mehr Freiheitsgraden der Vorzug zu geben ist. Falls sich die Modelle nicht anhand**

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

**ihrer Freiheitsgrade unterscheiden lassen, hat Modell II bei  $NV > 0$  die bessere Datenanpassung, bei  $NV < 0$  hingegen Modell I.**

Insbesondere die *iterative Umkehranalyse* scheint deutlich zu machen, dass die simulierten Daten nicht mit KSI auf Eta erklärt werden können (die Stabilitätsindices der im folgenden dargestellten Analysen an einem weiteren simulierten Datensatz waren immer kleiner 1):

Modell Eta auf KSI: Stand. Residuen: Min=-1.64; Max=1.77

Modell Beta12=Beta21: stand. Residuen: Min=-1.73; Max=+1.77

Modell Beta21=0,5Beta12: Stand Residuen: Min=-1.74; Max=1.78

Modell Beta21=0.33Beta12: Stand. Residuen: Min=-1.73; Max=1.78

Modell Beta21=0.01 Beta12: Stand. Residuen: Min=-1.68; Max=1.77

Modell Beta21=0,001 Beta12: Stand. Residuen: Min=-1.70; Max=1.77

Modell Beta21=0.0001 Beta12: Stand. Residuen: Min=-1.69; Max=1.77

### **Umkehranalyse:**

Modell Beta12=0,5 Beta21: Stand. Residuen: Min=-1.80; Max:+6.17

Hier zeigt sich deutlich, dass das Min-Residuum sich dem Min-Residuum des rekursiven Modells schrittweise annähert, während das Max-Residuum nicht differenziert (außer bei der Umkehranalyse), so dass NV sich in der erwarteten Richtung verändert.

Deutlich wird also, dass das Augenmerk bei der iterativen Analyse auf den **Nettoveränderungsindex** gelegt werden muss. Die anderen Indices differenzieren nicht sicher. Zudem ist bei der iterativen Analyse auf ausreichende Stabilität zu achten. Sollte die Stabilitätsindices  $> 1$  sein, sind die Ergebnisse nicht sicher interpretierbar.

Bei allen **bisher durchgeführten Simulationen** widersprachen sich die Ergebnisse der globalen und der iterativen Analysen nicht. Daraus könnte man folgern, dass, wenn den Daten rekursive Zusammenhänge zugrunde liegen, dann sich die beiden Analyseformen in ihren Ergebnissen entsprechen müssten. Wenn sich ein Widerspruch zeigen würde, dann könnte dies auf das mögliche Vorliegen komplexer Wechselwirkungszusammenhänge hinweisen.

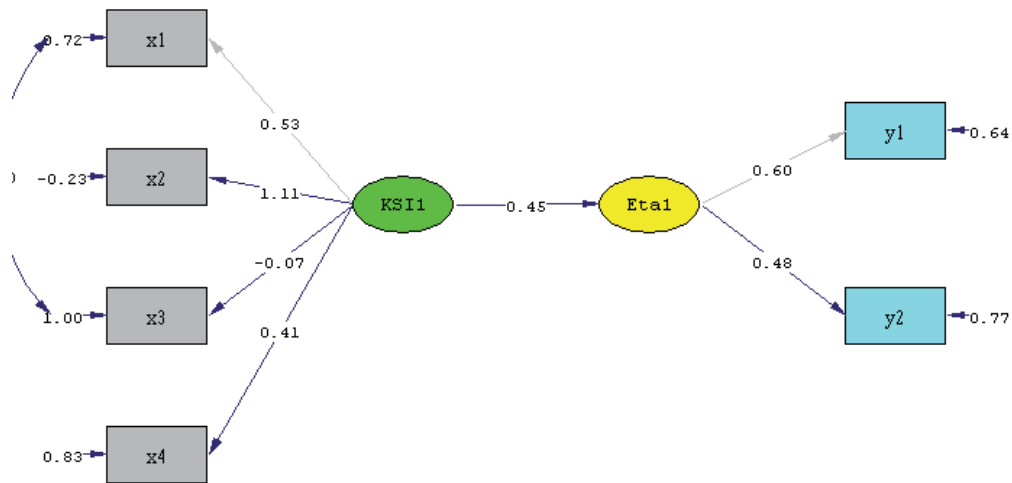
Beim Vergleich der Ergebnisse der globalen Analyse mittels GAI, bei der immer nur Modelle ohne constraints miteinander verglichen werden, mit den Ergebnissen der Simulationen zur iterativen Analyse fällt auf, dass der GAI das sichere Kriterium zu sein scheint. Insbesondere ist bei der iterativen Analyse nicht klar, wie groß die Nettoveränderung ausfallen muss, um bedeutsam zu sein.

**Um die bisherigen Schlussfolgerungen zur iterativen Analyse noch einmal zu prüfen, wurde eine weitere Simulation (Materialismusdaten) durchgeführt**, bei der zwischen globaler und iterativer Analyse wie gewohnt unterschieden wurde.:

A) **Globale Analyse** (Kontrollsimulation von Materialismusdaten):

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

a) Materialismusmodell<sup>80</sup> (komplett standardisiert):



Chi-Square=5.83, df=7, P-value=0.55934, RMSEA=0.000

**Abb.2. 12: Materialismusmodell (komplett standardisiert)**

Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.11  
 Standardized RMR = 0.082  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.93  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.33

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	-	-				
y2	0.00	-				
x1	1.23	-1.00	-			
x2	-0.01	1.21	-0.76	0.00		
x3	1.82	-1.07	0.00	-0.67	0.00	
x4	-1.29	-0.16	0.71	0.26	0.24	0.00

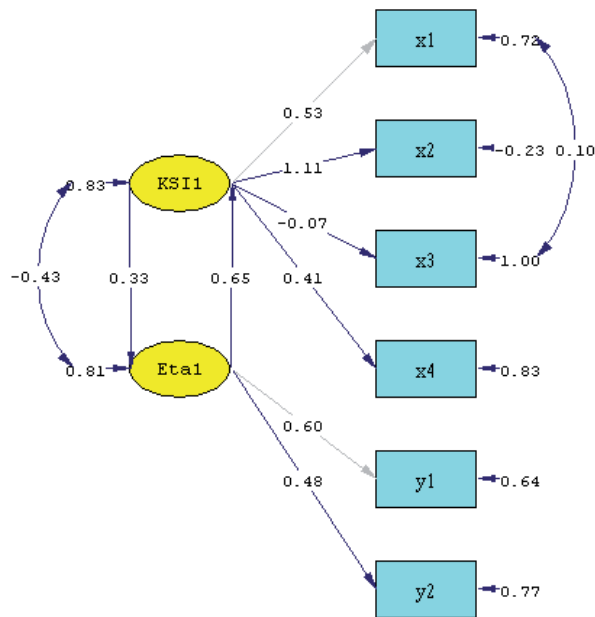
Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.29  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.82

<sup>80</sup> minimale Abweichungen vom Range 0 bis 1 (siehe die Fehlervarianz von x2 und die Aufklärung von x2 durch KSI I) können bei den geschätzten Varianzen vernachlässigt werden. Werden dies Abweichungen jedoch sehr groß, dann weist dies auf fehlende Modellanpassung hin.

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

b) freies Wechselwirkungsmodell (komplett standardisiert):



Chi-Square=5.07, df=5, P-value=0.40702, RMSEA=0.022

**Abb.2. 13: freies Wechselwirkungsmodell (komplett standardisiert)**

Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.11  
 Standardized RMR = 0.082  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.90  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.23

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	x1	x2	x3	x4	y1	y2
x1	0.00					
x2	-0.70	0.00				
x3	0.00	-0.72	0.00			
x4	0.71	0.25	0.24	0.00		
y1	1.21	-0.01	1.82	-1.29	0.00	
y2	-1.00	0.91	-1.07	-0.16	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

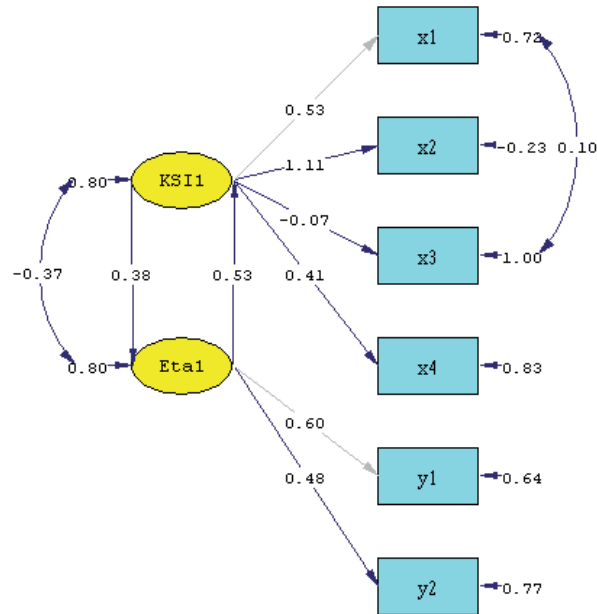
Smallest Standardized Residual = -1.29  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.82  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.306

Der Vergleich der beiden Modelle führt zu folgendem  $GAI=(5.83-5.07)-(7-5)=-1.24$ . Der GAI ist deutlich  $<0$ , also bringt das Wechselwirkungsmodell keinen ausreichenden Gewinn, so dass das Materialismusmodell passt. **Dh., die globale Analyse hat auch hier die simulierte materialistische Datenstruktur aufgedeckt.**

Nun soll noch eine **iterative Analyse** (=iterative Testung von Modellen mit constraints) durchgeführt werden, um zu sehen, ob auch mittels dieser die zugrundeliegende materialistische Struktur aufgedeckt werden kann:

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

c) Wechselwirkungsmodell mit gleichgewichteten Beta-Koeffizienten (komplett standardisiert):



Chi-Square=3.39, df=6, P-value=0.75877, RMSEA=0.000

**Abb.2. 14: Gleichgewichtsmodell (komplett standardisiert)**

Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.11  
 Standardized RMR = 0.082  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.92  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.28

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	x1	x2	x3	x4	y1	y2
x1	0.00					
x2	-	-				
x3	0.00	-0.91	0.00			
x4	0.70	-	0.24	0.00		
y1	1.41	-	1.82	-1.38	-	
y2	-1.02	-	-1.07	-0.16	-	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

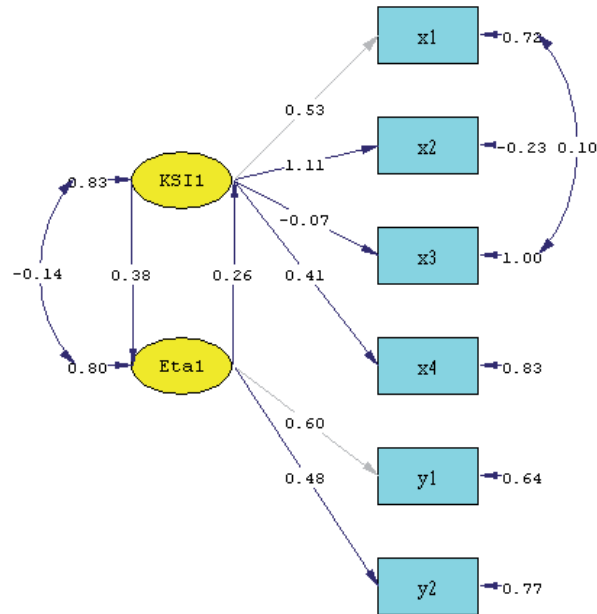
Smallest Standardized Residual = **-1.38**  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.82

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.202

Hier zeigt sich erneut, dass bei Modellen mit festgelegten Parametern (constraints) die globale Analyse nicht anwendbar ist. Die standardisierten Residuen hingegen weisen auf eine deutliche Verschlechterung der Modellanpassung hin. Die iterative Analyse wird nun mit der Annahme, dass die physiologische Ebene (KSI) auf die psychologische (Eta) doppelt so viel Einfluss hat als vice versa, weitergeführt:

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

d) Wechselwirkung mit doppelt so großem Einfluss von KSI auf Eta (komplett standardisiert):



Chi-Square=5.72, df=6, P-value=0.45549, RMSEA=0.000

**Abb.2. 15: Wechselwirkung mit doppelt so großem Einfluss von KSI auf Eta (komplett standardisiert)**

Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.11  
 Standardized RMR = 0.082  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.92  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.28

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	x1	x2	x3	x4	y1	y2
x1	0.00					
x2	-	-				
x3	0.00	-0.75	0.00			
x4	0.67	-	0.24	0.00		
y1	1.07	-	1.81	-1.25	0.00	
y2	-0.98	-	-1.07	-0.16	0.00	0.00

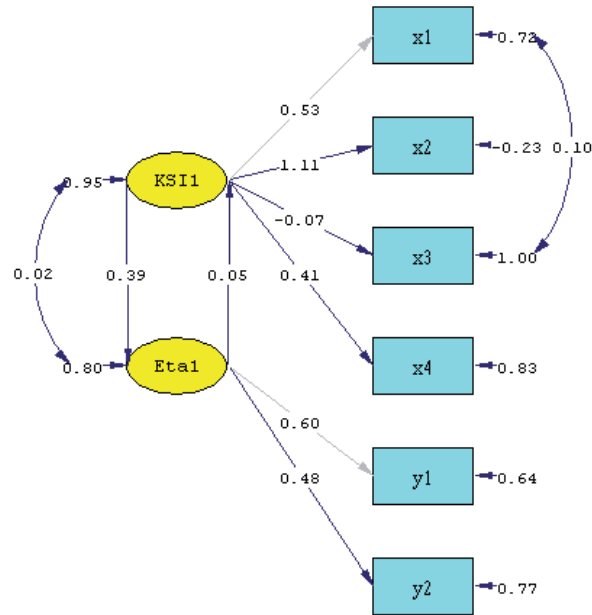
Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.25  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.81  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.197

Der Nettoveränderungsindex gegenüber dem vorherigen Modell mit Gleichgewichtung weist auf eine Verbesserung (NV=0,14)hin und auch die Modellanpassung gegenüber dem Materialismusmodell scheint sogar etwas besser zu sein (NV=0,05). Dieser Befund wiederholt sich bei dreimal und viermal so großem physiologischen Einfluss im Vergleich zum psychologischen. Das Modell mit 10fach höherem Einfluss der physiologischen auf die psychologische Ebene hingegen führte zu folgenden Ergebnissen:

e) Wechselwirkung mit 10fach so großem Einfluss von KSI auf Eta (komplett standardisiert):

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)



Chi-Square=5.83, df=6, P-value=0.44214, RMSEA=0.000

**Abb.2. 16: Wechselwirkung mit 10fach so großem Einfluss von KSI auf Eta (komplett standardisiert)**

Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.11  
 Standardized RMR = 0.082  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.92  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.28

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	x1	x2	x3	x4	y1	y2
x1	0.00					
x2	-0.97	0.00				
x3	0.00	-0.73	0.00			
x4	0.71	0.25	0.24	0.00		
y1	1.18	-0.01	1.81	-1.28	0.00	
y2	-1.00	3.23	-1.07	-0.16	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.28  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = **3.23**  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.211

Die Modellanpassung ist hier nun viel schlechter (largest stand. Residual =+3.23) als bei den Modellen vorher. Da aber die simulierten Daten eine materialistische Struktur haben, wäre zu erwarten gewesen, dass die Modellanpassung mit steigender Gewichtung des Einflusses von KSI auf Eta sich verbessern sollte. Während dies von der Gleichgewichtung zu doppelt so großen Gewichtung auch noch der Fall ist, steht der weitere Verlauf der Iteration im Widerspruch zu den Daten. **D.h., dass die iterative Analyse, wenn überhaupt, nur aussagekräftig ist für den Schritt von Gleichgewichtung auf Doppelgewichtung. Weitere Schritte lassen sich nicht sicher**

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

**interpretieren. Die iterative Analyse und die Interpretation der auf ihr basierenden Ergebnisse sind also mit Vorsicht zu betrachten.**<sup>81</sup>

1.1.4. Erzeugen von Datensätzen, die auf einem latenten Faktor beruhen ( Identitätsdaten)

Um die Differenzierung des Einfaktormodells (=Identitätstheorie) von dem kausalen Materialismusmodell gewährleisten zu können, ist es an dieser Stelle sinnvoll, globale Analysen anhand von einfaktoriell simulierten Daten durchzuführen. Aber vorher müssen die Daten natürlich erst einmal erzeugt werden.

Der folgende PRELIS-Output dokumentiert, wie die Daten als einfaktorielle Daten im ersten Schritt erzeugt worden sind:

```
DATE: 05/15/2008
TIME: 20:35

P R E L I S  2.80

by Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom
The following lines were read from file C:\SimulationenIIff\Simulation-Einfaktorenmodell-IX=127.LS8:

TI Simulation-Einfaktorenmodell-IX=127
DA NO=30
CO all
NE KSI1=NRAND
NE Delta1=NRAND
NE Delta2=NRAND
NE Delta3=NRAND
NE Delta4=NRAND
NE Delta5=NRAND
NE Delta6=NRAND
NE x1=.8*KSI1 + Delta1
NE x2=.7*KSI1 + Delta2
NE x3=.6*KSI1 + Delta3
NE x4=.5*KSI1 + Delta4
NE x5=.9*KSI1 + Delta5
NE x6=.8*KSI1 + Delta6

SD KSI1 Delta1-Delta6

OU CM=SIMREC.CM XM IX=127
Total Sample Size = 30

Univariate Summary Statistics for Continuous Variables
Variable      Mean    St. Dev.  T-Value  Skewness  Kurtosis  Minimum  Freq.  Maximum  Freq.
-----
x1    -0.092    1.232    -0.408    0.260    -0.134    -2.188    1    3.023    1
x2    -0.014    0.938    -0.081    0.042    -1.298    -1.513    1    1.474    1
x3     0.054    1.218     0.245    0.095    -0.649    -2.534    1    2.491    1
x4     0.345    0.857     2.206    0.040    -0.821    -1.238    1    1.967    1
x5    -0.103    1.314    -0.429    0.401     0.283    -2.486    1    2.790    1
x6    -0.339    1.114    -1.668    -0.009    -0.259    -2.309    1    2.174    1
```

<sup>81</sup> An diesem Beispiel wird die Bedeutung der Falsifikation exemplarisch deutlich: eine Simulation genügt, um die aus mehreren anderen Simulationen abgeleiteten Hypothesen infrage zu stellen.



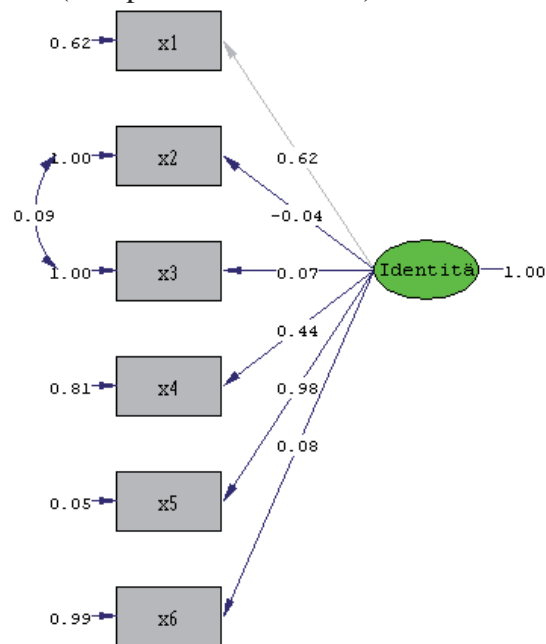
## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

Es fällt auf, dass insbesondere die Kurtosis scheinbar auf Nicht-Normalität hinweist, was aber bei simulierten Daten leider nicht durch Normalisierung korrigiert werden kann. Die Korrektur ist nicht vorgesehen, weil die Zufallsvariablen als normalverteilte Zufallsvariablen erzeugt werden, indem eine Stichprobe aus einer normalverteilten Population gezogen wird (siehe Jöreskog & Sörbom 2002: Prelis 2: User's Reference Guide, S.189ff.).

### 1.1.5. Globale Analyse der Identitätsdaten

Die so erzeugten Daten werden nun einer **globalen Analyse** unterzogen, indem die drei infrage kommenden Modelle modelliert und mit dem simulierten Einfaktoren-Datensatz konfrontiert werden. Dabei ist darauf zu achten, welche Indices das Einfaktorenmodell als das am besten passende ausweisen:

a1)Einfaktorenmodell (komplett standardisiert):



Chi-Square=2.53, df=8, P-value=0.96038, RMSEA=0.000

**Abb.2. 17: Einfaktormodell (komplett standardisiert)**

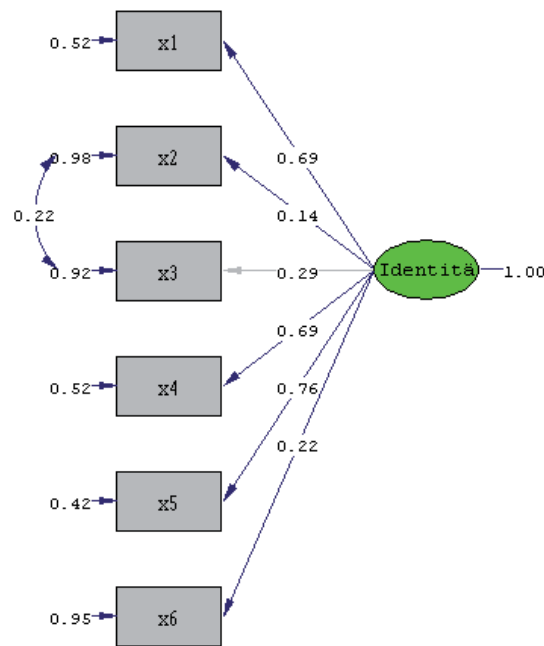
AGFI=0.97; SRMR=0.058; Stand.Residuen: Min=-0.86; Max=+0.78

b1) Rekursives Modell (Materialismus):

Hier generiert LISREL keine Graphik, da die Schätzungen nicht konvergieren und die sogenannte PSI-Matrix nicht positiv definit ist.

Deswegen wurde eine weitere Simulation nun mit einem anderen Datensatz durchgeführt, bei dem die beobachtbaren Variablen über hohe Koeffizienten (.9) aus der latenten Zufallsvariable und den latenten Fehlervariablen errechnet wurden:

Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)  
a2) Einfaktormodell (komplett standardisiert):

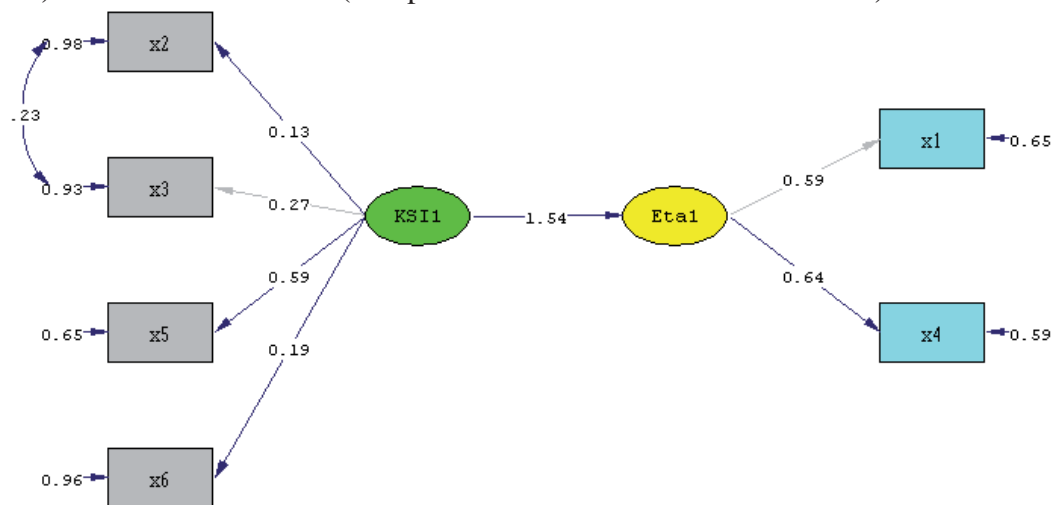


Chi-Square=8.24, df=8, P-value=0.41009, RMSEA=0.032

**Abb.2. 18: Einfaktormodell (komplett standardisiert)**

AGFI=0.96; SRMR=0.090; stand. Residuen: Min=-1.30; Max=2.16

b2) Materialismusmodell (komplett standardisiert d.h. alle Werte $\leq$ 1):



Chi-Square=5.00, df=7, P-value=0.65951, RMSEA=0.000

**Abb.2. 19: Materialismusmodell (komplett standardisiert)**

AGFI=0.91; SRMR=0.080; Stand Res.: Min=-1.60; Max=1.80; PSI ist nicht positiv definit<sup>82</sup>. **Das bedeutet, dass die auf den ersten Blick besseren Werte der Indices nicht berücksichtigt werden dürfen.** Die Anpassung ist aufgrund der nicht erlaubten Schätzungen definitiv schlechter als beim Einfaktorenmodell. Der erste Schritt des Modellvergleichs muss also darin liegen, zu schauen, bei welchem Modell die

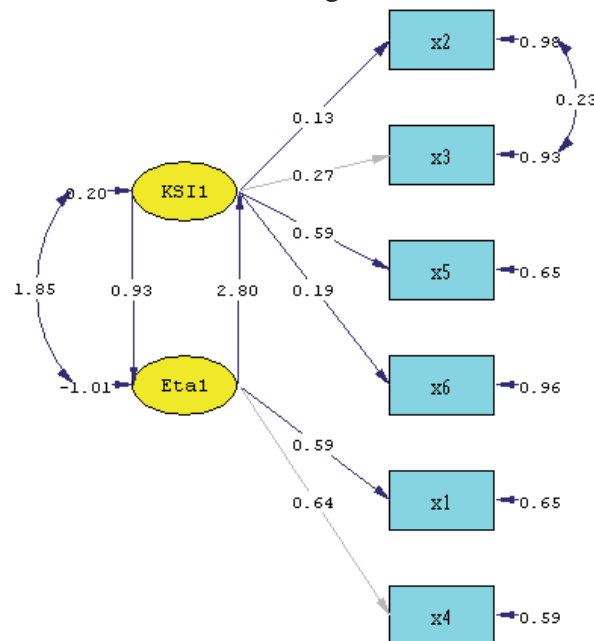
<sup>82</sup> Eine Matrix ist dann positiv definit, wenn sich für beliebige Vektoren eine endliche Lösung im Rahmen der Rechengenauigkeit finden lässt. Positiv definite Matrizen lassen sich symmetrisch dreieckszerlegen (Dreiecksmatrizen), s. dazu Precht/Voit/Kraft 2006, 102ff., insbesondere S.147.

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

Parameter sich im erlaubten Rahmen bewegen und wo nicht. Die Modelle, deren Parameter zum Teil den erlaubten Raum verlassen, sind schlechter angepasst als die sich im erlaubten Raum bewegenden Modelle. Erst wenn klar ist, dass alle Modelle sich im erlaubten Raum bewegen, kommen die anderen Indices zum Zuge.

### C2) Wechselwirkungsmodell

Wiederum komplett standardisierte Lösung:



Chi-Square=4.36, df=5, P-value=0.49920, RMSEA=0.000

**Abb.2. 20: Wechselwirkungsmodell (komplett standardisiert)**

AGFI=0.88; SRMR=0.080; Stand. Res.: Min=-1.52; Max=2.71; Stab. Index=2.656; Psi ist nicht positiv definit, daher kommt es zur Schätzung negativer Varianzen und zu standardisierten Varianzen  $>1$ <sup>83</sup>. Die oben erwähnten Indices geben deswegen ein widersprüchliches Bild ab. Was also zählt, ist, ob die Schätzungen erlaubt sind oder nicht.

Es scheint so zu sein, dass, falls eine Einfaktorenlösung vorliegt, diese als einzige den Daten so angepasst werden kann, dass die Parameterschätzungen den erlaubten Rahmen einhalten ( $\geq 0$  bei Varianzen und  $\leq |1|$  bei allen standardisierten Parametern<sup>84</sup> mit Varianzen=1). Daneben scheint, wenn alle Modelle sich im erlaubten Rahmen bewegen, SRMR der aussagekräftigste Index zu sein.

#### 1.1.6. Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Simulationsstudien:

- Wenn die Daten rekursiv (im Sinne von LISREL) erzeugt wurden, dann lässt sich in der **globalen Analyse** anhand des *GAI*-Maßes zwischen rekursiven und nicht-rekursiven Modellen entscheiden, insofern der Fit des rekursiven Modells hinreichend war (alle stand. Residuen  $< 2$ ). Die Unterscheidung zwischen Materialismusmodell und Identitätsmodell (Einfaktormodell) gelingt sicherer mit dem *SRMR*-Index.
- Eine **iterative Analyse** erscheint, auch wenn die Stabilität ausreichend ist (Stability Index  $< 1$ ), nur unter Vorbehalten, wenn überhaupt, möglich zu sein.

<sup>83</sup> Da die Varianz das Quadrat der Standardabweichung ist, kann sie nur positiv sein. Standardisierte Varianzen sind immer gleich 1. Wenn dies nicht der Fall ist, werden Gesetze der Statistik verletzt.

<sup>84</sup> Ausnahme: Standardisierte Residuen sind normalisierte Residuen, die größer 1 sein können und bei guter Modellanpassung  $\leq |2|$  betragen. Siehe dazu Pfeifer & Schmidt 1987, S.60

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

- Alle durchgeführten Simulationen zeigten bei zugrunde liegenden rekursiven Daten eine Verbesserung von gleichgewichtetem Einfluss der Ebenen zu doppelt so großem Einfluss der physiologischen auf die psychologische Ebene an. Der entscheidende Index bei der iterativen und Umkehranalyse ist der *Nettoveränderungsindex NV*. Das heißt aber, dass wenn das Modell mit Doppelgewichtung die besten standardisierten Residuen aufweist, nicht zwingend davon ausgegangen werden kann, dass eine Wechselwirkung mit
- Ungleichgewichtung anstelle eines lineal-einseitigen Zusammenhangs vorliegt. Wahrscheinlich spielt hier die Größe des Nettoveränderungsindex eine Rolle ( $<0,1$  scheint zu gering zu sein, um einen bedeutsamen Unterschied zu markieren, so dass dann das Modell mit weniger Parametern das passendere wäre). Falls sich die Schlussfolgerungen aus der iterativen Analyse /Umkehranalyse und der globalen Analyse widersprechen sollten, ist der globalen Analyse der Vorrang zu geben.
  - Wenn die Daten einfaktoriellement erzeugt wurden, scheint nur das einfaktoriellemente Modell befriedigend zu den Daten zu passen, die anderen Modelle sind in den durchgeführten Simulationen nicht testbar gewesen, da die sogenannte PSI-Matrix nicht positiv definit war. Das Problem, dass die PSI-Matrix nicht positiv definit war, tauchte in beiden unabhängigen Simulationen auf. Bewertet man eine nicht positive definite Matrix als so schlechte Anpassung, dass eine genaue Berechnung nicht möglich ist, dann passte auch hier das einfaktoriellemente Modell mit Abstand am besten zu den ja auch einfaktoriellement erzeugten simulierten Daten.

Die Simulationsstudien haben also gezeigt, dass eine Entscheidung zwischen den drei Modellen auch schon bei kleinen Stichproben ( $N=30$ ) möglich sein dürfte und zwar vor allem anhand der globalen Analyse mittels GAI.

Die obigen Simulationsanalysen beruhten auf Daten, die mit linearen Gleichungen erzeugt worden waren, was ist aber zu erwarten, wenn den Daten nicht-lineare Gleichungen zugrunde liegen würden?

### 1.2. Komplexe nicht –lineare Dynamik und LISREL

Mit LISREL lassen sich Zusammenhänge nur mit linearen Strukturgleichungen modellieren, so dass sich die Komplexität, die durch die Nicht-Linearität bedingt ist, mit LISREL nicht abbilden lässt. Haken (s.u. Teil III) beschreibt Systeme in der von ihm entwickelten Synergetik durch *zirkuläre Kausalität* zwischen Ordner(n) (Systemebene) und Elementen des Systems: die wechselseitigen Bedingtheiten der Elemente untereinander führen zur Entwicklung von Ordnern (Systemverhalten), welche wiederum die Elemente „versklaven“. Nach Haken sei aber die Wirkung der Ordner (mentale Ebene) auf ihre Elemente (physiologische Ebene) nicht im Sinne von Abwärtskausalität zu verstehen. Haken (In Haken & Schiepek 2006, Kap.4) gibt damit dem Einfluss der Physis auf die Psyche mehr Gewicht als umgekehrt. Dagegen spricht, dass die Wirkung der Ordner Ebene, welche in unserem Zusammenhang die korrespondierenden psychischen Phänomene umfasst, auf die Elemente sich mathematisch zeigen lässt, obwohl die Ordner Ebene ein Konstrukt darstellt im Gegensatz zu den physischen Elementen, in ihrer Wirkung aber genauso viel zur Systemdynamik beiträgt wie die Elemente. Möglicherweise reagiert hier Haken so, weil er das Konzept des nicht-reduktiven Physikalismus als empirisch nicht hinterfragbares Kernelement seiner Theorie ansieht. Und der nicht-reduktive Physikalismus beinhaltet, dass mentale Phänomene nicht kausal wirksam werden können aus sich heraus. Mit LISREL könnte es möglich sein, zu überprüfen, ob die Ordner Ebene genauso wirksam ist wie die Ebene der Elemente: wenn dies der Fall ist, müssten Wechselwirkungsmodelle genauso gut oder besser als materialistische lineale Modelle zu den Daten passen. Und dies sollte dann der Fall sein, wenn zirkuläre

## Teil II: Simulationsstudien (empirischer Teil)

Kausalität vorliegt und sich die damit einhergehende hierarchische Wechselwirkung statistisch aus dem Kreisprozess herauslösen lässt, und ebenso, wenn nicht-hierarchische Variablen miteinander wechselwirken. Wenn das Gegenteil hingegen sich zeigt, kann das verschiedene Gründe haben:

- Bezogen auf den untersuchten Phänomenbereich liegt kein komplexes System vor und der Zusammenhang ist einseitig physikalisch
- LISREL bildet das System nur unzureichend ab, so dass die eigentlich vorhandene Wechselwirkung nicht gefunden werden kann
- Es liegt ein komplexes System im Sinne der Synergetik vor, jedoch wirkt nur die physische Ebene im kausalen Sinne auf die mentale Ebene, während die mentale Ebene sich nicht aus dem Gesamt des kausalen Kreisprozesses herauslösen lässt. D.h. es liegt zwar zirkuläre Kausalität vor, aber keine Abwärtskausalität.

Wenn sich Wechselwirkungen mittels LISREL aufweisen lassen, dann kann dies für eine nicht-hierarchische Wechselwirkung sprechen, jedoch kann die Wechselwirkung auch durch zirkuläre Kausalität bedingt sein im Sinne einer hierarchischen Wechselwirkung (näheres s.u. im Synergetikkapitel).

Die obigen Ausführungen dürften die Grenzen der Analyse von Daten mittels linearer Strukturgleichungen deutlich gemacht haben. Eine weitere Grenze ist, dass aufgrund der kleinen Stichprobe die vorliegende Untersuchung nur als allererste, **bescheidene Pilotstudie zu betrachten ist, die aber Möglichkeiten aufzeigt, auf andere Weise als bisher sich dem Leib-Seele-Problem empirisch zu nähern.**

**2. Beschreibung der Stichprobe und des Datensatzes**

2.1. Beschreibung der Stichprobe

In die vorliegende Untersuchung sind alle KlientInnen eingegangen, die sich im April 2005 bis Juni 2007 um einen Verhaltenstherapieplatz in unserer Praxis bemüht und deswegen unsere standardisierte Diagnostikprozedur durchlaufen haben. Es handelt sich um 33 Mädchen und Jungen im Alter von 6-17 Jahren, wobei drei Datensätze wegen Missing Values aus der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen werden mussten; im Folgenden die Verteilungen des sozialen Status (Ausbildung Vater und Mutter), des Alters, der Intelligenz und der im Rahmen des Eingangsdiagnostikverfahrens erhobenen Diagnosen nach ICD 10<sup>85</sup>:

- a) Ausbildungsgrad Mutter und Vater (0=ohne Ausbildung; 1=mit Ausbildung; 2=Studium)

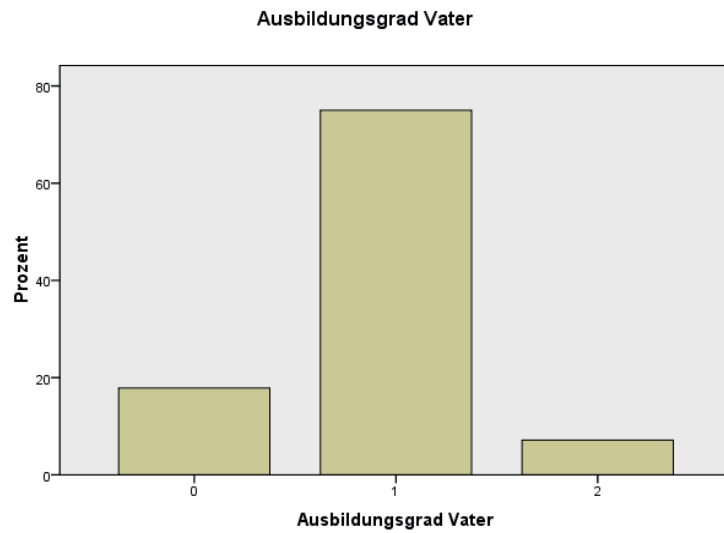


**Abb.2b. 1: Ausbildungsgrad Mutter und Vater (Balkendiagramm)**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 0	4	13,3	13,3	13,3
1	21	70,0	70,0	83,3
2	5	16,7	16,7	100,0
Gesamt	30	100,0	100,0	

**Tab.2. 1: Ausbildungsgrad der Mutter (0=ohne, 1=mit Ausbildung; 2=Studium)**

<sup>85</sup> Die deskriptiven Statistiken wurden mit SPSS 17.0 erstellt.



**Abb.2b. 2: Ausbildungsgrad Vater (Balkendiagramm)**

**Ausbildungsgrad Vater**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	5	16,7	17,9	17,9
	1	21	70,0	75,0	92,9
	2	2	6,7	7,1	100,0
	Gesamt	28	93,3	100,0	
Fehlend		2	6,7		
Gesamt		30	100,0		

**Tab.2. 2: Ausbildungsgrad des Vaters (0=ohne, 1= mit Ausbildung; 2=Studium)**

Während bei Vater und Mutter zu 70% das Ausbildungsniveau im mittleren Bereich liegt, sind bei den Vätern mehr ohne Ausbildung als bei den Müttern. Bei den Vätern ist darüber hinaus der Anteil ohne Ausbildung höher als der Anteil mit Studium, bei den Müttern ist es umgekehrt. Eine Verzerrung der Stichprobe Richtung akademischer Berufe ist damit nicht gegeben.

Teil II: empirischer Teil

b) Altersverteilung (auf volle Jahre abgerundet) der Kinder und Jugendlichen, um derenwillen die Eltern unsere Praxis um Therapie ersucht haben, und die in die vorliegend Studie eingegangen sind:

		Alter abgerundet			
Jahre:		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	6	3	10,0	10,0	10,0
	7	3	10,0	10,0	20,0
	9	5	16,7	16,7	36,7
	10	4	13,3	13,3	50,0
	11	1	3,3	3,3	53,3
	12	4	13,3	13,3	66,7
	13	6	20,0	20,0	86,7
	14	2	6,7	6,7	93,3
	15	1	3,3	3,3	96,7
	17	1	3,3	3,3	100,0
	Gesamt	30	100,0	100,0	

**Tab.2. 3: Altersverteilung (auf volle Jahre abgerundet) der Kinder- und Jugendlichen dieser Studie**

Alter abgerundet auf volle Jahre

N	Gültig	30
	Fehlend	0
Mittelwert		10,70
Median		10,50
Standardabweichung		2,891
Schiefe		-,009
Standardfehler der Schiefe		,427
Kurtosis		-,662
Standardfehler der Kurtosis		,833
Minimum		6
Maximum		17

**Tab.2. 4: Verteilungscharakteristika der Altersverteilung**

Die Verteilung zeigt, dass das mittlere Alter zwischen 10 und 11 Jahren liegt (Mittelwert und Median), die Verteilung nicht schief ist. Die Überprüfung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt, dass das Alter in der vorliegenden Stichprobe nicht signifikant von der Normalverteilung abweicht:



**Tests auf Normalverteilung**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Alter abgerundet	,140	30	,137	,954	30	,215

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tab.2. 5: Testung auf Normalverteilung der Altersvariable**

c) Intelligenz (gemessen mit dem CFT [Erläuterungen s.u. Teil II, Kap.2.2]), dargestellt in Form statistischer Kennwerte der IQ-Werte und der klassifizierten IQ-Werte (1=IQ von 70 bis 85; 2= IQ von 86-115; 3= IQ von 116 bis 130):

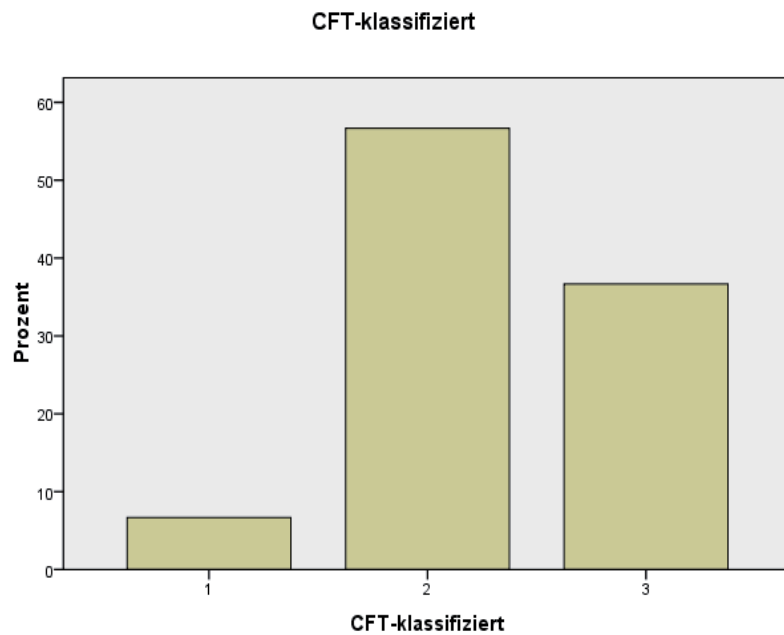
**Statistiken**

		CFT-IQ	CFT-klassifiziert
N	Gültig	30	30
	Fehlend	0	0
Mittelwert		105,93	2,30
Median		105,00	2,00
Standardabweichung		14,515	,596
Schiefe		-,350	-,189
Standardfehler der Schiefe		,427	,427
Kurtosis		-,672	-,482
Standardfehler der Kurtosis		,833	,833
Minimum		73	1
Maximum		129	3

**Tab.2. 6 Verteilungscharakteristika der CFT-Intelligenz in der vorliegenden Stichprobe**

Die Stichprobenverteilung mit einem arithmetischen Mittel von IQ=105 scheint leicht in den höheren IQ-Bereich verschoben zu sein. Der T-Test für eine Stichprobe (Testung von 105 gegen 100) bestätigt den Verdacht ( $p=.033$ , einseitig sign. Auf dem 5%-Niveau). Während jedoch in den meisten Untersuchungen Probanden mit  $IQ < 85$  aus der Analyse ausgeschlossen werden (z.B. Clarke et al. 1998 und 2001), ist dies in der vorliegenden Untersuchung nicht der Fall.

Klassifiziert man die Intelligenz nach Lernbehinderung ( $70 < IQ < 85$ ), Normalintelligenz ( $85 < IQ < 115$ ) und überdurchschnittlicher Intelligenz ( $115 < IQ < 130$ ), dann ergibt sich folgende Verteilung der klassifizierten Intelligenz der an der Untersuchung teilnehmenden Kinder und Jugendlichen:



**Abb.2b.: CFT-IQ klassifiziert nach Lernbehinderung (1), durchschnittlichem IQ (2) und überdurchschnittlicher Intelligenz (3)**

Während fast 56,7% im durchschnittlichen Intelligenzbereich liegen, liegen 6,7 % im unterdurchschnittlichen und 36,7% im überdurchschnittlichen Bereich. Die Verteilung ist also eindeutig rechtsgipflig (vgl. Bortz 1985, S.63). Die überdurchschnittlich intelligenten Kinder sind gegenüber den lernbehinderten Kindern in der Überzahl. Dies mag daran liegen, dass in der Regel die Eltern von sich aus um eine Behandlung in unserer Praxis nachfragen, was vermutlich bei Eltern von Kindern, die auf Förderschulen gehen, eher die Ausnahme denn die Regel sein dürfte.

Teil II: empirischer Teil

- a) Diagnosen nach ICD10: Die Diagnosen, die im Rahmen der Eingangsdiagnostik nach Abschluss der Diagnostikphase vergeben werden, können der folgenden Tabelle entnommen werden:

Diagnosen nach ICD10				
Diagnosen:	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
F41.2; F90.1	1	3,3	3,3	3,3
F42.2	1	3,3	3,3	6,7
F90.0	13	43,3	43,3	50,0
F90.0; F54	2	6,7	6,7	56,7
F90.0; F81.0	1	3,3	3,3	60,0
F90.0; F81.2	1	3,3	3,3	63,3
F90.1	3	10,0	10,0	73,3
F93.0	1	3,3	3,3	76,7
F93.3	1	3,3	3,3	80,0
F95.1; F98.8	1	3,3	3,3	83,3
F98.8	3	10,0	10,0	93,3
F98.8; F81.3	1	3,3	3,3	96,7
F98.8; Q87.1; Q0.2 <sup>86</sup>	1	3,3	3,3	100,0
Gesamt	30	100,0	100,0	

**Tab.2. 7 ICD10-Diagnosen in der Stichprobe der vorliegenden Studie**

Bei der Betrachtung der Tabelle fällt auf, dass 7 Kinder (23%) die Kriterien für Mehrfachdiagnosen (ADS [F98.8] bzw. ADHS [F90.0] mit Migräne[F54] oder Lese-Recht-Schreibstörung [F81.0] oder Dyskalkulie [F81.2], kombinierte Störung schulischer Fertigkeiten [F81.3] oder Ticstörung [F95.1]) erfüllt haben und bei drei Kindern (10%) keine AD(H)S, sondern eine Zwangsstörung (ICD10 F42.2) bzw. eine emotionale Störung mit Trennungsangst des Kindesalters (F93.0) oder eine emotionale Störung mit Geschwisterrivalität (F93.3) vorlag. Eine kombinierte Störung der Aufmerksamkeit und des Sozialverhaltens (F90.1) fand sich bei 3 Kindern (10%); eine Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität/Impulsivität (F98.8) ebenfalls bei 3 Kindern (10%); die Aufmerksamkeitsstörung mit Hyperaktivität/Impulsivität macht den Hauptanteil an Diagnosen aus (13 Kinder bzw. 43,3%).

Während in den gängigen Untersuchungen zur ADHS und Elektroenzephalogramm-Mustern Kinder mit Ticstörungen, Störungen des ZNS und natürlich reine Zwangsstörungen oder emotionale Störungen ausgeschlossen werden (s. dazu Clarke et al. 2001, S.214), handelt es sich bei der hier vorliegenden um eine unausgelesene Stichprobe. Dies erscheint aus folgenden Gründen gerechtfertigt: zum einen, weil es in der vorliegenden Untersuchung nicht um eine klassifikatorische Fragestellung (was unterscheidet AD(H)S von anderen Störungsbildern oder von störungsfreien Kontrollgruppen) geht, zum anderen, weil Aufmerksamkeitsprobleme auch bei anderen Störungsbildern auftreten können und drittens, weil es sinnvoll ist, für die vorliegende Fragestellung die Streuung der erfassten Aufmerksamkeitsvariablen möglichst groß zu erhalten, um somit auch substantielle Korrelationen finden zu

<sup>86</sup> Q87.1: angeborener Kleinwuchs; Q0.2: Mikrozephalie, beides infolge einer Chromosomenanomalie

## Teil II: empirischer Teil

können; die Streuung der Aufmerksamkeit in einer homogenen Stichprobe von ADHS-Kindern wird geringer sein als in einer unausgelesenen Stichprobe von Therapiesuchenden. Die Unterschiede der Stichprobenszusammensetzung im Vergleich zu schon vorliegenden Untersuchungen wird bei der Detailinterpretation natürlich berücksichtigt werden müssen.

### 2.2. Beschreibung des Datensatzes (verwendete Verfahren und Variablen)

Grundlage der vorliegenden Untersuchung sind Daten, die im Rahmen der Eingangsuntersuchung vor Beginn einer Verhaltenstherapie erhoben worden sind in einer ambulanten psychotherapeutischen Gemeinschaftspraxis für Kinder, Jugendliche und Erwachsene. Dabei kommen u.a. routinemäßig die folgenden Verfahren zur Anwendung (alle Verfahren finden sich im Anhang):

- Eingangsanamnesebogen (Eltern)
- Child behavior checklist (CBCL 4/18; Elternfragebogen): Die CBCL wurde von Achenbach et al. entwickelt und von Döpfner et al. (1998) übersetzt und mit deutschen Normen versehen. Der Symptomfragebogen umfasst 113 Items, die mit 0 (nicht zutreffend), 1(etwas oder manchmal zutreffend) und 2(genau oder häufig zutreffend) von einer nahen Bezugsperson, also in der Regel einem Elternteil, zu beantworten sind. Die Items werden im Auswertungsprozess 8 Subskalen zugeordnet (s. Auswertungsblatt im Anhang): sozialer Rückzug (**Soz-rck**<sup>87</sup>), körperliche Beschwerden (**koerpB**), Angst/Depressivität (**Angst/De**), soziale Probleme (**SozP**), schizoid/zwanghaft<sup>88</sup>, Aufmerksamkeitsstörung (**Aufmerks**), Delinquenz (**Delinqu**) und Aggressivität (**Aggr/10**<sup>89</sup>). Darüberhinaus werden auf einer übergeordneten Ebene internalisierende (sozialer Rückzug, körperliche Beschwerden und Angst/Depressivität), externalisierende Störungen (Delinquenz und Aggressivität) und ein Gesamt-T-Wert unterschieden. Die Restestreliaibilität ist für alle Subskalen (mit Ausnahme der Subskala schizoid/zwanghaft) zufriedenstellend ( $r_{tt} \geq 70$ ). Nähere Angaben zur Reliaibilität werden leider im Handbuch nicht gemacht (s. Döpfner et al. 1998, S.31).
- Fremdbeobachtungsbogen für aufmerksamkeitsgestörte und hyperaktiv-impulsive Kinder (FBB-HKS; s. Anhang) aus dem Diagnostiksystem DYSYPS-KJ von Döpfner & Lehmkuhl (2000) Das Diagnostik-System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD10 und DSM-IV umfasst sowohl Selbst-, als auch Fremdbeurteilungsbögen und Diagnoseschecklisten zur Erfassung von Aufmerksamkeitsstörungen, Depressionen, Ängsten, Störungen des Sozialverhaltens, Tic-Störungen und Störungen sozialer Funktionen (Bindungsstörungen und Mutismus). Im Rahmen der Differentialdiagnostik werden bei Verdacht auf Störungen die entsprechenden Verfahren angewendet, um zu einer ICD-10-Diagnose zu kommen. In die vorliegende Untersuchung geht jedoch nur der Fremdbeurteilungsbogen zu Aufmerksamkeits-Hyperaktivität-Impulsivitätsstörung FBB-HKS aus Sicht eines Elternteils ein. Aufgrund unvollständiger Datensätze konnten Lehrerfragebogen nicht berücksichtigt werden. Die FBB-HKS umfasst drei Subskalen, die aus dem DSM IV entlehnten Items bestehen (mit 0=gar nicht, 1=ein wenig, 2=weitgehend, 3=besonders zutreffende Beschreibung): Unaufmerksamkeit (**FBB-UA**),

---

<sup>87</sup> Bei den fett gedruckten Abkürzungen handelt es sich um die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Bezeichnung der Skalen, wie sie dann später auch in den Mess- und Strukturmodellen vorkommen

<sup>88</sup> Diese Subskala wurde in der vorliegenden Untersuchung wegen ihrer mangelnden Reliaibilität und Validität nicht berücksichtigt (Döpfner et al., 1998, S.31)

<sup>89</sup> Die Aggressivitäts-Subskala der CBCL wurde durch 10 geteilt (lineare Transformation), um so zu ermöglichen, dass der Analyse mit LISREL Kovarianzmatrizen zugrundegelegt werden können.

## Teil II: empirischer Teil

bestehend aus 9 Items, Hyperaktivität (**FBB-HY**), bestehend aus 7 Items, und Impulsivität (**FBB-IMP**), bestehend aus 4 Items. Darüberhinaus werden die zusätzlichen DSM IV-Kriterien für die AD(H)S-Diagnose abgefragt, so dass sich der Bogen sowohl zur klassifikatorischen als auch zur dimensional Diagnostik eignet. Wegen letzterer Eigenschaft hat der Bogen Eingang in die vorliegende Untersuchung gefunden. Für den FBB-HKS sind im Manual leider nur interne Konsistenzen angegeben: FBB-UA: Cronbachs Alpha=.88; FBB-Hy: Cronbachs Alpha=.89; FBB-Imp: Cronbachs Alpha=.78 und FBB-Gesamtwert: Cronbachs Alpha=.93.

- CONNERS' Fragebogen zu Aufmerksamkeitsstörung und Hyperaktivität (CONNERS 2004, 10. Auflage; Elternfragebogen). Die hohe Auflage mit Normen von 1997 zeigt, dass das Verfahren im englischsprachigen Raum sehr verbreitet ist. Im deutschsprachigen Raum existieren keine offizielle Übersetzung und keine deutschen Normen. In unserer Praxis kommt deswegen eine eigene Übersetzung zur Anwendung (s. Anhang). Conners' Rating-Skalen umfassen in der Elternvariante 27 Items (0=überhaupt nicht wahr [niemals/selten], ein bisschen wahr [gelegentlich], ziemlich wahr [oft, ziemlich oft], wahr [sehr oft, häufig]), die vier Subskalen zugeordnet werden: oppositionelles Verhalten (**ConOPP**), Inattention (**INATcon**), Hyperactivity (**Con-HYP**) und ADHD-Index (**ADHDcon**). Auch mit diesem Verfahren ist die dimensionale Erfassung des Aufmerksamkeitsstörungssyndroms somit möglich und deswegen für die vorliegende Untersuchung geeignet. Die in unserer Praxis verwendete Kurzform weist darüber hinaus befriedigende interne Konsistenzen<sup>90</sup> und Retestrelabilitäten<sup>91</sup>(6-8 Wochen) auf; ConOpp: alpha<sup>92</sup>=.885,  $r_{tt}$ =.62; INATcon: alpha=.932;  $r_{tt}$ =.73; Con-Hyp: alpha=.890;  $r_{tt}$ =.85; ADHDcon: alpha=.944;  $r_{tt}$ =.72.
- Grundintelligenztest (CFT 20-R): Beim CFT 20 handelt es sich um ein Verfahren, dass auf der Basis der Intelligenztheorie von Cattell konstruiert worden ist und vorgibt, fluide Intelligenz zu messen (Weiß 2006). Wir verwenden in unserer Praxis den ersten Teil des CFT, der aus zwei parallelen Testhälften besteht, als Intelligenzscreeningverfahren. Die Retestrelabilität (2 bis 5 Monate) von Teil1 ist mit  $r_{tt}$ =.85 sehr zufriedenstellend<sup>93</sup>. Für Vorschulkinder und Kinder der ersten bis dritten Grundschulklassen kommt der CFT 1 (Weiß & Osterland 1997) zur Anwendung.
- Test of Variables of Attention (TOVA; Greenberg et al. 2000, Dupuy & Cenedela 2000, Lark et al. 1999): der TOVA ist ein Continuous Performance Test, der jedoch anders als z.B. der CPT der Testzentrale Hogrefe über mehr als 20 Minuten läuft und sich somit Einbrüche der Daueraufmerksamkeit viel besser feststellen lassen. Der TOVA erfasst Auslassungsfehler (*Omission*), Impulsivitätsfehler (*Commission*), die Reaktionszeit und die Variabilität der Reaktionszeit in der ersten Testhälfte (**Om-h1, CM-h1, RT-h1, Var-h1**) mit niedriger und in der zweiten Testhälfte (**Om-h2, CM-h2, RT-h2., Var-h2**) mit hoher Zielreizdichte<sup>94</sup>. Darüberhinaus werden alle Variablen auch für den

---

<sup>90</sup> Hier werden nur die Werte für 9-11 Jährige für interne Konsistenzen wiedergegeben. Für die weiteren Altersgruppen siehe Conners 2004, S.113. Die Retestrelabilitäten beziehen sich auf eine Gruppe von Kindern mit dem Durchschnittsalter von 11.78 Jahren

<sup>91</sup> Nur die Retestrelabilität (6-8 Wochen) von ConOpp ist mit  $r_{tt}$ =.62 etwas zu niedrig geraten.

<sup>92</sup> Alpha = Cronbachs Alpha

<sup>93</sup> ermittelt in einer Stichprobe von Hauptschülern, siehe Weiß 2006, S.48

<sup>94</sup> Zielreiz=schwarzes Quadrat oben innerhalb eines weißen Rechtecks; Nicht-Zielreiz=schwarzes Quadrat unten innerhalb eines weißen Rechtecks. Beim Zielreiz soll die VP so schnell wie möglich auf eine Taste drücken, die sie in ihrer Hand hält; beim Nicht-Zielreiz soll sie dem Impuls zu drücken widerstehen. Es geht also darum, Reaktionszeit und Fehler so auszubalancieren, dass man so schnell wie möglich mit möglichst wenig Fehlern reagiert. Der TOVA ist auch für die klassifikatorische Diagnostik als ein Verfahren unter mehreren einsetzbar, da er einen Cut-off-Punkt eines Index-Wertes für ADHD angibt (wenn der Index-Wert

## Teil II: empirischer Teil

gesamten Test (**Om-tot**, **CM-tot**, **RT-tot**, **var-tot**) berechnet. Der TOVA wurde ursprünglich entwickelt, um die Dosisfindung für Methylphenidat mittels eines standardisierten Verfahrens zu erleichtern (Greenberg et al. 2000 [Clinical Guide], S. 10f.) und ist von daher notwendigerweise für Veränderungen auf der physiologischen Ebene sehr sensitiv. Die Studie von Lark et al (2004) hat ergeben, dass die Retest-Reliabilität mit einer Woche Abstand zwischen den Testungen bei gesunden Kindern im Schulalter zufriedenstellend ist: Omission:  $r_{tt}=.86$ ; Commission:  $r_{tt}=.74$ ; Response time:  $r_{tt}=.79$  und variability of response time:  $r_{tt}=.87$ . Die Retestreliabilitäten liegen demnach im für psychologische Tests akzeptablen Bereich, was wiederum bedeutet, dass der TOVA ein Test ist, der stabile Aufmerksamkeitsmuster erfasst, also vor allem als Instrument zur Erfassung von traits angesehen werden kann.

- Quantitatives EEG (QEEG), erhoben mit dem Truscan32 der Firma DEYMED und ausgewertet mit der Software und Datenbasis NEUROGUIDE von THATCHER (Thatcher et al. 2003): Beim sogenannten Elektroenzephalogramm handelt es sich um die graphische Darstellung der elektrischen Hirnaktivität, die mittels Klebeelektroden an der Oberfläche der Kopfhaut abgeleitet wird. Gemäß des sogenannten internationalen 10-20-Systems (s. Harner & Sannit, 1974) unterscheidet man frontal die folgenden Elektrodenpositionen, deren räumliche Lage im 10-20-System genau festgelegt ist: **frontopolar (Fp1 und Fp2)**, **rechtsfrontal (F8, F4)**, **linksfrontal (F7, F3) und frontozentral (Fz)**, wobei gerade Zahlen die rechte Hemisphäre umfassen, ungerade die linke Hemisphäre<sup>95</sup>. Darüberhinaus werden noch zentrale Positionen über dem motorischen Cortex, temporale, parietale und okzipitale bestimmt. Der Truscan32 ist ein 32-Kanalgerät, welches erlaubt, alle Positionen des 10-20 Systems (19 Elektrodenpositionen) simultan zu erfassen. Darüberhinaus kann noch die EKG-Aktivität aufgezeichnet werden, um EKG bedingte Artefakte erkennen und aus dem Datensatz entfernen zu können (zu Artefakten siehe Klem 2003, pp.271). Die Stärke des EEGs ist die hohe zeitliche Auflösung (im Millisekundenbereich) bei schlechter räumlicher Auflösung: man kann eine an der Oberfläche des Gehirns gemessene Aktivität nicht eindeutig einem bestimmten Entstehungsort (Generator) zuordnen<sup>96</sup>. Während die klassische neurologische Untersuchung das Roh-EEG-Signal<sup>97</sup> auf mögliche Hinweise hirnorganischer Abweichungen (z.B. Epilepsieherde, Hirntumore, Demenzen) beleuchtet, werden bei der quantitativen EEG-Analyse mittels Fast-Fourier-Analyse aus dem Roh-Signal gefilterte Frequenzen wie bei einem psychologischen Test mit der zugehörigen Altersgruppe verglichen. Die Thatcher-Datenbasis Neuroguide (Thatcher et al.

---

<-1.80 ist, dann deutet dies mit 80%iger Sensitivität [die Wahrscheinlichkeit, ADHDler als solche zu erkennen] und 80%iger Spezifität [die Wahrscheinlichkeit, Nicht-ADHDler als solche zu erkennen] auf ADHD hin mit jeweils 20% falsch positiven und falsch negativen Ergebnissen, s. Greenberg 2000 [Clinical Guide], S.18). D.h., dass der TOVA nie als einziges Verfahren zur klassifikatorischen Diagnostik eingesetzt werden darf. Im Zweifelsfall sind den anamnestischen Daten, inklusive FBB-HKS und Conners der Vorzug zu geben. Zu den Begriffen Sensitivität und Spezifität, die ihren Ursprung in der Signalentdeckungstheorie haben siehe Bortz (1984, 101ff.)

<sup>95</sup> Je größer die Zahl, desto lateraler die Position

<sup>96</sup> Bei der fMRT verhält es sich bekanntlich genau umgekehrt: hohe räumliche bei schlechter zeitlicher Auflösung

<sup>97</sup> Das Rohsignal wird üblicherweise durch den High-Pass (HP) und Low-Pass-Filter (LP) vorgefiltert, in der vorliegenden Untersuchung mit  $HP=0,5$  Hz und  $LP=40$  Hz. Auf diese Weise wird das Signal von störenden 50-Hz-Schwingungen des Stromnetzes freigehalten, während andererseits gravierende Bulbus-Bewegungen, die oft im 0-0,5 HZ-Bereich liegen, durch den HP herausgefiltert werden. Die Sampling-Rate beträgt, wie üblich bei EEG-Untersuchungen des tonischen EEG's 128. Zur Unterscheidung von tonischem und phasischem EEG siehe zusammenfassend Leins 2004, S.49. Der Eingangswiderstand lag bei allen Elektroden unter 10 k $\Omega$ .

## Teil II: empirischer Teil

2003) ermöglicht dabei u.a. nicht nur den Vergleich der klassischen Frequenzbänder Theta (4-7,5 Hz), Delta (1-3,5 Hz), Alpha (8-12 Hz), Beta (12-25 Hz), High Beta (25,5-30 Hz), Beta1 (12 bis 15 Hz), Beta2 (15-17,5 Hz) und Beta3 (18-25 Hz) mit der Altersstichprobe, sondern erstellt auch 1-Hz-Maps, bei denen von 1 bis 30 Hz in 1-Hz-Schritten ein Vergleich mit der Altersstichprobe auf der normierten z-Skala ( $M=0$ ;  $s=1$ ) vorgenommen wird. Darüberhinaus werden Frequenzbandquotienten berechnet, bei denen das jeweils langsamere Frequenzband<sup>98</sup> durch das nächstschnellere Frequenzband geteilt wird pro Elektrodenposition<sup>99</sup> (Delta/Theta: **D/T-fp1, D/T-fp2, D/T-f7, D/T-f3, D/T-fz, D/T-f4, D/T-f8**; Delta/Alpha: **D/A-fp1, D/A-fp2, D/A-f7, D/A-f3, D/A-fz, D/A-f4, D/A-f8**; Delta/Beta: **D/B-fp1, D/B-fp2, D/B-f7, D/B-f3, D/B-fz, D/B-f4, D/B-f8**; Delta/High-Beta: **D/H-fp1, D/H-fp2, D/H-f7, D/H-f3, D/H-fz, D/H-f4, D/H-f8**; Theta/Alpha: **T/A-fp1, T/A-fp2, T/A-f7, T/A-f3, T/A-fz, T/A-f4, T/A-f8**; Theta/Beta: **T/B-fp1, T/B-fp2, T/B-f7, T/B-f3, T/B-fz, T/B-f4, T/B-f8**; Theta/High-Beta: **T/H-fp1, T/H-fp2, T/H-f7, T/H-f3, T/H-fz, T/H-f4, T/H-f8**; Alpha/Beta: **A/B-fp1, A/B-fp2, A/B-f7, A/B-f3, A/B-fz, A/B-f4, A/B-f8**; Alpha/High-Beta: **A/H-fp1, A/H-fp2, A/H-f7, A/H-f3, A/H-fz, A/H-f4, A/H-f8**; Beta/High-Beta: **B/H-fp1, B/H-fp2, B/H-f7, B/H-f3, B/H-fz, B/H-f4, B/H-f8**). Frontal ergeben sich damit 70 elektrophysiologische Variablen. Die Quotienten der quadrierten Frequenzbänder (sogenannte power ratios) wurden genommen, da diese gegenüber tageszeitlichen Schwankungen robust sind und auf power ratios basierende Befunde sich in Untersuchungen replizieren ließen (Clarke et al. 1998, 2001; s. auch Leins 2004, S.142f.) Um ein möglichst artefaktfreies EEG zu generieren, wurde die Ableitung mit geschlossenen Augen (Reduktion von Frontalis-EMG-Artefakten) in Ruhe in einem bequemen Sessel, dessen Lehne etwas nach hinten in die Liegeposition gekippt wurde, mittels Hauben von Electrocap International (ECI) gemäß des 10-20-Systems (19 Elektrodenpositionen) vorgenommen. Da als Referenz in Untersuchungen zu ADHD und EEG in der Regel auf Linked Ears zurückgegriffen wird, wurde dies in der vorliegenden Untersuchung auch so gemacht. Die Kinder wurden angewiesen, einfach nur entspannt und ruhig dazusitzen mit geschlossenen Augen, dabei aber ganz wach zu bleiben. Um drowsiness zu vermeiden, wurden, falls es Anzeichen für Drowsiness im EEG online gab, die Kinder mit lauterer Stimme als sonst gelobt: „So ist es gut, einfach nur entspannt dasitzen mit geschlossenen Augen, die in ihren Augenhöhlen ruhen, dabei aber ganz wach“. Um artefaktfreie EEG-Daten zu generieren, wurde darüber hinaus das erhobene EEG posthoc auf Artefakte inspiziert, indem artefaktfreie Sequenzen von mindestens 10 Sekunden via visueller Inspektion des Rohsignals herausgesucht wurden. Dies artefaktfreie Sequenz war dann die Grundlage für die „automatic selection“-Prozedur in Neuroguide, mit der dann alle artefaktfreien Sequenzen der insgesamt 6 bis 7-minütigen EEG-Datei gefunden werden konnten. Auf diese Weise wurden artefaktfreie EEG-Datendateien von mindestens 1,5 Minuten Umfang generiert, die dann die Grundlage für die weitere Datenanalyse waren.

Neben Daten, die als direkte Verhaltensäußerung des Kindes anzusehen sind (TOVA, EEG), gehen also Fremdbeobachtungsdaten der Eltern in die Untersuchung ein. Im früheren Modell von Lauth und Schlottke (1999, S.19, auch im Anhang dieser Arbeit) können die EEG-Daten der *physiologischen Ebene* „defizitäre zentralnervöse

<sup>98</sup> 1 Hz = 1 Hertz bedeutet, dass die Welle einen Gipfel pro Sekunde aufweist, 2 Hz zwei Gipfel usw., je mehr Gipfel pro Sekunde, desto schneller ist die Frequenz.

<sup>99</sup> Da AD(H)S eine Störung exekutiver Funktionen ist (s.o.), zeigen sich vor allem Abweichungen über dem frontalen Cortex. Es reicht also, frontale Positionen in die Untersuchung einzubeziehen.

## Teil II: empirischer Teil

Aktivitätsregulation“, die TOVA-Variablen der **neuropsychologischen Ebene** „Einschränkung der Verhaltensregulation“ und die Fragebogendaten der ADHD-spezifischen Fragebögen von Conners und von Döpfner (s.u.) der **psychologischen Ebene** „Verhaltensäußerungen“ sowie „Einschränkung der Verhaltensorganisation“ zugeordnet werden. Die Ebene der **reaktiven Verarbeitung** wird durch die Subskalen der internalisierenden und externalisierenden Störung der CBCL4/18 (s.u.) erfasst. In einem ersten Schritt wird der Zusammenhang zwischen physiologischer Ebene („defizitäre zentralnervöse Aktivitätsregulation“) und neuropsychologischer Ebene geprüft, in einem zweiten Schritt der Zusammenhang zwischen der physiologischen Ebene und der **psychologischen Ebene** und in einem dritten Schritt schließlich der Zusammenhang zwischen der physiologischen Ebene und der Ebene der **reaktiven Verarbeitung**.

### 2.2.1. Analyse des Zusammenhangs zwischen physiologischer und neuropsychologischer Ebene

In die Analyse gingen die Variablen des TOVA (Test of variables of attention) und 70 physiologische Indikatoren ein. Letztere wurden mittels EEG (resting condition + closed eyes) mit ECI-Elektrodenhaube nach dem 10-20 System erhoben in der diagnostischen Eingangsphase zur Verhaltenstherapie. Aufgrund des Wissensstandes über die Zusammenhänge von EEG-Parametern mit ADHS-Kernsymptomen wurde die Indikatorenzahl im Vorhinein auf 70 reduziert, indem nur die frontalen Positionen in die Analyse Eingang fanden (fp1, fp2, f7, f3, fz, f4, f8) und nur die nicht-normierten Frequenzbandquotienten (Delta/Theta, Delta/Alpha, Delta/Beta, Delta/Highbeta, Theta/Alpha, Theta/Beta, Theta/Highbeta, Alpha/Beta, Alpha/Highbeta, Beta/Highbeta) berücksichtigt wurden. Auf die „power ratios“ wurde zurückgegriffen, da diese wesentlich robuster gegenüber Tagesschwankungen sind als die einzelnen Frequenzbänder; darüber hinaus sind sie weniger altersabhängig (s. dazu Leins 2004, S.154: der Anteil der Frequenzbänder ändert sich mit dem Alter, deren Verhältnis jedoch bleibt konstant). In der Regel fand die Untersuchung mit dem TOVA eine Woche vor der EEG-Erhebung statt, beide immer zur selben Tageszeit. Der Abstand von einer Woche ist dadurch gerechtfertigt, dass mit TOVA und EEG zeitliche überdauernde Muster des ADHS<sup>100</sup> auf psychologischer und physiologischer Ebene erfasst werden sollen. Es ist also davon auszugehen, dass die erfassten Muster so stabil sind, dass der Abstand von einer Woche unerheblich ist (höchstens via Retestrelabilität die Ergebnisse beeinflusst). Der TOVA umfasst die folgenden Variablen: Auslassungsfehler (OM), Impulsivitätsfehler (CM), Reaktionszeit (RT) und Variabilität der Reaktionszeit (Var). Der TOVA besteht aus zwei Hälften, in der ersten Hälfte wird der Zielreiz in niedriger Reizdichte, in der zweiten Hälfte in hoher Reizdichte angeboten, so dass die Indizes in der ersten von den Indizes in der zweiten Hälfte und die Gesamtindices zu unterscheiden sind. Insgesamt erfasst der Test also 12 Variablen (ausführlich dazu s.o.)

## 3. Variablenreduktionsmethoden

Zusammen mit den 70 physiologischen Variablen gehen also in die vorliegende Analyse, die Datensätze der physiologischen und neuropsychologischen Ebene umfasst, 82 Variablen ein. Diese Fülle von Variablen muß reduziert werden, um testbare Modelle entwickeln zu können, insbesondere bei der kleinen Stichprobengröße von N=30. Dazu bietet sich folgendes Vorgehen an:

a) Deskriptive Analyse der Variablen (Datenniveau, Schiefe, Exzess)

---

<sup>100</sup> ADHS und ADHD sind Synonyme



## Teil II: empirischer Teil

- b) Normalisierung der Variablen (da Normalverteilung Voraussetzung für die Analyse ist) und Ausschluß der Variablen, die dennoch eine Schiefe oder einen Exzess  $\geq 0,1$  aufweisen.
- c) Explorative Hauptkomponentenanalyse (PCA) der psychologischen Variablen (TOVA). Auswahl der zwei Variablen, die am höchsten auf dem ersten Faktor laden und normalverteilt sind und nicht mit dem Alter signifikant ( $p \leq 0,05$ ) korrelieren. Dabei ist darauf zu achten, dass bei multivariaten Verfahren die Zahl der Variablen in angemessener Relation zur Stichprobengröße stehen muss. Als *Faustregel* kann man annehmen, dass einer Variable 3 Versuchspersonen gegengerechnet werden müssen, bei 30 Versuchspersonen dürfen also höchstens 10 Variablen in die Untersuchung eingehen (vgl. dazu die Tabelle in Bortz 1984, S.501). Falls die Auswahl aus mehr als 10 Variablen getroffen werden muss, müssen erst einmal bivariate Verfahren zur Anwendung kommen, mittels derer die Variablenzahl so weit reduziert werden muss, dass multivariate Verfahren (PCA, multiple Regression) daran anschließend zur Anwendung kommen können.
- d) Bivariate Korrelation dieser zwei psychologischen Variablen mit allen 70 physiologischen Variablen. Ausschluß aller Korrelationen mit  $r < 3$  und Auswahl der verbliebenen physiologischen Variablen, die gleichzeitig mit beiden psychologischen Variablen mit  $r \geq 3$  laden. Hier muss auf die bivariate Korrelation zurückgegriffen werden, da sie deskriptiv jeweils nur zwei infrage stehende Variablen betrachtet, so dass die Variablenzahl insgesamt theoretisch unbegrenzt sein kann. Das Kriterium  $r < 3$  wurde gewählt, da Korrelationen in sozialwissenschaftlichen Untersuchungen oft nicht größer als  $r = 3$  sind; wenn kleinere Korrelationen als signifikant ausgewiesen werden, dann ist dies jedoch oft auf sehr große Stichproben zurückzuführen, so dass diese Signifikanz keine inhaltliche Bedeutung hat. Aufgrund der kleinen Stichprobe in der vorliegenden Untersuchung müssten die Korrelationen über Gebühr groß sein, um statistisch signifikant zu werden, so dass es sinnvoll ist, auf eine Signifikanztestung zu verzichten und stattdessen eine absolute Größe als cut-off-Punkt festzulegen.
- e) Falls mehr als vier physiologische Variablen verbleiben: Durchführung einer explorativen Hauptkomponentenanalyse (PCA)<sup>101</sup> und Auswahl der vier Variablen, die auf dem ersten Faktor am höchsten laden, wenn sie zugleich nicht nennenswert mit Alter korrelieren ( $r < 3$ ). Ein bedeutsamer Zusammenhang mit dem Alter soll ausgeschlossen werden, da sich dass EEG mit dem Alter verändert und daher die Zusammenhänge zwischen psychologischer und physiologischer Ebene durch den Einfluss des Alters moderiert werden könnten.
- f) Nun ist noch zu prüfen, ob die mittels der Schritte a-e ausgewählten Variablen mit Intelligenz korrelieren. Die, die bedeutsam mit Intelligenz korrelieren, sind von der weiteren Analyse mit LISREL auszuschließen.

Das oben beschriebene Vorgehen der Datenreduktion gilt auch für die Analyse der physiologischen mit der psychologischen Ebene sowie der physiologischen Ebene mit der Ebene der reaktiven Verarbeitung (wie bei der psychologischen Ebene mit Beobachtungen der Eltern als Datenbasis) und gilt dabei auch für möglicherweise weitere Untersuchungen (mit weiteren  $N=30$  Probanden zur Kreuzvalidierung) im Rahmen weiterer Arbeiten.

## 4. Durchführung der Untersuchung

Im Jahr 2007 konnte mit den Untersuchungen begonnen werden, da die ersten vollständigen 30 Datensätze vorlagen. Ziel dieser Untersuchungen war es,

---

<sup>101</sup> Auch hier gilt natürlich die schon erwähnte Faustregel

## Teil II: empirischer Teil

herauszufinden, ob die theoretisch getroffenen Annahmen über die Testbarkeit der Modelle auch empirisch sich zeigen werden, wobei diese Frage nur dann geklärt werden kann, wenn die Stichprobengröße ausreicht, um Modelle mit ausreichender Anpassung an die Daten konstruieren zu können. Falls letzteres der Fall sein sollte, dann ist es sinnvoll, weitere Datensätze (möglichst  $N \geq 30$ ) separat zur Kreuzvalidierung der Befunde im Rahmen weiterer Arbeiten zu nutzen. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass die physiologischen Indikatorvariablen nur dann übernommen werden können, wenn der zweite Datensatz sich physiologisch und psychologisch vom ersten Datensatz nicht unterscheidet. Wenn die Datensätze diesbezüglich Unterschiede aufweisen, dann wird beim zweiten Datensatz eine neue Variablenauswahl getroffen werden müssen. Die Kreuzvalidierung bezieht sich dann auf den globalen Befund, ob Wechselwirkung vorliegt oder nicht. Wenn der globale Befund identisch ist, liegt Kreuzvalidierung vor. Im Rahmen weiterer Untersuchungen ist zudem darauf zu achten, dass nun das EEG vor dem TOVA durchgeführt wird, um so Reihenfolgeeffekte sicher ausschließen zu können. Wenn dann bei anderer Reihenfolge (zuerst EEG, dann TOVA) dennoch das Wechselwirkungsmodell bestätigt wird, spricht das auch gegen den Einwand, dass die Wechselwirkung nur deswegen zustande komme, weil der neuropsychologischen Ebene immer eine physiologische vorausgegangen sei. Wenn das der Fall wäre, dürfte nur dann ein Effekt von PSI auf PHI vorkommen, wenn die neuropsychologische Ebene (PSI) vor der physiologischen (PHI) erhoben wurde.

Während ich ursprünglich beabsichtigt hatte, im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine Kreuzvalidierung vorzunehmen, stellte sich doch im Verlauf des Arbeitsprozesses heraus, dass aufgrund des mit der Datenerfassung (nicht mehr als ca. 10 Fälle pro Jahr möglich) verbundenen Zeitaufwandes allein für zusätzliche 30 Fälle 3 Jahre zu veranschlagen wären, an die sich dann die noch mit erheblichem Zeitaufwand verbundene Datenauswertung anschließen müsste. Die Kreuzvalidierung wird daher einer separaten Arbeit vorbehalten bleiben müssen.

### 4.1. Variablenreduktion

#### 4.1.1. Elektrophysiologische Grundlagen und die neuropsychologische Ebene

Die Variablenreduktion wurde, genau wie in Teil II, Kap.3 beschrieben, durchgeführt mit dem Programm PRELIS als Teil des Softwarepakets LISREL 8.

Ad Teil II, Kap.3 a und b) Deskriptive Analyse (TOVA und physiologische Ebene sowie Alter und CFT-IQ) nach Normalisierung (fettgedruckt sind die aus der Analyse auszuschließenden Variablen<sup>102</sup>):

**Tab.2. 8:**

**Deskriptive Analyse von Variablen des TOVA und physiologischer Ebene sowie Alter und CFT-IQ (zur Beschreibung der Variablen siehe Teil II Kap.2.2) nach Normalisierung:**

Variable	Mean	St. Dev.	Thresholds							
Om-h1	0.000	1.000	-0.431	0.341	0.524	0.623	0.728	0.842		
			0.967	1.111	1.282	1.501	1.834			
Om-tot	0.000	1.000	-1.111	-0.524	-0.253	0.084	0.341	0.431		
			0.524	0.728	0.842	0.967	1.111	1.282	1.501	1.834
CM-h1	0.000	1.000	-0.728	0.000	0.168	0.253	0.341	0.431		
			0.623	0.728	0.967	1.111	1.282	1.501	1.834	

<sup>102</sup> Aufgrund der besseren Lesbarkeit für diejenigen Leser, die die Schlussfolgerungen an den statistischen Outputs prüfen wollen, habe ich die Outputs in den Text integriert, statt in einem Anhang zu sammeln. Um einen Überblick über den Duktus der Arbeit zu bekommen, ist es hingegen sinnvoll, die statistischen Outputs zu überspringen und am Ende der Outputs in den Text wieder einzusteigen.

## Teil II: empirischer Teil

### Univariate Distributions for Ordinal Variables

#### Om-h1 Frequency Percentage Bar Chart

Value	Frequency	Percentage	Bar Chart
-13	10	33.3	□□□□□□□□□□
6.86	9	30.0	□□□□□□□□□
16	2	6.7	□□
18.7	1	3.3	□
20.7	1	3.3	□
22.8	1	3.3	□
25.1	1	3.3	□
27.7	1	3.3	□
30.7	1	3.3	□
34.4	1	3.3	□
39.6	1	3.3	□
50.7	1	3.3	□

#### Om-tot Frequency Percentage Bar Chart

Value	Frequency	Percentage	Bar Chart
-13	4	13.3	□□□□
-2	5	16.7	□□□□□
2.09	3	10.0	□□□
5.81	4	13.3	□□□□
9.44	3	10.0	□□□
11.6	1	3.3	□
12.7	1	3.3	□
14.5	2	6.7	□□
16.5	1	3.3	□
17.9	1	3.3	□
19.6	1	3.3	□
21.5	1	3.3	□
23.9	1	3.3	□
27.2	1	3.3	□
34.2	1	3.3	□

#### CM-h1 Frequency Percentage Bar Chart

Value	Frequency	Percentage	Bar Chart
-3	7	23.3	□□□□□□□
0.57	8	26.7	□□□□□□□□
2.49	2	6.7	□□
3.06	1	3.3	□
3.45	1	3.3	□
3.84	1	3.3	□
4.47	2	6.7	□□
5.13	1	3.3	□
5.89	2	6.7	□□
6.75	1	3.3	□
7.45	1	3.3	□
8.31	1	3.3	□
9.50	1	3.3	□
12.1	1	3.3	□

Teil II: empirischer Teil

Univariate Summary Statistics for Continuous Variable									
Variable	Mean	St. Dev.	T-Value	Skewness	Kurtosis	Minimum	Maximum	Freq.	
Alter	11.161	2.885	21.189	0.000	-0.072	4.812	1	17.510	1
CFT-IQ	105.933	14.515	39.974	-0.002	-0.065	73.948	1	137.919	1
<b>Om-h2</b>	<b>19.920</b>	<b>72.872</b>	<b>1.497</b>	<b>0.300</b>	<b>-0.610</b>	<b>-71.833</b>	<b>8</b>	<b>185.746</b>	<b>1</b>
<b>CM-h2</b>	<b>25.768</b>	<b>22.945</b>	<b>6.151</b>	<b>0.167</b>	<b>-0.021</b>	<b>-23.675</b>	<b>1</b>	<b>78.609</b>	<b>1</b>
<b>CM-tot</b>	<b>7.466</b>	<b>7.458</b>	<b>5.484</b>	<b>0.016</b>	<b>-0.102</b>	<b>-8.974</b>	<b>1</b>	<b>23.907</b>	<b>1</b>
RT-h1	569.467	154.409	20.200	0.001	-0.073	229.631	1	909.303	1
RT-h2	502.367	142.944	19.249	0.000	-0.073	187.811	1	816.922	1
RT-tot	516.333	135.583	20.859	0.000	-0.072	217.956	1	814.711	1
Var-h1	146.938	80.968	9.940	0.000	-0.072	-31.247	1	325.123	1
var-h2	166.700	74.903	12.190	0.000	-0.073	1.873	1	331.527	1
var-tot	168.867	70.319	13.153	0.000	-0.073	14.127	1	323.607	1
D/T-fp1	2.375	1.248	10.420	0.000	-0.072	-0.372	1	5.122	1
D/A-fp1	4.860	4.895	5.438	0.000	-0.072	-5.913	1	15.632	1
D/B-fp1	5.514	6.068	4.977	0.000	-0.073	-7.839	1	18.866	1
D/H-fp1	31.164	27.849	6.129	0.000	-0.073	-30.118	1	92.447	1
T/A-fp1	1.969	0.942	11.447	0.000	-0.071	-0.105	1	4.043	1
T/B-fp1	2.194	1.204	9.979	0.000	-0.072	-0.456	1	4.843	1
T/h-fp1	12.782	5.316	13.170	0.000	-0.073	1.084	1	24.480	1
A/B-fp1	1.190	0.500	13.037	0.001	-0.072	0.090	1	2.290	1
A/H-fp1	8.312	6.966	6.536	0.000	-0.072	-7.016	1	23.640	1
B/H-fp1	6.933	4.215	9.010	0.000	-0.073	-2.342	1	16.209	1
D/T-fp2	2.333	1.331	9.605	0.001	-0.072	-0.595	1	5.262	1
D/A-fp2	4.888	4.985	5.370	0.000	-0.073	-6.083	1	15.858	1
D/B-fp2	5.304	5.030	5.776	0.000	-0.072	-5.764	1	16.373	1
D/H-fp2	32.615	24.791	7.206	0.000	-0.073	-21.939	1	87.168	1
T/A-fp2	2.046	1.008	11.120	0.000	-0.073	-0.172	1	4.263	1
T/B-fp2	2.265	1.203	10.310	0.000	-0.073	-0.383	1	4.913	1
T/H-fp2	14.005	5.248	14.616	0.000	-0.073	2.456	1	25.554	1
A/B-fp2	1.206	0.531	12.442	0.000	-0.073	0.038	1	2.375	1
A/H-fp2	8.827	6.654	7.266	0.000	-0.073	-5.815	1	23.470	1
B/H-fp2	7.373	4.066	9.931	0.000	-0.073	-1.575	1	16.322	1
<b>D/T-f7</b>	<b>1.922</b>	<b>0.881</b>	<b>11.944</b>	<b>0.321</b>	<b>0.169</b>	<b>0.117</b>	<b>1</b>	<b>4.000</b>	<b>1</b>
D/A-f7	3.397	2.153	8.640	0.000	-0.072	-1.342	1	8.136	1
D/B-f7	4.000	2.784	7.869	0.000	-0.073	-2.127	1	10.127	1
D/h-f7	30.088	16.941	9.728	0.000	-0.073	-7.191	1	67.366	1
D/Hf7/10	3.009	1.694	9.728	0.000	-0.072	-0.719	1	6.737	1
T/A-f7	1.840	0.762	13.215	0.001	-0.072	0.162	1	3.518	1
T/B-f7	2.227	1.296	9.411	0.000	-0.072	-0.625	1	5.080	1
T/H-f7	16.823	8.113	11.358	0.000	-0.073	-1.029	1	34.676	1
A/B-f7	1.289	0.601	11.740	0.000	-0.074	-0.034	1	2.612	1
A/H-f7	10.301	5.664	9.962	0.000	-0.072	-2.162	1	22.764	1
B/H-f7	8.456	3.197	14.486	0.000	-0.073	1.420	1	15.492	1
D/T-f3	1.437	0.483	16.307	0.001	-0.071	0.375	1	2.500	1
D/A-f3	2.672	1.487	9.841	0.000	-0.072	-0.601	1	5.945	1
D/B-f3	3.504	2.164	8.867	0.000	-0.073	-1.259	1	8.266	1
D/H-f3	33.721	16.529	11.174	0.000	-0.073	-2.651	1	70.093	1
T/A-f3	1.914	0.900	11.645	0.000	-0.073	-0.067	1	3.894	1
T/B-f3	2.643	1.852	7.814	0.000	-0.073	-1.433	1	6.719	1
T/H-f3	25.017	14.172	9.669	0.000	-0.073	-6.169	1	56.204	1
A/B-f3	1.431	0.672	11.667	0.000	-0.073	-0.047	1	2.909	1
A/H-f3	14.499	7.392	10.743	0.000	-0.072	-1.768	1	30.766	1
B/H-f3	10.772	4.348	13.571	0.000	-0.073	1.205	1	20.340	1
D/T-fz	1.347	0.417	17.674	-0.001	-0.072	0.428	1	2.265	1
D/A-fz	2.638	1.360	10.623	0.000	-0.072	-0.355	1	5.631	1
D/B-fz	3.697	2.043	9.913	0.000	-0.073	-0.798	1	8.191	1
D/H-fz	39.533	18.380	11.781	0.000	-0.073	-0.912	1	79.979	1
T/A-fz	2.060	1.063	10.619	0.000	-0.073	-0.278	1	4.398	1
T/B-fz	3.039	2.424	6.867	0.000	-0.073	-2.295	1	8.374	1
T/H-fz	32.436	23.677	7.503	0.000	-0.073	-19.667	1	84.539	1
A/B-fz	1.513	0.669	12.386	0.000	-0.072	0.041	1	2.985	1
A/H-fz	17.116	8.404	11.155	0.000	-0.073	-1.378	1	35.609	1
B/H-fz	12.043	5.064	13.025	0.000	-0.072	0.899	1	23.187	1
<b>D/T-f4</b>	<b>1.540</b>	<b>0.560</b>	<b>15.059</b>	<b>0.663</b>	<b>1.210</b>	<b>0.442</b>	<b>1</b>	<b>3.130</b>	<b>1</b>

## Teil II: empirischer Teil

D/A-f4	2.800	1.514	10.129	0.000	-0.072	-0.532	1	6.131	1
D/B-f4	3.439	1.786	10.546	0.000	-0.073	-0.491	1	7.369	1
D/H-f4	33.161	14.962	12.140	0.000	-0.073	0.237	1	66.084	1
D/Hf4/10	3.316	1.496	12.140	0.000	-0.073	0.024	1	6.608	1
T/A-f4	1.937	0.953	11.138	0.000	-0.073	-0.159	1	4.034	1
T/B-f4	2.518	1.771	7.786	0.000	-0.073	-1.380	1	6.415	1
T/H-f4	23.782	13.984	9.315	0.000	-0.073	-6.989	1	54.554	1
A/B-f4	1.376	0.671	11.238	-0.001	-0.073	-0.100	1	2.852	1
A/H-f4	13.802	7.351	10.283	0.000	-0.073	-2.375	1	29.978	1
B/H-f4	10.687	4.259	13.744	0.000	-0.073	1.315	1	20.058	1
D/T-f8	2.331	1.220	10.461	0.000	-0.071	-0.355	1	5.016	1
D/A-f8	4.362	3.759	6.357	0.000	-0.073	-3.909	1	12.633	1
D/B-f8	4.914	4.079	6.598	0.000	-0.073	-4.062	1	13.890	1
D/H-f8	36.542	24.464	8.181	0.000	-0.073	-17.292	1	90.376	1
D/Hf8/10	3.654	2.446	8.182	0.000	-0.072	-1.729	1	9.038	1
T/A-f8	1.887	0.884	11.695	0.000	-0.072	-0.058	1	3.831	1
T/B-f8	2.213	1.288	9.408	0.000	-0.073	-0.622	1	5.048	1
T/H-f8	16.487	8.622	10.473	0.000	-0.073	-2.487	1	35.461	1
A/B-f8	1.264	0.560	12.353	0.000	-0.074	0.031	1	2.497	1
A/H-f8	9.871	5.107	10.586	0.000	-0.073	-1.368	1	21.109	1
B/H-f8	8.311	3.186	14.287	0.000	-0.073	1.300	1	15.323	1

Die deskriptive Analyse nach Normalisierung der Daten durch PRELIS zeigt, dass Om-h2 (Auslassungsfehler, zweite Hälfte TOVA), CM-h2 (Impulsivitätsfehler, zweite Hälfte TOVA), sowie CM-tot (Impulsivitätsfehler, Gesamttest-TOVA) von der weiteren Untersuchung mit LISREL ausgeschlossen werden müssen, da sie eine zu hohe Schiefe oder Exzess aufweisen. Darüberhinaus sind D/T-f7 (Delta/theta an f7) und D/T-f4 aus der Analyse wegen zu hoher Schiefe (skewness) und Exzess von der weiteren Untersuchung mit LISREL ebenfalls auszuschließen.

Ad Teil II Kap.3 c) Explorative PCA der TOVA-Variablen:

Om-h2, Cm-h2 und Cm-tot (zur Erläuterung der Variablen, siehe Teil II Kap.2.2) wurden von der Hauptkomponentenanalyse ausgenommen, weil sie nicht normalverteilt sind. **Om-h1, Om-tot und Cm-h1** wurden zur Analyse zugelassen, da aufgrund der Kategorienanzahl <15 PRELIS sie wie Ordinalvariablen behandelt und polyserielle oder polychorische Korrelationen berechnet, denen zwar auch eine bivariate Normalverteilung zugrunde liegen sollte, die aber nicht so anfällig bezüglich Verletzungen der Verteilungsannahme sind (vgl. Jöreskog/Sörbom: PRELIS 2, 2002, S. 10 und 22f.)

Die folgende Tabelle zeigt die Varianzaufklärung der Faktoren sowie die Korrelationen der Variablen<sup>103</sup> mit den Faktoren. Die 9 Variablen können mit >97% Varianzaufklärung auf drei Faktoren zurückgeführt werden. Auf dem ersten Faktor laden die Reaktionszeitvariablen, aber auch die Variabilität der Reaktionszeit hoch, so dass dieser Faktor als VIGILANZfaktor bezeichnet werden kann, wobei hier Vigilanz verstanden wird als Bereitstellung von Ressourcen, die dazu führen, dass man so schnell und so stabil wie möglich auf den Zielreiz über die Dauer des Tests reagieren kann (zu weiteren Aspekten von Vigilanz, siehe Zimmermann & Fimm 2002, S. 12 und S. 38 [Alertness im Unterschied zu Vigilanz]). Der zweite Faktor scheint dagegen vor allem die Auslassungsfehler zu erfassen als Indikator für das Ausmaß an Unaufmerksamkeit, wobei die Reaktionszeit stark schwanken dürfte, wenn man wenig in der Lage ist, bei der Sache zu bleiben. Dies wird durch die Korrelationen von var-h1, var-h2 und var-tot mit dem zweiten Faktor (INATTENTION) bestätigt. Auf dem dritten Faktor laden vor allem Auslassungsfehler und Impulsivitätsfehler, und zwar gegenläufig. Damit zeigt sich hier das, was auch zu erwarten ist, nämlich dass mit steigender Impulsivität die Zahl an Impulsivitätsfehlern steigt bei gleichzeitig sinkenden Auslassungsfehlern. Der dritte Faktor kann also als IMPULSIVITÄTSfaktor bezeichnet werden:

<sup>103</sup> 9 Variablen genügen der oben erwähnten Faustregel bei N=30 Stichproben

Teil II: empirischer Teil

**Tab.2. 9<sup>104</sup>: Explorative Hauptkomponentenanalyse der TOVA-Variablen** (zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2) :

Correlations between Variables and Principal Components						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
Om-h1	-0.198	<b>0.740</b>	<b>-0.427</b>	-0.070	-0.119	-0.015
Om-tot	0.146	<b>0.589</b>	-0.085	-0.580	-0.451	0.145
CM-h1	0.083	0.459	<b>0.476</b>	-0.140	-0.318	-0.306
RT-h1	<b>0.950</b>	0.125	0.275	-0.073	-0.010	-0.008
RT-h2	<b>0.930</b>	-0.314	-0.184	0.020	-0.043	-0.017
RT-tot	<b>0.969</b>	-0.229	-0.054	0.023	0.058	0.028
Var-h1	0.686	<b>0.607</b>	0.021	0.401	0.002	-0.018
var-h2	0.563	<b>0.710</b>	-0.363	-0.203	0.052	-0.065
var-tot	0.610	<b>0.742</b>	-0.236	-0.094	-0.058	0.098

Für die nachfolgende Analyse mit LISREL werden die zwei Variablen ausgewählt, die am stärksten mit dem Vigilanzfaktor laden, wenn sie zugleich nicht bedeutsam mit der Variable ALTER korrelieren. Dies ist bei RT-h2 und RT-tot der Fall.

Um nun die höchstens vier physiologischen Variablen auszuwählen, wurden die bivariate Korrelation von Gesamtreaktionszeit (Rt-tot) sowie Reaktionszeit der zweiten Testhälfte mit hoher Target-Dichte (RT-h2) mit den 70 physiologischen Daten ermittelt (bedeutsame Zusammenhänge sind fettgedruckt):

**Tab.2. 10 : Korrelationsmatrix von Gesamtreaktionszeit und Reaktionszeit der zweiten Testhälfte (TOVA) mit den 70 physiologischen Variablen** (zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2) :

Correlation Matrix						
	RTh2/100	RTto/100	D/T-fp1	D/A-fp1	D/B-fp1	D/H-fp1
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-fp1	-0.022	0.028	1.000			
D/A-fp1	0.047	0.109	0.538	1.000		
D/B-fp1	-0.035	0.007	0.592	0.692	1.000	
D/H-fp1	-0.164	-0.146	0.569	0.223	0.541	1.000
T/A-fp1	0.120	0.168	-0.047	0.765	0.468	-0.029
T/B-fp1	0.003	0.030	0.015	0.417	0.776	0.305
T/h-fp1	-0.299	-0.297	0.012	-0.041	0.275	0.737
A/B-fp1	-0.037	-0.054	0.121	-0.328	0.411	0.463
A/H-fp1	-0.178	-0.226	0.000	-0.549	-0.109	0.625
B/H-fp1	-0.156	-0.197	-0.091	-0.467	-0.467	0.412
	RTh2/100	RTto/100	D/T-fp2	D/A-fp2	D/B-fp2	D/H-fp2
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-fp2	-0.033	0.013	1.000			
D/A-fp2	0.064	0.134	0.529	1.000		
D/B-fp2	-0.018	0.042	0.584	0.682	1.000	
D/H-fp2	-0.148	-0.143	0.633	0.267	0.554	1.000
T/A-fp2	0.098	0.144	-0.149	0.712	0.388	-0.115
T/B-fp2	0.064	0.099	-0.047	0.337	0.753	0.210
T/H-fp2	-0.098	-0.146	0.038	-0.056	0.241	0.745
A/B-fp2	-0.047	-0.071	0.063	-0.375	0.390	0.410
A/H-fp2	-0.177	-0.238	0.097	-0.600	-0.147	0.570
B/H-fp2	-0.157	-0.218	-0.014	-0.436	-0.536	0.375
	RTh2/100	RTto/100	D/T-f7	D/A-f7	D/B-f7	D/h-f7
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-f7	<b>-0.354</b>	<b>-0.362</b>	1.000			

<sup>104</sup> Um dem Duktus der Arbeit besser folgen zu können, ist es sinnvoll, die Tabelle zu überlesen und nach der Tabelle im Text wieder weiter zu lesen. Dies gilt auch für alle noch folgenden Statistik-Outputs.

Teil II: empirischer Teil

D/A-f7	-0.103	-0.061	0.293	1.000		
D/B-f7	-0.224	-0.196	0.253	0.448	1.000	
D/h-f7	<b>-0.348</b>	<b>-0.342</b>	0.290	0.321	0.753	1.000
T/A-f7	0.074	0.119	-0.313	0.727	0.280	0.194
T/B-f7	-0.019	0.010	-0.366	0.100	0.758	0.510
T/H-f7	-0.154	-0.138	-0.252	0.087	0.558	0.820
A/B-f7	-0.055	-0.059	-0.080	-0.492	0.522	0.420
A/H-f7	-0.201	-0.228	-0.033	-0.641	0.208	0.489
B/H-f7	-0.121	-0.163	0.004	-0.240	-0.559	0.078
	RTh2/100	RTto/100	D/T-f3	D/A-f3	D/B-f3	D/H-f3
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-f3	<b>-0.372</b>	<b>-0.352</b>	1.000			
D/A-f3	-0.137	-0.085	0.322	1.000		
D/B-f3	-0.241	-0.189	0.203	0.432	1.000	
D/H-f3	-0.309	-0.282	0.293	0.390	0.748	1.000
T/A-f3	0.093	0.136	-0.269	0.779	0.416	0.324
T/B-f3	0.020	0.057	-0.359	0.237	0.812	0.477
T/H-f3	-0.051	-0.038	-0.279	0.167	0.590	0.817
A/B-f3	-0.017	0.004	-0.171	-0.432	0.581	0.355
A/H-f3	-0.115	-0.149	-0.046	-0.610	0.246	0.458
B/H-f3	-0.077	-0.118	0.105	-0.224	-0.448	0.214
	RTh2/100	RTto/100	D/T-fz	D/A-fz	D/B-fz	D/H-fz
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-fz	-0.335	-0.286	1.000			
D/A-fz	-0.096	-0.030	0.290	1.000		
D/B-fz	-0.132	-0.068	0.151	0.582	1.000	
D/H-fz	-0.210	-0.170	0.166	0.364	0.662	1.000
T/A-fz	0.100	0.135	-0.341	0.771	0.473	0.331
T/B-fz	0.067	0.100	-0.360	0.367	0.848	0.527
T/H-fz	0.015	0.018	-0.415	0.140	0.432	0.798
A/B-fz	-0.003	0.002	-0.125	-0.349	0.516	0.413
A/H-fz	-0.098	-0.131	-0.146	-0.606	0.020	0.466
B/H-fz	-0.075	-0.115	0.027	-0.301	-0.582	0.152
	RTh2/100	RTto/100	D/T-f4	D/A-f4	D/B-f4	D/H-f4
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-f4	<b>-0.390</b>	<b>-0.374</b>	1.000			
D/A-f4	-0.117	-0.058	0.070	1.000		
D/B-f4	-0.190	-0.137	0.061	0.418	1.000	
D/H-f4	<b>-0.327</b>	<b>-0.319</b>	0.226	0.313	0.699	1.000
T/A-f4	0.085	0.116	-0.480	0.758	0.311	0.179
T/B-f4	0.008	0.045	-0.389	0.184	0.850	0.455
T/H-f4	-0.054	-0.064	-0.247	0.121	0.585	0.836
A/B-f4	-0.035	-0.028	-0.110	-0.468	0.566	0.383
A/H-f4	-0.118	-0.160	0.112	-0.601	0.254	0.537
B/H-f4	-0.089	-0.148	0.229	-0.251	-0.489	0.242
	RTh2/100	RTto/100	D/T-f8	D/A-f8	D/B-f8	D/H-f8
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
RTh2/100	1.000					
RTto/100	0.981	1.000				
D/T-f8	-0.290	-0.259	1.000			
D/A-f8	-0.248	-0.196	0.557	1.000		
D/B-f8	<b>-0.361</b>	<b>-0.328</b>	0.442	0.510	1.000	
D/H-f8	<b>-0.414</b>	<b>-0.408</b>	0.458	0.461	0.786	1.000
T/A-f8	-0.015	0.033	-0.159	0.675	0.277	0.142
T/B-f8	-0.063	-0.036	-0.223	0.081	0.729	0.446
T/H-f8	-0.221	-0.231	-0.331	0.003	0.436	0.641
A/B-f8	-0.001	-0.013	-0.132	-0.531	0.410	0.296
A/H-f8	-0.149	-0.204	-0.193	-0.619	0.099	0.358
B/H-f8	-0.152	-0.202	-0.121	-0.162	-0.484	0.086

## Teil II: empirischer Teil

Da mehr als vier physiologische Variablen mit  $r > 3$  mit den neuropsychologischen Variablen korrelieren, ist nun eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchzuführen, wobei D/T-f4 und D/T-f7 wegen zu hoher Schiefe und Exzess auszuschließen sind:

**Tab.2. 11: Hauptkomponentenanalyse der 5 physiologischen Variablen, die in die nähere Auswahl gelangt sind (zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2) :**

Principal Component Analysis Correlations between Variables and Principal Components					
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5
D/h-f7	<b>0.937</b>	-0.211	-0.158	-0.134	0.184
D/T-f3	0.508	0.838	-0.190	-0.048	-0.013
D/H-f4	<b>0.872</b>	-0.312	-0.337	-0.041	-0.164
D/B-f8	<b>0.830</b>	0.037	0.534	-0.145	-0.059
D/H-f8	<b>0.939</b>	0.013	0.102	0.326	0.027

Da D/T-f3 am niedrigsten auf dem ersten Faktor lädt, wird diese Variable von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Wenn die vier verbleibenden Variablen nicht signifikant (bzw.  $r < 3$ ) mit Alter korrelieren, können sie zur Grundlage des weiteren Modellierens werden:

**Tab.2.12: Korrelationsmatrix von Alter und den 4 verbliebenen physiologischen Variablen (zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2) sowie multiple Regression mit Alter als abhängiger Variable:**

Correlation Matrix					
	Alter	D/h-f7	D/H-f4	D/B-f8	D/H-f8
Alter	1.000				
D/h-f7	-0.226	1.000			
D/H-f4	-0.172	0.912	1.000		
D/B-f8	-0.129	0.695	0.548	1.000	
D/H-f8	-0.093	0.823	0.763	0.786	1.000

Alter =	12.021	-	0.101*D/h-f7	+	0.0298*D/H-f4	-	0.0358*D/B-f8
Standerr	(1.405)		(0.0976)		(0.0970)		(0.238)
Z-values	8.555		-1.034		0.308		-0.150
P-values	0.000		<b>0.301</b>		<b>0.758</b>		<b>0.880</b>

	+	0.0373*D/H-f8	+	Error, R <sup>2</sup> = 0.0846
		(0.0482)		(p=0,439)
		<b>0.774</b>		

Die Korrelations- und Regressionsanalyse zeigt, daß keine der vier Variablen signifikant mit Alter korreliert, so dass die vier Variablen D/h-f7, D/h-f4, D/B-f8 und D/h-f8 in die weitere Analyse eingehen können, zusammen mit RT-tot und RT-h2.

### 4.1.2. Analyse des Zusammenhangs zwischen elektrophysiologischer und psychologischer Ebene

In diese Analyse gehen neben den 70 EEG-Daten die folgenden psychologischen Variablen ein:

- FBB-UA: Fremdbeobachtungsbogen-Unaufmerksamkeit (s. dazu Döpfner et al.: DISYPS)
- FBB-HY: Fremdbeobachtungsbogen- Hyperaktivität (s. dazu Döpfner et al.: DISYPS)
- FBB-IMP: Fremdbeobachtungsbogen-Impulsivität (s. dazu Döpfner et al.: DISYPS)

Die genannten drei Variablen sind Teil des Fragebogens FBB-HKS aus dem DISYPS.

Die nun folgenden vier Variablen sind Unterskalen der Conners' Parent Rating Scale (aus Conners 2004) und kamen in eigener Übersetzung zur Anwendung:

- Con-OP: Subskala Conners' oppositionelles Verhalten



## Teil II: empirischer Teil

- Con-Inat: Subskala Conners' Unaufmerksamkeit
- Con-Hyp: Subskala Conners' Hyperaktivität
- Con-ADHD: Subskala Conners' ADHD-Index

In einem ersten Schritt wurden die Variablen normalisiert mittels PRELIS und einer deskriptiven statistischen Analyse unterzogen (die deskriptive Analyse kann sich dabei auf die Variablen der psychologischen Ebene beschränken, da die physiologischen Variablen schon analysiert wurden, s.o.):

**Tab.2. 13: Deskriptive Analyse (fettgedruckt sind Indices der Variablen, die ausgeschlossen werden [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2]) der Variablen der psychologischen Ebene nach Normalisierung :**

### Univariate Distributions for Ordinal Variables

#### FBB-UA Frequency Percentage Bar Chart

3.83	1	3.3	η
7.65	2	6.7	η η
9.40	1	3.3	η
10.2	1	3.3	η
11.0	1	3.3	η
11.6	1	3.3	η
12.2	1	3.3	η
12.7	1	3.3	η
13	3	10.0	η η η
15.6	5	16.7	η η η η η
17.4	3	10.0	η η η
19.5	5	16.7	η η η η η
21.8	2	6.7	η η
23.3	1	3.3	η
26.3	2	6.7	η η

#### FBB-HY Frequency Percentage Bar Chart

-3	2	6.7	η η
0.65	4	13.3	η η η η
3.36	6	20.0	η η η η η η
4.81	1	3.3	η
5.20	1	3.3	η
5.77	2	6.7	η η
6.53	2	6.7	η η
7.31	2	6.7	η η
8.37	3	10.0	η η η
9.32	1	3.3	η
10.2	2	6.7	η η
11.6	2	6.7	η η
13.3	1	3.3	η
15.9	1	3.3	η

#### FBB-IMP Frequency Percentage Bar Chart

-1	1	3.3	η
0.96	2	6.7	η η
2.26	2	6.7	η η
3.64	5	16.7	η η η η η
4.74	2	6.7	η η
5.70	5	16.7	η η η η η
6.51	1	3.3	η
7.38	5	16.7	η η η η η
8.75	3	10.0	η η η
9.97	2	6.7	η η
12.1	2	6.7	η η

#### ConOPP Frequency Percentage Bar Chart

0	1	3.3	η
2.57	2	6.7	η η
3.85	1	3.3	η
4.97	3	10.0	η η η
6.46	4	13.3	η η η η

7.37	1	3.3	η
8.53	6	20.0	η η η η η η
9.87	2	6.7	η η
10.8	3	10.0	η η η
12.4	4	13.3	η η η η
14.0	1	3.3	η
16.1	2	6.7	η η

Con-HYP Frequency Percentage Bar Chart

-2	2	6.7	η η
0.55	3	10.0	η η η
2.5	3	10.0	η η η
4.36	5	16.7	η η η η η
5.58	1	3.3	η
6.17	2	6.7	η η
6.75	1	3.3	η
7.15	1	3.3	η
7.76	2	6.7	η η
8.39	1	3.3	η
8.84	1	3.3	η
10.1	4	13.3	η η η η
11.7	1	3.3	η
13.2	2	6.7	η η
16.5	1	3.3	η

Univariate Summary Statistics for Continuous Variables

Variable	Mean	St. Dev.	T-Value	Skewness	Kurtosis	Minimum Freq.	Maximum Freq.
Alter	11.161	2.885	21.189	0.000	-0.072	4.812	1
INATcon	10.266	4.258	13.205	0.001	-0.071	0.813	1
ADHDcon	20.300	7.391	15.043	-0.033	<b>-0.189</b>	3.952	1

Da nur eine Variable, nämlich INATcon (CON-Unaufmerksamkeit) auf Intervallskalenniveau (normalverteilt) anzusiedeln ist, ist es sinnvoll, in die weitere Analyse auch ordinal skalierte Variablen einzubeziehen, insbesondere, da LISREL darauf mit der Berechnung polyserieller und polychorischer Korrelationen Rücksicht nimmt.

In einem weiteren Schritt ist nun die **Korrelation mit dem Alter** zu prüfen:

**Tab.2. 14 (Indices der Variablen, die von der Analyse auszuschließen sind, sind fettgedruckt): Korrelation der Variablen der psychologischen Ebene mit dem Alter (Zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2):**

Correlation Matrix						
	Alter	FBB-UA	FBB-HY	FBB-IMP	ConOPP	INATcon
Alter	1.000					
FBB-UA	<b>0.684</b>	1.000				
FBB-HY	-0.127	0.508	1.000			
FBB-IMP	0.180	0.367	0.623	1.000		
ConOPP	-0.048	-0.037	0.164	0.375	1.000	
INATcon	<b>0.370</b>	0.417	-0.206	0.430	-0.103	1.000
Con-HYP	-0.082	0.327	0.767	0.477	0.303	-0.108
ADHDcon	<b>0.340</b>	0.456	-0.085	0.217	-0.245	0.870

Correlation Matrix		
	Con-HYP	ADHDcon
Con-HYP	1.000	
ADHDcon	0.054	1.000

Estimated Equations

Alter	=	11.161	+	1.974*	FBB-UA	+	Error,	R <sup>2</sup>	=	0.468
Standerr		(0.391)			(0.398)					
Z-values		28.550			4.965					

## Teil II: empirischer Teil

P-values 0.000 **0.000**

Error Variance = 4.427

### Estimated Equations

Alter = 8.589 + 0.250\*INATcon + Error, R<sup>2</sup> = 0.137

Standerr (1.319) (0.119)

Z-values 6.512 2.106

P-values 0.000 **0.035**

Error Variance = 7.185

### Estimated Equations

Alter = 8.464 + 0.133\*ADHDcon + Error, R<sup>2</sup> = 0.116

Standerr (1.496) (0.0694)

Z-values 5.660 1.915

P-values 0.000 **0.055**

Error Variance = 7.359

Da FBB-UA, INATcon und ADHDcon mit Alter substantiell ( $\geq 3$ ) korrelieren und die Korrelationen sogar zusätzlich das Signifikanzniveau ( $p \leq 0.05$ ) erreichen bzw. fast erreichen, sind die drei Variablen von der weiteren Analyse auszuschließen. Zudem weist ADHDcon eine zu hohe Kurtosis auf (s.o.).

Im Folgenden sind nun die verbliebenen vier psychologischen Variablen FBB-Hy, FBB-IMP, ConOpp und Con-Hyp einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) zu unterziehen:

**Tab.2. 15: Hauptkomponentenanalyse der verbliebenen 4 psychologischen Variablen (Indices der drei auszuwählenden Variablen sind fettgedruckt) [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

### Principal Component Analysis

#### Correlations between Variables and Principal Components

	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4
FBB-HY	<b>0.879</b>	-0.364	-0.025	0.305
FBB-IMP	<b>0.809</b>	0.095	0.564	-0.131
ConOPP	0.500	0.843	-0.175	0.087
Con-HYP	<b>0.857</b>	-0.209	-0.405	-0.240

Die Korrelationen mit dem ersten Faktor machen deutlich, dass ConOPP aus der Analyse herausfallen sollte. Ansonsten liegen die Korrelationen so nahe beieinander, dass die drei restlichen Variablen nun weiter untersucht werden.

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, welche physiologischen Variablen mit mindestens zweien von den drei psychologischen Faktoren substantiell korrelieren:

**Tab.2.16 (Indices der auszuwählenden Variablen sind fettgedruckt): Korrelation von physiologischen mit den drei verbliebenen psychologischen Variablen (Zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2):**

### Correlation Matrix

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-fp1	D/A-fp1	D/B-fp1
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-fp1	<b>0.487</b>	-0.209	-0.020	1.000		
D/A-fp1	0.073	-0.198	0.238	0.538	1.000	
D/B-fp1	0.098	-0.112	<b>0.515</b>	0.592	0.692	1.000
D/H-fp1	0.052	0.047	0.126	0.569	0.223	0.541
T/A-fp1	-0.048	-0.111	<b>0.402</b>	-0.047	0.765	0.468
T/B-fp1	-0.020	-0.091	<b>0.710</b>	0.015	0.417	0.776
T/h-fp1	0.009	0.118	0.142	0.012	-0.041	0.275
A/B-fp1	0.027	-0.084	0.277	0.121	-0.328	0.411
A/H-fp1	0.004	0.174	-0.187	0.000	-0.549	-0.109
B/H-fp1	-0.022	0.194	-0.287	-0.091	-0.467	-0.467

Teil II: empirischer Teil

Correlation Matrix

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-fp2	D/A-fp2	D/B-fp2
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-fp2	<b>0.582</b>	-0.187	-0.070	1.000		
D/A-fp2	0.042	-0.199	0.200	0.529	1.000	
D/B-fp2	0.088	-0.088	<b>0.564</b>	0.584	0.682	1.000
D/H-fp2	0.059	0.065	0.104	0.633	0.267	0.554
T/A-fp2	-0.066	0.035	0.205	-0.149	0.712	0.388
T/B-fp2	-0.070	-0.082	<b>0.739</b>	-0.047	0.337	0.753
T/H-fp2	-0.019	0.090	0.171	0.038	-0.056	0.241
A/B-fp2	0.037	-0.114	0.256	0.063	-0.375	0.390
A/H-fp2	0.000	0.128	-0.099	0.097	-0.600	-0.147
B/H-fp2	-0.030	0.194	-0.285	-0.014	-0.436	-0.536

Correlation Matrix

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-f7	D/A-f7	D/B-f7
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-f7	<b>0.452</b>	0.060	-0.253	1.000		
D/A-f7	0.062	0.051	0.128	0.293	1.000	
D/B-f7	0.176	-0.019	<b>0.604</b>	0.253	0.448	1.000
D/h-f7	0.127	0.076	<b>0.510</b>	0.290	0.321	0.753
T/A-f7	-0.094	-0.003	0.233	-0.313	0.727	0.280
T/B-f7	0.040	-0.194	<b>0.637</b>	-0.366	0.100	0.758
T/H-f7	-0.028	0.013	<b>0.508</b>	-0.252	0.087	0.558
A/B-f7	0.157	-0.137	<b>0.509</b>	-0.080	-0.492	0.522
A/H-f7	-0.003	0.079	0.283	-0.033	-0.641	0.208
B/H-f7	-0.080	0.120	-0.214	0.004	-0.240	-0.559

Correlation Matrix

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-f3	D/A-f3	D/B-f3
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-f3	<b>0.458</b>	0.077	-0.286	1.000		
D/A-f3	0.011	0.157	0.069	0.322	1.000	
D/B-f3	0.090	0.036	<b>0.635</b>	0.203	0.432	1.000
D/H-f3	0.096	0.088	0.245	0.293	0.390	0.748
T/A-f3	-0.141	0.131	0.225	-0.269	0.779	0.416
T/B-f3	-0.076	-0.186	<b>0.612</b>	-0.359	0.237	0.812
T/H-f3	-0.208	0.018	<b>0.356</b>	-0.279	0.167	0.590
A/B-f3	0.139	-0.212	<b>0.464</b>	-0.171	-0.432	0.581
A/H-f3	0.090	-0.075	0.275	-0.046	-0.610	0.246
B/H-f3	0.004	0.102	-0.242	0.105	-0.224	-0.448

Correlation Matrix

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-fz	D/A-fz	D/B-fz
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-fz	0.111	0.090	-0.209	1.000		
D/A-fz	-0.054	0.126	0.188	0.290	1.000	
D/B-fz	0.011	0.005	<b>0.603</b>	0.151	0.582	1.000
D/H-fz	0.107	-0.020	<b>0.422</b>	0.166	0.364	0.662
T/A-fz	-0.117	0.124	0.210	-0.341	0.771	0.473
T/B-fz	-0.036	-0.079	<b>0.508</b>	-0.360	0.367	0.848
T/H-fz	-0.020	-0.030	0.240	-0.415	0.140	0.432
A/B-fz	0.210	-0.210	0.237	-0.125	-0.349	0.516
A/H-fz	0.112	-0.100	0.287	-0.146	-0.606	0.020
B/H-fz	0.046	0.051	-0.225	0.027	-0.301	-0.582

FBB-HY

	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-f4	D/A-f4	D/B-f4
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				

Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-f4	<b>0.476</b>	0.154	-0.271	1.000		
D/A-f4	-0.024	0.194	0.064	0.070	1.000	
D/B-f4	0.067	0.061	<b>0.608</b>	0.061	0.418	1.000
D/H-f4	0.053	0.100	0.258	0.226	0.313	0.699
T/A-f4	-0.114	0.116	0.216	-0.480	0.758	0.311
T/B-f4	-0.012	-0.100	<b>0.583</b>	-0.389	0.184	0.850
T/H-f4	-0.226	0.033	0.381	-0.247	0.121	0.585
A/B-f4	0.086	-0.200	<b>0.476</b>	-0.110	-0.468	0.566
A/H-f4	0.017	-0.058	0.272	0.112	-0.601	0.254
B/H-f4	-0.016	0.140	-0.236	0.229	-0.251	-0.489
Correlation Matrix						
	FBB-HY	FBB-IMP	Con-HYP	D/T-f8	D/A-f8	D/B-f8
FBB-HY	1.000					
FBB-IMP	0.623	1.000				
Con-HYP	0.767	0.477	1.000			
D/T-f8	<b>0.456</b>	0.109	-0.238	1.000		
D/A-f8	0.206	0.092	-0.115	0.557	1.000	
D/B-f8	<b>0.392</b>	0.010	0.232	0.442	0.510	1.000
D/H-f8	0.182	0.118	0.128	0.458	0.461	0.786
T/A-f8	-0.016	-0.094	0.238	-0.159	0.675	0.277
T/B-f8	0.096	-0.219	<b>0.569</b>	-0.223	0.081	0.729
T/H-f8	-0.116	0.034	0.245	-0.331	0.003	0.436
A/B-f8	0.201	-0.178	<b>0.353</b>	-0.132	-0.531	0.410
A/H-f8	-0.012	0.117	0.286	-0.193	-0.619	0.099
B/H-f8	-0.111	0.144	-0.191	-0.121	-0.162	-0.484

Es zeigt sich ganz deutlich, dass FBB-IMP mit keiner EEG-Variable nennenswert korreliert. Dies mag daran liegen, dass die Subskala nur drei Items umfasst und von daher die Reliabilität sehr begrenzt sein wird. Die meisten und höchsten Korrelationen mit EEG-Variablen weist Con-Hyp auf. Auch FBB-Hy korreliert mit einigen EEG-Variablen, dies sind dann aber immer andere als die, mit denen Con-Hyp nennenswert korreliert. Beide Skalen scheinen also mit verschiedenen physiologischen Prozessen in Verbindung zu stehen, so dass es notwendig ist, nur eine der beiden Skalen in die weitere Analyse einzubeziehen. Da die Korrelation mit dem Alter bei Con-Hyp noch tiefer war als bei FBB-Hy, macht es Sinn, **Con-Hyp** in die weitere Analyse einzubeziehen

Da 22 physiologische Variablen mit Con-Hyp >3 korrelieren, aber nur 9-10 Variablen aufgrund der kleinen Stichprobengröße multivariat analysiert werden können, sind nun die 9 physiologischen Variablen aus der Matrix der bivariaten Korrelationen auszuwählen, die mit Con-Hyp am höchsten korrelieren: TB-fp1, TB-fp2, DB-f7, TB-f7, DB-f3, TB-f3, DB-fz, DB-f4 und TB-f4. Diese neun Variablen können nun einer Hauptkomponentenanalyse unterzogen werden, welche zu folgenden Korrelationen mit den orthogonalen Faktoren führte:

**Tab.2.17: Hauptkomponentenanalyse der verbliebenen 9 physiologischen Variablen [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Correlations between Variables and Principal Components						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
T/B-fp1	0.919	-0.188	0.286	-0.154	-0.097	-0.048
T/B-fp2	0.936	-0.254	0.129	-0.061	0.185	0.035
D/B-f7	0.865	0.433	-0.070	-0.199	-0.021	0.141
D/B-f3	<b>0.947</b>	0.267	0.021	0.026	-0.058	-0.091
T/B-f3	0.935	-0.287	-0.052	0.100	-0.140	0.057
D/B-fz	0.937	0.191	0.150	0.230	0.052	0.068
D/B-f4	<b>0.945</b>	0.264	-0.051	0.062	0.039	-0.134
T/B-f4	<b>0.949</b>	-0.207	-0.174	0.091	-0.011	0.049
T/B-f7	<b>0.939</b>	-0.191	-0.235	-0.116	0.048	-0.066

Teil II: empirischer Teil

Wenn man die 4 Variablen auswählt, die die höchsten Korrelationen mit dem ersten Faktor aufweisen, muss man D/B-f3, D/B-f4, T/B-f4 und T/B-f7 auswählen. Jedoch fällt auf, dass T/B-fp2, T/B-f3 und D/B-fz auch sehr hoch mit PC-1 korrelieren und sich in der Größe des Zusammenhangs mit dem ersten Faktor fast nicht unterscheiden. Da bekannt ist, dass der rechte präfrontale Kortex, zu dem u.a. der frontopolare Kortex gehört, eine wichtige Rolle bei der ADHS spielt (Barclay 2006, p.318), ist es sinnvoll, T/B-fp2 in die weitere Analyse zusätzlich mit aufzunehmen.

Im nächsten Schritt ist nun zu überprüfen, ob eine oder mehrere der ausgewählten physiologischen Variablen mit Alter bedeutsam korrelieren, welche dann von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden müssten:

**Tab.2.18: Korrelationsmatrix der ausgewählten physiologischen Variablen mit der Altersvariable [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Correlation Matrix						
	Alter	T/B-fp2	T/B-f7	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Alter	1.000					
T/B-fp2	-0.255	1.000				
<b>T/B-f7</b>	<b>-0.349</b>	0.909	1.000			
D/B-f3	-0.279	0.811	0.833	1.000		
D/B-f4	-0.258	0.807	0.850	0.962	1.000	
T/B-f4	-0.268	0.910	0.953	0.838	0.850	1.000

Alter =	12.543	-	0.610	*T/B-fp2	+	Error,	R <sup>2</sup> =	0.0648
Standerr	(1.120)		(0.438)					
Z-values	11.203		-1.393					
P-values	0.000		0.164					

Alter =	12.893	-	0.778	*T/B-f7	+	Error,	R <sup>2</sup> =	0.122
Standerr	(1.011)		(0.394)					
Z-values	12.749		-1.974					
P-values	0.000		<b>0.048</b>					

Error Variance = 7.307

Alter =	12.466	-	0.372	*D/B-f3	+	Error,	R <sup>2</sup> =	0.0781
Standerr	(0.992)		(0.242)					
Z-values	12.572		-1.540					
P-values	0.000		0.124					

Error Variance = 7.673

Alter =	12.592	-	0.416	*D/B-f4	+	Error,	R <sup>2</sup> =	0.0664
Standerr	(1.139)		(0.295)					
Z-values	11.057		-1.411					
P-values	0.000		0.158					

Error Variance = 7.771

Alter =	12.260	-	0.436	*T/B-f4	+	Error,	R <sup>2</sup> =	0.0718
Standerr	(0.908)		(0.297)					
Z-values	13.503		-1.471					
P-values	0.000		0.141					

Error Variance = 7.726

Teil II: empirischer Teil

Nur T/B-f7 korreliert >3 mit Alter. Die bivariaten Signifikanztests der 5 physiologischen Variablen mit Alter zeigen ebenfalls, das T/B-f7 von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden muss ( $p \leq 5\%$  Signifikanzniveau).

In die weitere Analyse des Zusammenhangs der physiologischen mit der psychologischen Ebene (Hyperaktivität, operationalisiert durch Con-Hyp) mit LISREL gehen somit die vier manifesten physiologischen Variablen **D/B-f4**, **T/B-f4**, **T/B-fp2** und **D/B-f3** ein.

4.1.3. Analyse des Zusammenhangs zwischen elektrophysiologischer Ebene und der Ebene der reaktiven Verarbeitung

Die Ebene der reaktiven Verarbeitung wird in der vorliegenden Untersuchung durch die sieben Subskalen der Child behavior Checklist 4/18 von Achenbach operationalisiert:

- sozialer Rückzug (Soz-rck)
- Körperliche Beschwerden (KoerpB)
- Angst/Depressivität (Angst/De)
- Soziale Probleme (SozP)
- Aufmerksamkeitsstörung (Aufmerks)
- Delinquenz (Delinqu)
- Aggressivität (Aggr).

Die deskriptive Analyse der Daten zeigte, dass eine Normalisierung der Variablen unabdingbar ist. Die folgende Tabelle zeigt die Verteilungscharakteristika nach Normalisierung:

**Tab.2.19 (kritische Indices sind fettgedruckt): Deskriptive Analyse [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] der Variablen der reaktiven Verarbeitung nach Normalisierung :**

Univariate Summary Statistics for Continuous Variables									
Variable	Mean	St. Dev.	T-Value	Skewness	Kurtosis	Minimum	Freq.	Maximum	Freq.
SOZ-rck	4.033	2.684	8.230	0.044	<b>-0.110</b>	-1.935	1	10.002	1
KoerpB	1.533	2.097	4.005	<b>0.584</b>	<b>-0.629</b>	-0.505	13	6.533	1
Angst/De	5.200	3.448	8.260	0.010	<b>-0.286</b>	-1.479	2	11.879	2
SozP	3.267	2.377	7.527	<b>0.123</b>	<b>-0.320</b>	-0.595	4	8.593	1
Aufmerks	8.567	3.692	12.708	0.000	-0.097	0.393	1	16.740	1
Delinqu	3.100	2.591	6.553	0.069	<b>-0.356</b>	-1.488	3	8.170	2
Aggr	13.933	6.863	11.120	0.003	-0.059	-1.200	1	29.067	1

Trotz Normalisierung ist die Kurtosis nur bei Aufmerks und Aggr. < 0.1, die Skewness ist hingegen mit Ausnahme von KoerpB und SozP bei den anderen Variablen <0.1. Signifikanzprüfungen führte PRELIS wegen der kleinen Stichprobengröße, wie auch bei allen bisherigen und weiteren descriptiven Anylsen, nicht durch. Da alle Werte von skewness und kurtosis zumindest <1 sind, und Aufmerksamkeit weniger eine Variable reaktiver Verarbeitung denn ein Indikator für Aufmerksamkeitsstörung ist, somit bei dem bisher angelegten strengen Kriterium von <0.1 für skewness und kurtosis nur eine Variable reaktiver Verarbeitung übrig bleiben würde, werden in Ermangelung besserer Charakteristika alle Variablen weiter verwendet und nun einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) unterzogen:

Teil II: empirischer Teil

**Tab.2.20 (Indices von infrage kommenden Variablen sind fettgedruckt): Hauptkomponentenanalyse der internalisierenden und externalisierenden Variablen (reaktive Verarbeitung)[zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Principal Component Analysis Eigenvalues and Eigenvectors						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
Eigenvalue	3.51	1.31	0.93	0.47	0.33	0.26
% Variance	50.15	18.75	13.27	6.69	4.65	3.74
Cum. % Var	50.15	68.90	82.17	88.87	93.51	97.25
SOZ-rck	0.449	-0.152	0.118	-0.332	0.695	-0.370
KoerpB	0.187	0.256	0.908	-0.091	-0.233	0.087
Angst/De	0.441	-0.223	-0.140	-0.500	-0.407	-0.008
SozP	0.428	-0.152	0.100	0.769	0.144	-0.007
Aufmerks	0.400	-0.471	-0.093	0.097	-0.288	0.331
Delinqu	0.342	<b>0.537</b>	-0.264	0.146	-0.353	-0.561
Aggr	0.329	<b>0.573</b>	-0.232	-0.096	0.263	0.657
Correlations between Variables and Principal Components						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
SOZ-rck	<b>0.840</b>	-0.174	0.114	-0.227	0.396	-0.189
KoerpB	0.351	0.294	0.875	-0.062	-0.133	0.044
Angst/De	<b>0.827</b>	-0.256	-0.135	-0.342	-0.232	-0.004
SozP	<b>0.802</b>	-0.174	0.096	0.526	0.082	-0.004
Aufmerks	0.750	-0.539	-0.089	0.066	-0.164	0.169
Delinqu	0.641	0.616	-0.254	0.100	-0.201	-0.287
Aggr	0.616	0.656	-0.224	-0.066	0.150	0.336

Auf dem ersten Faktor laden Sozialer Rückzug, Angst/Depressivität und Soziale Probleme (internalisierende Störungen) am höchsten ( $r > .8$ ). Auf dem zweiten Faktor laden vor allem Delinquenz und Aggressivität (externalisierende Störungen). Damit ist die von Döpfner et al. mit Bezug auf Achenbach berichtete Faktorenstruktur der CBCL 4/18 mit ihrer grundsätzlichen Unterscheidung zwischen internalisierender und externalisierender Störung bestätigt (Döpfner et al.: Elternfragebogen über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen, 1998, S.13). **Da sich die Korrelationen der drei Variablen, die dem Faktor internalisierende Störung zuzuordnen sind, mit dem PC-1 nicht wesentlich unterscheiden, wird die weitere Korrelationsanalyse mit den drei Variablen sozialer Rückzug (soz-rck), Angst/Depressivität (Angst/De) und Soziale Probleme (SozP) durchgeführt.** Darüber hinaus ist es sinnvoll, auch **Delinquenz (Delinqu)** und **Aggressivität (Aggr)** in die Analyse als manifeste Variablen der **externalisierenden Störung** mit ein zu beziehen.

Es folgen nun die bivariaten Korrelationen dieser drei psychologischen Variablen des ersten Faktors mit den zwei Variablen Delinqu. und Aggr. des zweiten Faktors mit den elektrophysiologischen Variablen:



Teil II: empirischer Teil

**Tab.2. 21: Korrelationsmatrix der verbliebenen internalisierenden und externalisierenden Störungen mit den 70 physiologischen Variablen [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2]:**

Correlation Matrix						
	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-fp1
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-fp1	<b>-0.321</b>	<u>-0.298</u>	-0.116	0.141	0.054	1.000
D/A-fp1	-0.233	<u>-0.281</u>	-0.177	-0.068	-0.132	0.538
D/B-fp1	-0.177	-0.087	-0.145	0.089	0.067	0.592
D/H-fp1	-0.055	-0.120	0.073	0.012	-0.104	0.569
T/A-fp1	-0.008	-0.068	-0.078	-0.191	-0.205	-0.047
T/B-fp1	-0.058	0.094	-0.130	0.017	0.060	0.015
T/h-fp1	0.163	0.109	<u>0.273</u>	-0.053	-0.066	0.012
A/B-fp1	-0.039	0.180	-0.065	0.179	0.224	0.121
A/H-fp1	0.119	0.034	0.219	0.057	-0.016	0.000
B/H-fp1	0.226	-0.014	<b>0.302</b>	-0.094	-0.218	-0.091

Correlation Matrix						
	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-fp2
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-fp2	-0.168	-0.151	0.037	0.193	0.073	1.000
D/A-fp2	-0.086	-0.122	-0.005	0.032	-0.054	0.529
D/B-fp2	-0.121	0.013	-0.088	<u>0.246</u>	0.186	0.584
D/H-fp2	0.008	-0.024	0.155	0.163	0.016	0.633
T/A-fp2	0.054	0.048	-0.004	-0.089	-0.112	-0.149
T/B-fp2	-0.103	0.093	-0.211	0.128	0.180	-0.047
T/H-fp2	0.127	0.042	0.195	-0.017	-0.002	0.038
A/B-fp2	-0.062	0.135	-0.118	0.181	0.229	0.063
A/H-fp2	0.040	0.002	0.108	0.086	0.032	0.097
B/H-fp2	0.203	-0.012	<u>0.280</u>	-0.103	-0.210	-0.014

Correlation Matrix						
	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-f7
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-f7	0.014	0.005	<u>0.298</u>	<u>0.241</u>	0.047	1.000
D/A-f7	0.030	-0.095	0.095	0.016	-0.060	0.293
D/B-f7	-0.079	0.082	-0.005	<b>0.342</b>	<u>0.240</u>	0.253
D/h-f7	0.087	0.115	0.227	0.193	0.084	0.290
T/A-f7	0.025	-0.081	-0.120	-0.163	-0.211	-0.313
T/B-f7	-0.147	0.079	-0.193	0.209	<u>0.243</u>	-0.366
T/H-f7	0.039	0.091	0.036	0.015	0.018	-0.252
A/B-f7	-0.082	0.178	-0.067	<u>0.239</u>	<b>0.332</b>	-0.080
A/H-f7	0.016	0.182	0.099	0.199	0.199	-0.033
B/H-f7	<b>0.313</b>	0.074	<b>0.340</b>	-0.165	-0.227	0.004

Correlation Matrix						
	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-f3
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-f3	0.083	-0.084	0.210	<u>0.248</u>	0.084	1.000
D/A-f3	-0.036	-0.185	0.055	-0.004	-0.088	0.322

Teil II: empirischer Teil

D/B-f3	-0.093	0.005	-0.051	<b>0.311</b>	<u>0.239</u>	0.203
D/H-f3	0.085	0.081	0.222	0.160	0.100	0.293
T/A-f3	0.052	-0.032	-0.033	-0.121	-0.125	-0.269
T/B-f3	-0.096	0.017	-0.160	0.147	0.192	-0.359
T/H-f3	0.056	0.075	0.112	-0.017	-0.008	-0.279
A/B-f3	-0.128	0.087	-0.116	0.225	<u>0.278</u>	-0.171
A/H-f3	0.032	0.169	0.126	0.172	<u>0.179</u>	-0.046
B/H-f3	0.210	0.101	<b>0.389</b>	-0.170	-0.193	0.105

Correlation Matrix

	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-fz
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-fz	0.100	-0.060	0.182	0.221	0.122	1.000
D/A-fz	0.049	-0.108	0.022	0.057	-0.017	0.290
D/B-fz	-0.086	0.010	-0.085	<u>0.285</u>	<u>0.248</u>	0.151
D/H-fz	0.062	0.096	0.206	<u>0.136</u>	<u>0.067</u>	0.166
T/A-fz	0.038	-0.025	-0.033	-0.142	-0.148	-0.341
T/B-fz	-0.141	-0.017	-0.166	0.181	0.189	-0.360
T/H-fz	-0.048	0.033	0.109	-0.066	-0.071	-0.415
A/B-fz	-0.081	0.105	-0.067	<u>0.257</u>	<b>0.333</b>	-0.125
A/H-fz	0.005	0.214	0.182	0.140	0.153	-0.146
B/H-fz	0.207	0.143	<b>0.434</b>	-0.197	-0.180	0.027

Correlation Matrix

	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-f4
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-f4	0.075	0.012	<u>0.247</u>	<b>0.331</b>	0.060	1.000
D/A-f4	0.095	-0.060	0.116	0.078	-0.013	0.070
D/B-f4	-0.069	0.070	-0.044	<b>0.372</b>	<u>0.285</u>	0.061
D/H-f4	0.219	0.181	0.287	0.235	0.218	0.226
T/A-f4	0.089	-0.004	-0.026	-0.152	-0.137	-0.480
T/B-f4	-0.128	0.058	-0.186	<u>0.258</u>	<u>0.278</u>	-0.389
T/H-f4	0.099	0.117	0.099	0.040	0.112	-0.247
A/B-f4	-0.073	0.113	-0.105	<u>0.281</u>	<b>0.338</b>	-0.110
A/H-f4	0.034	0.178	0.061	0.143	0.190	0.112
B/H-f4	<u>0.253</u>	0.108	<b>0.371</b>	-0.189	-0.095	0.229

Correlation Matrix

	SOZ-rck	Angst/De	SozP	Delinqu	Aggr	D/T-f8
SOZ-rck	1.000					
Angst/De	0.691	1.000				
SozP	0.615	0.541	1.000			
Delinqu	0.363	0.393	0.400	1.000		
Aggr	0.388	0.361	0.337	0.721	1.000	
D/T-f8	-0.066	-0.028	0.177	0.131	-0.011	1.000
D/A-f8	-0.063	-0.090	0.085	-0.086	-0.206	0.557
D/B-f8	-0.120	0.179	-0.010	<u>0.290</u>	0.177	0.442
D/H-f8	0.050	0.231	<u>0.256</u>	0.155	0.113	0.458
T/A-f8	0.015	-0.068	-0.085	-0.173	-0.166	-0.159
T/B-f8	-0.123	0.189	-0.160	<u>0.254</u>	<u>0.280</u>	-0.223
T/H-f8	0.114	0.207	0.119	<u>0.067</u>	<u>0.121</u>	-0.331
A/B-f8	-0.061	0.214	-0.055	<b>0.320</b>	<b>0.405</b>	-0.132
A/H-f8	0.098	<u>0.245</u>	0.156	<u>0.242</u>	<u>0.273</u>	-0.193

B/H-f8	<u>0.298</u>	0.070	<b>0.372</b>	-0.148	-0.148	-0.121
--------	--------------	-------	--------------	--------	--------	--------

Wenn man das festgelegte Kriterium  $r \geq 3$  zugrundelegt, korrelieren nur B/H-f7 gleichzeitig mit Soz-rck und SozP und nur A/B-f8 mit Delinqu & Aggressivität<sup>105</sup>. Daraus folgt, dass das Kriterium zu streng ist, versuchshalber wurde deswegen das Kriterium auf  $r > 0.235$  gelegt. Auf dieser Grundlage finden sich 3 Variablen (**B/H-f7, B/H-f4, B/H-f8**), die jeweils mit **Soz-rck** und **SozP** korrelieren und 11 Variablen, die zugleich mit **Delinqu.** und **Aggr.** korrelieren ( D/B-f7, A/B-f7, D/B-f3, D/B-fz, A/B-fz, D/B-f4, T/B-f4, A/B-f4, T/B-f8, A/B-f8, A/H-f8). Zur Reduktion der 11 Variablen<sup>106</sup>, die mit der **externalisierenden Störung** korrelieren, wird nun eine **Hauptkomponentenanalyse (PCA)** durchgeführt:

**Tab.2.22: Hauptkomponentenanalyse der verbliebenen 11 physiologischen Variablen [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Eigenvalues and Eigenvectors						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
Eigenvalue	7.56	2.36	0.45	0.23	0.17	0.08
% Variance	68.75	21.45	4.07	2.08	1.53	0.74
Cum. % Var	68.75	90.20	94.27	96.35	97.87	98.61
D/B-f7	0.301	-0.256	0.378	-0.418	0.511	-0.324
A/B-f7	0.309	0.319	-0.019	-0.180	0.117	0.367
D/B-f3	0.311	-0.292	0.293	0.044	-0.116	0.009
D/B-fz	0.294	-0.342	0.062	-0.071	-0.539	0.191
A/B-fz	0.320	0.258	-0.179	-0.265	-0.179	-0.468
D/B-f4	0.320	-0.265	0.260	0.134	-0.067	0.267
T/B-f4	0.324	-0.174	-0.409	0.408	-0.146	-0.225
A/B-f4	0.316	0.280	-0.167	-0.225	-0.226	-0.236
T/B-f8	0.323	-0.147	-0.393	0.357	0.550	0.039
A/B-f8	0.296	0.353	-0.084	-0.146	0.093	0.535
A/H-f8	0.170	0.488	0.558	0.576	-0.020	-0.196

Deutlich wird, dass schon nach zwei Faktoren die folgenden Eigenwerte  $< 1$  sind, also eine Zweifaktorenlösung den 11 Variablen zugrunde liegt, die  $> 90\%$  der Variablenvarianz aufklärt.

**Tab.2.23: Korrelationen zwischen den Variablen und den Hauptkomponenten [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Correlations between Variables and Principal Components						
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
D/B-f7	0.827	-0.394	0.252	-0.200	0.210	-0.093
A/B-f7	0.850	0.489	-0.013	-0.086	0.048	0.105
D/B-f3	0.856	-0.449	0.196	0.021	-0.048	0.003
D/B-fz	0.808	-0.526	0.042	-0.034	-0.221	0.055
A/B-fz	<b>0.881</b>	0.397	-0.120	-0.127	-0.073	-0.134
D/B-f4	<b>0.880</b>	-0.407	0.174	0.064	-0.027	0.076
T/B-f4	<b>0.891</b>	-0.267	-0.274	0.195	-0.060	-0.064
A/B-f4	0.870	0.431	-0.112	-0.108	-0.093	-0.067
T/B-f8	<b>0.889</b>	-0.226	-0.263	0.171	0.226	0.011
A/B-f8	0.814	<u>0.542</u>	-0.056	-0.070	0.038	0.153
A/H-f8	0.467	<u>0.750</u>	0.373	0.275	-0.008	-0.056

<sup>105</sup> Während es ausreichend ist, für die psychologische Ebene der Aufmerksamkeitsproblematik nur ConHyp als Indikatorvariable zu nehmen aufgrund der hohen Retestrelabilität von ConHyp ( $r_{tt} = .85$ ), ist es bezüglich der Ebene der reaktiven Verarbeitung nicht sinnvoll, nur jeweils eine Indikatorvariable für internalisierende und externalisierende Störung zu nehmen, da die Retestrelabilitäten hier deutlich niedriger ausfallen ( $r_{tt} \geq .70$ ).

<sup>106</sup> Dabei ist zu bedenken, dass 11 Variablen relativ zur Stichprobengröße grenzlastig sind

Teil II: empirischer Teil

Bis auf eine Variable korrelieren alle anderen mit  $r > .8$  mit dem ersten Faktor. Da aber aus der Variablenfülle höchstens vier ins spätere LISREL-Modell eingehen können, um ein testbares Modell relativ zur Stichprobengröße zu erhalten, sind die vier mit den höchsten Korrelationen auf dem ersten Faktor auszuwählen: **A/B-fz, D/B-f4, T/B-f4 und T/B-f8**. Somit konnten die 11 mit **externalisierender Störung** korrespondierenden physiologischen Variablen auf vier reduziert werden. Jetzt ist noch der Zusammenhang der Variablen mit dem Alter zu prüfen:

**Tab.2.24: Korrelation der ausgewählten Variablen mit der Altersvariable [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Korrelation	Alter	Aggr/10	Delinqu	SozP	SOZ-rck	B/H-f7
Alter	1.000					
Aggr/10	0.083	1.000				
Delinqu	0.202	0.722	1.000			
SozP	0.200	0.337	0.400	1.000		
SOZ-rck	0.242	0.388	0.363	0.615	1.000	
B/H-f7	0.161	-0.227	-0.165	0.340	0.313	1.000
B/H-f4	0.108	-0.095	-0.189	0.371	0.253	0.867
B/H-f8	0.226	-0.148	-0.148	0.372	0.298	0.915
A/B-fz	-0.108	0.333	0.257	-0.067	-0.081	-0.415
D/B-f4	-0.258	0.285	0.372	-0.044	-0.069	-0.490
T/B-f4	-0.268	0.278	0.258	-0.186	-0.128	-0.604
T/B-f8	-0.298	0.280	0.254	-0.160	-0.123	-0.582

Wie man sieht, sind alle Korrelationen der ausgewählten Variablen mit dem Alter  $< .3$ . Multiple Regressionsanalysen, getrennt für internalisierende Störung (jeweils für psychologische und physiologische Variablen) und für externalisierende Störung (wiederum jeweils für psychologische und physiologische Variablen) bestätigen den obigen Befund, dass **Alter als biologische Moderatorvariable zu vernachlässigen ist**:

**Tab.2.25: Multiple Regressionsanalysen, getrennt für internalisierende und externalisierende Störung, mit Alter als abhängiger Variable [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Estimated Equations						
Alter	=	10.902	+	0.330*Delinqu	-	0.548*Aggr/10 + Error, R <sup>2</sup> = 0.0491
Standerr	(1.239)		(0.302)		(1.139)	
Z-values	8.797		1.094		-0.481	
P-values	0.000		<b>0.274</b>		<b>0.630</b>	
Error Variance	= 7.914					
Estimated Equations						
Alter	=	12.134	+	0.789*A/B-fz	-	0.0627*D/B-f4 + 0.0328*T/B-f4
Standerr	(1.579)		(1.151)		(0.596)	(0.930)
Z-values	7.685		0.686		-0.105	0.0353
P-values	0.000		<b>0.493</b>		<b>0.916</b>	<b>0.972</b>
					-	0.919*T/B-f8 + Error, R <sup>2</sup> = 0.107
					(1.206)	
					-0.762	
					<b>0.446</b>	
Error Variance	= 7.431					
Estimated Equations						
Alter	=	10.005	+	0.101*SozP	+	0.205*SOZ-rck + Error, R <sup>2</sup> = 0.0627
Standerr	(1.013)		(0.287)		(0.254)	
Z-values	9.878		0.352		0.806	
P-values	0.000		<b>0.725</b>		<b>0.420</b>	
Error Variance	= 7.802					

## Teil II: empirischer Teil

### Estimated Equations

Alter	=	9.788	-	0.128*B/H-f7	-	0.240*B/H-f4	+	0.604*B/H-f8
Standerr		(1.550)		(0.444)		(0.281)		(0.463)
Z-values		6.314		-0.289		-0.855		1.305
P-values		0.000		<b>0.773</b>		<b>0.392</b>		<b>0.192</b>

+ Error, R<sup>2</sup> = 0.0897 Error Variance = 7.577

Wenn man fluide Intelligenz als biologische Größe betrachten würde, dann könnten die Zusammenhänge zwischen (neuro)psychologischer und physiologischer Ebene auch hier möglicherweise auf eine biologisch verstandene Moderatorvariable zurückzuführen sein, so dass mögliche Wechselwirkungen nur Scheinwechselwirkungen<sup>107</sup> wären. Um diesem Einwand zu begegnen, ist jetzt noch zu prüfen, ob jeweils die psychologischen, neuropsychologischen und physiologischen Variablen mit dem CFT-IQ korrelieren:

**Tab.2.26: Korrelationsmatrix der ausgewählten neuropsychologischen und psychologischen Variablen [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Correlation Matrix						
	CFT-IQ	SOZ-rck	SozP	Delinqu	Aggr	RT-h2
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CFT-IQ	1.000					
SOZ-rck	-0.039	1.000				
SozP	0.174	0.615	1.000			
Delinqu	-0.069	0.363	0.400	1.000		
Aggr	0.040	0.388	0.337	0.721	1.000	
RT-h2	-0.133	-0.135	-0.260	-0.321	-0.252	1.000
RT-tot	-0.140	-0.194	-0.260	-0.320	-0.245	0.981
Con-HYP	-0.199	0.218	-0.057	0.237	0.218	0.005

Correlation Matrix	
	Con-HYP
	-----
RT-tot	1.000
Con-HYP	0.032

Die Korrelationsmatrix macht deutlich, dass alle Variablen der (neuro)psychologischen Ebene nicht nennenswert mit dem CFT-IQ korrelieren ( $r < .3$ ). Eine multiple Regressionsanalyse mit dem CFT-IQ als abhängiger Variable bestätigte diesen Befund auch inferenzstatistisch:

<sup>107</sup> Dasselbe gilt, wie wir gesehen haben, für die Altersvariable; deswegen wurden nur psychologische und physiologische Variablen im Variablenreduktionsprozess ausgewählt, die nicht bedeutsam mit dem Alter korrelieren, s.o..

Teil II: empirischer Teil

**Tab.2.27: Multiple Regression der (neuro-)psychologischen Variablen mit dem CFT-IQ als abhängiger Variable [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

CFT-IQ =	112.662	+ 0.0549*RT-h2	- 0.0716*RT-tot	- 1.194*Con-HYP
Standerr	(15.951)	(0.119)	(0.125)	(3.288)
Z-values	7.063	0.462	-0.572	-0.363
P-values	0.000	<b>0.644</b>	<b>0.568</b>	<b>0.717</b>
		- 1.674*Delinqu	+ 0.498*Aggr	- 1.470*SOZ-rck
	(1.707)	(0.622)	(1.653)	(1.759)
		-0.980	0.801	-0.889
		<b>0.327</b>	<b>0.423</b>	<b>0.374</b>
				<b>0.233</b>
				+ Error, R <sup>2</sup> = 0.139

Die folgende Tabelle gibt die Korrelationsmatrix des CFT-IQ mit den physiologischen Daten wieder:

**Tab.2.28: Korrelationsmatrix aller ausgewählten physiologischen Variablen und dem CFT-IQ [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

Correlation Matrix						
	CFT-IQ	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10	T/B-fp2
CFT-IQ	1.000					
D/Hf7/10	<b>-0.104</b>	1.000				
D/Hf4/10	<b>-0.066</b>	0.912	1.000			
D/B-f8	<b>-0.050</b>	0.695	0.548	1.000		
D/Hf8/10	<b>0.143</b>	0.823	0.763	0.786	1.000	
T/B-fp2	<b>-0.225</b>	0.435	0.435	0.565	0.289	1.000
D/B-f3	<b>-0.220</b>	0.749	0.703	0.807	0.620	0.811
D/B-f4	<b>-0.201</b>	0.691	0.699	0.769	0.580	0.807
T/B-f4	<b>-0.127</b>	0.447	0.455	0.592	0.314	0.910
A/B-fz	<b>0.029</b>	0.394	0.384	0.447	0.271	0.624
T/B-f8	<b>-0.023</b>	0.507	0.473	0.729	0.446	0.878
B/H-f7	<b>0.223</b>	0.078	0.170	-0.457	0.073	-0.543
B/H-f4	<b>0.232</b>	0.181	0.242	-0.347	0.192	-0.535
B/H-f8	<b>0.207</b>	0.107	0.231	-0.484	0.086	-0.539
Correlation Matrix						
	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4	A/B-fz	T/B-f8	B/H-f7
D/B-f3	1.000					
D/B-f4	0.962	1.000				
T/B-f4	0.838	0.850	1.000			
A/B-fz	0.547	0.580	0.695	1.000		
T/B-f8	0.801	0.833	0.931	0.689	1.000	
B/H-f7	-0.465	-0.490	-0.604	-0.415	-0.582	1.000
B/H-f4	-0.442	-0.489	-0.578	-0.286	-0.514	0.867
B/H-f8	-0.417	-0.435	-0.546	-0.376	-0.586	0.915
Correlation Matrix						
	B/H-f4	B/H-f8				
B/H-f4	1.000					
B/H-f8	0.878	1.000				

Auch hier sind alle Korrelationen mit  $r < .3$  vernachlässigbar. Die inferenzstatistische Prüfung mittels multipler Regression<sup>108</sup> wieder mit dem CFT-IQ als abhängiger Variable

<sup>108</sup> welche hier allerdings der oben erwähnten Faustregel nach sehr grenzlastig ist. Die multiple Regression wurde hier dennoch trotz der zu hohen Variablenzahl durchgeführt, da das Hauptkriterium  $r < .3$  in der bivariaten Korrelationsmatrix schon deutlich geworden ist und die multivariate Analyse mit Signifikanztestung nur der Vollständigkeit halber durchgeführt zu werden brauchte. Dass die

## Teil II: empirischer Teil

bestätigt die obige Schlussfolgerung (kein Betakoeffizient erreichte das 5%-Signifikanzniveau):

**Tab.2.29: Multiple Regression aller ausgewählten physiologischen Variablen mit dem CFT-IQ als abhängiger Variable [zur Erläuterung der Variablen s. Teil II, Kap.2.2] :**

CFT-IQ =	90.034	- 8.595*D/Hf7/10	- 0.591*D/Hf4/10	- 2.729*D/B-f8
Standerr	(31.330)	(6.207)	(7.796)	(3.161)
Z-values	2.874	-1.385	-0.0759	-0.864
P-values	0.004	<b>0.166</b>	<b>0.940</b>	<b>0.388</b>
	+ 4.531*D/Hf8/10	- 10.765*T/B-fp2	+ 11.631*D/B-f3	- 8.918*D/B-f4
	(3.759)	(6.771)	(9.690)	(9.433)
	1.205	-1.590	1.200	-0.945
	<b>0.228</b>	<b>0.112</b>	<b>0.230</b>	<b>0.344</b>
	- 9.447*T/B-f4	+ 7.408*A/B-fz	+ 23.881*T/B-f8	+ 0.644*B/H-f7
	(9.535)	(6.223)	(12.584)	(2.447)
	-0.991	1.190	1.898	0.263
	<b>0.322</b>	<b>0.234</b>	<b>0.058</b>	<b>0.792</b>
	- 1.043*B/H-f4	+ 2.443*B/H-f8	+ Error, R <sup>2</sup> = 0.476	
	(2.716)	(3.304)		
	-0.384	0.739		
	<b>0.701</b>	<b>0.460</b>		
Error Variance = 110.437				

Somit können die möglicherweise bei der Modelltestung gefundenen Wechselwirkungen nicht auf fluide Intelligenz als Moderatorvariable zurückgeführt werden<sup>109</sup>.

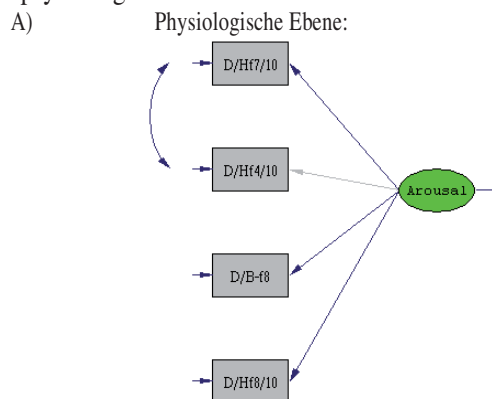
### 4.2. Modellierung der zu testenden Modelle

Beim Structure equation modelling mittels LISREL ist zwischen einem Messmodell und einem Strukturmodell zu unterscheiden. Das **Messmodell** beinhaltet Annahmen darüber, wie eine oder mehrere latente Variablen durch Indikatorvariablen gemessen werden. Dabei kann z.B. das Axiom der klassischen Testtheorie der Unkorreliertheit der Fehler geprüft werden, so dass die Axiome nicht mehr als ungeprüfte Voraussetzungen fungieren müssen. Das **Strukturmodell** beinhaltet demgegenüber Annahmen über Zusammenhänge zwischen zwei oder mehr latenten Variablen. Vom Modellierungsvorgehen her ist es sinnvoll, erst einmal Messmodell(e) zu prüfen, um dann bei gutem Fit der Messmodelle diese in ein **Gesamtmodell** zu integrieren.

#### 4.2.1. Messmodelle

##### 4.2.1.1. physiologische und neuropsychologische Ebene

Hier sind zwei Messmodelle zu unterscheiden, nämlich das für die physiologische und das für die neuropsychologische Ebene:



**Abb.2b. 3: Messmodell physiologische Ebene (konzeptuelles Diagramm)**

inferenzstatistische Prüfung mit Vorsicht zu betrachten ist, zeigt der Widerspruch bzgl T/B-f8 auf: während die bivariate Korrelation verschwindend gering ist, erreicht diese bei der Signifikanzprüfung im Rahmen der multiplen Regression fast das Signifikanzniveau.

<sup>109</sup> und auch nicht auf Alter, s.o.

## Teil II: empirischer Teil

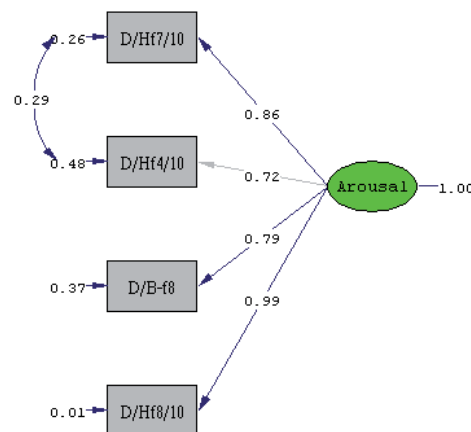
*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10.

*Latente Variablen:* Arousal=elektrophysiologisches frontales Arousalniveau.

Zur Lösung des Identifikationsproblems der latenten Variablen muß die Varianz der latenten Variablen entweder auf  $\Phi(1,1)=0$  fixiert werden, oder eine Indikatorvariable muß der latenten Variable ihre Varianz ausleihen (Jöreskog & Sörbom: LISREL 8, User's reference Guide, s.132f). Letzteres ist dabei aus methodischen Gründen (s. Jöreskog & Sörbom, ebd.) der ersten Option vorzuziehen. Die Auswahl fiel dabei auf D/H-f4/10 (die Variable wurde linear transformiert, indem sie durch 10 geteilt wurde. Dies war nötig, um die Varianzen einander anzugleichen, damit die Matrizen positiv-definit sind und konvergieren können; bis auf D/B-f8 mußten alle Variablen aus diesem Grund linear transformiert werden), weil deren Varianz sich am wenigsten von der der Variablen RT-h2/100 (s.u.) unterscheidet. Aufgrund der exploratorischen Faktorenanalyse (s.o.), die zeigte, dass D/H-f4 und D/H-f7 beide substantiell zusätzlich auf einem zweiten Faktor laden, ist bei einer Einfaktorlösung von einer Korrelation der zugehörigen Residuen auszugehen, da beide Variablen noch gemeinsame Varianz aufweisen, die durch den ersten Faktor nicht aufgeklärt wird. Auf die Testung eines Zweifaktorenmodells wird verzichtet, da theoretisch unklar ist, wie beide Faktoren mit den psychologischen Ebenen zusammenhängen sollen, und aufgrund der kleinen Stichprobengröße die Zahl der zu schätzenden Parameter klein gehalten werden muss.

Die konfirmatorische Faktorenanalyse des Modells führte zu folgenden Ergebnissen:

Standardisierte Lösung (Varianz der latenten Variablen und der beobachteten Variablen gleich 1)



### Abb.2b. 4: Messmodell physiologische Ebene

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>110</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10.

*Latente Variablen:* Arousal=elektrophysiologisches frontales Arousalniveau.

Die Beurteilung der Anpassungsgüte des Modells kann bei der ULS-Schätzung, die bei kleinen Stichproben ausschließlich zur Anwendung kommen kann (EMRICH, Lisrel interaktiv, S.29ff.), anhand der deskriptiven Globalmaße GFI, AGFI, RMR und RMSEA sowie der Squared multiple correlation durchgeführt werden, wenn die Güte von Messmodellen<sup>111</sup> zur Beurteilung ansteht. Die Signifikanztestung anhand des Chi-Quadratstestes ist bei kleinen Stichproben nicht konsistent und verbietet sich daher (Jöreskog & Sörbom, Lisrel 8, user's reference guide, S.28f.) sowohl bei Mess- als auch bei Strukturmodellen:

Degrees of Freedom = 1  
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 3.70 (P = 0.054)  
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.31

<sup>110</sup> Delta/Highbeta = Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

<sup>111</sup> Die in Teil II Kap.1. via Simulation ermittelten Kriterien gelten für den **Vergleich komplexer Modelle** (Modelle, die manifeste und mehrere latente Variablen enthalten, also aus Messmodell und Strukturmodell bestehen), insbesondere für den Vergleich von rekursiven mit nicht-rekursiven Modellen.



## Teil II: empirischer Teil

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.086  
Standardized RMR = 0.020  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Erklärungen:

**RMSEA** = Maß der durchschnittlichen Diskrepanz zwischen Daten und Modell pro Freiheitsgrad.

RMSEA < 0,05

guter Fit, Modell bestätigt

0,05 < RMSEA < 0,08

mäßiger Fit, Modell tendenziell bestätigt

RMSEA > 0,10

schlechter Fit, Modell nicht bestätigt

**RMR** = Index der Quadratwurzel der Residuen. Der RMR ist nicht normiert und kann daher nur in Relation zu den Varianzen und Kovarianzen der manifesten (beobachteten) Variablen interpretiert werden. Der **standardisierte RMR (SRMR)** hingegen kann unabhängig von den manifesten Varianzen und Kovarianzen interpretiert werden. Der RMR entspricht dem Standardfehler der Regressionsanalyse und kann Werte größer oder gleich Null annehmen. Je näher er an Null ist, desto besser ist die Anpassungsgüte des Modells (EMRICH, ebd. S. 36).

**GFI** = entspricht dem Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalyse und „misst die relative Menge an Varianz und Kovarianz, die das Modell beinhaltet“ (EMRICH, ebd. S.37). Der GFI kann Werte zwischen Null und Eins annehmen. Bei einem perfekten Fit an die Daten erreicht er den Wert 1.

**AGFI** = Über den GFI hinaus berücksichtigt der AGFI noch die Zahl der Freiheitsgrade. Der AGFI kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei der Fit bei 1 perfekt ist. „Im Sinne des wissenschaftsphilosophischen Sparsamkeitsprinzips bestraft der AGFI eine hohe Parameterzahl“ (EMRICH, ebd. S.36, d.h. je mehr Parameter und damit einhergehend umso weniger Freiheitsgrade, desto kleiner der AGFI.

Nach EMRICH (ebd. S. 42) gelten die folgenden Faustregeln:

A) Konsistente Lösung und Identifikation wenn:

Globalkriterien: GFI > .90; AGFI > .90 und SRMR < .10

Die oben berichteten Globalmaße des Modells weisen auf eine sehr gute Anpassungsgüte des getesteten Modells hin (GFI=AGFI=1; RMR<.10) Nur RMSEA liegt im schlechten FIT-Bereich. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass RMSEA von den berichteten Maßen das problematischste ist, da es „zwar nicht auf den Stichprobenumfang [sc.: wie Chi-Quadrat] sensibel reagiert, aber komplexe Modelle mit einer erhöhten Indikatoren- und Konstruktzahl mit einem Anpassungsbonus quittiert“ (EMRICH, ebd. S. 37), wobei die Indikatoren- und Konstruktzahl des getesteten Modells als vergleichsweise gering anzusehen ist.

B) Detailkriterien: neben den oben beschriebenen Globalanpassungsmaßen können bei ULS-Schätzungen die folgenden Detailkriterien zur Anwendung kommen:

**normalisiertes (standardisiertes) Residuum**= fitted residual „divided by the large-sample standard error of the residual“ (Jöreskog&Sörbom, ebd., S.31). *Standardisierte Residuen*  $> 2$  weisen auf Spezifikationsfehler hin (Pfeifer&Schmidt: LISREL, die Analyse komplexer Strukturgleichungsmodelle, S.38)

**Modifikationsindex**=N/2 mal dem Verhältnis zwischen dem Quadrat der ersten und dem Quadrat der zweiten Ableitung des entsprechenden Parameters. Der Modifikationsindex kann für festgelegte (restringierte) Parameter bestimmt werden. Der Modifikationsindex gibt das Ausmaß an, indem sich der Chiquadrat-Wert des Gesamtmodells verringern würde, wenn man eine Restriktion im Modell aufheben würde und gleichzeitig alle anderen freien Parameter ihre geschätzten Werte behalten würden (Pfeifer & Schmidt, ebd. S.38; Jöreskog&Sörbom, ebd. S.31f.) Als Faustregel kann hier gelten, dass *Modifikationsindices*  $\geq 5$  auf eine Fehlanpassung von Parametern und damit auf eine mangelnde Anpassung des Modells hinweisen (siehe Pfeifer&Schmidt, ebd. S.95)

Bei der Testung des Messmodells zeigten sich die folgenden standardisierten Residuen und Modifikationsindices:

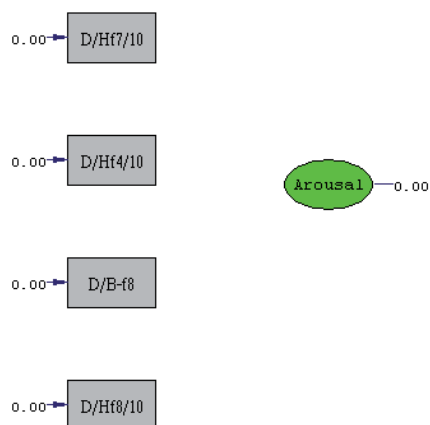
Teil II: empirischer Teil  
Standardized Residuals

	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
	-----	-----	-----	-----
D/Hf7/10	0.00			
D/Hf4/10	0.00	--		
D/B-f8	1.52	-1.37	0.00	
D/Hf8/10	-1.26	1.45	0.00	-- <sup>112</sup>

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.37  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.52

Modifikationsindices:



**Abb.2b. 5: Messmodell physiologische Ebene (Modifikationsindices)**

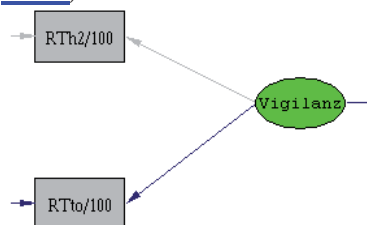
beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10.

Latente Variablen: Arousal=elektrophysiologisches frontales Arousalniveau.

Alle Modifikationsindices der restringierten Korrelationen der Fehlervarianzen sind null, wobei Modifikationsindices mit den betreffenden Pfeilen nur dann angezeigt werden, wenn sie sich von null unterscheiden. Die Nullen in der oben angegebenen Grafik beziehen sich auf freie Parameter, für die keine Modifikation berechnet wird, bzw. bei denen davon ausgegangen wird, dass sie sich bei Modifikation von restringierten Parametern nicht ändern.

Da es keine Modifikationsindices gibt und alle standardisierten Residuen <2 sind, kann das Messmodell auch aus der Sicht der Detailkriterien als ausreichend angepasst an die Daten angesehen werden.

**B) Messmodell der neuropsychologischen Ebene (zur Erläuterung der Variablen siehe das Abkürzungsverzeichnis #ABK)**



**Abb.2b. 6: Messmodell neuropsychologische Ebene (TOVA; konzeptuelles Diagramm)**

<sup>112</sup> LISREL 8.8 druckt für 0.00 manchmal --. Beides ist äquivalent

## Teil II: empirischer Teil

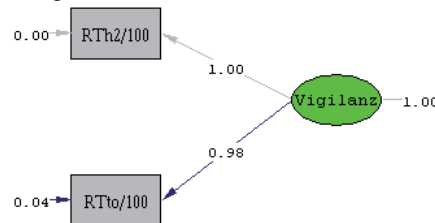
*manifeste (beobachtete) Variablen:*  $R_{Th2}/100 = 'RT-h2' / 100$  (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert);  $R_{Tto}/100 = 'RT-tot' / 100$  (lineare Transformation, s.o.);

*latente Variable:* Vigilanz; um das Skalierungsproblem der latenten Variablen zu lösen, wurde  $\beta_{11} = \beta_{R_{Th2}/100, \text{Vigilanz}} = 1$  gesetzt, so dass die Varianz von  $R_{Th2}/100 =$  der Varianz von Vigilanz ist.

Davon ausgehend, dass die Varianz der manifesten Variablen vollständig durch die latente Variable aufgeklärt wird, sind die Fehler im Modell unkorreliert.

Die konfirmatorische Faktorenanalyse (one-factor congenetic measurement model; siehe Jöreskog&Sörbom, ebd. S.124ff) führte zu folgenden Ergebnissen:

Komplett standardisierte Lösung (Varianzen der manifesten und latenten Variablen =1)



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

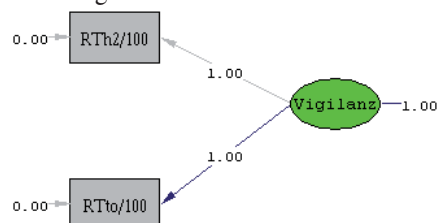
### Abb.2b. 7: Messmodell neuropsychologische Ebene (TOVA), komplett standardisiert

*manifeste (beobachtete) Variablen:*  $R_{Th2}/100 = 'RT-h2' / 100$  (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) = Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100;  $R_{Tto}/100 = 'RT-tot' / 100$  (lineare Transformation, s.o.) = Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variable:* Vigilanz

Um das Modell identifizierbar zu machen (Freiheitsgrade  $df \geq 0$ ), musste die Fehlervarianz einer Variablen auf null gesetzt werden, wobei sich dafür die Variable anbietet, die der latenten Variable ihre Varianz ausleiht. Da in diesem Fall das Modell saturiert ist ( $df=0$ ), sind Chi-Quadrat und Residuen zwangsläufig gleich null (s. Jöreskog/Sörbom/du Toit/du Toit: Lisrel 8: New statistical features; S.192f), so dass die Anpassungsgüte nur schwer beurteilt werden kann. Da die Fehlervarianz  $\Delta_{R_{Tto}/100}$  nahezu null ist, liegt es nahe, ein weiteres Modell mit der Annahme zu testen dass  $\Delta_1 = \Delta_2 = 0$  ist:

Komplett standardisierte Lösung:



Chi-Square=0.02, df=1, P-value=0.89030, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 8: Messmodell neuropsychologische Ebene (TOVA) mit Fehlervarianz=0

*manifeste (beobachtete) Variablen:*  $R_{Th2}/100 = 'RT-h2' / 100$  (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) = Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100;  $R_{Tto}/100 = 'RT-tot' / 100$  (lineare Transformation, s.o.) = Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variable:* Vigilanz

## Teil II: empirischer Teil

Da nun  $df=1$ , ist die Anpassungsgüte des Modells testbar:

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 0.019 (P = 0.89)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.018

Standardized RMR = 0.0095

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Die Globalmaße der Anpassungsgüte zeigen, daß das Modell sehr gut zu den empirisch erhobenen Daten paßt.

Auch die standardisierten Residuen sind sehr klein (deutlich  $< 2$ ) und weisen somit auf die sehr gute Anpassung des Modells hin:

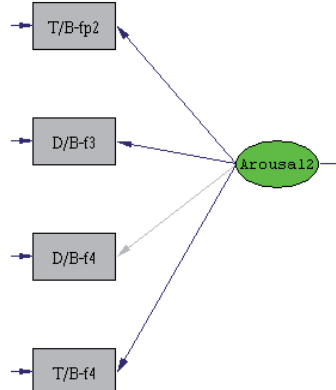
	Standardized Residuals	
	RTh2/100	RTto/100
	-----	-----
RTh2/100	0.14	
RTto/100	-0.14	0.14

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual =	-0.14
Median Standardized Residual =	0.14
Largest Standardized Residual =	0.14

#### 4.2.1.2. Messmodelle der physiologischen und psychologischen Ebene (operationalisiert über Connors Hyperaktivitätsskala)

Da nur eine manifeste Variable für die psychologische Ebene existiert, sind hier manifeste und latente Variable identisch. Somit muss nur das Messmodell für die physiologische Ebene überprüft werden. Getestet wird ein *congenerisches Einfaktorenmodell (s.o.) mit unkorrelierten Residuen* [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#) :



#### Abb.2b. 9: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit Hyperaktivität (konzeptuelles Diagramm)

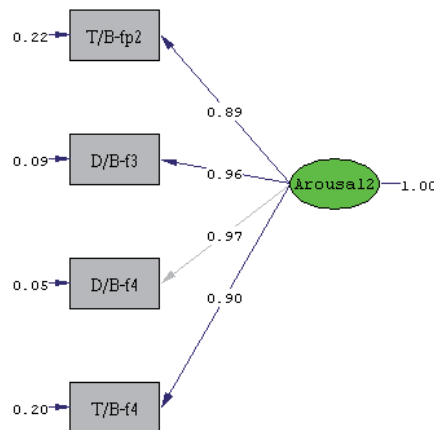
*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>113</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4;

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

<sup>113</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

Teil II: empirischer Teil

Die Berechnung dieses Modells brachte die folgenden Ergebnisse (komplett standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=20.94, df=2, P-value=0.00003, RMSEA=0.571

**Abb.2b. 10: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit Hyperaktivität**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>114</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4;

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere Globalkriterien: Root Mean Square Residual (RMR) = 0.10  
 Standardized RMR = 0.045  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

RMS, GFI und AGFI sprechen für eine insgesamt gute Anpassung zu den Daten und widersprechen damit dem Chi-Quadrat-Wert, womit sich die Erfahrung bestätigt, daß Chi-Quadrat bei kleinen Stichproben in seiner absoluten Höhe nicht interpretierbar ist.

*Detailkriterien:*

a) Standardized Residuals

	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
T/B-fp2	0.00			
D/B-f3	-0.77	- -		
D/B-f4	-0.90	2.11	- -	
T/B-f4	1.80	-0.87	-0.74	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.90  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 2.11

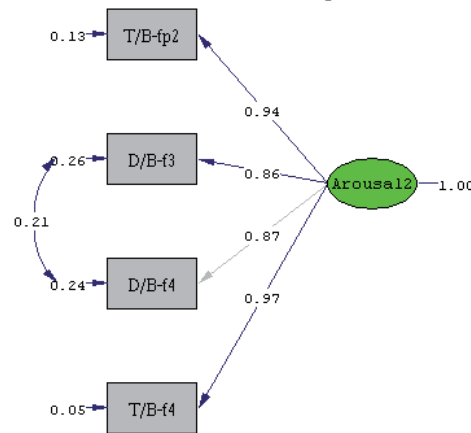
Ein standardisiertes Residuum ist  $> |2|$ , und zwar das Residuum des Zusammenhangs zwischen D/B-f4 und D/B-f3. Dies ist als Hinweis zu werten, dass die Fehler der Variablen  $\delta_{32}$  ( $=\delta_{23}$ ) korreliert sind (Jöreskog/Sörbom, Lisrel 8, user's guide, S.247), was wiederum darauf hindeuten könnte, dass ein Teil der Varianz der beiden Variablen auf einen zusätzlichen Faktor zurückgeht. Allerdings haben die Simulationsstudien auf der Basis rekursiver Daten gezeigt, dass auch bei linear erzeugten Daten mit einer abhängigen und einer unabhängigen latenten Variable ohne korrelierte Messfehler bei der Erzeugung

<sup>114</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

Teil II: empirischer Teil

es im Modell dann zu korrelierten Fehlern kommen kann. Korrelierte Messfehler weisen somit nicht zwingend auf einen im Modell fehlenden latenten Faktor hin.

Die Berechnung des Modells mit korrelierten Fehlern ( $\delta_{23}$ ) führte zu folgendem Ergebnis [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=0.60, df=1, P-value=0.43836, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 11: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit Hyperaktivität (korrelierte Fehler)**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>115</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4;

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die viel bessere Anpassung dieses Modells wird deskriptiv an der massiven Verringerung des Chi-Quadrat-Wertes in Relation zur Verminderung der Freiheitsgrade (Chi<sup>2</sup> verringert sich deutlich mehr als die df) schon deutlich.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0073  
 Standardized RMR = 0.0029  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Die weiteren Globalkriterien, insbesondere das deutliche Absinken von RMR und standardized RMR bestätigen die Verbesserung.

*Detailkriterien:*

	Standardized Residuals			
	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
T/B-fp2	0.00			
D/B-f3	0.12	0.00		
D/B-f4	-0.12	0.00	- -	
T/B-f4	0.00	-0.12	0.12	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.12  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.12

<sup>115</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

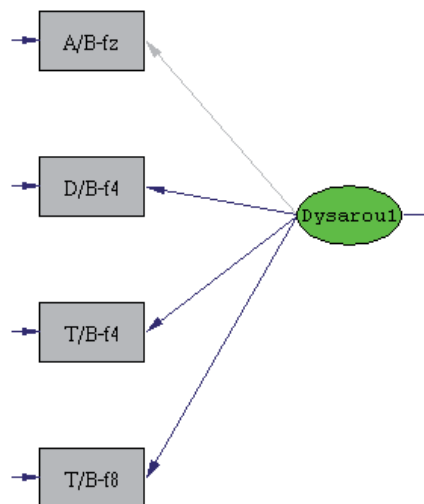
## Teil II: empirischer Teil

Auch hier wird die sehr gute Anpassung dieses Modell deutlich (nur noch standardisierte Residuen im Zehntelbereich).

### 4.2.1.3. Messmodelle der physiologischen Ebene und der reaktiven Verarbeitung

Da sich zwei interpretierbare Faktoren in der Analyse der CBCL 4/18 herauskristallisiert haben und sich gezeigt hat, dass internalisierende und externalisierende Störung mit unterschiedlichen elektrophysiologischen Variablen korrelieren, müssen in einem komplexen Modell zwei latente Arousalfaktoren für die Physiologie neben den zwei Faktoren für die reaktive Verarbeitung angenommen werden.

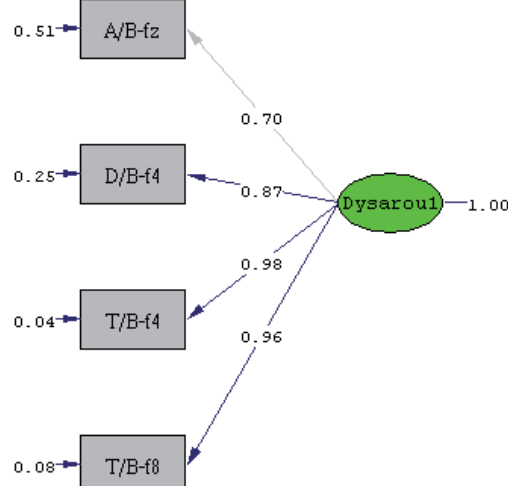
A) *Messmodell für Dysarousal1* [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



**Abb.2b. 12: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit externalisierender Störung (konzeptuelles Diagramm)**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8;  
*Latente Variable:* Dysarousal= physiologischer Faktor, der mit externalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses Modells führte zu den folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2]):



Chi-Square=0.42, df=2, P-value=0.80876, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 13: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit externalisierender Störung**

## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4;  
T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8;

*Latente Variable:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit  
*externalisierender Störung* als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.013

Standardized RMR = 0.011

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

*Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
A/B-fz	-	-		
D/B-f4	-0.22	0.00		
T/B-f4	0.11	0.12	0.00	
T/B-f8	0.11	0.13	-0.20	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

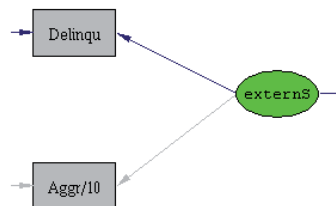
Smallest Standardized Residual = -0.22

Median Standardized Residual = 0.00

Largest Standardized Residual = 0.13

Alle Globalkriterien zeigen genau wie die standardisierten Residuen, daß das Modell sehr gut zu den Daten passt.

B) *Messmodell der latenten Variable ,externalisierende Störung' (extS)*



**Abb.2b. 14: Messmodell externalisierdne Störung (konzeptuelles Diagramm)**

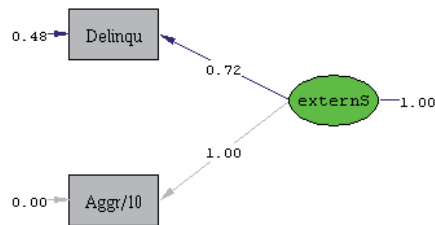
*Manifeste Variablen:* Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variable:* externS=externalisierende Störung (psychologischer Faktor)

Die Berechnung diese Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



## Teil II: empirischer Teil



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

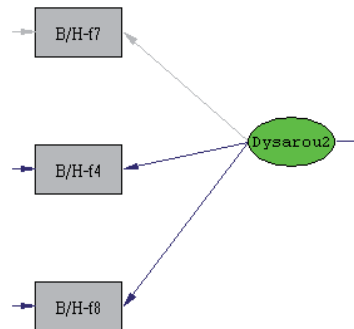
### Abb.2b. 15: Messmodell externalisierende Störung

*Manifeste Variablen:* Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variable:* externS=externalisierende Störung (psychologischer Faktor)

Das Modell ist saturiert (DF=0), so dass der Fit zwangsläufig perfekt ist, da alle Parameter frei geschätzt wurden.  $\Delta_{\text{Aggr}/10}$  musste auf Null gesetzt werden, da sonst negative Freiheitsgrade entstanden wären und damit das Modell nicht testbar gewesen wäre.

c) Messmodell der mit *internalisierender Störung* korrespondierenden *latenten physiologischen Variable Dysarou2* [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :



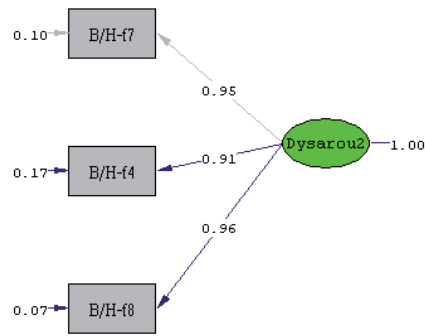
### Abb.2b. 16: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit internalisierender Störung (konzeptuelles Diagramm)

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit *internalisierender Störung* als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses Modells führte zu folgender komplett standardisierter Lösung (df=1) [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :

## Teil II: empirischer Teil



Chi-Square=0.00, df=1, P-value=0.96811, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 17: Messmodell neurophysiologische Ebene, korrespondierend mit internalisierender Störung

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

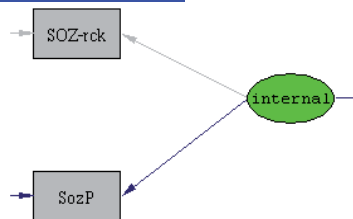
Weitere *Globalkriterien:* Degrees of Freedom = 1

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 0.0016 (P = 0.97)

The Fit is Perfect !

Weitere Detailkriterien gibt das Lisrel-Protokoll nicht aus, denn alle Residuen sind =0.

### D) Messmodell der latenten Variable ,internalisierende Störung' [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:

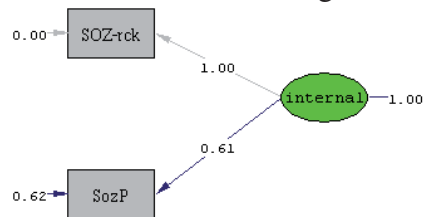


### Abb.2b. 18: Messmodell internalisierende Störung (konzeptuelles Diagramm)

*Manifeste Variablen:* soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variable:* internal= internalisierende Störung (psychologischer Faktor).

Die Berechnung dieses Modells (df=0, saturiert und damit nicht weiter prüfbar) führte zu folgender komplett standardisierter Lösung:



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 19: Messmodell internalisierende Störung

## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* soz-rck= Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18; SozP= Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18;

*Latente Variable:* internal= internalisierende Störung (psychologischer Faktor).

$\beta_{\text{SozP, Internal}} = \Gamma_{\text{SozP, internal}} = 0,61$  mit  $r^2 = 38$ . Dh., dass 38% der Varianz von SozP durch den Faktor aufgeklärt sind. Die Anpassung des Modells an die Daten scheint damit ausreichend.

### 4.2.2. Strukturmodelle

In sogenannten Strukturmodellen werden Aussagen über Zusammenhänge zwischen latenten Variablen getroffen.

In einem ersten Schritt ist der Zusammenhang zwischen Arousal (elektrophysiologische Ebene) und Vigilanz (neuropsychologische Ebene), in einem weiteren Schritt der Zusammenhang zwischen Arousal (elektrophysiologische Ebene) und Aufmerksamkeitsverhalten /Hyperaktivität (psychologische Ebene) zu prüfen, in einem dritten Schritt dann noch Zusammenhänge zwischen elektrophysiologischer Ebene und der psychologische Ebene der reaktiven Verarbeitung.

#### 4.2.2.1. Elektrophysiologische und neuropsychologische Ebene

Im *Materialismusmodell* wird davon ausgegangen, dass die neuropsychologische Ebene  $\Psi$  (PSI) vollständig durch die physiologische Ebene  $\Phi$  (PHI) determiniert ist:  $\Phi \rightarrow \Psi$  bzw. Arousal  $\rightarrow$  Vigilanz.

Im *Dualismus- oder Wechselwirkungsmodell* hingegen wird davon ausgegangen, dass sich physiologische und neuropsychologische Ebene wechselseitig beeinflussen:  $\Phi \leftrightarrow \Psi$  bzw. Arousal  $\leftrightarrow$  Vigilanz.

#### 4.2.2.2. Elektrophysiologische und psychologische Ebene

Materialismusmodell: Arousal  $\rightarrow$  Aufmerksamkeit/Hyperaktivität bzw. reaktive Verarbeitung (internalisierend oder externalisierend)

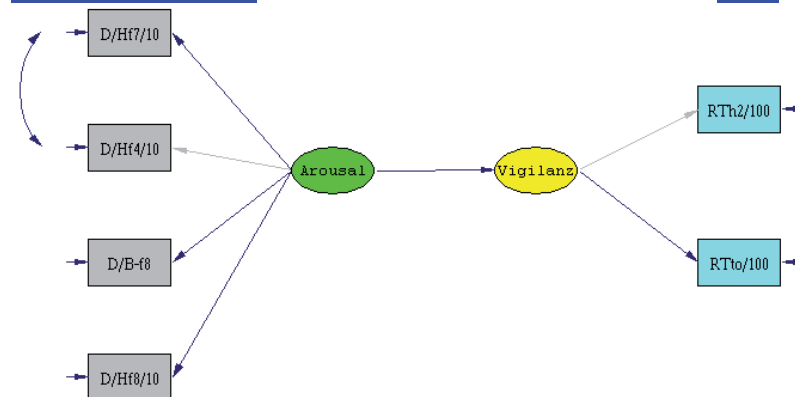
Wechselwirkungsmodell: Arousal  $\leftrightarrow$  Aufmerksamkeit/Hyperaktivität bzw. reaktive Verarbeitung (internalisierend oder externalisierend)

### 4.2.3. Komplexe LISREL-Modelle

In komplexen LISREL-Modellen werden Struktur- und Messmodelle zusammengeführt.

#### 4.2.3.1. Elektrophysiologische und neuropsychologische Ebene

A) Materialismusmodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



**Abb.2b. 20: konzeptuelles Diagramm des Materialismusmodells (elektrophysiologische und neuropsychologische Ebene)**

Arousal=KSI1=exogene (unabhängige) latente Variable  $\xi$

Vigilanz=Eta1=endogene (abhängige) latente Variable  $\eta$

*Manifeste Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>116</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10.

*Strukturgleichungen:*

a) Messmodell (physiologische Ebene):

$$'D/H-f7/10' = X_1 = \lambda_{x11}\xi + \delta_1$$

$$'D/H-f4/10' = X_2 = \lambda_{x21}\xi + \delta_2 \quad \text{mit } \delta_{12} \neq 0 \text{ (Korrelation der Residuen von } X_1 \text{ und } X_2) \text{ und } \lambda_{x21} = 1$$

$$'D/B-f8' = X_3 = \lambda_{x31}\xi + \delta_3$$

$$'D/H-f8/10' = X_4 = \lambda_{x41}\xi + \delta_4$$

b) Messmodell (neuropsychologische Ebene):

$$'RTh2/100' = Y_1 = \lambda_{y11}\eta + \varepsilon_1 \quad \text{mit } \lambda_{y11} = 1$$

$$'RTto/100' = Y_2 = \lambda_{y21}\eta + \varepsilon_2$$

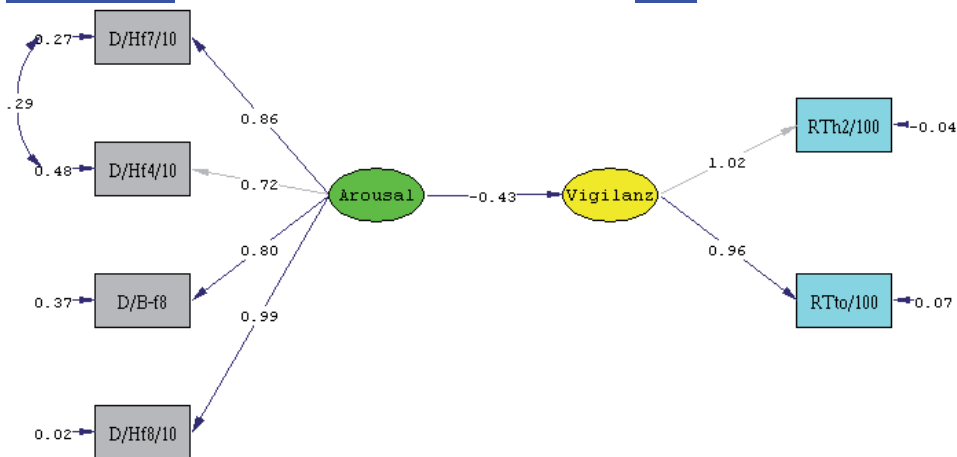
c) Strukturmodell (materialistisches Modell):

$$\eta = \gamma_{11}\xi + \zeta$$

<sup>116</sup> Delta/Highbeta = Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

## Teil II: empirischer Teil

Die Berechnung des Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



**Abb.2b. 21: Materialismusmodell (neurophysiologische und neuropsychologische Ebene)**

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>117</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

*manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene:* RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variablen:* Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Degrees of Freedom = 7

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 5.31 (P = 0.62)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
Standardized RMR = 0.017

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Die globalen Anpassungsindices weisen auf eine sehr gute Anpassung hin.

*Detailkriterien:*

a) Standardized Residuals						
	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	
D/Hf8/10						
RTh2/100	-	-				
RTto/100	0.00	-				
D/Hf7/10	0.38	0.15	0.00			
D/Hf4/10	-0.14	-0.25	0.00	-		
D/B-f8	-0.56	0.01	0.96	-1.48	0.00	
D/Hf8/10	0.44	0.01	-0.84	1.38	-0.09	

Summary Statistics for Standardized Residuals

<sup>117</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

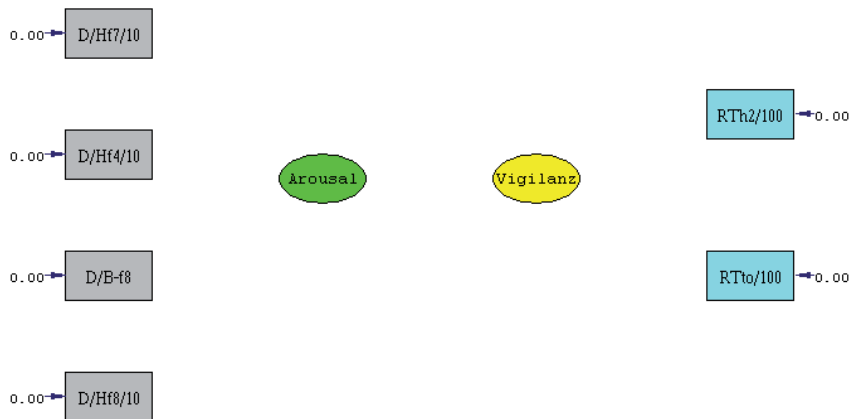
## Teil II: empirischer Teil

Smallest Standardized Residual = -1.48

Median Standardized Residual = 0.00

Largest Standardized Residual = 1.38

b) Modifikationsindices [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



**Abb.2b. 22: Modifikationsindices (Materialismusmodell)**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>118</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der phsiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= ,RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

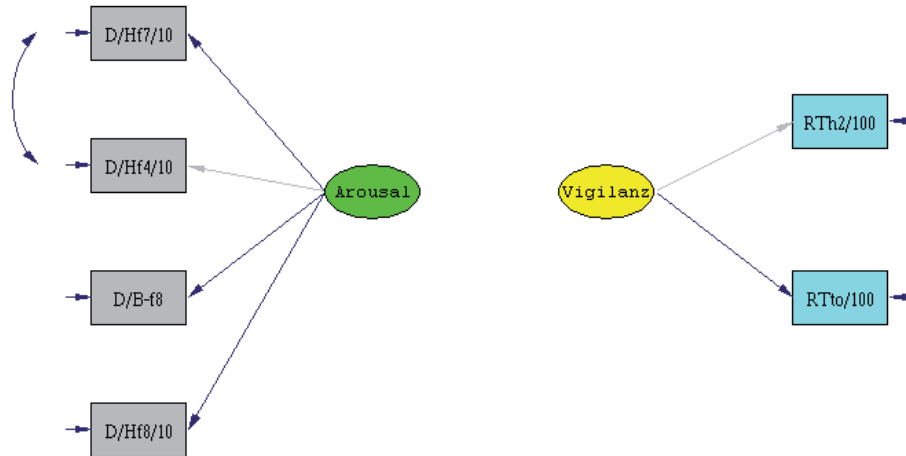
Alle standardisierten Residuen sind  $<|2|$  und es gibt keine Modifikationsindices $>0$ . D.h., dass auch die Detailkriterien auf eine gute Modellanpassung hinweisen.

Um zu sehen, ob dies Modell die empirischen Daten ausreichend gut beschreibt, ist es hilfreich, es im Vergleich zum Modell der *Unabhängigkeit von neuropsychologischer und physiologischer Ebene* zu betrachten:

<sup>118</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

Teil II: empirischer Teil

B) Konzeptuelles Modell Unabhängigkeit [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



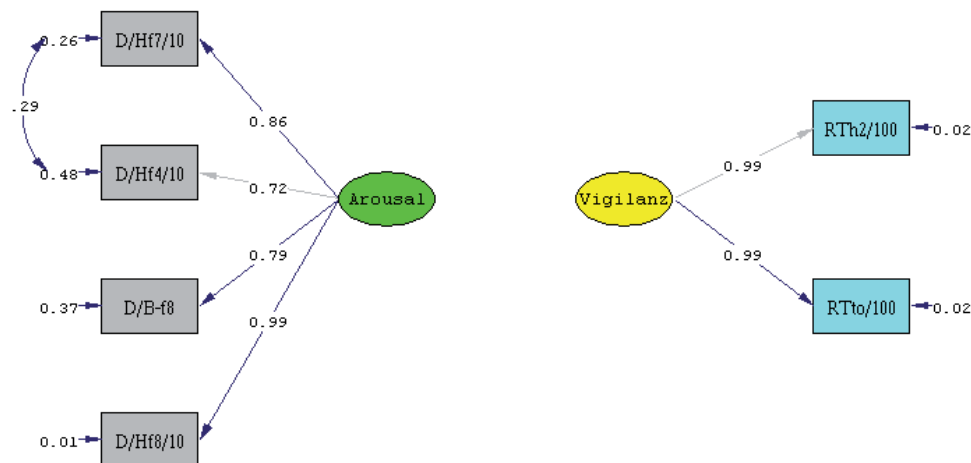
**Abb.2b. 23: Konzeptuelles Modell Unabhängigkeit**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>119</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Die Berechnung diese Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



**Abb.2b. 24: Modell Unabhängigkeit**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>120</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht

<sup>119</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

<sup>120</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

## Teil II: empirischer Teil

konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100;  
 RTto/100= ‚RT-tot‘ /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA,  
 dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal (physiologischer Faktor)

Degrees of Freedom = 8  
 Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 6.78 (P = 0.56)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.81

Standardized RMR = 0.22

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.95

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.88

Die Globalmaße, insbesondere, GFI und AFI weisen auf eine deutlich schlechtere Anpassungsgüte hin.

### Detailkriterien:

#### a) Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
D/Hf8/10	-----	-----	-----	-----	-----	-----
---						
RTh2/100	0.00					
RTto/100	0.00	0.00				
D/Hf7/10	-4.53	-4.24	0.00			
D/Hf4/10	-3.76	-3.49	0.00	- -		
D/B-f8	-11.30	-9.78	1.58	-1.42	0.00	
D/Hf8/10	-7.78	-7.28	-1.42	1.49	- -	
- -						

#### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -11.30

Median Standardized Residual = 0.00

Largest Standardized Residual = 1.58

#### b) Modifikationsindices [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]

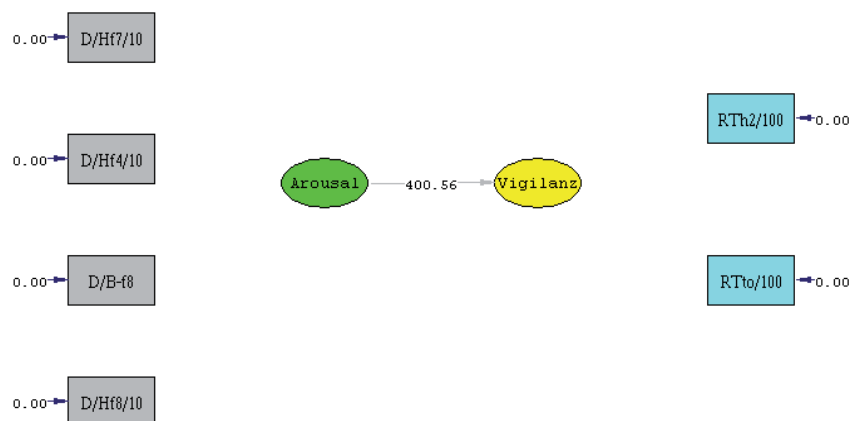


Abb.2b. 25: Modifikationsindices (Unabhängigkeitsannahme)



## Teil II: empirischer Teil

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>121</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

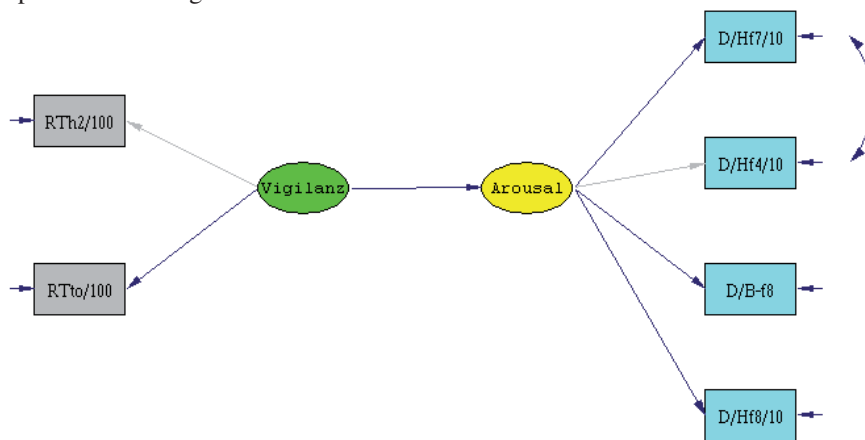
*manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene:* RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der phsyiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= ,RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variablen:* Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Der Modifikationsindex  $\gamma_{\eta^2} = 400.56$  zeigt, dass die Unabhängigkeitsannahme nicht zu den Daten passt.

### C) Idealismusmodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:

Konzeptuelles Pfaddiagramm:



### Abb.2b. 26: Idealismusmodell der neurophysiologischen und neuropsychologischen Ebene (konzeptuelles Diagramm)

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>122</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

*manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene:* RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der phsyiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= ,RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

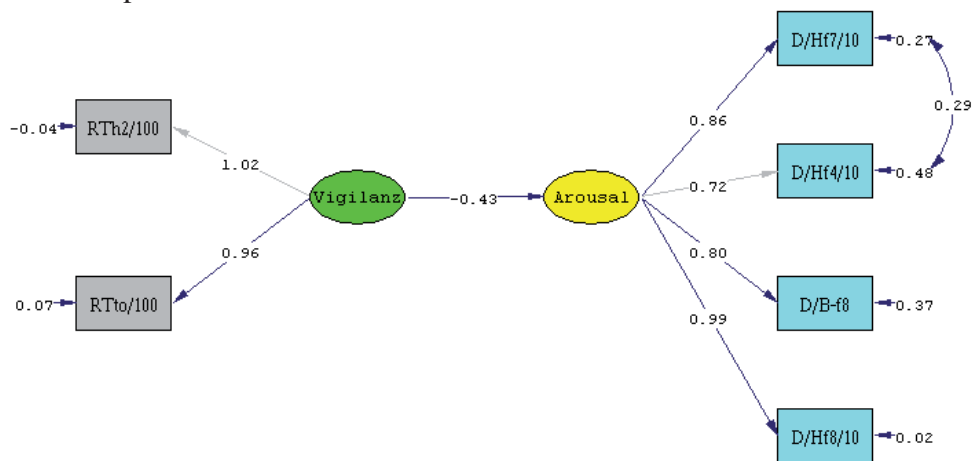
*latente Variablen:* Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Die Berechnung des Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):

<sup>121</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

<sup>122</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

## Teil II: empirischer Teil



**Abb.2b. 27: Idealismusmodell der neurophysiologischen und neuropsychologischen Ebene**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>123</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Degrees of Freedom = 7

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 5.31 (P = 0.62)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066

Standardized RMR = 0.017

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

### Detailkriterien:

### Standardized Residuals

	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10	RTh2/100	RTto/100
D/Hf7/10	0.00					
D/Hf4/10	0.00	0.00				
D/B-f8	1.08	-1.50	0.00			
D/Hf8/10	-0.84	1.40	-0.11	--		
RTh2/100	0.38	-0.14	-0.58	0.44	--	
RTto/100	0.15	-0.25	0.01	0.01	0.00	--

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.50  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.40

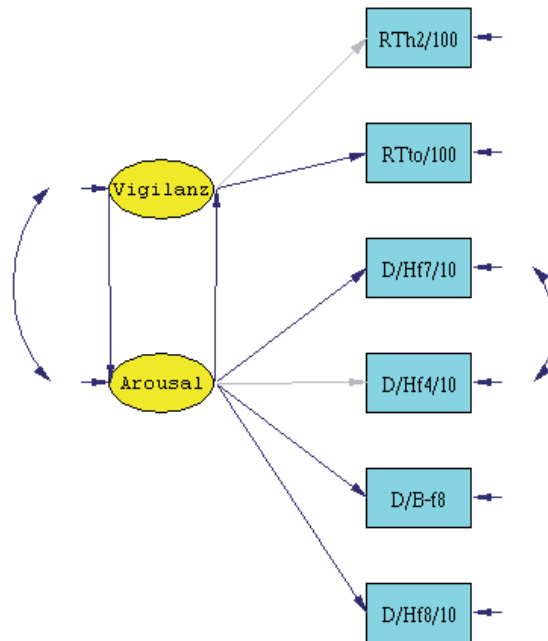
<sup>123</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

## Teil II: empirischer Teil

Die Globalkriterien inklusive der Freiheitsgrade und  $\chi^2$  sind völlig identisch mit dem materialistischen Identitätsmodell, d.h. dass beide Modelle *äquivalent* und deswegen nicht gegeneinander testbar sind (Jöreskog/Sörbom: Lisrel 8. User's reference guide, S.271ff.). Dafür spricht auch, dass die standardisierten Residuen sich nur unbedeutend unterscheiden ( $NV < |0.1|$ ).

### D) Wechselwirkungsmodell (mit frei geschätzter Wechselwirkung) der elektrophysiologischen mit der neuropsychologischen Ebene

Konzeptuelles Pfaddiagramm [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#):



**Abb.2b. 28: konzeptuelles Diagramm Wechselwirkungsmodell (neuropsychologische und neuropsychologische Ebene)**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>124</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der phsyiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Strukturgleichungen:

a) Messmodell (physiologische Ebene):

$$'D/H-f7/10' = Y_3 = \lambda_{31}\eta_1 + \varepsilon_3$$

$$'D/H-f4/10' = Y_4 = \lambda_{41}\eta_1 + \varepsilon_4 \quad \text{mit } \varepsilon_{34} \neq 0 \quad (\text{Korrelation der Residuen von } Y_3 \text{ und } Y_4) \text{ und } \lambda_{41}=1$$

$$'D/B-f8' = Y_5 = \lambda_{51}\eta_1 + \varepsilon_5$$

$$'D/H-f8/10' = Y_6 = \lambda_{61}\eta_1 + \varepsilon_6$$

b) Messmodell (neuropsychologische Ebene):

$$,RTh2/100' = Y_1 = \lambda_{12}\eta_2 + \varepsilon_1 \quad \text{mit } \lambda_{12}=1$$

<sup>124</sup> Delta/Highbeta = Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

## Teil II: empirischer Teil

$$'RT_{to}/100' = Y_2 = \lambda_{22}\eta_2 + \varepsilon_2$$

c) Strukturmodell :

$$\text{Vigilanz } \eta_1 = \beta_{12}\eta_2 + \zeta_1$$

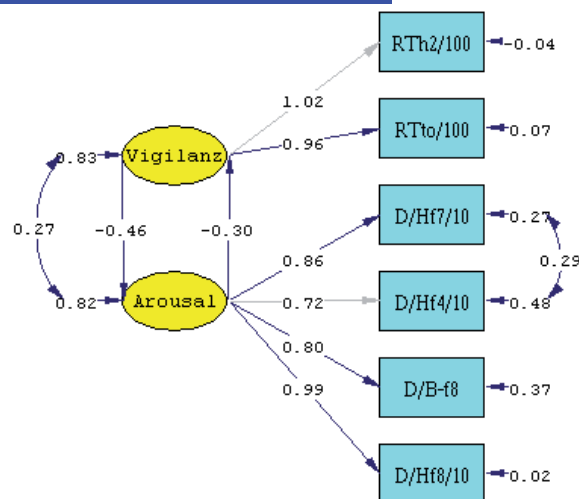
Arousal  $\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \zeta_2$  mit  $\zeta_{21} \neq 0$  (Korrelation der Fehlervarianz muss aus theoretischen Gründen angenommen werden, s.o.).

Die Berechnung des Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung):

Covariance Matrix

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
RTh2/100	2.035					
RTto/100	1.898	1.838				
D/Hf7/10	-0.841	-0.787	2.870			
D/Hf4/10	-0.697	-0.648	2.311	2.238		
D/B-f8	-2.098	-1.815	4.801	3.345	16.639	
D/Hf8/10	-1.445	-1.352	3.411	2.792	7.844	5.985

Freie Wechselwirkung (eta1=Vigilanz, eta2=arousal; komplett standardisiert [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=1.44, df=5, P-value=0.91994, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 29: freie Wechselwirkung der physiologischen und neuropsychologischen Ebene

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>125</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= ,RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

<sup>125</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

## Teil II: empirischer Teil

weitere Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
Standardized RMR = 0.017  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Detailkriterien:

Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
RTh2/100	0.00					
RTto/100	0.00	0.00				
D/Hf7/10	0.38	0.15	0.00			
D/Hf4/10	-0.14	-0.25	0.00	0.00		
D/B-f8	-0.58	0.01	1.02	-1.48	0.00	
D/Hf8/10	0.44	0.01	-0.85	1.47	-0.11	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.48  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.47

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.163

**GAI (freie Wechselwirkung vs. Materialismus)= +1,87 (>0!)** Das Wechselwirkungsmodell bringt demnach einen ausreichenden Anpassungsgewinn und ist aus Sicht der globalen Analyse demnach besser an die Daten angepasst als das Materialismusmodell unter Berücksichtigung des Sparsamkeitsprinzips. Um die Größe der Wechselwirkung abschätzen zu können, sowie weitere Hinweise für bzw. gegen das Wechselwirkungsmodell (resp. Identitätsmodell) zu bekommen, ist nun die in Teil II Kap.1 beschriebene iterative Analyse unter Vorbehalten durchzuführen.

**E) Iterative Analyse des Wechselwirkungsmodells (mit constraints) der physiologischen und neuropsychologischen Ebene<sup>126</sup>**

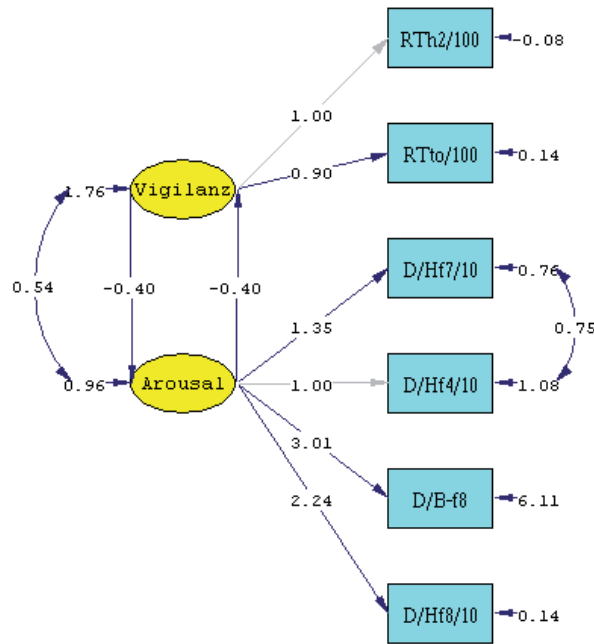
---

<sup>126</sup> Die im Folgenden erläuterten Modelle der iterativen Analyse werden nicht-standardisiert dargestellt, um die unterschiedlichen constraints auch in den Modellgraphiken sichtbar machen zu können. Alle einbezogenen Modell bewegen sich im erlaubten Parameterraum, was anhand der standardisierten Modellgraphiken überprüft wurde.

Teil II: empirischer Teil

a)  $\beta_{12}=\beta_{21}$

nicht-standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=5.10, df=6, P-value=0.53078, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 30: Gleichgewichtsmodell (physiologische und neuropsychologische Ebene)**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>127</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

weitere Globalkriterien: Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
Standardized RMR = 0.017  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Detailkriterien:  
Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8
D/Hf8/10	-----	-----	-----	-----	-----
---					
RTh2/100	--				
RTto/100	--	--			
D/Hf7/10	0.44	0.17	--		
D/Hf4/10	-0.15	-0.27	--	--	
D/B-f8	--	--	--	--	--
D/Hf8/10	--	0.03	--	2.26	--
---					

<sup>127</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

## Teil II: empirischer Teil

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.27  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = **2.26**

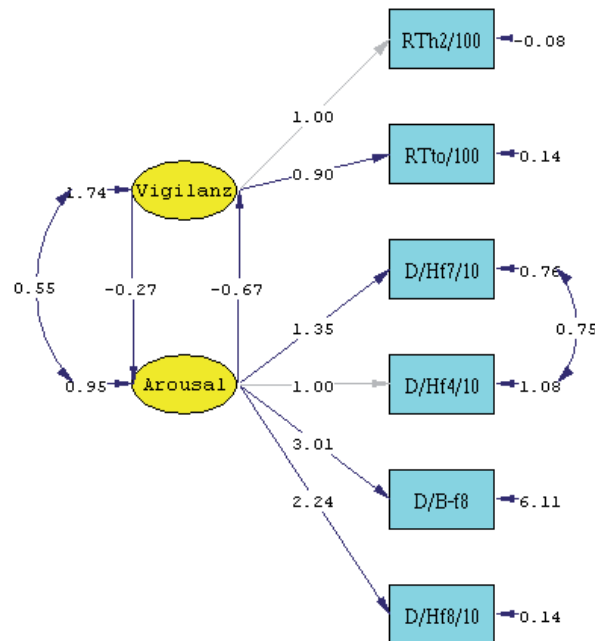
Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.163

Das Gleichgewichts-Wechselwirkungsmodell passt eindeutig nicht zu den Daten (stand. Residuen > |2|).

b)  $\beta_{21} = \beta_{12} * 0,5^{128}$

The Model does not converge

b)  $\beta_{21} = \beta_{12} * 0,4$  (nicht-standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=3.03, df=6, P-value=0.80456, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 31: Wechselwirkungsmodell der physiologischen mit der neuropsychologischen Ebene mit 2,5fach größerem Einfluss der physiologischen Ebene**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>129</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Stabilitätsindex B\*B'=0.450

<sup>128</sup>  $\beta_{12}$  = Regression von psychologischer (AV) auf die physiologische Ebene (UV)

<sup>129</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

## Teil II: empirischer Teil

Weitere Globalkriterien: Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
 Standardized RMR = 0.017  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Detailkriterien: Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
RTh2/100	-	-	-	-	-	-
RTto/100	-	-	-	-	-	-
D/Hf7/10	0.82	0.23	-	-	-	-
D/Hf4/10	-0.19	-0.32	-	-	-	-
D/B-f8	-	-	-	-	-	-
D/Hf8/10	-	-	-	-	-	-

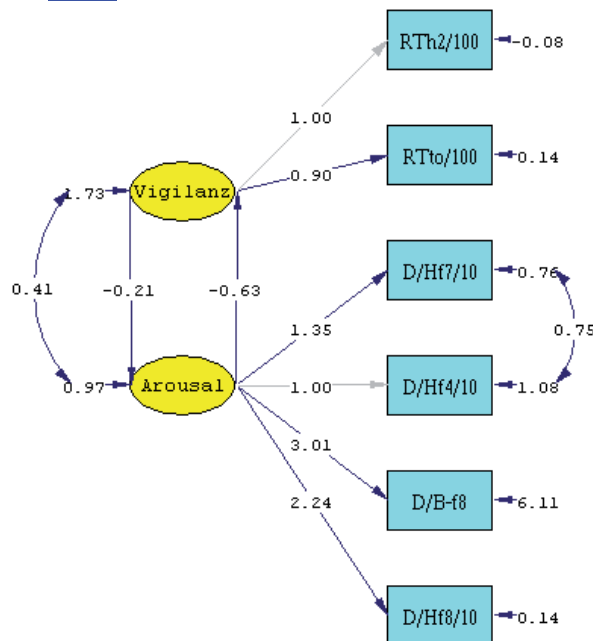
### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = **-0.32**  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = **0.82**

Die Analyse der standardisierten Residuen zeigt, dass das Modell mit der Annahme, dass die physiologische Ebene die psychologische doppelt so stark beeinflusst wie in der Gegenrichtung, deutlich besser an die Daten angepasst ist: NV (Wechselwirkung mit doppelt großem physiologischen Einfluss versus Materialismusmodell) = (-0,32 -[-1,48]) + (1,38-0,82) = 1,72 !!!.

d)  $\beta_{21} = \beta_{12} * 0,33$

nicht-standardisierte Lösung [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#):



Chi-Square=5.19, df=6, P-value=0.51953, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 32: Wechselwirkungsmodell der physiologischen mit der neuropsychologischen Ebene mit dreimal größerem Einfluss der physiologischen Ebene**



## Teil II: empirischer Teil

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>130</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

weitere Globalkriterien:      Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
   Standardized RMR = 0.017  
   Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
   Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Detailkriterien:                      Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
RTh2/100	- -					
RTto/100	- -	0.00				
D/Hf7/10	0.43	0.16	- -			
D/Hf4/10	-0.15	-0.27	- -	- -		
D/B-f8	- -	- -	- -	- -	- -	
D/Hf8/10	0.89	0.02	-1.52	3.20	- -	- -

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.52  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = **3.20**

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.397

Dies Modell ist nun, ersichtlich an den standardisierten Residuen, deutlich fehlangepasst bei ausreichender Stabilität.

### e) $\beta_{21} = 0,25\beta_{12}$

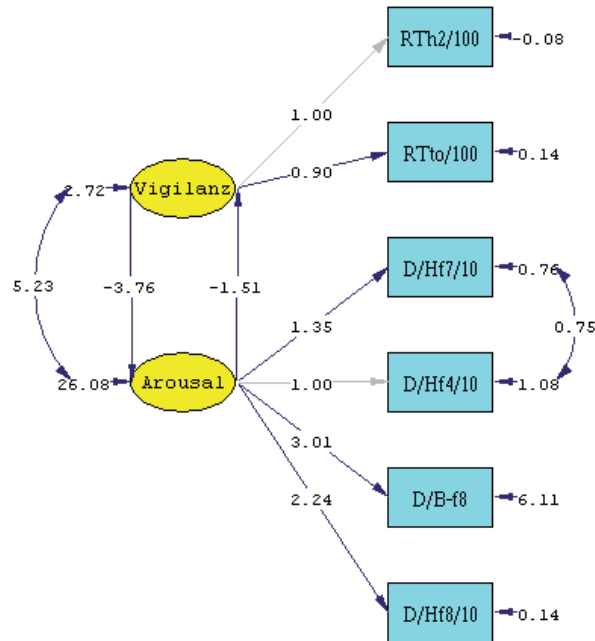
The Model does not converge.

Mit dem Modell  $\beta_{21}=\beta_{12}*0,33$  scheint der Umschlagspunkt der iterativen Analyse erreicht zu sein. Um den Befund, dass das Wechselwirkungsmodell mit 2,5fach so großem Einfluss der physiologischen Ebene das bestangepasste Modell ist, zusätzlich absichern zu können, ist jetzt noch eine **Umkehranalyse** durchzuführen:

### f) Umkehranalyse:

**$0,4\beta_{21}=\beta_{12}$**  [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK], nicht standardisiert :

<sup>130</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes



Chi-Square=1.72, df=6, P-value=0.94373, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 33: Wechselwirkungsmodell (Umkehranalyse): 2,5facher Einfluss der neuropsychologischen auf die physiologische Ebene**

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>131</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

Weitere Globalkriterien: Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
 Standardized RMR = 0.017  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Detailkriterien: Standardized Residuals

	RTh2/100	RTto/100	D/Hf7/10	D/Hf4/10	D/B-f8	D/Hf8/10
RTh2/100	-	-	-	-	-	-
RTto/100	0.00	0.00	-	-	-	-
D/Hf7/10	0.42	0.21	-	-	-	-
D/Hf4/10	-0.14	-0.29	-	-	-	-
D/B-f8	-	-	-	-	-	-
D/Hf8/10	0.75	-	-	-	-	-

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.29  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.75

**Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 14.160**

<sup>131</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

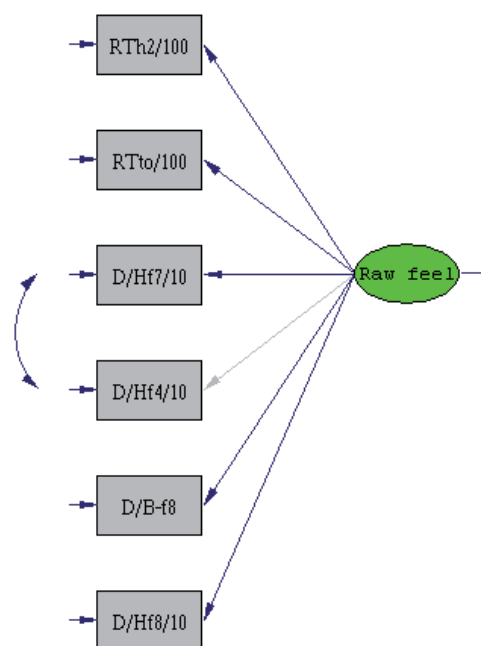
## Teil II: empirischer Teil

Das auf den ersten Blick besser angepasste Modell erweist sich bei genauerem Hinschauen als vollkommen fehlangepasst, ersichtlich am viel zu hohen Stabilitätsindex.

Somit zeigt sich, dass die Annahme, dass die neuropsychologische Ebene die physiologische stärker beeinflusst als vice versa als nicht zu den Daten passend.

Die bisherigen Ergebnisse der iterativen Analyse sprechen demnach für eine Wechselwirkung, bei der der Effekt der physiologischen auf die neuropsychologische Ebene 2,5mal so groß ist wie umgekehrt. Diese Schlussfolgerung wäre allein auf der Basis der iterativen und Umkehranalyse unsicher. Da aber die globale Analyse mittels GAI für das Vorliegen einer Wechselwirkung spricht, kann die obige Aussage als recht sicher gelten.

**F) Nun ist noch die Identitätstheorie als Einfaktorenlösung zu überprüfen** [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#):



**Abb.2b. 34: konzeptuelles Diagramm der Identitätstheorie als Einfaktorenlösung (physiologische und neuropsychologische Ebene)**

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>132</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

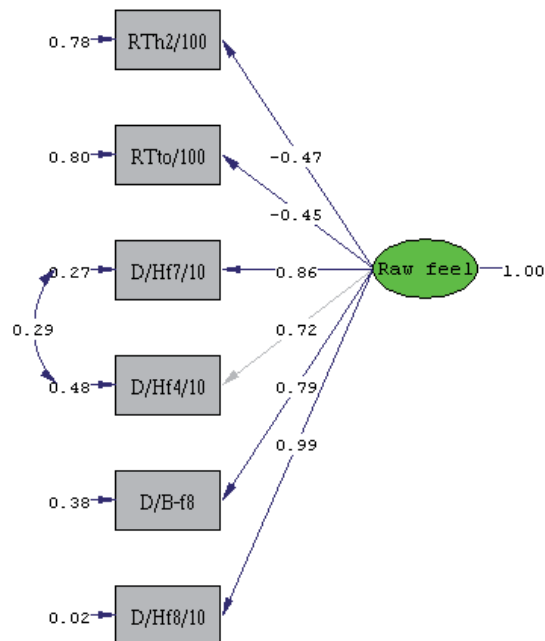
*manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene:* RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variablen:* Raw feel= gemeinsame Referenz der physiologischen und psychologischen Ebene

Die Überprüfung anhand des empirischen Datensatzes führte zu folgendem Ergebnis [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#):

<sup>132</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

## Teil II: empirischer Teil



Chi-Square=33.38, df=8, P-value=0.00005, RMSEA=0.331

### Abb.2b. 35: Identitätstheore als Einfaktorenlösung (physiologische und neuropsychologische Ebene)

beobachtete Variablen: D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>133</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene: RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der physiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= 'RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

latente Variablen: Raw feel= gemeinsamer Referent der physiologischen und psychologischen Ebene

Standard. Residuals: Min=-1.28; Max=+8.16; Median=0.16  
AGFI=0.98; SRMR=0.17

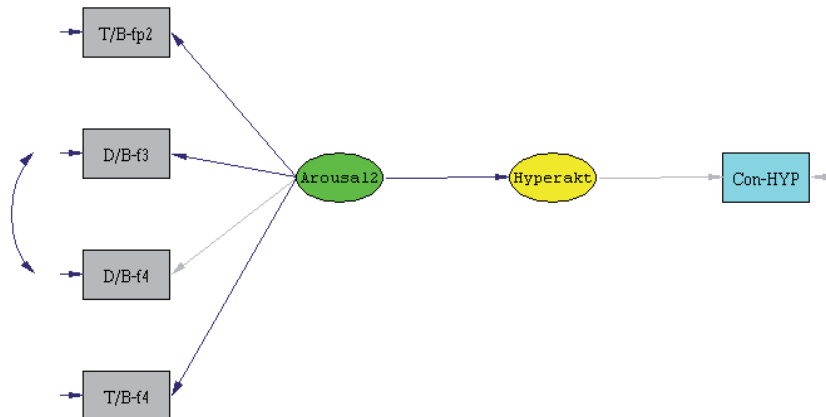
Die Einfaktorenlösung passt mit Abstand am schlechtesten zum Datensatz, was sich in allen Indices zeigt.

<sup>133</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legendes

Teil II: empirischer Teil

4.2.3.2. Analyse komplexer Modelle des Zusammenhangs zwischen physiologischer und psychologischer Ebene, operationalisiert durch Conners' Hyperaktivitätsskala

A) Materialismusmodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:

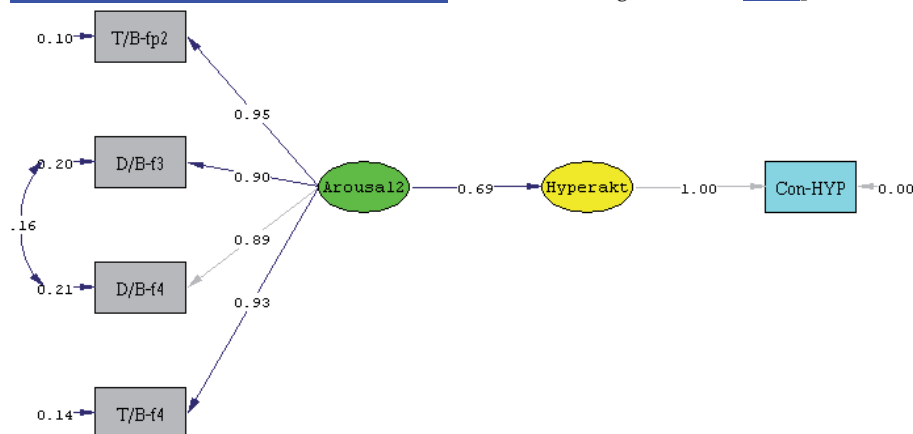


**Abb.2b. 36: Konzeptuelles Diagramm des Materialismusmodells (physiologische Ebene und psychologische Ebene als Hyperaktivität)**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>134</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts (sub) skala

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses materialistischen Identitätsmodells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=7.38, df=4, P-value=0.11715, RMSEA=0.171

**Abb.2b. 37: Materialismusmodell (physiologische und psychologische Ebene als Hyperaktivität)**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>135</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts (sub) skala

<sup>134</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

<sup>135</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

## Teil II: empirischer Teil

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083  
 Standardized RMR = 0.032  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

Die Globalkriterien sprechen für eine gute Anpassung an die Daten.

### *Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
	-----	-----	-----	-----	-----
Con-HYP	0.00				
T/B-fp2	1.22	0.00			
D/B-f3	0.54	-0.86	0.00		
D/B-f4	-0.16	-0.62	0.00	--	
T/B-f4	-1.50	0.47	0.23	0.70	0.00

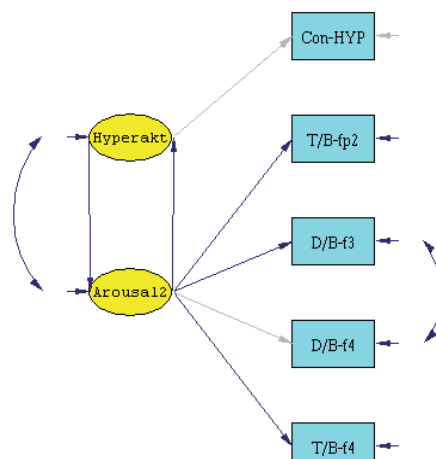
### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.50  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.22

Die standardisierten Residuen sind deutlich  $< |2|$ , d.h. auch von dieser Seite aus passt das Modell gut zu den Daten.

Das idealistische Identitätsmodell ist strukturell dem materialistischen *äquivalent*. Auf eine Testung (s.o. 4.3.2.1.) kann daher an dieser Stelle verzichtet werden.

B) Freies Wechselwirkungsmodell (ohne constraints) der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



**Abb.2b. 38: Konzeptuelles Diagramm des freien Wechselwirkungsmodells der physiologischen mit der psychologischen Ebene (Hyperaktivität)**

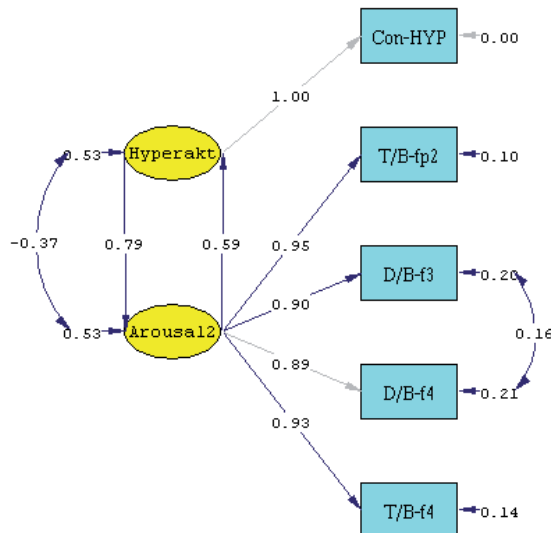
*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>136</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Connors' Hyperaktivitäts (sub) skala

<sup>136</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

## Teil II: empirischer Teil

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im [Abkürzungsverzeichnis #ABK](#)]):



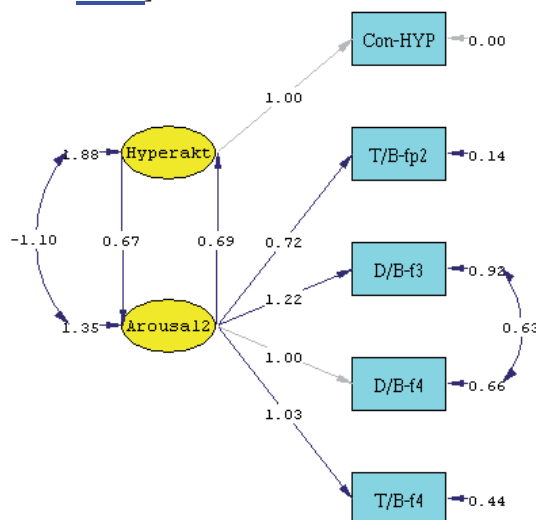
Chi-Square=1.30, df=2, P-value=0.52118, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 39: Freies Wechselwirkungsmodell der physiologischen mit der psychologischen Ebene als Hyperaktivität (komplett standardisiert)**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>137</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

nicht-standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im [Abkürzungsverzeichnis #ABK](#)]:



Chi-Square=1.30, df=2, P-value=0.52118, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 40: Freies Wechselwirkungsmodell der physiologischen mit der psychologischen Ebene als Hyperaktivität (nicht standardisiert)**

<sup>137</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>138</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit *Hyperaktivität* als psychologischem Faktor korrespondiert.

Chi<sup>2</sup> sinkt um 6,08 ab, während die df nur um 2 sinken: GAI=4,08. Dies ist nach Jöreskog & Sörbom (2001, S.29) ein deutlicher Hinweis auf eine verbesserte Modellanpassung, d.h., dass man bei kleinen Stichproben die absolute Höhe von Chiquadrat nicht interpretieren kann, wohl aber die zu den Freiheitsgraden relative Veränderung. Genau dies war ja auch das Ergebnis der eigenen Simulationsstudien.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083  
Standardized RMR = 0.032  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

*Detailkriterien:* Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Con-HYP	0.00				
T/B-fp2	1.25	0.00			
D/B-f3	0.57	-0.84	0.00		
D/B-f4	-0.17	-0.61	0.00	0.00	
T/B-f4	-1.53	0.48	0.25	0.70	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.53  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.25  
Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.481

Die standardisierten Residuen und die Globalanpassungsindices entsprechen weitgehend denen des Materialismusmodells; die Parameterschätzungen der vorliegenden Wechselwirkung sind stabil (Eigenvalue B\*B'<1).

Mit GAI=4,08 sprechen die Ergebnisse der globalen Analyse eindeutig für das Wechselwirkungsmodell.

Als weitere Prüfung des Vorliegens einer Wechselwirkung und zur Abschätzung der Höhe der Wechselwirkung (unter Vorbehalt, s.o. die Ergebnisse der Simulationsstudien) wird nun die **iterative Analyse** durchgeführt.

### C) Iterative Analyse des Wechselwirkungsmodells der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität (psychologische Ebene)

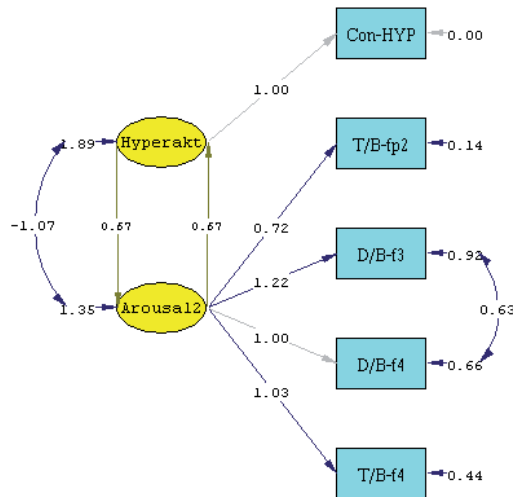
a)  $\beta_{12}=\beta_{21}$

<sup>138</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.



Teil II: empirischer Teil

nicht-standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=5.33, df=3, P-value=0.14947, RMSEA=0.163

**Abb.2b. 41: Gleichgewichtung des Wechselwirkungsmodells der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität (psychologische Ebene), nicht standardisiert**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>139</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Connors' Hyperaktivitäts(sub) skala

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Chiquadrat nimmt mehr zu als die Freiheitsgrade, was auf eine schlechtere Modellanpassung als das freie Wechselwirkungsmodell hindeutet. Allerdings sind die Beta-Koeffizienten auch im freien Wechselwirkungsmodell (s.o) gleich groß und in der gleichen Höhe wie im festgelegten Modell.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083  
 Standardized RMR = 0.032  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

*Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Con-HYP	0.00				
T/B-fp2	1.26	0.00			
D/B-f3	0.57	-0.86	0.00		
D/B-f4	-0.17	-0.62	-	0.00	
T/B-f4	-1.54	0.48	0.25	0.72	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.54  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.26

<sup>139</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

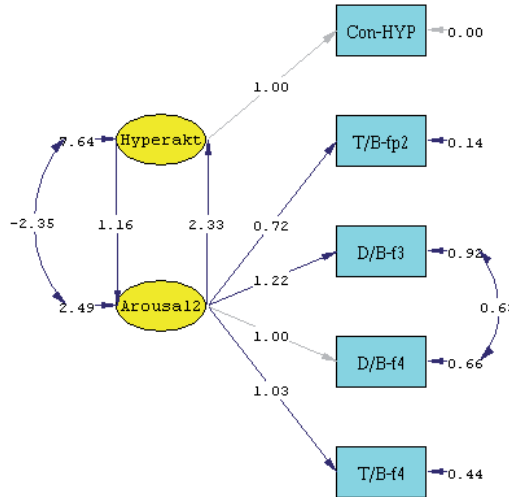
Teil II: empirischer Teil

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.451

Die weiteren Globalkriterien sowie die Detailkriterien entsprechen in etwa denen des Identitäts- und des freien Wechselwirkungsmodells. Darüber hinaus sind die Schätzungen stabil (Eigenvalue B\*B' < 1).

b)  $\beta_{21} = 0.5 * \beta_{12}$

(nicht standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK])



Chi-Square=4.53, df=3, P-value=0.20979, RMSEA=0.133

**Abb.2b. 42: Wechselwirkungsmodell der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität mit doppeltem so großem Einfluss der physiologischen Ebene (nicht standardisiert)**

Manifeste Variablen: T/B-fp2= Theta/Beta<sup>140</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala

Latente Variablen: Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere Globalkriterien: Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083

Standardized RMR = 0.032

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

Detailkriterien: Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Con-HYP	0.00				
T/B-fp2	1.45	- -			
D/B-f3	0.92	-0.86	- -		
D/B-f4	-0.16	-0.58	- -	0.00	
T/B-f4	-3.53	0.53	0.27	0.61	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -3.53

Median Standardized Residual = 0.00

Largest Standardized Residual = 1.45

<sup>140</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

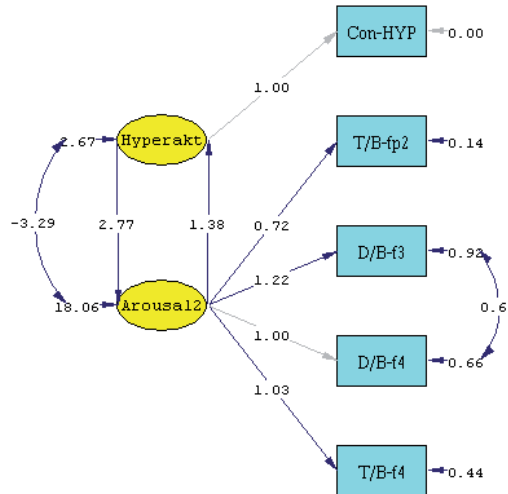
Teil II: empirischer Teil

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 5.406

Die standardisierten Residuen (zum Teil >3!!!) sowie die fehlende Stabilität (Eigenvalue B\*B' >1) weisen auf eine deutliche Fehlanpassung des Modells hin bzw. zeigt die fehlende Stabilität, dass das vorliegende Modell nicht sicher interpretiert werden kann. Die bisherigen Befunde deuten darauf hin, dass die psychologische Ebene die physiologische Ebene stärker zu beeinflussen scheint. Um diesen Verdacht zu prüfen, steht nun die **gegenläufige iterative Analyse** an:

c)  $\beta_{12} = 0,5 * \beta_{21}$

nicht-standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=7.37, df=3, P-value=0.06104, RMSEA=0.224

**Abb.2b. 43: Wechselwirkungsmodell der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität mit doppelt so großem Einfluss der Hyperaktivität**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>141</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala;

*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083  
 Standardized RMR = 0.032  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

*Detailkriterien:* Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Con-HYP	0.00				
T/B-fp2	1.38	- -			
D/B-f3	- -	-3.20	- -		
D/B-f4	-0.24	-0.86	- -	- -	
T/B-f4	-2.73	0.98	- -	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -3.20

<sup>141</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

Teil II: empirischer Teil

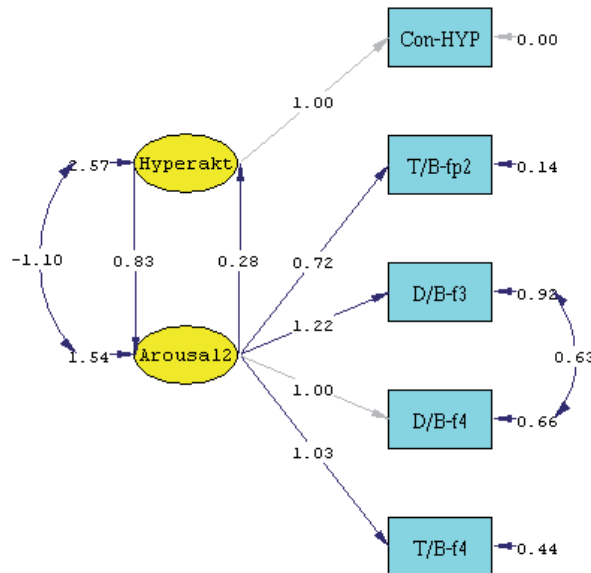
Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.38

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 7.667

Die Höhe der Residuen (zum Teil <3) und die Instabilität der Schätzungen zeigen, daß das Modell nicht zu den Daten passt bzw. bei der Interpretation Vorsicht geboten ist.

d)  $\beta_{12}=0.33*\beta_{21}$

nicht-standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=7.34, df=3, P-value=0.06173, RMSEA=0.223

**Abb.2b. 44: Wechselwirkungsmodell der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität mit dreifach so großem Einfluss der Hyperaktivität**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>142</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala;  
*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.083  
 Standardized RMR = 0.032  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

*Detailkriterien:* Standardized Residuals

	Con-HYP	T/B-fp2	D/B-f3	D/B-f4	T/B-f4
Con-HYP	-				
T/B-fp2	1.31	0.00			
D/B-f3	0.74	-0.92	0.00		
D/B-f4	-0.15	-0.57	0.00	0.00	
T/B-f4	-1.86	0.51	0.38	0.57	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.86

<sup>142</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

## Teil II: empirischer Teil

Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.31

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.696

### e) $0.33 * \beta_{12} = \beta_{21}$

Das Modell konvergiert nicht, ist also nicht schätzbar.

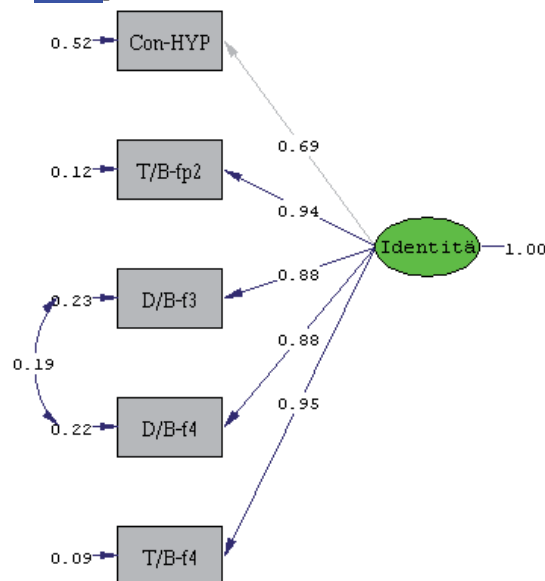
Während die Globalkriterien weiterhin keinen Unterschied aufzeigen, ist die bessere Anpassung des Modells d) anhand der Detailkriterien (stand. Residuen  $< |2|$  und Eigenvalue of B\*B'  $< 1$ ) deutlich. Da allerdings auch dies Modell deutlich schlechter ist als das Gleichgewichtsmodell, ist somit schon der Umschlagspunkt der iterativen Analyse erreicht. D.h., dass die Ergebnisse für eine **Gleichgewichtung der Wechselwirkung** ( $\beta_{12} = \beta_{21}$ ) sprechen, was auch bedeutet, dass das Wechselwirkungsmodell besser zu den Daten passt als das Materialismusmodell.

Dass die neuropsychologische Ebene (TOVA) stärker von der elektrophysiologischen Ebene beeinflusst wird als die psychologische Ebene (Hyperaktivität) entspricht auch den theoretischen Erwartungen; so wurde der TOVA (=Indikator für die neuropsychologische Ebene) konstruiert, um die Effekte von Methylphenidat abschätzen und die Dosis optimieren zu können. Zum anderen muss der Proband bei CPT-Tests automatisiert reagieren im Millisekundenbereich, was ähnlich der Leistung z.B. eines Tennisspielers ist, der auch spontan automatisiert reagieren muss, ohne die Reaktionen bewusst zu planen (vgl. dazu B.Libet 2004). Dass die neuropsychologische Ebene aber dennoch, wenn auch nur 0,4fach so stark, auf die elektrophysiologische Ebene zurückwirkt, ist nur so lange erstaunlich, wie man nicht bedenkt, dass auch z.B. die sportliche Leistung eines Tennisspielers von seiner Motivation und damit seiner aktuellen Haltung abhängt. Und diese lässt sich bewusst beeinflussen (s. dazu auch Gesa Lindemann: Beobachtung der Hirnforschung, 2005).

Was jetzt noch ansteht, ist die **Identitätsannahme als Einfaktorenmodell** zu testen:

### D) Identität von Hyperaktivität und hirnhysiologischer Ebene als Einfaktorenmodell:

Komplett stand. Lösung [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK\]](#):



Chi-Square=8.37, df=4, P-value=0.07886, RMSEA=0.194

**Abb.2b. 45: Identitätsmodell als Einfaktorenlösung (hirnhysiologische Ebene mit Hyperaktivität)**

## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>143</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala;

*Latente Variablen:* Identitä=gemeinsame Referenz der physiologischen und psychologischen Ebene.

Weitere Globalkriterien und standardisierte Residuen:

AGFI=1.00; SRMR=0.032; stand. Residuen: Min.=-0.95;

Max.=0.66

GAI (Einfaktorenmodell vs. freie Wechselwirkung)=8.37-1.30 - (4-2)=+5,07 (GAI>0!);

GAI (Einfaktormodell vs. Materialismusmodell)=8,37-7,38 - (4-4)=0.99 (GAI>0!)

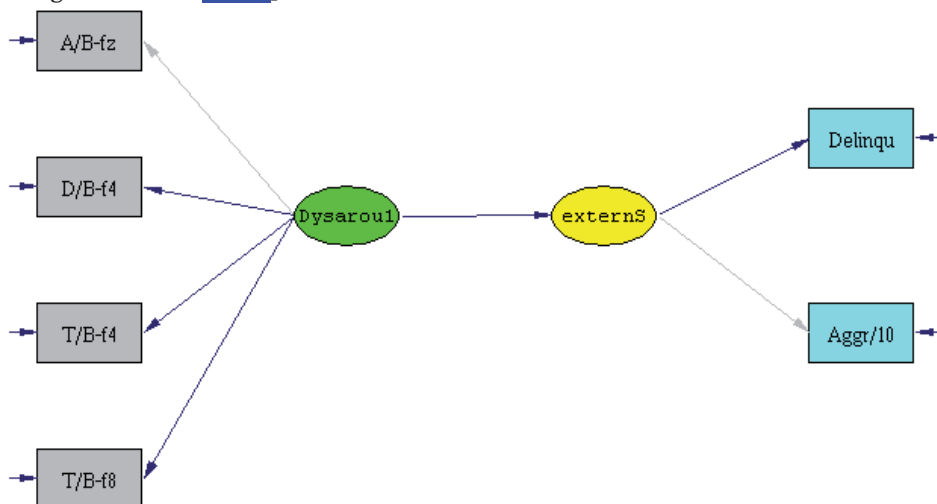
Der Anpassungsindex der globalen Modellanalyse ist in beiden Fällen >0, d.h., dass das freie Wechselwirkungsmodell und das Materialismusmodell besser zu den Daten passen als das Einfaktormodell. Die Höhe des GAI zeigt die beste Passung des freien Wechselwirkungsmodells an.

### 4.2.3.3. Komplexe Strukturgleichungsmodelle der elektrophysiologischen mit der Ebene der reaktiven Verarbeitung

Aufgrund der Stichprobengröße ist es nicht möglich, ein Modell mit vier latenten Variablen zu testen, da dann die Zahl der zu schätzenden Parameter in die Nähe der Stichprobengröße kommt. Deswegen sind für die Testung des Zusammenhangs der Physiologie mit der reaktiven Verarbeitung zwei Strukturmodelle, eins für internalisierende und eins für externalisierende Störung zu modellieren.

4.2.3.3.1. Komplexe Strukturgleichungsmodelle für physiologische Ebene (Dysarousal1) und reaktive Verarbeitung als externalisierende Störung

A) Materialismusmodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :



**Abb.2b. 46: Konzeptuelles Diagramm des Materialismusmodells (physiologische Ebene Dysarous1 mit psychologischer Ebene externS)**

<sup>143</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.

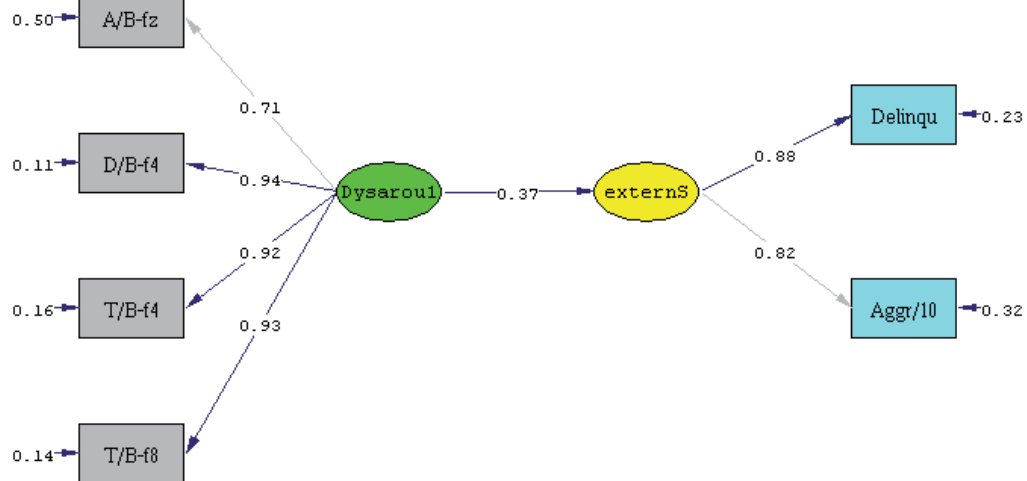
## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Im Gegensatz zur Testung der einzelnen Messmodelle können jetzt alle Fehler der manifesten Variablen frei geschätzt werden, da die Freiheitsgrade groß genug sind.

Die Berechnung dieses Modells führte zu folgenden Ergebnissen (komplett standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im [Abkürzungsverzeichnis #ABK](#)]):



Chi-Square=7.28, df=8, P-value=0.50693, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 47: Materialismusmodell der physiologischen Ebene mit externalisierender Störung

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.10

Standardized RMR = 0.045

Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

*Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	0.00	0.00				
A/B-fz	0.26	0.29	- -			
D/B-f4	2.60	-0.05	-0.73	0.00		
T/B-f4	-1.47	-0.03	0.40	-0.89	- -	
T/B-f8	-1.10	-0.03	0.17	-1.04	2.20	0.00

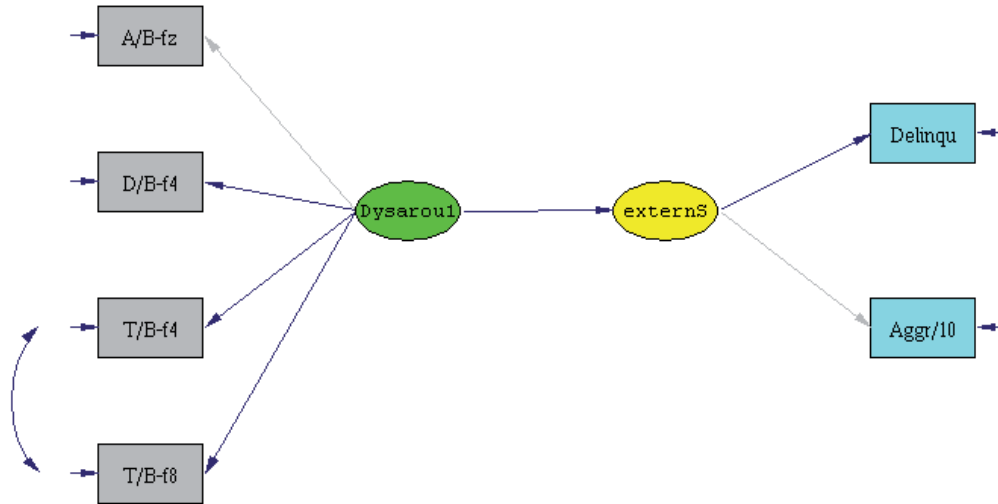
Teil II: empirischer Teil

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.47  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 2.60

Während die Globalkriterien auf eine gute Anpassung hindeuten, zeigt die Analyse der Residuen, dass das Modell noch verbesserungsbedürftig ist.

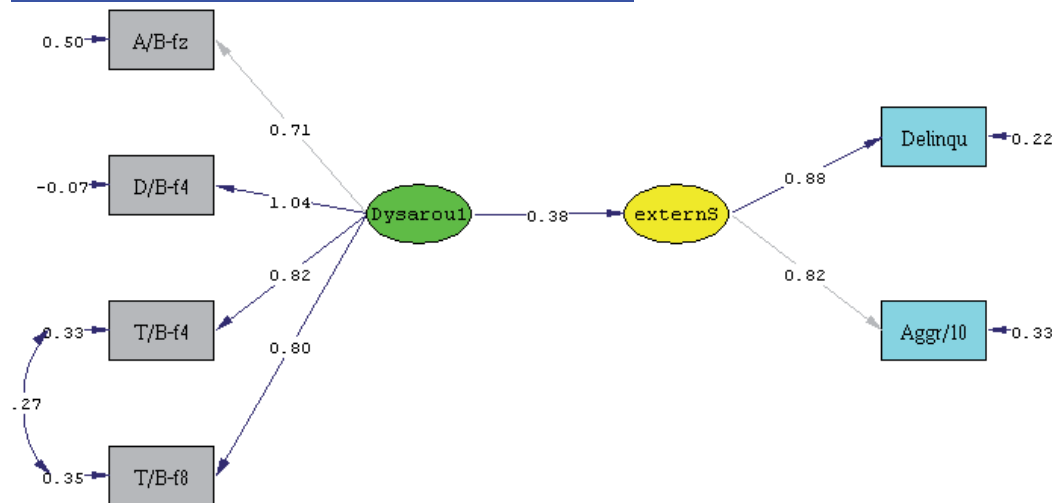
Im Folgenden soll das **Modell getestet werden, in dem die Korrelation der Residuen von T/B-f4 und T/B-f8 freigegeben wird** [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



**Abb.2b. 48: konzeptuelles Diagramm des Materialismusmodells der physiologischen Ebene mit externalisierender Störung mit zum Teil korrelierten Fehlern**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysarou1= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses Modells führte zu folgender komplett standardisierter Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=6.01, df=7, P-value=0.53885, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 49: Materialismusmodell der physiologischen Ebene mit externalisierender Störung (mit zum Teil korrelierten Fehlern)**



## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
Standardized RMR = 0.057  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00

### *Detailkriterien:*

### Standardized Residuals

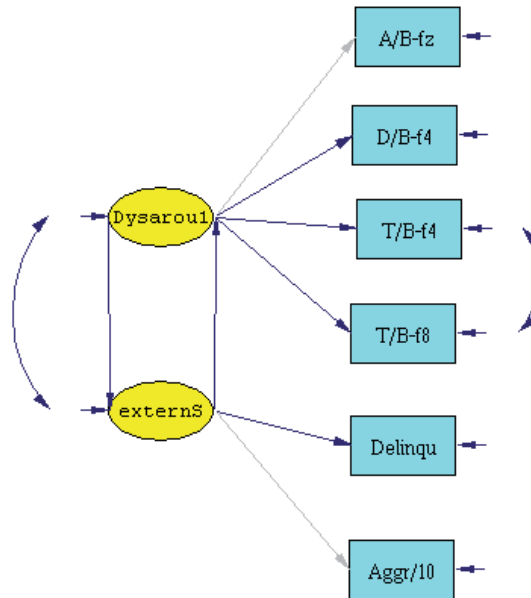
	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
T/B-f8						
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.17	0.28	- -			
D/B-f4	1.88	-0.37	-1.42	0.00		
T/B-f4	-0.77	0.17	0.95	0.11	0.00	
T/B-f8	-0.43	0.15	0.63	0.01	0.00	0.00

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.42  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.88

Während die Globalkriterien sowieso schon gut waren und nun im Wesentlichen gleich geblieben sind, sind die standardisierten Residuen nun  $< |2|$ , so dass nun von einer ausreichenden Passung zu den Daten ausgegangen werden kann.

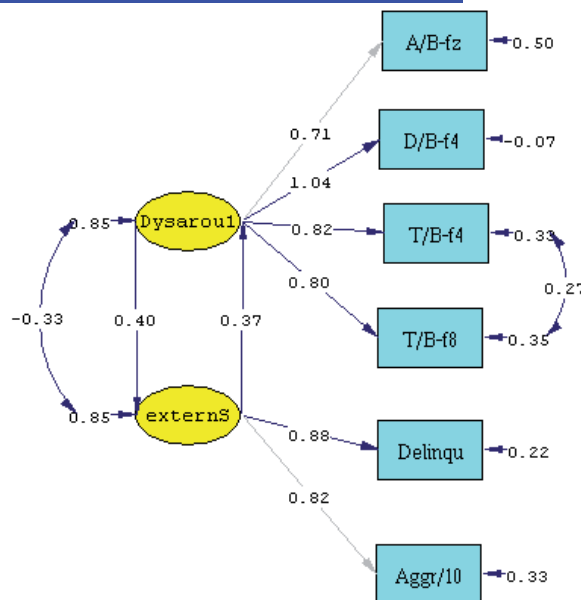
- A) Wechselwirkungsmodell ohne constraints der Beta-Koeffizienten (bei ansonsten völlig identischem Messmodell mit dem des Identitätsmodells [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



**Abb.2b. 50: Konzeptuelles Diagramm des freien Wechselwirkungsmodells (physiologische Ebene mit externalisierender Störung)**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala Delinquentes Verhalten der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala Aggressives Verhalten der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysarou1= physiologischer Faktor, der mit externalisierender Störung (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Die Berechnung dieses Modells führte zu folgender komplett standardisierten Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=3.40, df=5, P-value=0.63820, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 51: Freies Wechselwirkungsmodell der physiologischen Ebene mit externalisierender Störung**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala

## Teil II: empirischer Teil

*Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere *Globalkriterien:* Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
Standardized RMR = 0.057  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

### *Detailkriterien:*

	Standardized Residuals					
	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Delinqu	0.00					
Aggr/10	0.00	0.00				
A/B-fz	0.17	0.28	0.00			
D/B-f4	1.90	-0.37	-1.43	0.00		
T/B-f4	-0.79	0.17	0.94	0.10	0.00	
T/B-f8	-0.43	0.15	0.63	0.01	0.00	0.00

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.43  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.90

Largest Eigenvalue of  $B \cdot B'$  (Stability Index) is 0.227

Während die Freiheitsgrade um 2 abnehmen, nimmt der Chiquadrat-Wert um 2,61 ab (GAI=+0,61) bei ansonsten nahezu identischen Globalkriterien und standardisierten Residuen. Die globale Analyse spricht demnach eindeutig für das Vorliegen des Wechselwirkungsmodells unter Berücksichtigung des Sparsamkeitsprinzips.

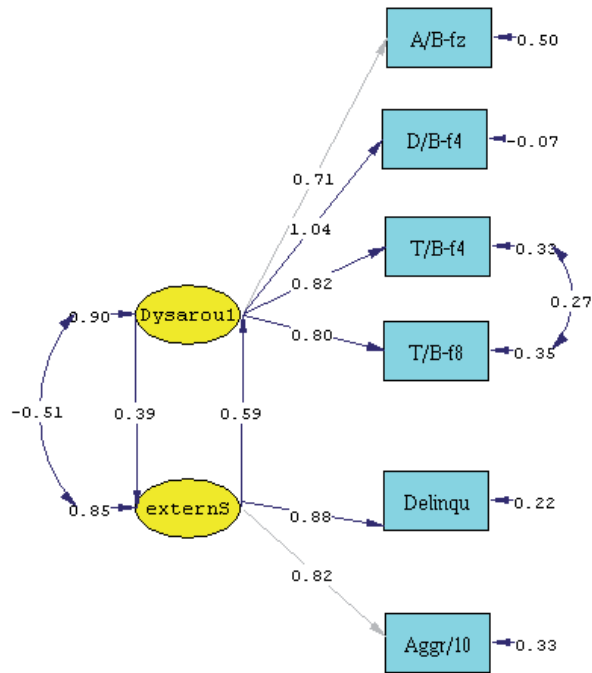
C) Um die Größe der Wechselwirkung abschätzen zu können, wird nun noch eine **iterative Analyse** durchgeführt

a) Beta12=Beta21

Das Modell konvergiert nicht, ist also nicht schätzbar.

Teil II: empirischer Teil

b)  $\beta_{12} = 1.1 * \beta_{21}$  (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=4.52, df=6, P-value=0.60701, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 52: Wechselwirkungsmodell (physiologische Ebene mit externalisierender Störung) mit etwas größerem Einfluss der externalisierenden Störung**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Weitere Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.066  
 Standardized RMR = 0.057  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.99

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	- -				
A/B-fz	- -	0.32	- -			
D/B-f4	- -	- -	- -	- -		
T/B-f4	- -	- -	2.40	- -	- -	
T/B-f8	- -	- -	0.78	- -	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

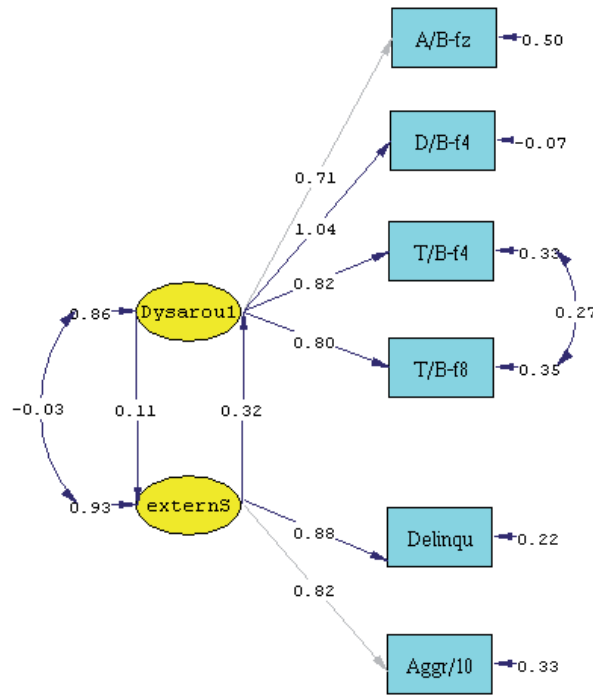
Smallest Standardized Residual = 0.00

Teil II: empirischer Teil

Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 2.40

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.253

c)  $0.5 * \text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21}$  (der Einfluss physiologischen Ebene ist halb so groß wie der Einfluss der psychologischen; komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=6.00, df=6, P-value=0.42328, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 53: Wechselwirkung (physiologische Ebene mit externalisierender Störung) mit doppelt so großem Einfluss der psychologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala Delinquentes Verhalten der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala Aggressives Verhalten der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit externalisierender Störung (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.18	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.29	-1.29	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.88	- -	- -	
T/B-f8	- -	0.14	0.61	- -	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.29

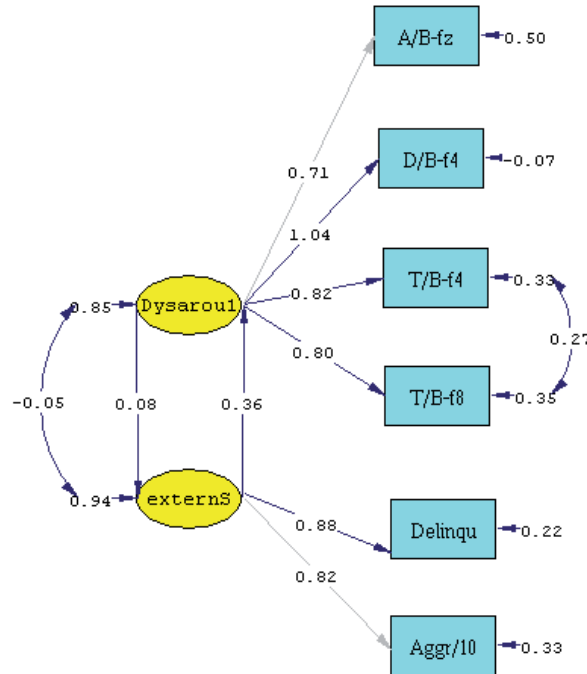
Teil II: empirischer Teil

Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.88

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.072

Die standardisierten Residuen weisen auf eine bessere Anpassung des Modells hin als das fast gleich gewichtete (NV=0,23) oder das freie Wechselwirkungsmodell.

d)  $0.33 * \beta_{12} = \beta_{21}$  (komplett standardisierte Lösung [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=6.00, df=6, P-value=0.42287, RMSEA=0.004

**Abb.2b. 54: Wechselwirkung (physiologische Ebene mit external. Störung) mit dreifach so großem Einfluss der psychologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

	Standardized Residuals					
	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.17	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.30	-1.29	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.89	- -	- -	
T/B-f8	- -	0.14	0.61	- -	- -	0.00

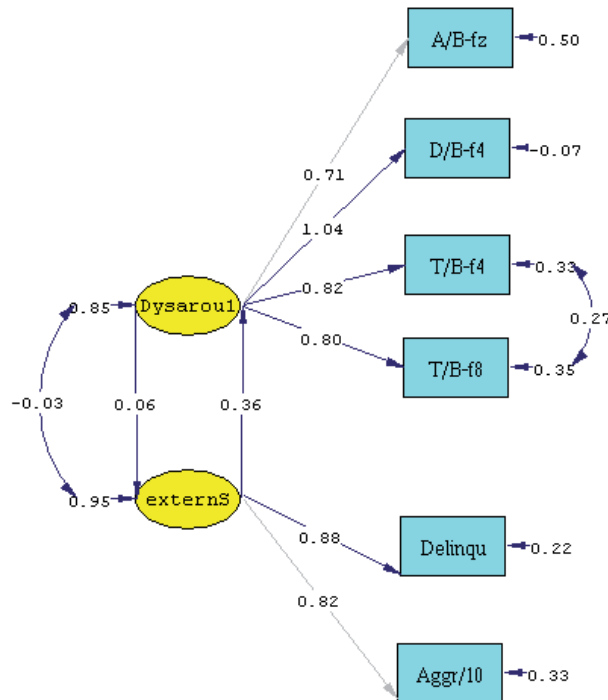
Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.29  
 Median Standardized Residual = 0.00

Teil II: empirischer Teil

Largest Standardized Residual = 0.89  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.093

e)  $0.25 * \beta_{12} = \beta_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=5.16, df=6, P-value=0.52343, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 55: Wechselwirkung (physiologische Ebene mit external. Störung) mit vierfach so großem Einfluss der psychologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysarou1= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

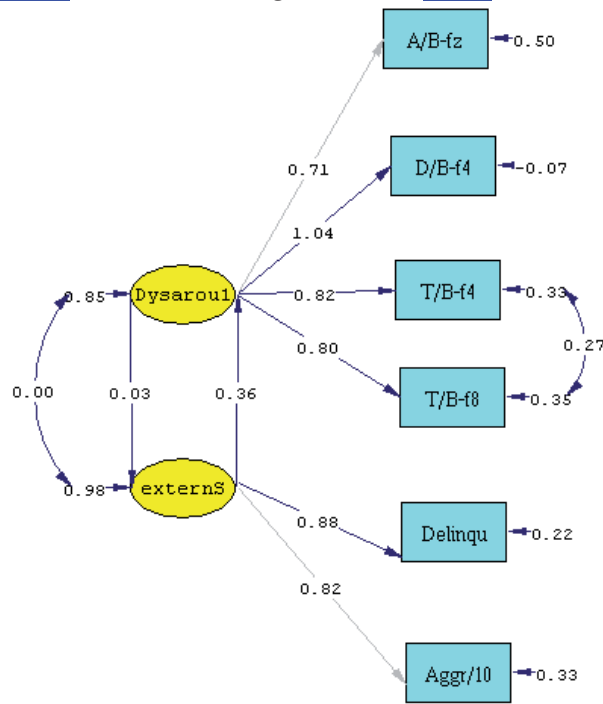
	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	- -				
A/B-fz	0.17	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.30	-1.32	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.89	- -	- -	
T/B-f8	-0.67	0.14	0.61	0.02	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.32  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.89  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.094

Teil II: empirischer Teil

f)  $0.1 * \text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=6.00, df=6, P-value=0.42361, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 56: Wechselwirkung (physiologische Ebene mit external. Störung) mit 10fach so großem Einfluss der psychologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	-	-				
Aggr/10	0.00	0.00				
A/B-fz	0.17	0.28	0.00			
D/B-f4	-	-0.33	-1.38	0.00		
T/B-f4	-0.99	0.16	0.92	0.14	0.00	
T/B-f8	-0.46	0.14	0.62	0.01	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.38  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.92

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.093

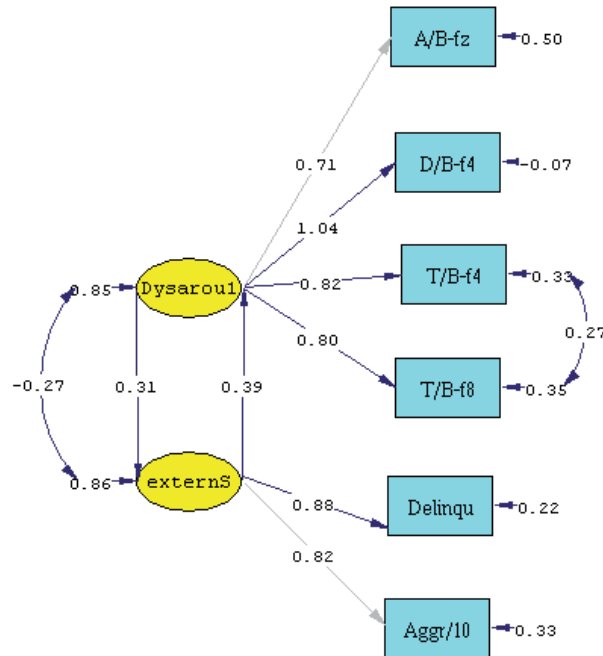


Teil II: empirischer Teil

Nun beträgt der Nettoveränderungsindex zum vorigen Modell  $NV=0.09$  und zum fast gleichgewichteten Modell  $NV=0.19$ . Die Betrachtung der iterativen Modelle lässt erkennen, dass die Modellanpassung ab doppeltem bzw dreifachem Einfluss der psychologischen auf die physiologische Variable immer ein Stück schlechter wurde. Um zusätzliche Anhaltspunkte für die mögliche Richtung des Zusammenhangs zu bekommen, steht nun die Umkehranalyse an:

**Umkehranalyse:**

g)  $1.1 * \beta_{12} = \beta_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=5.78, df=6, P-value=0.44803, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 57: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit minimal größerem Einfluss der physiologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	- -				
A/B-fz	0.32	0.28	- -			
D/B-f4	- -	-1.65	-1.34	- -		
T/B-f4	- -	0.22	0.90	- -	- -	
T/B-f8	- -	0.16	0.61	- -	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.65

Teil II: empirischer Teil

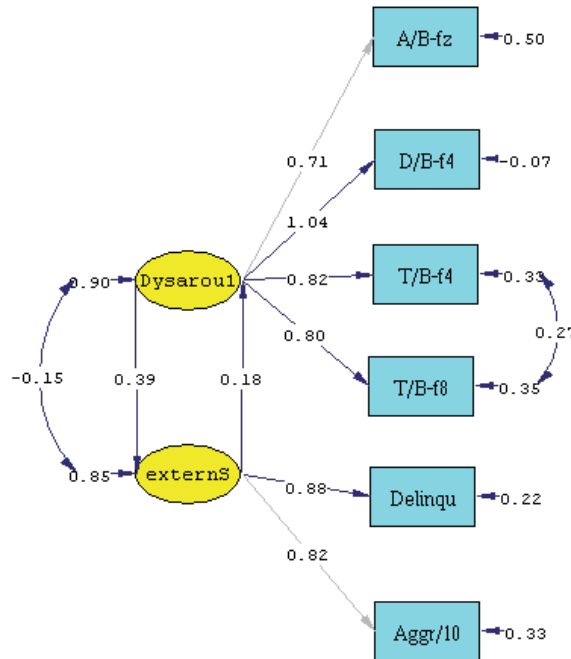
Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.90

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.131

h)  $\text{Beta}_{12} = 0.5 * \text{Beta}_{21}$

Das Modell konvergiert nicht.

i)  $\text{Beta}_{12} = 0.33 * \text{Beta}_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=5.99, df=6, P-value=0.42396, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 58: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit dreifachem Einfluss der physiologischen auf die psychologische Ebene (externalisierende Störung), komplett standardisiert.**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.20	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.29	-1.32	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.89	- -	- -	
T/B-f8	- -	0.14	0.61	- -	- -	- -

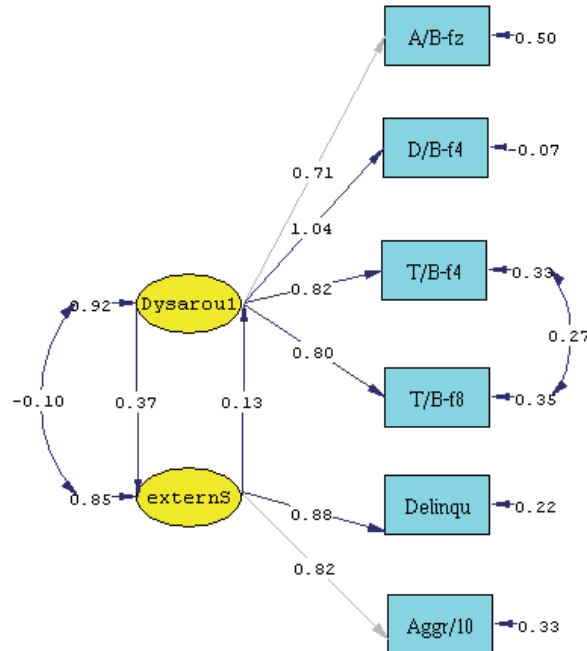
Teil II: empirischer Teil

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.32  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.89

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.208

**j)  $\beta_{12}=0.25*\beta_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :**



Chi-Square=5.80, df=6, P-value=0.44624, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 59: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit vierfachem Einfluss der physiologischen auf externalisierende Störung, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala Delinquentes Verhalten der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala Aggressives Verhalten der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit externalisierender Störung (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.18	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.28	-1.28	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.87	- -	- -	
T/B-f8	- -	0.14	0.60	- -	- -	- -

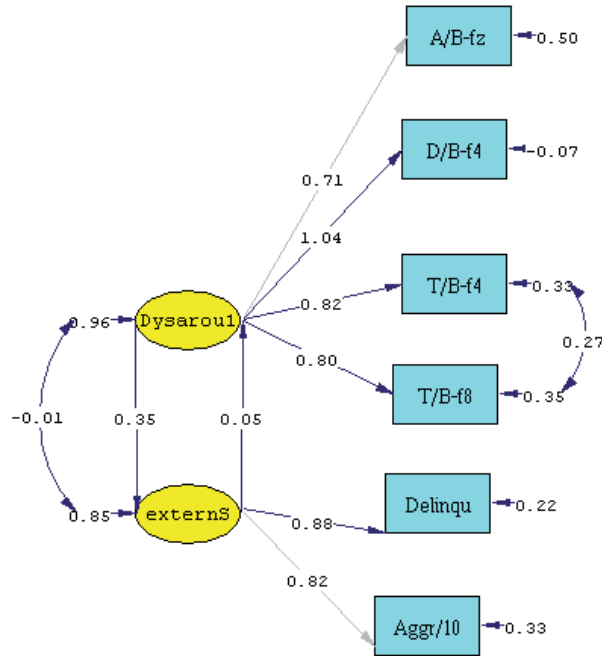
Summary Statistics for Standardized Residuals

Teil II: empirischer Teil

Smallest Standardized Residual = -1.28  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.87

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.193

k)  $\beta_{12} = 0.1 * \beta_{21}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) :



Chi-Square=5.89, df=6, P-value=0.43557, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 60: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit 10fachen Einfluss der physiologischen Ebene auf externalisierende Störung, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala Delinquentes Verhalten der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala Aggressives Verhalten der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variablen:* Dysaroul= physiologischer Faktor, der mit externalisierender Störung (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	- -	0.00				
A/B-fz	0.17	0.28	0.00			
D/B-f4	- -	-0.30	-1.35	- -		
T/B-f4	- -	0.15	0.91	- -	- -	
T/B-f8	-0.64	0.14	0.62	0.02	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.35

## Teil II: empirischer Teil

Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 0.91

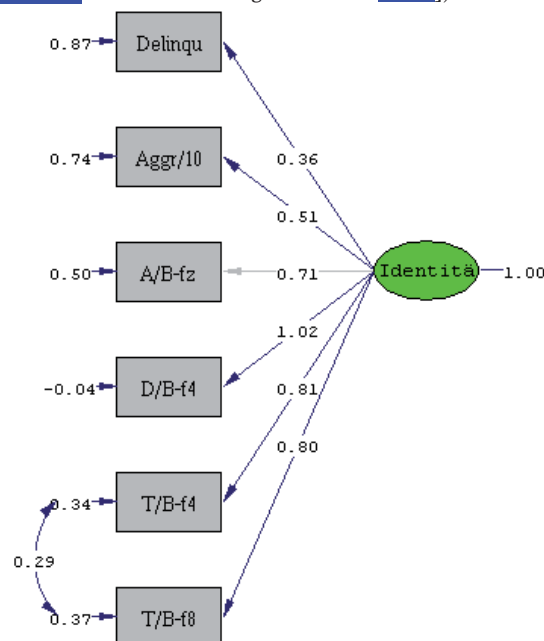
Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.176

Zusammenfassend muss festgehalten werden:

Das Modell  $Beta12=0.33Beta21$  (dreifacher Einfluss der physiologischen Ebene) passt besser als das nahezu Gleichgewichtsmodell  $1.1*Beta12=Beta21$  (NV=0.34). Von Modell  $Beta12=0.25*Beta21$  zu Modell  $Beta12=0.1*Beta21$  tritt dann eine Verschlechterung ein (NV=-0.11), so dass es auch bei der Umkehranalyse einen Umschlagspunkt zu geben scheint. Die iterative Analyse führte auch zu einem Umschlagspunkt, so dass hier nun aber nahe gelegt wurde, dass der psychologische Faktor zwei bis dreimal so groß ist wie der physiologische. Beide Analyserichtungen decken sich also mit der Annahme der Wechselwirkung, da Umschlagspunkte gefunden werden konnten. Jedoch ist die Richtung der Zusammenhänge (Gewichtung) unklar. Auch im Quervergleich (z.B.  $0.33*Beta12=Beta21$  verglichen mit  $Beta12=0.33*Beta21$ ) unterscheiden sich die Modelle bis auf kleine Abweichungen (NV<0.1) nicht. Daraus folgt, dass über die Gewichtung der Wechselwirkung keine näheren Aussagen gemacht werden können, so dass versuchsweise noch am ehesten von einer Gleichgewichtung ausgegangen werden sollte.

Diesen Abschnitt abschließend steht nun noch die Prüfung der Identitätstheorie als Einfaktorenmodell an:

### D) Identität von Externalisierender Störung und hirnpfysiologischem Prozess als Einfaktormodell (komplett standardisierte Lösung [\[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=18.27, df=8, P-value=0.01930, RMSEA=0.210

Abb.2b. 61: Identitätsmodell von physiologischer Ebene mit externalisierender Störung, komplett standardisiert

## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;

*Latente Variable:* Identitä= gemeinsame Referenz der physiologischen und psychologischen Ebene.

*Weitere Globalkriterien:*

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.23

**Standardized RMR = 0.14 (>0.1)!**

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.95

*Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	Delinqu	Aggr/10	A/B-fz	D/B-f4	T/B-f4	T/B-f8
Delinqu	- -					
Aggr/10	5.60	- -				
A/B-fz	0.00	-0.08	- -			
D/B-f4	0.20	-2.23	-1.31	- -		
T/B-f4	-1.40	-1.11	0.98	1.63	0.00	
T/B-f8	-0.80	-0.68	0.66	0.70	- -	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals:

Smallest Standardized Residual = **-2.23**

Median Standardized Residual = 0.00

Largest Standardized Residual = **5.60**

SRMR>0.1 und stand. Residuen > |2|; dies deutet auf eine krasse Fehlanpassung des Modells hin, welche durch die GAI-Analyse noch bestätigt wird:

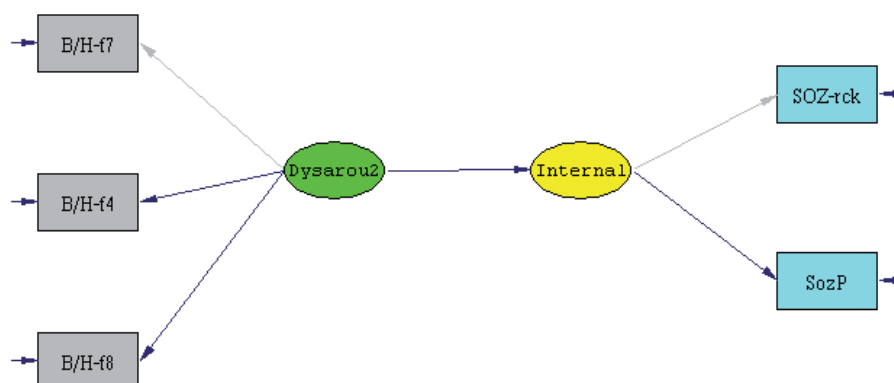
GAI (Einfaktormodell vs. Materialismusmodell)=18,27-6,01 – (8-7)=11,26.

GAI (Einfaktormodell vs. Freies Wechselwirkungsmodell)=18,27-3,40 – (8-5)=11,87.

Die GAI zeigen neben den anderen Indices, dass das Einfaktorenmodell nicht zum Datensatz passt. Auch hier zeigt sich also insgesamt die Überlegenheit des Wechselwirkungsmodells gegenüber den anderen Modellen unter Berücksichtigung des Sparsamkeitsprinzips.

### 4.2.3.3.2 Komplexe Strukturgleichungsmodelle für physiologische Ebene (Dysarousal2) und reaktive Verarbeitung als internalisierende Störung

A) Materialismusmodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :



**Abb.2b. 62: konzeptuelles Diagramm des Materialismusmodells der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung**

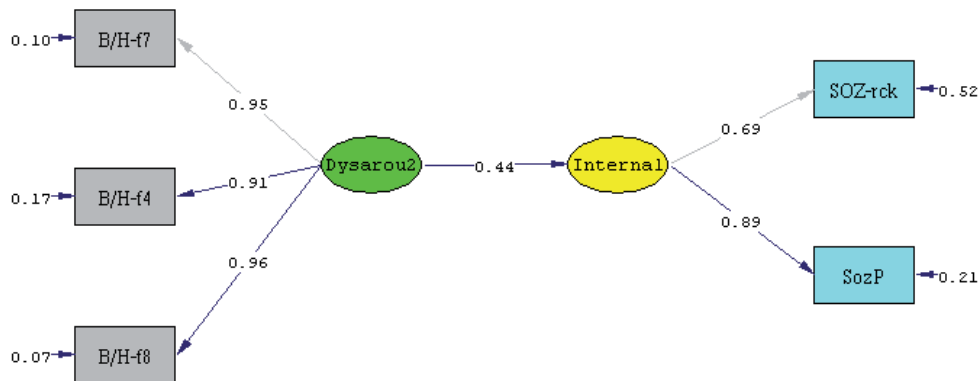
## Teil II: empirischer Teil

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18; SozP= Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=*internalisierender Störung* als psychologischem Faktor korrespondiert.

Im Gegensatz zu den einzelnen Messmodellen, ist es auch in diesem komplexen Modell möglich, nun alle Fehler frei schätzen zu lassen.

Die Berechnung dieses Modells führte zu den folgenden Ergebnissen (voll standardisierte Lösung [[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2](#) und im [Abkürzungsverzeichnis #ABK](#)]):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

### Abb.2b. 63: Materialismusmodell der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung, komplett standardisiert

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18; SozP= Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=*internalisierender Störung* als psychologischem Faktor korrespondiert.

#### *Weitere Globalkriterien:*

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.12  
Standardized RMR = 0.013  
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00  
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.27

Teil II: empirischer Teil

Detailkriterien:

	Standardized Residuals				
	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
	-----	-----	-----	-----	-----
SOZ-rck	- -				
SozP	- -	- -			
B/H-f7	1.54	-1.39	- -		
B/H-f4	-1.82	1.36	0.25	- -	
B/H-f8	0.47	-0.09	-0.20	-0.05	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = **-1.82**  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.54

Die Globalkriterien, insbesondere RMSEA und Chi-Quadrat im Vergleich zu df (df sind größer) weisen auf eine sehr gute Anpassung hin. Von den Detailkriterien her ist die Modellanpassung ausreichend (stand. Residuen  $< |2|$ )

- B) Wechselwirkungsmodell ohne constraints der Beta-Koeffizienten [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :

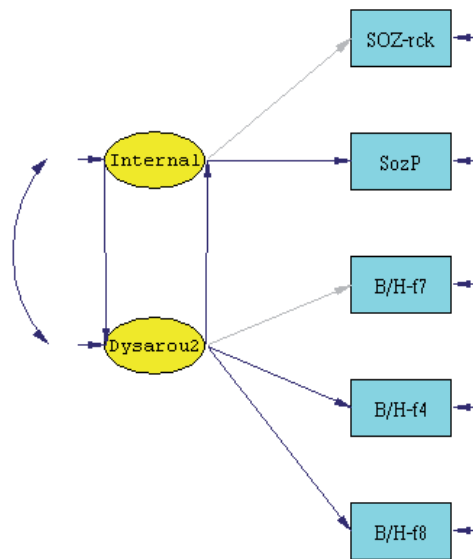
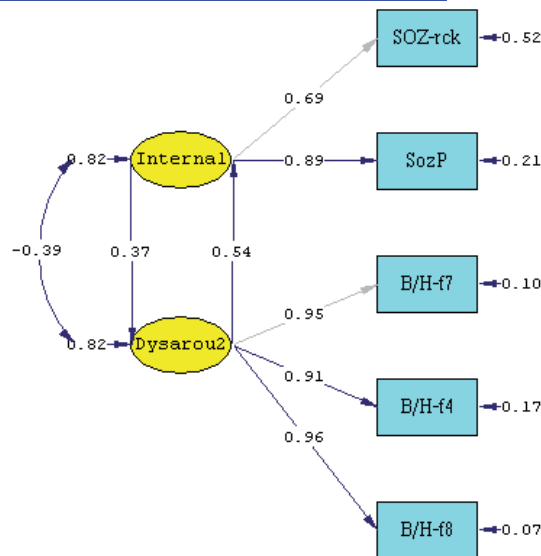


Abb.2b. 64: Konzeptuelles Diagramm des Wechselwirkungsmodells der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung



Teil II: empirischer Teil

Die Berechnung dieses Modells mit  $df=2$  führte zu folgenden Ergebnissen [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]:



Chi-Square=0.03,  $df=2$ , P-value=0.98462, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 65: freie Wechselwirkung der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

*Globalkriterien:*

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.12  
 Standardized RMR = 0.013  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 1.00  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.13

*Detailkriterien:*

Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	0.00				
SozP	-	-			
B/H-f7	1.54	-1.40	0.00		
B/H-f4	-1.81	1.37	0.25	0.00	
B/H-f8	0.47	-0.09	-0.20	-0.04	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = **-1.81**  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.54

Stabilitätsindex: Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 0.363

Während die Detailkriterien quasi identisch ausfallen, nimmt Chi-Quadrat bei verminderten Freiheitsgraden deutlich ab, allerdings mit negativem  $GAI=(1,32-0,03)-$

Teil II: empirischer Teil

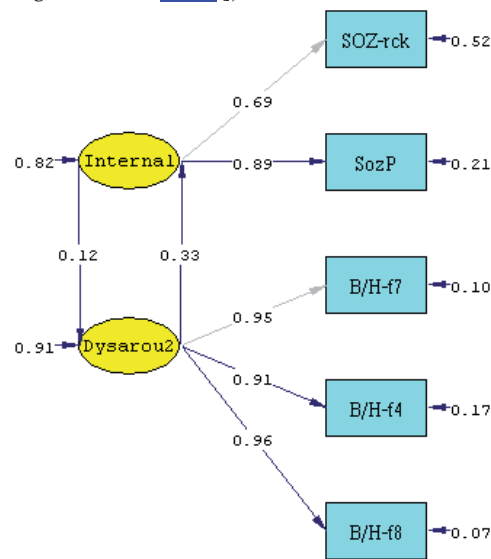
(4-2)=-0.83. Zu bedenken ist, dass Chi-Quadrat höchstens um 1,32 absinken konnte, da Chi-Quadrat nur größer Null sein kann. Daraus folgt, dass es gewissermaßen einen Bodeneffekt gibt, der den GAI als alleiniges Modellvergleichsmaß nicht hinreichend erscheinen lässt. Somit steht eine iterative Analyse (mit allen Vorbehalten) aus diesem Grund nun an.

C) Iterative Analyse

C1) Wechselwirkung mit  $b_{12}=b_{21}$ :

Die Analyse konnte nicht durchgeführt werden, da die PSI-Matrix (Matrix der latenten Fehler) nicht positiv definit war. Dieser Befund zeigte sich auch bei Annahme doppelt so großer Wirkung der physiologischen auf die psychologische Ebene als vice versa. Dies setzte sich mit den wie gewohnt abgestuften Beta-Quotienten fort. Immer war die PSI-Matrix nicht positiv definit. Aufgrund dieses Befundes macht es Sinn, vom Grundsatz der Fehlerkorrelation bei wechselseitigen Zusammenhängen versuchsweise abzugehen und **auf dieser Basis eine iterative Analyse** zu versuchen:

C1)  $\beta_{12}=\beta_{21}$  (komplett standardisiert <sup>144</sup>[zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK ]):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 66: Wechselwirkung der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung als Gleichgewichtsmodell, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 0.041  
Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	- -				
SozP	- -	- -			
B/H-f7	1.37	-1.52	- -		
B/H-f4	-1.41	1.55	0.31	- -	
B/H-f8	0.41	-0.10	-0.21	-0.06	- -

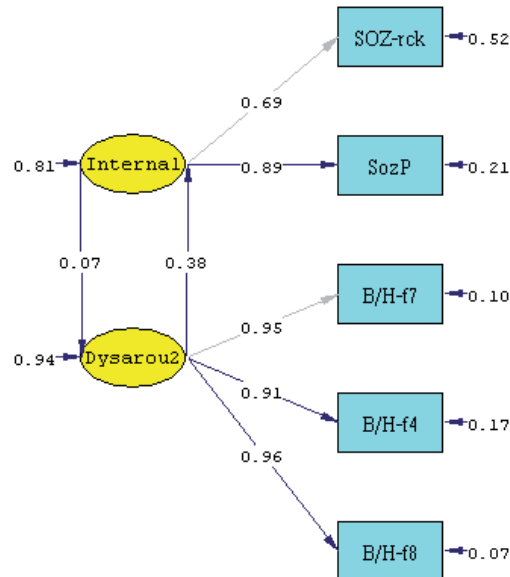
<sup>144</sup> Das vorgegebene Größenverhältnis (physiologischer Einfluss gleich groß wie psychologischer Einfluss), zeigt sich nur in der auf Strukturebene nicht standardisierten Lösung.

Teil II: empirischer Teil

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.52  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.55

C2) 0,5 b12=b21 (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]) mit 1=Internal und 2=Dysarousal: der Effekt von der physiologischen Ebene auf die psychologische wird doppelt so hoch angenommen wie umgekehrt (wie auch im Weiteren ohne *Korrelation der latenten Fehler*):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 67: Wechselwirkung der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung mit doppeltem Einfluss der physiologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18; SozP= Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

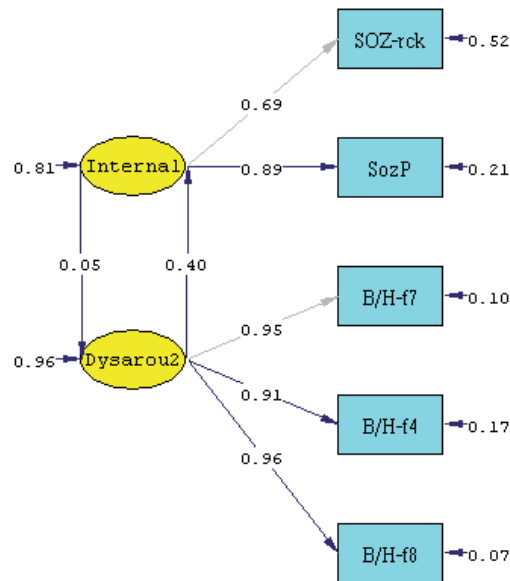
	Standardized Residuals				
	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	-	-	-	-	-
SozP	-	0.00	-	-	-
B/H-f7	1.46	-1.39	-	-	-
B/H-f4	-1.60	1.33	-	-	-
B/H-f8	0.44	-0.09	-0.26	-0.04	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = **-1.60**  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = **1.46**  
 Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.053

Teil II: empirischer Teil

C3) 0,33b12=b21 (komplett standardisiert) [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 68: Wechselwirkung der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung mit dreifachem Einfluss der physiologischen Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.058

Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	- -				
SozP	- -	0.00			
B/H-f7	1.48	-1.40	- -		
B/H-f4	-1.65	1.34	0.55	0.00	
B/H-f8	0.45	-0.09	-0.24	-0.04	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.65  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.48

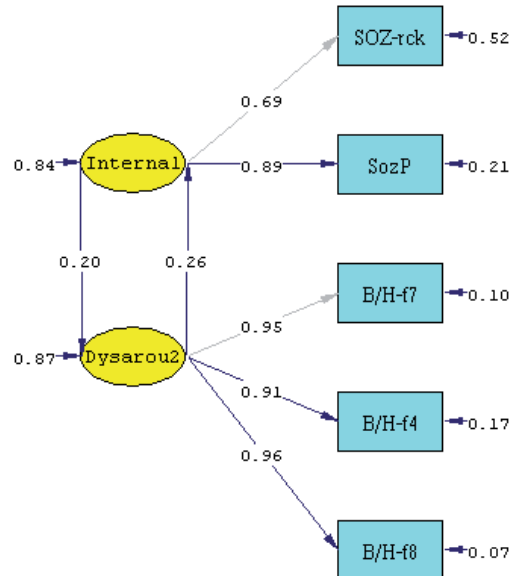
Wie man sieht, sind die Detailkriterien insbesondere des Gleichgewichtsmodells sichtbar besser als im freien Wechselwirkungsmodell und als im Materialismusmodell (NV [Gleichgewichtsmodell vs. freie Wechselwirkung]=-1,52+1,81+1,54-1,55=+0.28. Aufgrund der besseren Detailanpassung scheint dem Wechselwirkungs-gleichgewichtsmodell scheinbar der Vorzug zu geben zu sein, wobei auch hier das Sparsamkeitsprinzip zum Zuge kommt, indem das Wechselwirkungs-gleichgewichtsmodell auf der Detailebene besser zu den Daten zu passen scheint als das freie

Teil II: empirischer Teil

Wechselwirkungsmodell und das Materialismusmodell. Gegen eine Ungleichgewichtung zugunsten des physiologischen Faktors spricht, dass von 0,5  $b_{12}=b_{21}$  auf 0,33  $b_{12}=b_{21}$  eine Verschlechterung der standardisierten Residuen eintritt. Nun steht an, die iterative Analyse in der umgekehrten Richtung fortzusetzen (**Umkehranalyse**):

**Umkehranalyse:**

C4) Wechselwirkungsmodell mit 0,5  $b_{21}=b_{12}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 69: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit doppelt so großem Einfluss der internalisierenden Störung auf die physiologische Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.102

Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	- -				
SozP	- -	- -			
B/H-f7	1.42	-1.38	- -		
B/H-f4	-1.55	1.33	- -	- -	
B/H-f8	0.43	-0.09	-0.30	- -	- -

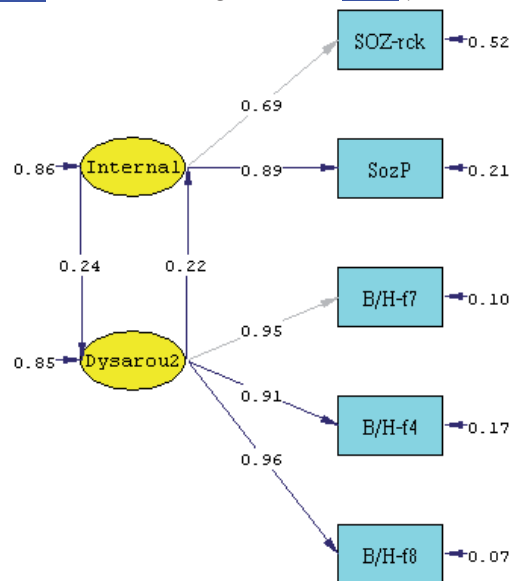
Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.55  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = **1.42**

Teil II: empirischer Teil

Die standardisierten Residuen sind netto noch einmal etwas gesunken (NV [Gleichgewichtswechselwirkungsmodell vs. Modell mit doppelt so großem Einfluss des psychologischen Faktors]=0,10; dh., dass das Wechselwirkungsmodell mit der Annahme eines größeren Einflusses der psychologischen Ebene auf die physiologische Ebene als umgekehrt am besten zu passen scheint, was durch die Fortführung der iterativen Umkehranalyse bestätigt wird:

C5)  $\beta_{12}=0,33\beta_{21}$  (komplett standardisiert zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 70: Umkehranalyse: Wechselwirkungsmodell mit dreifachem Einfluss der internalisierenden Störung auf die physiologische Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=internalisierender Störung als psychologischem Faktor korrespondiert.

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.158  
Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	- -				
SozP	- -	- -			
B/H-f7	1.46	-1.33	- -		
B/H-f4	-1.65	1.25	- -	- -	
B/H-f8	0.45	-0.09	-0.26	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.65  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.46

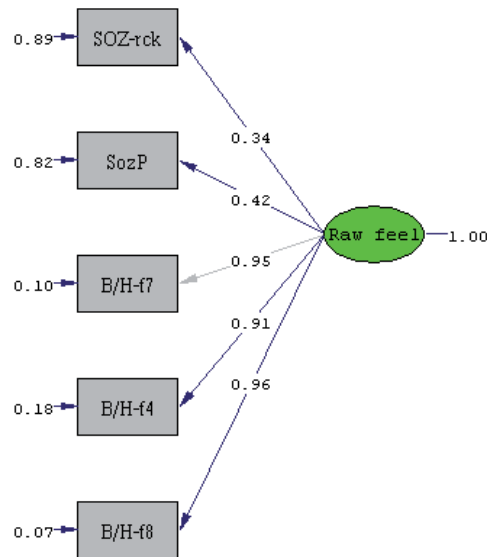
Die standardisierten Residuen zeigen eine Verschlechterung des Modells mit dreifachem Einfluss der psychologischen Ebene gegenüber dem Modell mit doppelt so großem Einfluss der psychologischen Ebene an (NV=-0,14)

Es scheint also so zu sein, dass nicht nur das Wechselwirkungsmodell etwas besser passt, sondern darüber hinaus gibt es Hinweise, dass der Einfluss der psychologischen

## Teil II: empirischer Teil

auf die physiologische Ebene stärker ist als umgekehrt. Problematische Verhaltensweisen im Umgang mit anderen Kindern und sozialer Rückzug, wie er auch und gerade im Rahmen depressiver Störungen vorkommt, scheint also die zugrundeliegende Physiologie sogar stärker zu beeinflussen als dass die Physiologie die Verhaltensweisen bestimmt. Dies kann als Bestätigung für die Erkenntnis moderner Hirnforschung gesehen werden, dass das, was wir tun und denken, die physiologischen Prozesse im Gehirn prägt, welche dann wiederum auf das, was wir tun und denken, zurückwirken (vgl. Hüther 2002) und so Verhaltenstendenzen und –vorlieben sich immer stärker herausbilden können. Im Folgenden nun noch die Testung des Identitätsmodells als Einfaktorenlösung.

### D. Identitätsmodell als Einfaktormodell [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK] :



Chi-Square=10.30, df=5, P-value=0.06707, RMSEA=0.191

### Abb.2b. 71: Identitätsmodell als Einfaktorenlösung der physiologischen Ebene mit internalisierender Störung, komplett standardisiert

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala sozialer Rückzug der CBCL 4/18; SozP= Subskala Soziale Probleme der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Raw feel= gemeinsame Referenz der miteinander korrespondierenden psychologischen und physiologischen Ebene

#### Globalkriterien:

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.81  
 Standardized RMR = 0.12  
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.99  
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.96  
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.33

#### Detailkriterien:

##### Standardized Residuals

	SOZ-rck	SozP	B/H-f7	B/H-f4	B/H-f8
SOZ-rck	- -				
SozP	16.75	- -			
B/H-f7	-0.28	-3.05	- -		
B/H-f4	-4.34	-0.95	2.19	- -	
B/H-f8	-1.38	-1.77	0.35	2.28	- -

## Teil II: empirischer Teil

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -4.34  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 16.75

$$\text{GAI} = (10.30 - 1.32) - (5 - 4) = 7.68.$$

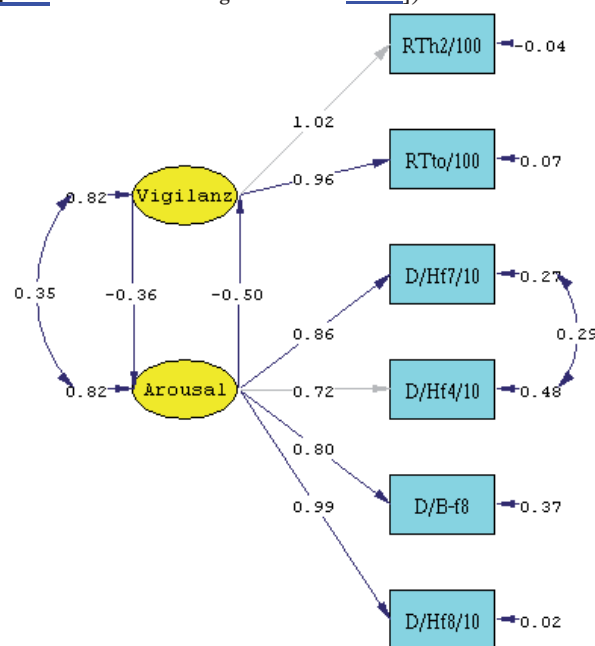
Der deutlich positive GAI zeigt, dass die Modelle mit weniger Freiheitsgraden, nämlich das Wechselwirkungsmodell  $0.5b_{21}=b_{12}$  und das Materialismusmodell deutlich besser zu den Daten passen als das Identitätsmodell. Auch hier zeigt sich, dass die Identitätstheorie, konzipiert als Einfaktormodell, empirisch als die deutlich schwächere theoretische Konzeption anzusehen ist, was somit die philosophischen Einwände (s.o. Teil 1) gegen die Identitätstheorie nun auch von empirischer Seite aus untermauert.

## 5. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

### 5.1. Die empirischen Befunde im Vergleich zu anderen Untersuchungen zum Thema ADHS und tonischem EEG

Um eine übersichtliche Verortung der vorliegenden Befunde in das Konzert anderer Untersuchungen bewerkstelligen zu können, möchte ich die vier Modelle mit der besten Anpassung an die Daten nun noch einmal auflisten, so dass sie dann einer gut nachvollziehbaren Detailanalyse unterzogen werden können:

a) Wechselwirkungsmodell der neuropsychologischen mit der physiologischen Ebene mit  $\beta_{\varphi \text{ auf } \psi} = 0,4^*$   $\beta_{\psi \text{ auf } \varphi}^{145}$  (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=3.03, df=6, P-value=0.80456, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 72: Wechselwirkungsmodell mit 2,5fachen Einfluss der physiologischen auf die neuropsychologische Ebene (TOVA), komplett standardisiert**

<sup>145</sup>  $\varphi$  = hirnhysiologische Ebene;  $\psi$  = psychologische Ebene; ich spreche von psychologischer und physiologischer statt von psychischer und physischer Ebene, da alle Aussagen sich auf Messungen beziehen, also auf unser *Bild* von der physischen und psychischen Ebene. Dass die hirnhysiologische Ebene die neuropsychologische 2,5mal so stark beeinflusst als vice versa, zeigt sich in der (hier nicht dargestellten) nicht-standardisierten Lösung (siehe aber oben Teil II, S.215).



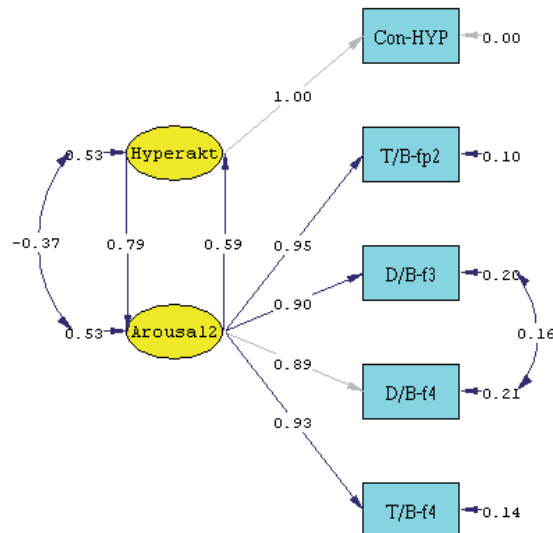
## Teil II: empirischer Teil

*beobachtete Variablen:* D/Hf7/10= Delta/Highbeta<sup>146</sup> an f7, dividiert durch 10; D/Hf4/10= Delta/Highbeta an f4, dividiert durch 10; D/B-f8=Delta/Beta an f8; D/Hf8/10=Delta/Highbeta an f8, dividiert durch 10;

*manifeste (beobachtete) Variablen der psychologischen Ebene:* RTh2/100='RT-h2' /100 (lineare Transformation zur Angleichung der Höhe der Varianzen mit der phsiologischen Ebene, da bei zu großen Unterschieden der Varianzen das zu testende Modell nicht konvergiert) =Reaktionszeit der zweiten Testhälfte des TOVA, dividiert durch 100; RTto/100= ,RT-tot' /100 (lineare Transformation, s.o.)= Reaktionszeit des gesamten TOVA, dividiert durch 100;

*latente Variablen:* Vigilanz (psychologischer Faktor), Arousal1 (physiologischer Faktor)

b) Wechselwirkungsmodell zwischen psychologischer und physiologischer Ebene mit frei geschätzten Regressionsgewichten (komplett standardisiert<sup>147</sup> [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=1.30, df=2, P-value=0.52118, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 73: freies Wechselwirkungsmodell der physiologischen Ebene mit Hyperaktivität, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* T/B-fp2= Theta/Beta<sup>148</sup> an fp2; D/B-f3=Delta/Beta an f3; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; Con-HYP=Conners' Hyperaktivitäts(sub)skala

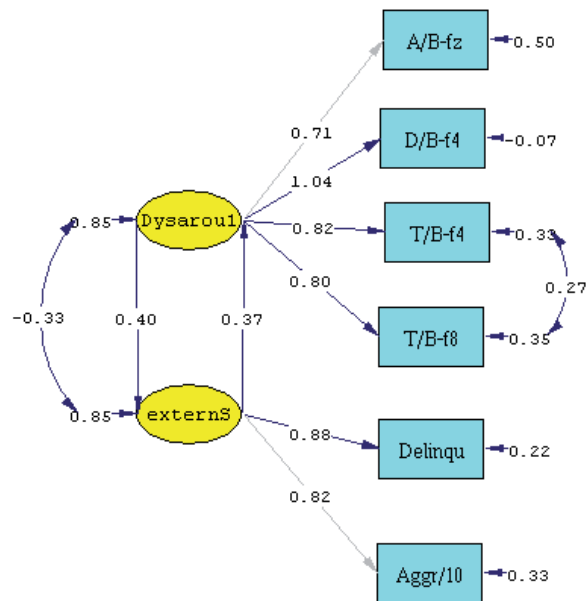
*Latente Variablen:* Arousal2=physiologischer Faktor, der mit Hyperaktivität als psychologischem Faktor korrespondiert.

c) Wechselwirkungsmodell zwischen reaktiver Verarbeitung als externalisierender Störung und physiologischer Ebene (freie Wechselwirkung; komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):

<sup>146</sup> Delta/Highbeta =Deltapower/Highbetapower. Dies gilt auch für alle weiteren Legenden

<sup>147</sup> LISREL unterscheidet drei metrische Lösungen: nicht-standardisiert: beobachtete und latente Variablen sind nicht-standardisiert, liegen also in ursprünglicher Metrik vor; standardisiert: nur die latenten Variablen wurden transformiert auf M=0 und s=1; komplett-standardisiert: alle Variablen sind z-transformiert (Jöreskog & Sörbom 2001: LISREL 8: user's reference guide; p.32)

<sup>148</sup> Es handelt sich, wie in allen anderen Modellen auch, um Power Ratios.



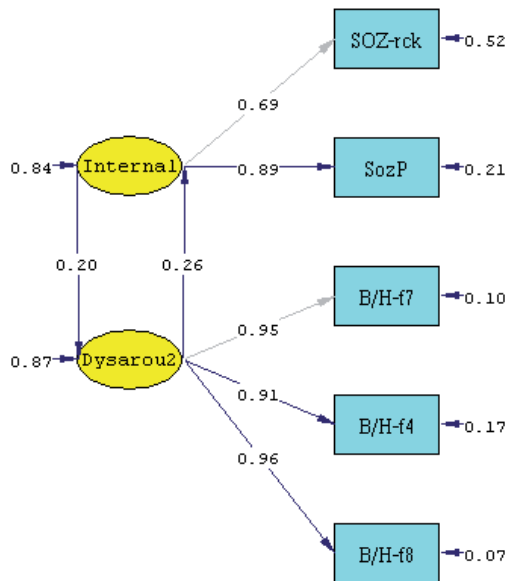
Chi-Square=3.40, df=5, P-value=0.63820, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 74: freies Wechselwirkungsmodelle der physiologischen Ebene mit externalisierender Störung, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* A/B-fz=Alpha/Beta an fz; D/B-f4=Delta/Beta an f4; T/B-f4=Theta/Beta an f4; T/B-f8=Theta/Beta an f8; Delinqu= Subskala *Delinquentes Verhalten* der CBCL 4/18; Aggr/10= Subskala *Aggressives Verhalten* der CBCL 4/18, dividiert durch 10;  
*Latente Variablen:* Dysarou1= physiologischer Faktor, der mit *externalisierender Störung* (externS) als psychologischem Faktor korrespondiert.

## Teil II: empirischer Teil

d) Wechselwirkung zwischen reaktiver Verarbeitung als internalisierender Störung und physiologischer Ebene mit größerer Gewichtung des Einflusses der psychologischen Ebene auf die physiologische<sup>149</sup> (komplett standardisiert [zur Erläuterung der manifesten Variablen s. Teil II, Kap.2.2 und im Abkürzungsverzeichnis #ABK]):



Chi-Square=1.32, df=4, P-value=0.85882, RMSEA=0.000

**Abb.2b. 75: Wechselwirkungsmodell mit doppeltem Einfluss der internalisierenden Störung auf die physiologische Ebene, komplett standardisiert**

*Manifeste Variablen:* B/H-f7=Beta/Highbeta an f7; B/H-f4=Beta/Highbeta an f4; B/H-f8=Beta/Highbeta an f8; soz-rck= Subskala *sozialer Rückzug* der CBCL 4/18; SozP= Subskala *Soziale Probleme* der CBCL 4/18;

*Latente Variablen:* Dysraou2=physiologischer Faktor, der mit Internal=*internalisierender Störung* als psychologischem Faktor korrespondiert.

Im Vergleich der Modelle fällt erst einmal auf, dass D/B an f4 und T/B an f4 Teil der physiologischen Grundlage sowohl für externale reaktive Verarbeitung (Delinqu., Aggr., erfasst mittels CBCL 4/18) als auch für die hyperaktive Komponente (Con-Hyp, erfasst mittels Conners-Elternfragebogen) sind. Dies entspricht dem bekannten Befund, dass ADHS, insbesondere in seiner hyperaktiven Variante, oft einhergeht mit Störungen des Sozialverhaltens (s.o. Teil I, Kap.6.1.), wobei sich die Störungen zwar überschneiden, jedoch nicht in eins zu setzen sind. Auch dies findet seine physiologische Entsprechung dergestalt, dass an der externalisierenden Störung zusätzlich noch andere physiologische Parameter beteiligt sind als an der hyperaktiven Störung. Während die rechte Hirnhälfte dreimal sowohl bezüglich externalisierender Störungen als auch der Hyperaktivität beteiligt ist, findet sich die linke Hemisphäre nur einmal (bzgl. Hyperaktivität; bzgl. externalisierender Störungen gar nicht). Dies deckt sich mit Untersuchungen, die gefunden haben, dass bei Aufgaben, die ohne Verstärkungsbedingungen die Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit erfordern, der rechte Präfrontalkortex<sup>150</sup> maßgeblich beteiligt ist und dass diese Region bei ADHS-Kindern kleiner zu sein scheint als bei Nicht-ADHS-Kindern (siehe zusammenfassend dazu Barkley 2006, p. 318). Bezüglich des Zusammenhangs zwischen neuropsychologischer Ebene, operationalisiert

<sup>149</sup> die Gewichungen der Beta-Regressionskoeffizienten zeigen sich in der nicht-standardisierten Lösung in der Richtung der im Vorhinein getroffenen Modellannahmen

<sup>150</sup> der Präfrontalkortex umfasst mehrere Regionen, man unterscheidet u.a. ventro-lateralen, dorso-lateralen, frontopolaren, orbitofrontalen und frontomedialen präfrontalen Kortex (s. dazu Thompson 2001, S.175 und Wikipedia, Stichwort: Präfrontaler Cortex, Stand: 10.4.2009)

## Teil II: empirischer Teil

über die Reaktionszeitmessung (RT) des TOVA, und der physiologischen Ebene fällt auf, dass RT negativ korreliert mit dem Ausmaß an Arousal: je kleiner die Power-Quotienten Delta/Highbeta an F7, Delta/Highbeta an F4, Delta/Beta an F8 und D/Highbeta an F8 sind, desto größer ist die Reaktionszeit, bzw. desto langsamer reagieren die Kinder. Dies widerspricht auf den ersten Blick deutlich den in Teil I, Kap.6 berichteten Untersuchungen, die bei ADHS typischerweise eine Untererregung, welche sich in zu hohen Power-Quotienten (zu viel langsame Wellen relativ zu schnellen Wellen) zeigt, gefunden haben, was sich mit den Daten der vorliegenden Untersuchung bezüglich physiologischer Ebene und Hyperaktivität sowie Aggressivität/Delinquenz deckt (s.o. Modell b und c): je höher die Quotienten – das bedeutet: je niedriger das Arousal -, desto ausgeprägter die Hyperaktivität und externalisierende Störung (Delinquenz, Aggressivität). Auch die Power-Quotienten selbst entsprechen mit Delta/Beta und Theta/Beta den in anderen Untersuchungen gefundenen. Dass in der vorliegenden Untersuchung auch Delta/Beta relevant ist statt wie in den meisten Untersuchungen vor allem Theta/Beta, liegt an den je nach Untersuchung differierenden Frequenzbanddefinitionen. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Delta-Band als 1-3,5Hz und das Theta-Band als 4-7,5 Hz definiert, während z.B. in den Untersuchungen von Clarke et al. (1998, 2001) Delta als 0,5-2,5 Hz und Theta als 2,5-7,5 Hz definiert worden ist. Delta der vorliegenden Untersuchung überlappt sich demnach wesentlich mit dem Theta-Band von Clarke et al.. Dass Alpha frontal relativ zu Beta möglichst gering ausfallen sollte, d.h. zu hoher Power-Quotient Alpha/Beta frontal geht mit einer Dysfunktion exekutiver Funktionen einher, haben auch Clarke et al.(2001, p.217, figure 1) gefunden. In ihrer Untersuchung war die Differenz zwischen Alpha/Beta frontal und Alpha/Beta posterior in der Nicht-ADHS-Kontrollgruppe deutlich höher, als in den ADHS-Gruppen. Auf den ersten Blick abweichend von der Literatur sind also nur die Befunde bezüglich Reaktionszeit des TOVA und Neurophysiologie. So haben Egner & Gruzelier (2004) an einer Stichprobe von gesunden Musikstudenten festgestellt, dass eine Erhöhung von SMR, definiert als 12-15 Hz an Cz, im TOVA zur Verbesserung der Sensitivität d', zur Reduktion von Auslassungsfehlern und zur Verringerung der Reaktionszeitschwankungen<sup>151</sup> geführt hat, während eine Erhöhung von Beta, definiert als 15-18 Hz an Cz, die Reaktionszeit im TOVA gegenüber einer untrainierten Kontrollgruppe, die statt eines Neurofeedbacktrainings ein Training in der Alexandertechnik<sup>152</sup> bekam, signifikant verringerte. In dieser Untersuchung führte also

---

<sup>151</sup> In früheren Untersuchungen mit ADHSlern fanden die Autoren darüber hinaus eine Reduktion von Impulsivitätsfehlern nach SMR-Training. Dies war in der Untersuchung von 2004 nicht der Fall. Die Autoren vermuten, dass das daran liegt, dass SMR-Training nur dann auch zur Verbesserung von Impulsivitätsfehlern führt, wenn die Impulsivitätsfehler klinisch ausgeprägt sind.

<sup>152</sup> „Die F.M. Alexander-Technik ist ein Verfahren zur harmonischen Integration von Körper und Bewußtsein. Sie hat zum Ziel, die Koordination von Bewegungen in Alltag, Beruf, Sport und Kunst zu optimieren. Die Methode eignet sich für alle Menschen, die ihre Fähigkeiten steigern möchten; sei es, weil sie diese als eingeschränkt empfinden (z.B. bei schmerzhaften Störungen des Bewegungsapparates) oder sei es, weil sie ihre Kompetenzen erweitern möchten (beispielsweise Sportler, Menschen mit Repräsentationspflichten, darstellende Künstler). *Das Prinzip:* Im ausgewogenen Verhältnis von Kopf, Hals und Rücken sieht die F.M. Alexander-Technik den Schlüssel zur Befreiung von hemmenden Gewohnheiten, die unsere kreativen Fähigkeiten bei jedweder Handlung einschränken. *Das Problem:* Wenn wir den Kopf einziehen (was die meisten von uns sehr häufig tun, ohne es zu bemerken), schränken wir unsere Bewegungsfähigkeit wie auch unsere sensorische Wahrnehmung ein. Mit anderen Worten, wir bewegen uns plump, sprechen undeutlich oder heiser, sehen und hören weniger. Auf diese Weise limitieren wir unsere Fähigkeiten und verbauen uns zusätzlich Lösungsmöglichkeiten für etwaige Schwierigkeiten, weil wir uns selbst und unsere Umgebung nur eingeschränkt wahrnehmen. Das erschwert das Erkennen von Handlungsalternativen. *Der Unterricht:* Der Unterricht besteht im wesentlichen darin, mit all dem aufzuhören, was wir zuviel machen. Gerade an der Verbindung von Kopf und Körper arbeiten die meisten Menschen zuviel. Der Kopf ruht auf der Wirbelsäule und dabei gibt es für die Bewegungsmuskulatur, die wir willentlich steuern können, nichts zu tun. Die Bewegungsmuskeln sind wirklich nur für die tatsächliche Bewegung (Kopf wenden, nicken etc.) da. Im Alexander-Unterricht lernen wir die Haltearbeit voll und ganz den Subokzipitalmuskeln zu überlassen, die wir bewußt nicht steuern können. Das verlangt Mut. Sobald die Haltearbeit nur noch von den für sie vorgesehene Muskeln übernommen wird, fällt jede Handlung leichter. Manchmal ist das schon das Ende schwerwiegender Probleme, manchmal bleiben noch weitere Schwierigkeiten bestehen. Von diesen weiß man dann, daß sie aus anderen Quellen stammen.“ (<http://www.fm-alex-tech.de/alexander-technik.html>)

## Teil II: empirischer Teil

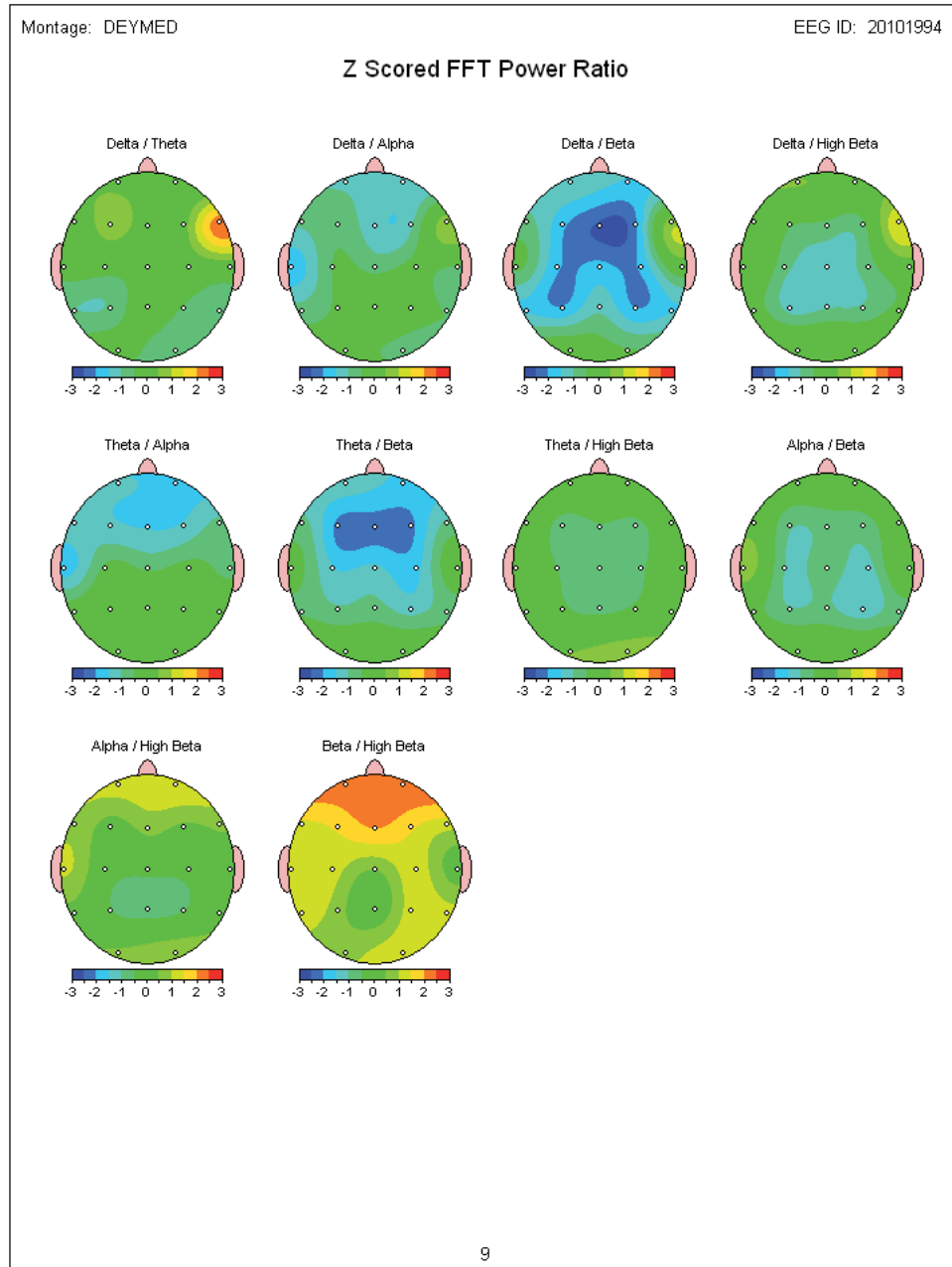
eine Erhöhung von SMR und Beta zu Verbesserungen im TOVA, insbesondere ging die Erhöhung von Beta relativ zu Theta (4-7 Hz) und Highbeta (22-30 Hz) mit einer Abnahme der Reaktionszeit einher. Die genauere Betrachtung der Untersuchung zeigt also, dass auch eine Verminderung von highbeta und dadurch eine relative Erhöhung von Beta zu den in der Untersuchung berichteten Effekten geführt haben kann. Nach den hier vorliegenden Befunden würde eine Verminderung von Highbeta bei ansonsten gleichbleibendem EEG eine Erhöhung des Delta/Highbeta Quotienten und damit eine Verminderung der Reaktionszeit bedeuten, kann also insofern als durchaus konform mit Egner und Gruzelier (2004) gesehen werden. Nicht konform mit Egner und Gruzelier (2004) geht hingegen der Befund, dass Theta/Beta-Powerquotienten nicht relevant mit der Reaktionszeit korrelieren. Dies kann zum einen daran liegen, dass die vorliegenden Daten an einer unausgelesenen klinischen Stichprobe erhoben worden sind, während Egner & Gruzelier (2004) ihre Untersuchung an gesunden Musikstudenten durchgeführt haben. Desweiteren sind in der vorliegenden Stichprobe Kinder mit absolut und/oder relativ erhöhtem Beta und Highbeta nicht aus der Untersuchung ausgeschlossen worden, wie das sonst üblicherweise der Fall ist (s. Clarke et al. 2001, p.213). Außerdem ist der Bezug zwischen erhöhter Beta-Power (12-15 und 15-18) und verbesserten Aufmerksamkeitsindices nicht ganz eindeutig. So fanden Loo & Smalley (2008), dass erhöhtes Beta (13-20 Hz) während einer CPT-Bearbeitung (cognitive activation condition statt resting condition !) mit erhöhter Variabilität und erhöhten Auslassungsfehlern einherging, jedoch nicht signifikant mit der Reaktionszeit korrelierte). Es scheint hier so zu sein, dass erhöhtes Beta (13-20 Hz) mit einer Verschlechterung der Konzentrationsleistung einhergeht. Highbeta (25-30 Hz) wurde von Loo & Smalley (2008) nicht erfasst. Beta-Training scheint also mal zu Verbesserungen zu führen, mal nicht. Dies legt nahe, dass man im Einzelfall genau erheben muss, wie das EEG des Klienten aussieht. Sollte der Klient zur Overarousal-ADHS-Gruppe gehören, dann wird es kontraindiziert sein, ein Training durchzuführen, mit dem Ziel, Beta zu erhöhen. Sollte der Klient hingegen zu wenig Beta haben, dann steht eine Beta-Enhancement-Training an. Bezogen auf unsere Problematik zeigen die widersprüchlichen Befunde, dass man von den Ergebnissen in neuropsychologischen Aufmerksamkeits-tests wie z.B. dem TOVA nicht auf das zugrundeliegende EEG schließen kann: erhöhte Reaktionszeit geht wahrscheinlich nicht immer einher mit zu wenig Beta. Von der Tendenz her legen die Befunde in ihrer Zusammenschau nahe, dass eine Erhöhung von Beta meistens die Reaktionszeit verbessert, jedoch erhöhtes Highbeta den gegenteiligen Effekt hat. Daraus folgt, dass in der Therapie des ADHS darauf zu achten ist, Highbeta in das Neurofeedback-Trainingsprotokoll unbedingt mit einzubeziehen, und dies nicht nur, um Muskelspannungsartefakten entgegenzuwirken, sondern weil zu viel Highbeta einer guten Aufmerksamkeitsleistung im Wege zu stehen scheint. Der immer wieder berichtete Befund, dass es eine Untergruppe von ADHS-Kindern mit Beta-Exzessen gibt, zeigt, dass bei gleichem Phänotyp (z.B. ein bestimmtes Reaktionsmuster im TOVA und Hyperaktivität auf der psychologischen Ebene) unterschiedliche EEG-Muster zugrunde liegen können. Hier zeigt sich also das schon von Putnam in die Diskussion eingebrachte Prinzip der multiplen Realisierung (s.o. Teil I, S.21), welches gegen die Identitätstheorie spricht. Dies lässt sich nun auch in einigen Fällen in der entgegengesetzten Richtung beobachten, was ich an einem Vergleich der TOVA-Ergebnisse von zwei Jungen (Junge A=10 und Junge B=12 Jahre alt) verdeutlichen möchte:

Junge A: *Diagnosen:* ICD10: F90.0: einfache Aufmerksamkeits – und Hyperaktivitätsstörung und F54 bei Migräne

## Teil II: empirischer Teil

Im *Tova* (Standardskala mit  $M=100$  und  $s=15$ ; cut-off =85 für Auffälligkeiten):  
Impulsivitätsfehler im dritten und vierten Quartil und damit in der zweiten Testhälfte

Die *physiologische Ebene* anhand standardisierter Power-Quotienten, ermittelt mittels Neuroguide:



**Abb.2b. 76: Power-Quotienten von Junge A, ermittelt mit Neuroguide (Datenbasis und Software von Thatcher (Thatcher et al. 2003), die Skala gibt z-Werte an (Abweichung von der nicht-klinischen Altersgruppe)**

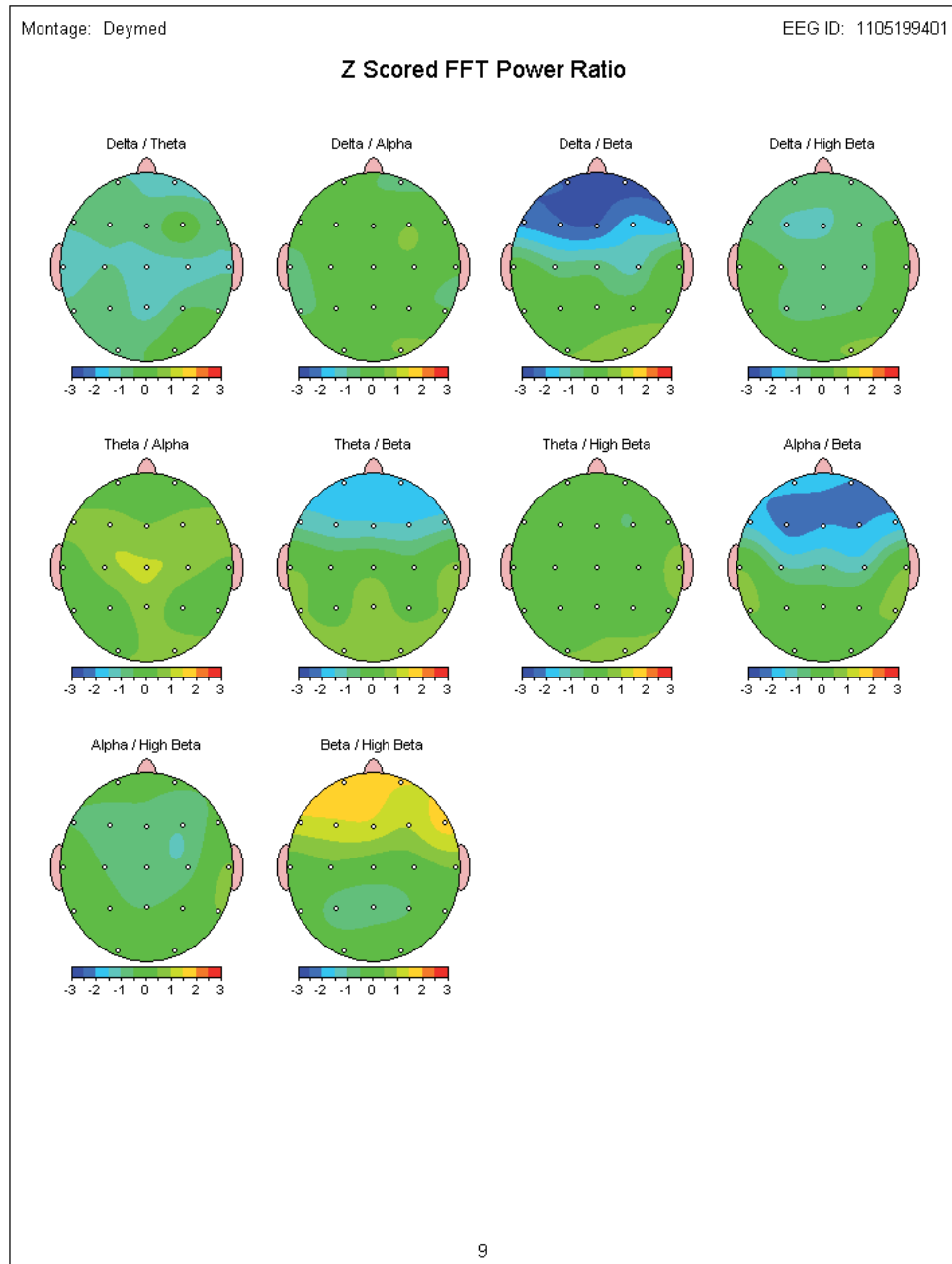
Teil II: empirischer Teil

Junge B: *Diagnosen nach ICD10*: F90.0 = einfache Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörung, keine weiteren Diagnosen;

Im *Tova (Standardskala mit  $M=100$  und  $s=15$ ; cut-off=85)*:

Auslassungsfehler im dritten Quartil sowie erhöhte Reaktionszeit-Variabilität im zweiten Quartil und in der ersten Testhälfte.

Im folgenden die physiologische Ebene anhand von standardisierten Power-Quotienten, ermittelt über Neuroguide:



**Abb.2b. 77: Power-Quotienten von Junge B, ermittelt mit Neuroguide (Datenbasis und Software von Thatcher (Thatcher et al. 2003), die Skala gibt z-Werte an (Abweichung von der nicht-klinischen Altersgruppe)**

## Teil II: empirischer Teil

Während das neurophysiologische Bild nahezu identisch ist mit geringen Abweichungen<sup>153</sup>, zeigen sich auf der neuropsychologischen und psychologischen Ebene deutliche Unterschiede (nur einer der Jungen leidet unter Migräne zusätzlich zur hyperaktiven Störung, im Tova hat der Junge A Impulsivitätsfehler und Junge B hingegen Auslassungsfehler und phasenweise erhöhte Reaktionszeitvariabilität, wobei beide auf der physiologischen Ebene frontal vor allem Overarousal zeigen, ersichtlich an Delta/Beta, Beta/Highbeta und Theta/Beta. Die Schlussfolgerung, die man aus Egner & Gruzelier zu ziehen geneigt wäre, nämlich bei Impulsivitätsfehlern ein SMR-Biofeedbacktraining durchzuführen, wäre bei dem Jungen A genau das falsche, weil er nämlich schon zuviel SMR (als Teil von Beta) hat. Auch beim Jungen B dürfte es falsch sein, aufgrund der erhöhten Reaktionszeitvariabilität und der Neigung zu Auslassungsfehlern ein SMR-Training durchzuführen, da auch der Junge B schon genügend SMR (als Teil von Beta) hat<sup>154</sup>. In beiden Fällen reicht also das Ergebnis im TOVA nicht aus, um Schlussfolgerungen zur Erstellung eines Trainingsprotokolls für ein EEG-Biofeedbacktraining zu erstellen. Es bedarf des quantifizierenden EEG's, um ein Trainingsprotokoll zu erstellen, welches auf das individuelle EEG zugeschnitten ist. D.h. bei der EEG-Biofeedbackbehandlung gilt dasselbe wie generell in der Verhaltenstherapie, nämlich die Anwendung einer störungsspezifischen standardisierten Therapie sehr kritisch zu sehen (Auckenthaler 2000). Dies hat auch Konsequenzen für Lehrer im Umgang mit hyperaktiven Kindern. Wenn Kinder motorisch-unruhig sind und dies auf eine cerebrales Underarousal zurückgeht, dann werden Entspannungsübungen nicht hilfreich sein, sondern rhythmischer Unterricht mit Bewegungseinheiten, um sein Gehirn wieder in Schwung zu bringen. Wenn die motorische Unruhe hingegen auf Beta-Exzessen beruht, dann könnte es durchaus sinnvoll sein, Entspannungsübungen anzubieten. Dies zeigt, dass motorische Unruhe als Symptom allein noch nicht festlegt, wie man damit nun hilfreich umgehen kann. Darüberhinaus macht dies Beispiel deutlich, dass der Unterricht genügend individualisiert sein müsste, um den unterschiedlichen Gegebenheiten beim Kind Rechnung tragen zu können.

Nun möchte ich einige Anmerkungen zu einer anderen Frage machen, nämlich der Frage, wie es kommt, dass bei ADHS die Verhaltenstherapie nur dann hilfreich ist, wenn sie mit einer Therapie, die an der neurophysiologischen Ebene ansetzt (Medikamente und/oder EEG-Biofeedback), kombiniert wird<sup>155</sup>. Diese Frage ist insofern von Bedeutung, als es Störungen gibt, bei denen die Kombinationsbehandlung von VT und Medikamenten nicht den jeweiligen Einzelbehandlungen überlegen ist, wie z.B. bei Depressionen ohne somatisches Syndrom, bei Phobien und Handlungszwängen (siehe Grawe 1994, S. 461 und S.686f.; Hautzinger 1996, S. 131)<sup>156</sup>. Nimmt man die neuropsychologische Ebene und die psychologische Ebene (Hyperaktivität) als die Ebenen, die mit ADHS im engeren Sinne zusammengehen (Kernsymptomatik), während die reaktive Verarbeitung ein Folgeproblem darstellt, welches sich bis zu komorbiden Störungen ausweiten kann, dann zeigt sich, dass zwar wahrscheinlich beide Ebenen mit der hirneurophysiologischen Ebene wechselwirken, jedoch in einem Fall (Hyperaktivität) gleichgewichtig (1:1) und im anderen Fall (Vigilanz) übt die neurophysiologische Ebene den größeren Einfluss (2,5:1) aus. Das zeigt, dass insgesamt der Einfluss der Neurophysiologie auf die Kernsymptomatik der ADHS größer ist als der Einfluss der neuropsychologischen und psychologischen Ebene. Dieses Übergewicht könnte der Grund sein, dass es unbedingt des direkten Einbezugs der neurophysiologischen Ebene in die Therapie der ADHS-Kernsymptomatik

---

<sup>153</sup> Die leicht erhöhten Theta/Alpha-Powerquotienten liegen daran, dass Junge B während der EEG-Erhebung phasenweisen kurz vorm Einschlafen war (drowsiness). Drowsiness geht einher mit einer Verminderung von alpha und einer Erhöhung von theta.

<sup>154</sup> Dies zeigen die im Rahmen der Diagnostik erhobenen 1-Hz-Maps der absoluten und relativen Power, die ebenfalls mit Neuroguide berechnet wurden, in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht wiedergegeben sind

<sup>155</sup> siehe dazu Leins (2004), S.90ff., Döpfner et al. 1997, S.18f.

<sup>156</sup> hier haben die Untersuchungen sogar oft eine Überlegenheit der Verhaltenstherapie gegenüber medikamentöser Behandlung aufgezeigt, die sich vor allem in den katamnesticen Untersuchungen gezeigt hat.



## Teil II: empirischer Teil

bedarf. Interessant wären nun Untersuchungen mit der Fragestellung, ob z.B. bei Depressionen ohne somatisches Syndrom und bei Handlungszwängen und Phobien Wechselwirkungen auftauchen zwischen neurophysiologischer und (neuro)psychologischer Ebene, die gleichgewichtig oder gar Richtung (Neuro)psychologie verschoben wären? Wenn das der Fall sein sollte, dann würde sich dies mit der oben angebotenen hypothetischen Erklärung decken. Hier gibt es also noch Forschungsbedarf.

Bezüglich der externalisierenden reaktiven Verarbeitung zeichnete sich in der Umkehranalyse ein doppelt bis dreifach so großer Effekt der physiologischen auf die psychologische Ebene ab. Jedoch zeigte die iterative Analyse genau das umgekehrte Bild, so dass hier nicht sicher entscheidbar war, ob überhaupt, und wenn ja, in welcher Richtung die Gewichtungen liegen. Falls es zutreffen sollte, dass der Einfluss der physiologischen Ebene größer ist, wofür sprechen würde, dass das Nahezu-Gleichgewichtsmodell besser zum größeren Einfluss der physiologischen Ebene gepasst hat, dann würde dies mit der klinischen Erfahrung und mit empirischen Untersuchungen konform gehen, die gezeigt haben, dass bei reinem oppositionellem Trotzverhalten familienzentrierte Interventionen sehr wirksam sind, jedoch wenn komorbides ADHS vorliegt, die physiologische Ebene multimodal mit einbezogen werden muss z.B. mittels medikamentöser Therapie (vgl. Döpfner et al 1997, S.19) oder mittels EEG-Biofeedback. Zum Abschluss dieses Unterkapitels steht nun noch an, die Befunde bezüglich internalisierender reaktiver Verarbeitung zu diskutieren. Da internalisierende reaktive Verarbeitung durch sozialen Rückzug und soziale Probleme im Umgang mit Kindern operationalisiert ist (anhand der CBCL 4/18), liegt es nahe, die so operationalisierte internalisierende Störung als Aspekt von depressiven Tendenzen im Kindesalter aufzufassen, denn sozialer Rückzug aus Antriebsmangel sind wesentliche Charakteristika einer depressiven Störung. Den in dieser Arbeit ermittelnden Befunden nach geht die internalisierende Störung mit zuviel Beta relativ zu Highbeta einher. Dies lässt sich nur schwer interpretieren. Versuchsweise kann man annehmen, dass zu geringe Highbeta-Werte relativ zu Beta eventuell depressionstypische Underarousalindikatoren sind, wo sich das Underarousal nun, anders als bei der ADHS, erst oder auch im oberen Frequenzbereich zeigt. Eventuell könnte es sich hier um die neurobiologische Grundlage von Antriebsproblemen handeln, die bei aktivierender Verhaltenstherapie z.B. sensu Lewinsohn verändert wird. Dies ist allerdings derzeit nur Spekulation. Untersuchungen, die dieser Frage nachgegangen sind, sind mir nicht bekannt<sup>157</sup>. Hier zeigen sich also Möglichkeiten für weitere Untersuchungen zur Fundierung von EEG-Biofeedback bei depressiven Neigungen oder gar Depressionen mit ausgeprägtem sozialen Rückzug und sozialen Problemen. Bei sozialem Rückzug aufgrund von Beta/Highbeta-Underarousal ein arousalsenkendes Entspannungstraining durchzuführen, dürfte das Antriebsproblem und den sozialen Rückzug verschlimmern statt verbessern. Auch hier zeigt sich also, dass es wichtig ist, nach den individuell vorliegenden Bedingungen eines Symptoms zu schauen und z.B. Entspannung auch nur dann durchzuführen, wenn es zur Arousalage des Klienten passt.

### 5.2. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf die Möglichkeit, ebenenübergreifende Zusammenhangsmodelle an kleinen Stichproben zu untersuchen (Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Simulationsstudien)

Wenn auch die vorliegende Stichprobe mit N=30 sehr klein ist, so haben doch die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Simulationsstudien gezeigt, dass die globale Analyse mittels GAI als sichere Möglichkeit angesehen werden kann, zwischen Materialismus-, Identitäts- und Wechselwirkungsmodell zu unterscheiden. Die iterative

---

<sup>157</sup> die Untersuchungen, die Grawe (2004, S.130f., S.146) referiert, und die bei Depressiven eine relativ zur linken Hirnhemisphäre erhöhte rechtsseitige präfrontale Aktivierung gefunden haben, beziehen sich auf die Stimmungsdimension, nicht auf die Antriebsdimension.

## Teil II: empirischer Teil

Analyse<sup>158</sup> (und die Umkehranalyse) sind hingegen nur unter Vorbehalt anwendbar, insbesondere wenn der Nettoveränderungsindex  $<0,1$  ist. Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur zwei Simulationen auf der Basis eines Einfaktormodells durchgeführt worden sind, wäre es wünschenswert, hier weitere Simulationsstudien durchzuführen. Auch die Frage, ob die Größe der Stichprobe einen Unterschied bezüglich der Entdeckungssicherheit (mit welcher Sicherheit kann man das zugrundeliegende Modell entdecken?) macht, wäre in zukünftigen Simulationsstudien zu klären. Darüberhinaus wären Simulationen zu Bodeneffekten sinnvoll und wünschenswert., jedoch schwer durchzuführen, da Bodeneffekte nicht im Vorhinein plan- und konstruierbar sind.

### 5.3. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf das Leib-Seele-Problem

Da die Wechselwirkungen zwischen elektrophysiologischer Ebene und Hyperaktivität sowie zwischen elektrophysiologischer Ebene und externalisierender Störung als auch zwischen elektrophysiologischer und neuropsychologischer Ebene mittels GAI aufgezeigt werden konnten, sind diese als im Rahmen einer Pilotstudie mit nur 30 TeilnehmerInnen als relativ sicher anzunehmen, natürlich mit allen Vorbehalten, die sich aus der kleinen Stichprobe ergeben. Die Wechselwirkung zwischen elektrophysiologischer und internalisierender Störung hingegen ist weniger sicher im Vergleich mit dem Materialismusmodell. Für das Vorliegen von Wechselwirkungen auch in diesem Fall spricht, dass bezüglich des Zusammenhangs von Physis und internalisierender Störung der GAI nicht positiv werden konnte aufgrund eines  $\chi^2$ -Bodeneffektes. Die Angaben zu Gewichtungen der Wechselwirkungen sind nur unter großen Vorbehalten zu treffen gewesen aufgrund der mit der iterativen und Umkehranalyse verbundenen Unsicherheiten. Dass die Reaktionszeit im TOVA als Continuous Performance-Test hingegen mehr von der hirnebene beeinflusst wird als von der psychologischen, ist sehr plausibel, denn im Millisekundenbereich zu reagieren, erfordert automatisierte Reaktionen. Dass die internalisierende Störung als sozialer Rückzug und soziale Probleme mehr von psychologischen Variablen als von physiologischen beeinflusst wird, wie es die obigen unter Vorbehalt zu interpretierenden Daten der vorliegenden Arbeit nahe legen, deckt sich mit Untersuchungen, die zeigen, dass depressive Störungen mit Psychotherapie allein genauso gut oder sogar besser behandelt werden können als in Kombination mit Medikamenten (s.o. Teil II, Kap.5.1.). Denn dies legt den Schluss nahe, dass die physiologische Ebene z.B. durch den Aufbau sozialer Aktivitäten ebenfalls, neben der psychologischen Ebene, selbst ausreichend stark beeinflusst wird, so dass es einer gesonderten Einflussnahme auf die physiologische Ebene z.B. in Form von Medikamenten nicht bedarf. Dies ist bei der Behandlung der ADHS bekanntlich anders (s.o. Teil 1, Kap.6 und Teil II, Kap.5.1.). Hier ist es notwendig, die physiologische Ebene in die Behandlung mit einzubeziehen und auch insofern multimodal vorzugehen. Dabei bedarf es jedoch nicht zwingend einer medikamentösen Behandlung, sondern es ist ebenso möglich, auf die physiologische Ebene mittels EEG-Biofeedback einzuwirken. Letzteres setzt allerdings eine Einwirkungsmöglichkeit der psychologischen auf die physiologische Ebene voraus, wenn diese auch nicht so stark sein muss wie der Einfluss der physiologischen auf die psychologische Ebene. Darüberhinaus weisen die Ergebnisse darauf hin, dass sich das Verhältnis von Körper und Seele nicht übergreifend lösen lässt, sondern je nach Phänomenbereich unterschiedlich ausfallen kann. So ist es auch denkbar, dass es Bereiche gibt, die sich dem psychologischen Einfluss entziehen. Die Analyse mittels linearer Strukturgleichungen, insbesondere die Verwendung von GAI und NV, scheint eine Möglichkeit darzustellen, wie solche bereichsspezifischen Unterschiede empirisch herausgefunden werden können. Hier deutet sich an, dass es vielleicht gar nicht darum geht, dass entweder immer das Materialismusmodell oder immer das

---

<sup>158</sup> Von Modellen mit constraints

Wechselwirkungsmodell passt, sondern dass es darum geht, bereichsspezifische Gewichtungen der jeweiligen Einflussfaktoren zu ermitteln.

### Teil III: Einordnung der Befunde

#### 1. Modelle des Leib-Seele-Problems, die in ihrer Kernaussage von Wechselwirkungen ausgehen

Nachdem die Befunde (unter allen Vorbehalten) für das Vorliegen von Wechselwirkungen zwischen Geist und Gehirn sprechen, wobei die Gewichtung der Einflussfaktoren je nach Bereich unterschiedlich ist, möchte ich nun zwei übergreifende Konzeptionen vorstellen, in deren Rahmen Wechselwirkungen zwischen Geist und Gehirn auch theoretisch ermöglicht werden. Das ist zum einen die Synergetik-Konzeption, zum anderen das Prototypisierung-Modell.

##### 1.1 Synergetik nach H.Haken und G.Schiepek

Synergetik als Forschungsprogramm beschäftigt sich mit der Frage, wie komplexe Strukturen aus sich selbst heraus entstehen können. Dass es überhaupt komplexe Strukturen gibt, ist mit klassischer und statistisch-klassischer Physik (Thermodynamik) nicht erklärbar, da nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik geschlossene Systeme einer immer höheren Entropie zustreben, also mit der Zeit in ungeordnete Zustände übergehen. Die Entstehung von Ordnung widersprach deswegen lange den Prinzipien der Physik. Die Synergetik setzt also an der Frage an, wie Strukturen entstehen. Das Wort *Synergetik* stammt aus dem Griechischen und bedeutet: *die Lehre vom Zusammenwirken*. Die Grundfrage des synergetischen Forschungsprogramms ist, „ob es nicht trotz der Fülle verschiedenartigster Strukturen, die in der Natur auftreten, möglich ist, einheitliche Grundgesetze aufzufinden, aus denen heraus wir verstehen können, wie Strukturen zustande kommen“ (Haken 1990, S.17).

Haken und Schiepek (2006, S.63ff.) definieren in diesem Sinne Synergetik als „die Wissenschaft der Selbstorganisation“, wobei mit dem „Selbst“ der Selbstorganisation „nichts anderes als die Rückbezüglichkeit (Selbstreferenz) der in einem System beteiligten kreisförmigen Prozesse (innerhalb einer bestimmten Emergenzstufe *und/oder* zwischen verschiedenen Emergenzstufen)“ (Hervorhebungen von K-H K.) bezeichnet wird.

Der Ursprung der Synergetik liegt in Hakens Beschäftigung mit Laserlicht. Haken (1990, S. 61) war im Jahr 1960 bei den Bell Telephone Laboratories in den USA als Berater tätig und sollte herausfinden, wie Lichtwellen analog zu Mikrowellen hergestellt werden können. In diesem Zusammenhang ist auch das Kunstwort Laser<sup>159</sup> entstanden.

Am Beispiel des Lasers sollen nun wichtige Grundbegriffe der Synergetik als der Wissenschaft der Selbstorganisation eingeführt werden. Hierbei ist es hilfreich, die Unterschiede zwischen Lampenlicht und Laserlicht deutlich zu machen. Nehmen wir als Beispiel für eine Lampe eine Gasentladungsröhre, die mit dem Edelgas Neon gefüllt ist. Ein einzelnes Neongasatom besteht aus dem positiv geladenen Atomkern und 10 negativ geladenen Elektronen (Ordnungszahl im Periodensystem der chemischen Elemente = 10) im neutralen Zustand. Die Elektronen kreisen nach dem Bohr'schen Atommodell um den Kern wie Planeten um die Sonne. Dabei kann das Elektron nur ganz bestimmte Umlaufbahnen einnehmen, wobei dies Verhalten des Elektrons erst in der Quantentheorie seine Begründung gefunden hat. Das Elektron verhält sich beim Umkreisen des Atomkerns nicht nur wie ein Teilchen, sondern auch wie eine Welle, „die sich beim Umlauf um das Atom sozusagen in den Schwanz beißen muss“ (Haken 1990, S.62)

---

<sup>159</sup> Laser = *Light amplification by stimulated emission of radiation*

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Deswegen sind nur ganz bestimmte Umlaufbahnen möglich. Das Elektron läuft normalerweise auf seiner tiefstmöglichen Bahn um den Atomkern. Schickt man nun einen elektrischen Strom in die Röhre, kann das sogenannte Leuchtelektron auf eine energiereichere Bahn gestoßen werden, von der es ganz spontan und unvorhersehbar wieder zurückspringen kann (*quantenphysikalischer Prozess*). Dabei gibt es seine Energie in Form einer Lichtwelle ab und läuft dann auf seiner untersten Bahn weiter. Auf diese Weise entsteht also ein Lichtwelle, genauso wie die Welle, die im Wasser entsteht, wenn man einen Stein hineingeworfen hat. In der Neongasröhre werden natürlich mehrere Elektronen angeregt, die dann ihre Lichtwelle abgeben können. Die Erzeugung der Lichtwellen geschieht dabei genauso unregelmäßig, wie wenn wir unkoordiniert mehrere Steine ins Wasser werfen. Eine wilde, unkoordinierte Bewegung des Lichtfeldes ist die Folge. Wenn man in einer Neonröhre die Stromzufuhr erhöht, dann wird das Knäuel der Wellenzüge immer dichter. Im Laser hingegen passiert nun etwas völlig anderes: „Anstelle des Knäuels tritt ein völlig gleichmäßiger, praktisch unendlich langer Wellenzug auf.“ (Haken 1990, S.64) Um zu verstehen, wie es dazu kommt, ist es notwendig, sich die Struktur der Laserapparatur zu vergegenwärtigen. Im Unterschied zur einfachen Neonröhre hat der Laser zwei Spiegel an den Endflächen der Gasröhre. Die Spiegel sorgen dafür, dass das Licht länger in der Röhre verbleibt, bevor es austritt. Ein Laser besteht also aus einer ständigen Energiezufuhr, einer Gasröhre mit zwei sich gegenüberliegenden Spiegeln und einem Austrittsort für das Laserlicht (der eine der zwei Spiegel ist halbdurchlässig). Dadurch, dass das Licht länger in der Röhre verbleibt, kommt es zu der schon von Einstein postulierten „stimulierten Emission“: Wenn sich einige Elektronen auf ihrer energetisch angeregten Bahn befinden und dann eines davon spontan eine Lichtwelle aussendet, dann „stimuliert“ diese die anderen angeregten Elektronen ebenfalls zur Ausstrahlung, wobei die ursprüngliche Welle verstärkt wird“ (Haken & Schiepek 2006, S.70). Dabei werden aber die Ausstrahlungsakte nun nicht unabhängig voneinander durch die stimulierten Elektronen verstärkt, sondern indem ständig neue Elektronen stimuliert werden, „kommt es zu einem *Wettkampf* zwischen den verstärkten *Lichtwellen*, wobei eine gewinnt“ (Haken & Schiepek 2006, S.71). Die Welle, die sich durchsetzt, wird als *Ordnungsparameter* oder *Ordner* bezeichnet. Wenn diese Lichtwelle etabliert ist, prägt sie den Elektronen der Atome eine ihr entsprechende geordnete Bewegung auf, zwingt sie dazu, kohärente Lichtwellen abzugeben. In der Terminologie der Synergetik spricht man davon, dass der Ordner (die Lichtwelle) die Teile (die Elektronen) *versklavt*. Andererseits kann der Ordner sich deswegen entwickeln, weil die Elektronen sich gegenseitig stimulieren und mit ihren verschiedenen Verhaltensweisen in Konkurrenz treten. Deutlich wird also, dass die Entstehung des Ordners von dem Verhalten der Teile abhängt und zugleich das Verhalten der Teile vom Ordner. Statt dass von außen eine Instanz da ist, die den Takt angibt, organisiert sich der Laser in dem Zusammenspiel von Ordner und Teilen selbst durch *zirkuläre Kausalität*, auf welcher die *Selbstorganisation* des Lasers beruht. Dabei muss von außen ständig Energie zugeführt werden, während Licht als Laser abgestrahlt wird (*offenes System*). Bleibt die Energiezufuhr unter einer bestimmten Schwelle, bleibt das Licht ungeordnet. Erst wenn die Energie diese bestimmte Schwelle erreicht, entsteht das geordnete Laserlicht. Steigert man die Energiezufuhr weiter, bleibt erst einmal das geordnete Laserlicht bestehen, bis es ab einer bestimmten Schwelle in Laserpulse übergeht. Man sieht also deutlich, dass hier *Phasenübergänge* auftreten. Damit der Prozess der Selbstorganisation in Gang kommt, „bedarf es eines auslösenden Aktes: Als erstes muss ein Elektron beim Übergang aus seiner angeregten Bahn eine Lichtwelle spontan erzeugen. Dies ist ein *rein zufälliges Ereignis*“ (Haken & Schiepek 2006, S.73; Hervorhebung von K-H K.). Der Prozess der Selbstorganisation setzt sich also auf einen Quantenprozess gewissermaßen drauf. Es scheint also so zu sein, dass Quantenprozesse als Voraussetzung für die Ermöglichung von Selbstorganisationsprozessen anzusehen

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und

#### Psychotherapie

sind.<sup>160</sup> Genau wie in der darwinschen Evolution sind *Zufall* und *Selektion* wesentliche Bedingungsgrößen für Selbstorganisationsprozesse:

Die kohärente Lichtwelle entsteht erst „durch das gleichmäßige Schwingen der Elektronen. Es sieht so aus, als müssten wir hier eine höhere Macht bemühen, die erst einmal den Ordnungszustand anfänglich schafft, damit sich dieser dann von allein aufrechterhalten kann. Dem ist aber, wie wir eben sahen, nicht so. Es hat ja zuvor ein Wettkampf, ein Ausleseprozeß stattgefunden, alle Elektronen sind dabei Sklave einer bestimmten Welle geworden. Interessant dabei ist, dass anfänglich die verschiedenen Wellen rein zufällig, spontan von den Elektronen erzeugt werden – dann aber aufgrund der Gesetze des Wettbewerbs ausgesondert, selektiert werden. Wir haben hier das für die Synergetik typische Wechselspiel zwischen Zufall und Notwendigkeit vor uns, wobei der ‚Zufall‘ durch die spontane Ausstrahlung dargestellt wird, während die ‚Notwendigkeit‘ durch das unerbittliche Gesetz des Wettbewerbs verkörpert wird“ (Haken 1990, S.68)

Am Beispiel des Lasers sind nun wesentliche Begriffe der Synergetik deutlich geworden. Die Begriffe und noch weitere sollen nun überblicksmäßig erläutert werden:

1. Die Synergetik befasst sich mit *komplexen* Systemen. „Unter einem komplexen System wollen wir [...] ein System verstehen, das aus vielen miteinander wechselwirkenden Teilen besteht, und aus deren Interaktion wir in der Regel kompliziertes Verhalten erwarten können. Allerdings hat die Chaostheorie gezeigt, dass schon wenige Teile komplexes chaotisches Verhalten hervorbringen können, z.B. drei Himmelskörper, die sich nach dem Gravitationsgesetz anziehen.“ (Haken & Schiepek 2006, S. 77)
2. Unter *Emergenz* verstehen Haken und Schiepek „das Hervortreten neuer Eigenschaften (oder Qualitäten) eines Systems“ (Haken & Schiepek 2006, S.79). Was dabei als neu anzusehen ist, ist abhängig von der jeweilig eingenommenen Perspektive. So kann man ein System und dessen Eigenschaften z.B. unter dem Aspekt „Beziehung Teil – System“ betrachten:  
„Ein Beispiel aus der Physik möge diese Beziehung beleuchten: Luft besteht [...] aus Molekülen. Eine Schallwelle besteht aus Dichteschwankungen von vielen Molekülen. Bei einem einzelnen Molekül können wir hingegen nicht von Dichteschwankungen sprechen. Luft besitzt also Eigenschaften, die auf der Ebene der einzelnen Moleküle nicht vorhanden sind: Die Schallwelle zeigt emergentes Verhalten.“ (ebd.)
3. Unter *Kontrollparameter* versteht man eine Größe, die die Einwirkung der Umgebung auf das betrachtete System beschreibt. Im Falle des Lasers ist die Energiezufuhr in Form der Stromstärke der Kontrollparameter. An kritischen Werten des Kontrollparameters ändert sich der Systemzustand schlagartig. Bezogen auf psychophysische Systeme ist z.B. Kaffee ein Kontrollparameter. Während Kaffee „mikroskopisch“ Serotoninrezeptoren blockiert, verändert sich „makroskopisch“ unser Verhalten und Erleben. Das Beispiel zeigt, „dass auch im System selbst erzeugte Stoffe als Kontrollparameter dienen können, z.B. Neurotransmitter im Gehirn, Hormone, etc.“. (Haken & Schiepek 2006, S.80)  
Der Mensch als komplexes System ist schon dann, wenn es alleine und mit sich selbst beschäftigt ist, ständigen Veränderungen im Sinne von Verstörungen unterworfen. Viele dieser „hausgemachten Verstörungen“ (Strunk & Schiepek 2006, S.292) sind dabei ein ganz normaler Aspekt der Systemdynamik. Hunger tritt z.B. im Stoffwechselsystem zwangsläufig und relativ zyklisch auf. „Für andere Teilsysteme kann damit aber eine Veränderung in relevanten Kontrollparametern (Hunger entspricht dann einem Energieverlust) einhergehen“ (aaO., S.292f.) wie z.B., wenn man über Büchern sitzt und lernen möchte, wozu es der Versorgung des Gehirns mit ausreichend Glucose bedarf, um das für die Tätigkeit erforderliche Aufmerksamkeitsniveau aufrechterhalten zu können, oder Hunger kann als Verstörung<sup>161</sup> in Erscheinung treten, z.B. „als plötzliches

<sup>160</sup> Diese naheliegende Schlussfolgerung habe ich bei Haken (1990, Haken & Schiepek 2006, Haken & Haken-Krell 1997) jedoch nirgends lesen können.

<sup>161</sup> „Verstörungen“ sind Veränderungen in der Umwelt, die das dynamische Systemgleichgewicht stören (vgl. Strunk & Schiepek 2006, S.22), wobei dynamisches Gleichgewicht bezogen auf das psychische System als Inkonsistenzreduktion verstanden werden kann: das psychische System tendiert dazu, einen

Hungergefühl während eines Konzertbesuchs“ (aaO., S.293), so dass es zu einer Bedürfnisinkonsistenz kommt, auf der einen Seite der Wunsch, etwas zu essen, auf der anderen Seite der Wunsch, das Konzert weiter ungestört genießen zu können. Das Beispiel zeigt, dass Kontrollparameteränderungen und Verstörungen jederzeit durch Teilsysteme des psychischen Systems selbst generiert werden können. Daraus folgern Strunk & Schiepek:

„Insgesamt zeigt dies, dass das naturwissenschaftliche Paradigma der Systemtheorie hier abermals an seine Grenzen gerät. Die saubere und denkökonomisch höchst effektive Abgrenzung des Systems von den Einflüssen der Kontrollparameter muss für psychische Systeme aufgeweicht und erweitert werden. Es ist in vielen Fällen das psychische System selbst, welches einen Einfluss auf die *Einstellungen seiner eigenen Kontrollparameter* besitzt. Selbstverständlich hängt es auch hier davon ab, wie ein psychisches System im Detail definiert und auch operationalisiert wird, bevor entschieden werden kann, welcher Aspekt im konkreten Fall als Kontrollparameter angesehen werden sollte. In jedem Fall kann ein Kontrollparameter als etwas aufgefasst werden, was das System umfassend energetisiert, an- oder abregt. Damit bieten sich *Gefühlszustände* und *Motivationslagen* als passende Kandidaten an. [...] Aber Emotionen fallen nicht vom Himmel und lassen sich nur begrenzt gezielt induzieren. Sie entstehen vielmehr im psychischen System selbst, z.B. als permanent mitlaufende Bewertung kognitiver Prozesse. Sie sind damit sowohl Kontrollparameter als auch Prozessvariable des dynamischen Systems. Damit erscheinen psychische Systeme gegenüber physikalischen Systemen als noch einmal auf einer höheren Ebene operational geschlossen. Den Finger am Regler der Kontrollparameter hat das System selbst, welches dazu andere Teilsysteme nutzt.“ (Strunk & Schiepek 2006, S.293f., Hervorhebungen von K-H.K)

4. *Kritische Fluktuationen*: stabile Zustände sind solche, die durch vielfältige innere und äußere Einflüsse nicht verändert werden. Dies kann man sich wie die Bewegung einer Kugel in einer Vase vorstellen. Egal von welcher Seite man die Kugel in die Vase hereinlaufen lässt, sie wird schließlich am tiefsten Punkt zur Ruhe kommen. Wenn man die Vase umdreht und nun versucht, die Kugel auf dem höchsten Punkt der abgerundeten konvexen Vase zu positionieren, merkt man, dass hier minimale Stöße reichen, um die Kugel wegrollen zu lassen, und wenn sie einmal weggerollt ist, kehrt sie nicht an diese Position zurück. Ihre Lage auf dem Gipfel der umgedrehten konvexen Vase ist *instabil*. Wenn der für ein komplexes, offenes System relevante Kontrollparameter seinem kritischen Wert<sup>162</sup> angenähert wird, bedeutet das im Bild der Vase, dass die Wände der Vase flacher und der Vasenboden immer breiter wird. Stellt man sich nun vor, dass die Kugel ständigen unregelmäßigen Stößen ausgesetzt ist, kommt es zu starken Schwankungen der Kugel, den sogenannten *kritischen Fluktuationen*. „Ein Beispiel hierfür sind beim Laser die durch stimulierte Ausstrahlung erzeugten Lichtwellen, die immer langsamer abklingen, je näher der Laser zum Einsatzpunkt für das eigentliche Laserlicht kommt.“ (Haken & Schiepek 2006, S.81). Das Phänomen des immer langsameren Abklingens, je näher der Kontrollparameter sich seinem kritischen Wert nähert, wird als *kritisches Langsamerwerden* bezeichnet.
5. Wenn das System durch Erhöhung des betreffenden Kontrollparameters schon etwas oberhalb der Instabilitätsschwelle ist, „so kann eine Konfiguration des Systems, z.B. eine spezielle Lichtwelle, zunächst immer mehr anwachsen, während alle anderen Konfigurationen, nachdem sie durch Schwankungen entstanden sind, wieder aussterben“ (aaO., S.81f.). Die Systemkonfiguration, die sich gegen die andern durchgesetzt hat, wird *Ordner* oder *Ordnungsparameter* genannt. In der Nähe von Instabilitätspunkten können mehrere Ordner entstehen, die miteinander konkurrieren, so dass nur einer überlebt, oder koexistieren oder sogar kooperieren, indem sie sich gegenseitig am Leben erhalten. Im Lauf der Zeit können Ordner sich auch gegenseitig abwechseln, indem mal der eine, mal der

---

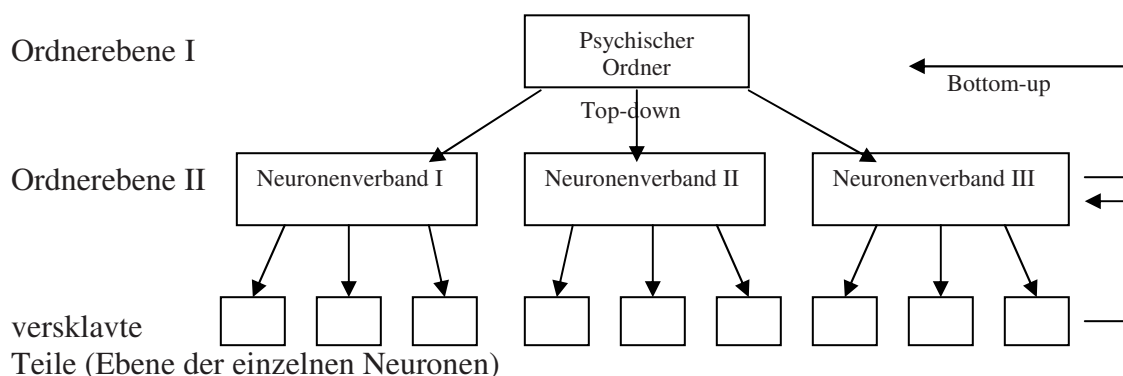
Zustand maximaler Konsistenz zu erreichen und ist deswegen bemüht, Inkonsistenzen zu reduzieren im Sinne eines homöostatischen Prozesses (vgl. dazu Grawe 2004, S.219-327). Grawe spricht in diesem Zusammenhang von „Lernen durch Inkonsistenzreduktion“ (aaO., S.321)

<sup>162</sup> kritischer Wert = der Wert, bei dem das System instabil wird und ein Phasenübergang stattfinden kann

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

andere gewinnt usw.. „Selbst wenn ein System komplex ist, treten an seinen Instabilitätspunkten nur wenige Ordner auf“ (aaO., S.82) Ordner genügen also einer *niedrigdimensionalen Dynamik*. Die niedrigdimensionale Dynamik folgt aus der Eigenschaft eines Ordners, seine Teile zu *versklaven*, so dass nur wenige Ordner das Verhalten sehr vieler Teile bestimmen.

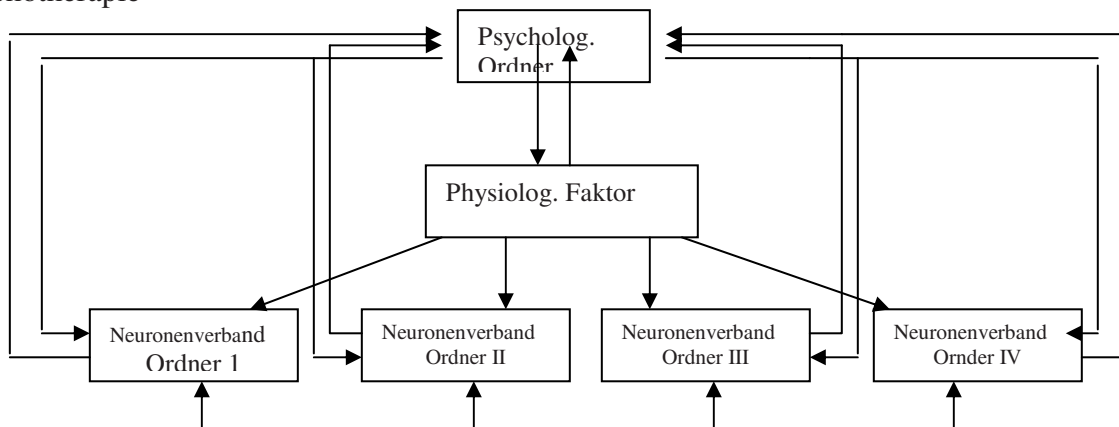
6. *Zirkuläre Kausalität*: Einerseits bestimmen die wenigen Ordner das Verhalten der vielen Teile, andererseits entstehen die Ordner erst durch das Zusammenwirken der Teile. Dadurch dass das Systemverhalten durch wenige Ordner beschrieben werden kann, haben wir es mit „einer enormen *Informationskompression*“ (aaO., S.83) zu tun. Betrachtet man die Zirkularität aus Sicht der Teile, dann scheinen sich die Teile über ihre Wechselwirkungsbeziehungen zu ordnen. In den Humanwissenschaften „können wir dann von *Einbindung* oder auch *Konsensualisierung* sprechen“ (ebd.). Dabei reagieren Ordner langsamer als ihre Teile auf Kontrollparameteränderungen, so dass man eine *Zeitskalenhierarchie* annehmen kann, die sich zu einer *Hierarchie von Ordnern* fortsetzen lässt: der oberste Ordner I versklavt unter ihm stehende Ordner II, die dann die einzelnen Teile versklaven. Auf das Leib-Seele-Problem bezogen kann man also annehmen, dass einzelne Neuronen durch die koordinierte Tätigkeit von Neuronenverbänden und die Neuronenverbände wiederum von Ordnern der psychischen Ebene versklavt werden. Eine Grafik mag diese Zusammenhänge veranschaulichen:



**Abb.3. 1: Teil-Ganzes-Relationen von Neuronen, Neuronenverbänden und psychischem Ordner**

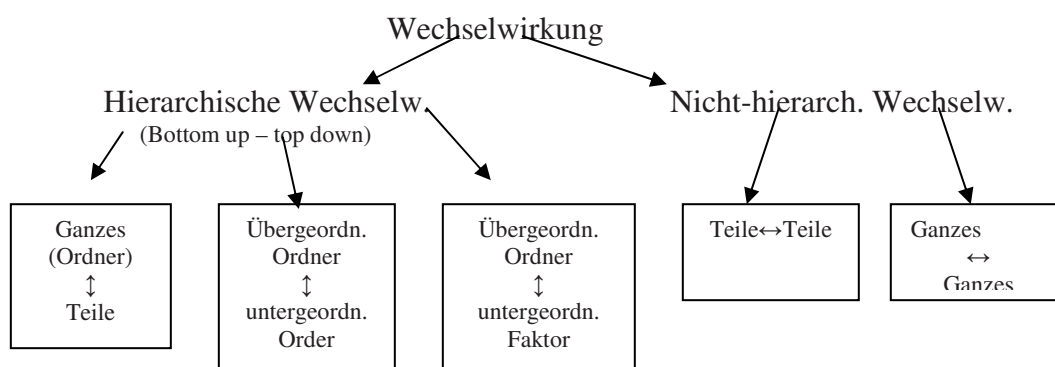
Die zirkuläre Kausalität und Selbstorganisation lässt sich also nicht nur für die physiologische<sup>163</sup> Ebene annehmen, sondern kann darüber hinaus ebenenübergreifend auch für den Zusammenhang von psychischer und physischer Ebene angenommen werden. Wenn man in empirischen Untersuchungen das Surface-EEG als Erhebungsinstrument nutzt, erfasst man nicht die Ebene einzelner Neuronen, sondern immer die koordinierte Aktivität von Neuronenverbänden. Erhebt man dann zusätzlich psychologische Variablen, dann erfasst man Zusammenhänge zwischen Ordner Ebene I und II. Die Begrifflichkeit und die Konzepte der Synergetik erlauben also eine ebenenübergreifende Konzeptualisierung der Selbstorganisationsprozesse. Aus synergetischer Sicht liegt dem empirischen Teil der vorliegenden Arbeit folgendes Modell zugrunde:

<sup>163</sup> Die Begriffe psychisch – psychologisch werden hier synonym gebraucht, ebenso physisch – physiologisch. Dies deswegen, weil wir immer „nur“ Theorien der Dinge haben, jedoch nie das „Ding an sich“ (Kant) und deswegen, wenn von der psychischen bzw. physischen Ebene gesprochen wird, dann natürlich dies nur physiologisch bzw. psychologisch getan werden kann, und wenn von der physiologischen bzw. psychologischen Ebene gesprochen wird, dann natürlich die Physis bzw. Psyche als deren Gegenstand gemeint ist.



**Abb.3. 2: Teil-Ganzes-Relationen von Neuronenverbänden, physiologischem Faktor und psychologischem Ordner**

Deutlich wird, dass man verschiedene Arten von Wechselwirkungen unterscheiden muss:



**Abb.3. 3: Arten von Wechselwirkungen**

In der vorliegenden Untersuchung erfassen die psychologischen Variablen den psychologischen Ordner, und die physiologischen Variablen physiologische Ordner, wobei aus methodischen Gründen die Datenfülle nach faktoranalytischen Prinzipien reduziert wurde, so dass ein psychologischer Ordner schließlich einem physiologischen Faktor gegenübersteht, wobei unklar ist, ob der physiologische Faktor<sup>164</sup> ein übergeordneter physiologischer Ordner ist oder nur gemeinsame Anteile der physiologischen Ordner repräsentiert. Letzteres ist im Falle der vorliegenden empirischen Untersuchung anzunehmen, weil Querschnittsdaten über Personen erhoben wurden und nicht, wie in der synergetischen Forschung üblich, Längsschnittdaten in Form von Zeitreihen. Wenn die psychologische Ebene im Sinne der zirkulären Kausalität mit den Neuronenverbänden interagiert, dann ist davon auszugehen, dass sich zwischen physiologischem Faktor und psychologischem Ordner Wechselwirkungen finden sollten. Die gefundenen

<sup>164</sup> „Faktoren können als Ordner eines komplexen Systems interpretiert werden (Anm.: Die in der Psychologie bekannte Hauptkomponentenanalyse wird in der Synergetik unter der Bezeichnung ‚Karhunen-Loève-Expansion‘ behandelt und dient explizit zur Identifikation von Ordnungsparametern in Multikomponentensystemen [...].“ (Haken und Schiepek 2006, S.365f.)



### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Wechselwirkungen stehen somit in Einklang mit der Annahme zirkulärer Kausalität.

Haken selbst hat wiederholt darauf hingewiesen, dass die Begrifflichkeit und die Konzepte der Synergetik es erlauben, Selbstorganisationsprozesse ebenenübergreifend – die physiologische und die psychologische Ebene umfassend – zu konzeptualisieren:

„Wir wollen hier den extremen Fall wählen, das Gehirn. Die Neuronen samt ihren Verknüpfungen behandeln wir als Untersysteme. Die chemischen und elektrischen Aktivitäten der Neuronen können durch eine Vielzahl mikroskopischer Variabler beschrieben werden. Als Ordnungsparameter wirken dann aber letzten Endes die Gedanken. Beide Teile bedingen einander.“ (Haken 1989, 15f.)

Auch in einer neuen Veröffentlichung greift Haken diesen Gedankengang auf:

„Ferner müssen wir davon ausgehen, dass im Sinne der zirkulären Kausalität das Bewusstsein als Ordner und Neuronen als (versklavte) Teile eine Einheit bilden.“ (Haken 2008, S.243)

An dieser Stelle kritisiert Stephan (2007, S.235ff.), dass das Versklavungsprinzip eine spezifische Variante der *downward causation* darstellen würde, wenn auch Haken den Begriff der *zirkulären Kausalität* bevorzugen würde, weil Haken davon ausgeht, dass der Ordner erst durch das Zusammenwirken der Teile hervorgebracht wird. Nichtsdestotrotz würde es sich um ein „wechselseitiges Verursachungsverhältnis“ (aaO., S.235) handeln. Nach Haken würden die Gedanken die neurophysiologischen Vorgänge versklaven:

„Sowohl in diesem Fall als auch in den von Haken untersuchten sozialen Systemen wird den Ordnern dabei eine kausale Rolle zugesprochen, die sie nicht haben. Es gibt keinen *modus operandi*, nach dem etwa das Betriebsklima das Verhalten irgendeines Angestellten ‚versklavt‘. Das Betriebsklima tut gar nichts. Es ist Ausdruck des atmosphärischen Zustandes einer Gruppe, es sagt informationskomprimiert etwas aus über die Art und Weise, wie die Mitglieder einer Gruppe meistens miteinander umgehen; aber es hat nicht selbst Umgang mit Mitgliedern [...]“ (Stephan 2007, S.237)

Denkt man diesen kritischen Einwand zuende, dann wird man sämtliche Befunde der Sozialwissenschaften und der Psychologie als Scheinbefunde betrachten müssen. Wie ist dann z.B. der immer wieder bestätigte Befund zu sehen, dass die therapeutische Beziehung zwischen TherapeutIn und KlientIn ca. 30% der Outcomevarianz aufklärt, also ein wesentlicher ursächlicher Faktor des Therapieerfolgs ist? (Hubble, Duncan, Miller 2001; Grawe 1998) Natürlich wird man sich, wenn man diesen Befund ernst nimmt, überlegen müssen, wie man es schaffen kann, eine tragfähige, aus Sicht der KlientIn gute therapeutische Beziehung herzustellen, wobei dabei dann einzelne Verhaltensweisen der TherapeutIn zum Tragen kommen, und wie gut diese Angebote auf die Vorstellungen der KlientIn abgestimmt sind. Neuere Untersuchungen zeigen, dass es dabei vor allem darauf ankommt, sich regelmäßig eine Rückmeldung geben zu lassen, ob das therapeutische Angebot passt und was eventuell fehlt oder anders gemacht werden sollte (Miller 2006; Anker et al. 2009 in press). D.h.: das psychologische Konstrukt ‚Beziehung‘, welches selbst nie mit KlientInnen in Beziehung tritt, ist aber dennoch in der Lage, das Verhalten von TherapeutIn und KlientIn und den Erfolg des Unternehmens Psychotherapie zu beeinflussen. Ja, erst auf der Basis dieses Konstruktes lassen sich therapeutische Handlungen kritisch untersuchen in Hinblick darauf, ob sie zielführend sind oder nicht. Wenn die Forschung gezeigt hätte, dass das Konstrukt therapeutische Beziehung irrelevant bezüglich der Aufklärung der Outcomevarianz ist, dann würde dies Ergebnis andere Schlussfolgerungen für die therapeutische Praxis nach sich ziehen. Die Kausalitätsannahme des Ordners therapeutische Beziehung bezüglich des Therapieoutcomes ist also von hoher Relevanz für die klinische Forschung und Praxis. Stephan scheint nur *starke Kausalität*<sup>165</sup> zuzulassen, was aber bedeutet, dass strenggenommen Kausalitätsaussagen nur in der klassischen Physik gemacht werden könnten, während sie in den Sozialwissenschaften auf jeden Fall unmöglich wären. Das Konzept der schwachen Kausalität (s. dazu Teil I, Kap.1.3.) lässt hingegen Kausalitätsaussagen auch in den Sozialwissenschaften zu und ist zur Beschreibung von

<sup>165</sup> siehe dazu Teil I, Kap.1.3.

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Selbstorganisationsprozessen in Physik und Sozialwissenschaften angemessener als das Konzept der starken Kausalität. Stephans Argumentation ist also selbst fragwürdig und daher nicht in der Lage, das Konzept der zirkulären Kausalität ernsthaft infrage zu stellen. Dem Einwand der Verletzung der Geschlossenheit der physikalischen Welt kann man begegnen, indem man den Begriff des Physischen erweitert, so dass Physisches auch psychische Prozesse umfasst, wobei letztere physische Prozesse anderer Art wären als die klassischen physischen Prozesse (s. dazu oben Teil I, Kap.1.3), wobei dann aber die Frage auftaucht, wie psychische Prozesse eine besonderer Art physischer Prozesse sein können, ohne in die Identitätstheorie mit ihren Schwierigkeiten zu verfallen. Dies ist nur möglich, wenn man als Basis aller überhaupt möglichen Prozesse in unserem Kosmos Quanteninformation als physikalische Größe (Prototypisierung) annimmt. Dies wird im folgenden Kapitel noch ausführlicher dargelegt werden.

Nun möchte ich noch kurz auf einige empirische Befunde zur Synergetik eingehen, die hier in ihrer Ausführlichkeit nicht erschöpfend dargestellt werden können. Für eine umfassende Darstellung sei auf die spezielle Literatur verwiesen (Schiepek 2003; Strunk & Schiepek 2006; Haken & Schiepek 2006; Haken & Haken-Krell 1997). Immer wieder angeführt werden die Kelso-Experimente zur Fingerbewegung (z.B. Haken & Schiepek 2006, S. 155 ff.): Die Versuchspersonen sollen im Takt eines Metronoms ihren rechten und linken Zeigefinger parallel bewegen, wobei der Takt schrittweise gesteigert wird (Kontrollparameter). In einer anderen Variante des Experimentes soll die Versuchsperson nach einem Piepton mit dem Zeigefinger der dominanten Hand eine Taste drücken (off-beat), wobei die Töne immer schneller aufeinander folgen (Kontrollparameter). Für die psychologische Verhaltensebene konnte gezeigt werden, dass ab einer bestimmten Geschwindigkeit des Metronoms bzw. der Pieptonabfolge die parallele Bewegung (Ordnung) bzw. der off-beat in eine symmetrische (antiparallele) bzw. gleichzeitige Bewegung (Ordnung) überging (Ordnungs-Ordnungsübergang). Es konnte u.a. gezeigt werden, dass in der Nähe des Instabilitätspunktes kritische Fluktuationen und kritisches Langsamerwerden auftraten, bevor schließlich der Phasenübergang in die antiparallele Bewegung stattfand. Die Verhaltensebene lässt sich also als selbstorganisiertes System verstehen. Kelso hat in seinen Untersuchungen aber nicht nur die Verhaltensebene einbezogen, sondern später auch die physiologische Ebene als magnetische Aktivität (Magnetenzephalogramm MEG) berücksichtigt. Dabei untersuchte er die Gehirnaktivität an 37 Orten der Schädeloberfläche vor allem in der Nähe von Instabilitätspunkten mit folgenden Ergebnissen:

„Wie eine detaillierte Analyse ergab, wird das ganze [sc. physiologische] Geschehen von zwei [sc.: Meta-] Ordnern beherrscht. [...] Es scheint so, als würden sowohl der Mototeil des Gehirns als auch der sensorische Teil je einen [sc.: Meta-]Ordner beitragen. Diese ‚reden‘ sozusagen miteinander und stimmen ihr Verhalten gegenseitig ab, wobei dann aber ein grundlegender Umschlag im Verhalten auftritt. Im Übergangsbereich beobachtet man bei den Gehirnwellen genau das gleiche, was wir auch schon bei den Fingerbewegungen kennen gelernt haben, nämlich das *kritische Langsamerwerden* und die *kritischen Fluktuationen*. Diese ständigen Begleiter von Phasenübergängen lassen sich also nicht nur peripher bei den Fingerbewegungen nachweisen, sondern sind im Gehirn selbst verankert – ein starker Hinweis, dass das Phänomen der Selbstorganisation auch den dynamischen Übergängen im Gehirn zugrunde liegt [...].“ (Haken & Schiepek 2006, S.174)

Deutlich wird, dass Kelso und Mitarbeiter hier, wie wir es schon in ähnlicher Weise kennen gelernt haben (vgl. Teil I, Kap. 5.1.), ausschließlich untersucht, ob sich Phasenübergänge parallel zur Verhaltensebene auch physiologisch finden lassen und ob diese Prozesse auf der physiologischen Ebene sich auch durch wenige physiologische Ordnern beschreiben lassen. Den möglichen Zusammenhängen zwischen psychologischen und physiologischen Ordnern geht er über die Isomorphieannahme hinaus nicht nach. Er hätte dann nämlich prüfen müssen, ob z.B. der Verhaltensordner hierarchisch höher steht als die physiologischen Ordnern, d.h. ob zwischen Verhaltensordner und physiologischen Ordnern zirkuläre Kausalität besteht. Oder er hätte dann, wenn er diesen Zusammenhängen hätte genauer auf den Grund gehen wollen, mittels SEM die ermittelten korrelativen Zusammenhänge auf Monokausalität oder Wechselwirkungen überprüfen

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

müssen, wobei die Korrelationen dabei über Zeitpunkte oder über Personen hätten ermittelt werden können. Da Zeitreihen generiert worden sind, hätte man auch Kreuzkorrelationen von MEG-Intensitätszeitreihen mit den Bewegungsfrequenzzeitreihen pro Ort und Person ermitteln können, was ebenfalls ermöglicht hätte, Wechselwirkungen zu untersuchen. Auch hätte man MEG-Intensitäten an den verschiedenen Orten des Gehirns über Zeitpunkte korrelieren und dann eine Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) durchführen können, um so feststellen zu können, durch wie viele zugrundeliegende physiologische Ordner das physiologische Geschehen bestimmt wird. Letzteres ist von Kelso et al. im Rahmen des Haken-Friedrich-Uhl-Verfahrens (Haken & Schiepek 2006, S.132f.) tatsächlich durchgeführt worden (Haken & Haken-Krell 1997, S.153). Die dabei ermittelten Faktoren (oder Ordner in der Terminologie der Synergetik) hätte man dann mit der Bewegungsfrequenz korrelieren und mit LISREL in Hinblick auf Wechselwirkung oder Materialismus weiteranalysieren können. Zusätzlich hätte man eine Faktorenanalyse mit den physiologischen und den psychologischen Daten über Zeitpunkte pro Versuchsperson mit schiefwinkliger Rotation der Faktoren durchführen können, so dass man die dabei ermittelten Faktoren nun einer Hauptkomponentenanalyse mit Varimaxrotation (orthogonale Faktoren)<sup>166</sup> hätte unterziehen können. Oder man hätte das Haken-Friedrich-Uhl-Verfahren, welches dazu dient, bei multivariaten Messreihen zu ermitteln, durch wie viele Ordner der Datensatz bestimmt wird, nicht nur für die physiologischen Daten, sondern unter Einbezug der psychologischen Ebene durchführen können. Dabei hätte durchaus herauskommen können, dass das hierarchische Modell der zirkulären Kausalität (psychologische Faktoren als Faktoren erster Ordnung und physiologische Faktoren als Faktoren zweiter Ordnung)<sup>167</sup> im Gegensatz zur nicht-hierarchischen Wechselwirkungsannahme zutrifft bzw. nicht zutrifft, oder dass nicht-hierarchische Wechselwirkungsbeziehungen sich auf der Basis zirkulärer Kausalität verstehen lassen. Denn zwischen zwei sich selbstorganisierenden Systemebenen bzw. zwei sich selbstorganisierenden Systemen können monokausale oder lineare Wechselwirkungsbeziehungen vorkommen, worauf Velazquez et al. hinweisen:

---

<sup>166</sup> Eine andere Möglichkeit, Faktoren erster und zweiter Ordnung zu generieren, besteht darin, eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimaxrotation durchzuführen und in einem zweiten Schritt dann die orthogonalen Faktoren regressionsanalytisch zu schätzen, so dass mit die Korrelationsmatrix der Schätzwerte dann erneut einer varimax rotierten Hauptkomponentenanalyse unterzogen werden kann mit der Ergebnis, nun zusätzlich Faktoren zweiter Ordnung generiert zu haben. (s. dazu Haken & Schiepek 2006, S.372f.)

<sup>167</sup> wenn man die Korrelationsmatrix aus der Bewegungsfrequenz als psychologischer (Verhaltens-)variable und den physiologischen MEG-Intensitätsvariablen faktorenanalytisch mit schiefwinkliger Rotation untersucht, müsste die Bewegungsfrequenz, wenn diese konsititiv für den oder die übergeordneten Ordner ist, auf den ermittelten Faktoren hochladen, so dass die Bewegungsfrequenz im Wesentlichen verantwortlich ist für die redundante Information der korrelierten Faktoren. Unterzieht man die Korrelationsmatrix der Faktoren nun einer Faktorenanalyse mit orthogonaler Rotation, dann wird redundante Information minimiert, so dass nun unabhängige Faktoren zweiter Ordnung ermittelt werden. Um zu ermitteln, ob auf den Faktoren zweiter Ordnung nun vor allem physiologische Variablen laden, sind die physiologischen und die Verhaltensvariable nun mit den Faktoren zweiter Ordnung zu korrelieren. Wenn nun die Verhaltensvariable deutlich weniger, am besten natürlich nicht mehr signifikant mit den Faktoren zweiter Ordnung korreliert, kann von einer hierarchischen Struktur, in der die Verhaltensvariable als Ordner über den physiologischen Ordnern steht, ausgegangen werden. (Vgl. dazu Bortz 1985, S.665)

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

„This may seem paradoxical, nevertheless it is known that two coupled systems governed by chaotic dynamics can synchronize their chaotic trajectories, even though the coupled systems remain chaotic, only their trajectories are locked to each other.“ (Velazquez, Erra, Wennberg, Dominguez 2009, S.2)

Das Zitat verweist noch auf eine weitere methodische Möglichkeit, nämlich Trajektorien auf der psychologischen und der physiologischen Ebene zu berechnen und dann zu ermitteln, wie die Trajektorien sich zueinander verhalten. Aber dies ist in den vorliegenden Untersuchungen leider nicht geschehen.

In einer anderen Untersuchung von Meyer-Lindenberg et al. aus dem Jahr 2002 (siehe Haken & Schiepek 2006, S.174ff.) wurde das Kelso-Experiment der parallelen bzw. antiparallelen Fingerbewegung durchgeführt, wobei zusätzlich der regionale cerebrale Blutfluss (rCBF) mittels Positronenemissionstomographie (PET) erhoben wurde. Dabei zeigte sich, dass die Frequenz der Parallelbewegung (nicht der stabilen, symmetrischen, antiparallelen Bewegung) mit dem rCBF korrelierte u.a. in prämotorischen und supplementärmotorischen Arealen, während im primären Motorkortex ausschließlich ein Haupteffekt der Bewegung vorlag: die Bewegungsfrequenz (Kontrollparameter) korrelierte hier mit dem rCBF unabhängig von der Bewegungsart. Darüber hinaus wurde mittels transkranieller Magnetstimulation (TMS) über verschiedenen motorischen Arealen des Kortex festgestellt, dass Bewegungsänderungen nur für den Umschlag vom instabilen parallelen ins stabile symmetrische Muster, nicht umgekehrt, induziert werden konnten. Dabei konnten bei hoher Taktfrequenz des Metronoms (instabiles paralleles Muster) sehr viel mehr Übergänge durch die TMS-Verstörung induziert werden als bei niedrigeren Frequenzen. Für psychotherapeutische Interventionen ist vor allem folgender Befund relevant: die Intensität der Verstörungsvariable (Stärke der TMS) korreliert negativ mit dem Grad der Instabilität des Attraktors<sup>168</sup>; je instabiler das System ist, desto geringer ist der nötige therapeutische Aufwand, den man für einen Phasenübergang aufbringen muss. Da nicht nur die Bewegungsfrequenz (Verhaltensebene als Kontrollparameter), sondern auch die physiologische Variable mindestens auf Intervallniveau erhoben wurde, wäre es möglich gewesen, die korrelativen Zusammenhänge zwischen den beiden Ebenen mittels SEM auf Kausalität oder Wechselwirkung zu prüfen. Dies ist jedoch auch hier nicht geschehen.

In unserem Zusammenhang stellt sich nun die Frage, wie man Aufmerksamkeitsstörungen mit und ohne Hyperaktivität aus der Perspektive der Synergetik betrachten kann. Folgende bei AD(H)S auftretende Phänomene lassen sich aus der Perspektive der Synergetik beschreiben:

- Die Gabe von Methylphenidat scheint als Kontrollparameter zu wirken: während die Person mit AD(H)S ohne Medikament die typischen Symptome der Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität (psychologische Ordnung) aufweist, sind diese nach Medikamentengabe deutlich reduziert (Veränderung des frontalen Dopaminstoffwechsels). Stimulantien haben eine sehr hohe Halbwertszeit, werden also schnell verstoffwechselt, so dass der Wirkstoffpegel schnell anflutet, aber auch genauso schnell wieder sinkt. In der Phase des Absinkens kommt es oft zu Rebounderscheinungen: die Symptome, derentwegen die Person das Medikament nimmt, treten häufig in verschlimmelter Ausprägung auf als ohne Gabe des Medikamentes. Dies lässt sich so erklären, dass das Abfluten des Wirkstoffpegels (Kontrollparameter) mit kritischen Fluktuationen einhergeht, da der zugehörige Attraktor in der Abflutungsphase instabil ist, bis

---

<sup>168</sup> Ordnungsparameter und Attraktor sind synonyme Begriffe (Strunk & Schiepek 2006, S.83): „Jedes System bildet bei einer gegebenen Kontrollparametereinstellung eine ihm eigene Prozessgestalt im Sinne eines Ordnungsparameters aus, die auch gegen kleine Verstörungen aus der Umwelt stabil bleibt. Der Begriff des Ordnungsparameters beschreibt also im Wesentlichen das, was [...] als Attraktor bezeichnet wurde.“

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

- sich die Symptomatik wieder auf den Stand vor der Medikamentengabe eingependelt hat.
- Im Standardprotokoll des Neurofeedback wird die Verminderung der Amplituden von delta und theta-Wellen und die Erhöhung der Amplituden von SMR- und Betawellen operant verstärkt. Mit diesem Lernprozess geht eine Steigerung des Arousalniveaus einher, welches sich darin zeigt, dass deutliche Besserungen in der
- Kernsymptomatik des AD(H)S auftreten, die aber anfangs nur höchstens 24 Stunden anhalten. D.h. anfangs ist die Wirkung genauso zeitlich begrenzt wie bei der medikamentösen Therapie, wobei dies jetzt aber daran liegt, dass die Erhöhung des Arousalniveaus von externen Verstärkern abhängt, die im Umfeld so nicht auftreten. Wenn es in der Therapie gelingt, die externe Kontrolle in eine interne Kontrolle umzuwandeln, indem die KlientIn lernt, welche mentalen Strategien mit einer Arousalerhöhung einhergehen, so dass sie diese Strategien selbstbestimmt im Alltag anwenden kann und dann auch motiviert ist, dies zu tun, dann dehnen sich die kurzfristigen positiven Effekte aus und werden zunehmend stabil. Die KlientIn hat dann gelernt, den Kontrollparameter Aufmerksamkeit zu kontrollieren und so verfügbar zu machen für die Aufgabenbewältigung im Alltag, so dass nun auch für die KlientIn gilt: „Den Finger am Regler der Kontrollparameter hat das System selbst [...]“ (Strunk & Schiepek 2006, S.293) Dabei muss man allerdings aufpassen, dass man Transferübungen im Alltag nicht zu früh durchführen lässt; wenn der Zeitpunkt zu früh gewählt ist für die Aufgabe, zuhause die mentalen Strategien anzuwenden, dann macht das Kind dies entweder nicht oder aber aus dem AD(H)S-State (=AD[H]S-Ordner) heraus, so dass die Anwendung als aufgezwungen und nicht hilfreich erlebt wird. Notwendig ist also, das Training in den Therapiesitzungen so lange fortzusetzen, bis der Phasenübergang vom AD(H)S-State in ‚konzentrierte Aufmerksamkeit, wo nötig‘ (=konzentrierter State als angestrebter Ordner im Sinne eines Ordnungs-Ordnungsübergangs) so lange anhält, dass das Kind in der Lage ist, die mentalen Strategien aus dem neuen State heraus zu machen. Dies kann und sollte, je nach Alter des Kindes, mittels operanter Verstärkung durch die Eltern unterstützt werden. Das dies sehr wichtig ist, hat die Untersuchung von Monastra et al.(2002) aufgezeigt (s.o. Teil I Kap.62.): ein systematischer Erziehungsstil fördert den Lernerfolg des Neurofeedbacktrainings wesentlich, denn durch sofortige und konsistente Belohnung kann die mangelnde Kontrolle des Aufmerksamkeitsparameters durch erhöhte Energetisierung, die mit der Belohnung einhergeht, kurzfristig kompensiert werden. Man kann darüber hinaus annehmen, dass die sofortige und konsistente Belohnung den Lernprozess, Kontrolle über die Aufmerksamkeit und das damit einhergehende Arousalniveau zu bekommen, unterstützt, indem die Prinzipien des Neurofeedbacktrainings (operante Verstärkung von erwünschtem Arousalniveau) auch im Alltag zur Anwendung kommen.
- Aufmerksamkeit ist ein wesentlicher Faktor für Wahrnehmungs- und Lernprozesse. So nimmt man z.B. an, dass wenn auf einem Bild eine Person im Vordergrund und ein halb verdecktes Gesicht einer anderen Person im Hintergrund abgebildet ist, das hintere Gesicht nur erkannt werden kann, wenn der Aufmerksamkeitsparameter für den diesbezüglichen Ordner  $> 0$  ist. Nur wenn für beide Gesichter Aufmerksamkeit aufgebracht wird, können beide auch erkannt werden, was Haken mittels einer synergetischen Computersimulation aufgezeigt hat. Haken & Haken-Krell fassen die Ergebnisse der Simulation folgendermaßen zusammen:

„Wir glauben, dass diese Resultate einen Hinweis darauf geben, wie das menschliche Gehirn komplexe Szenen wahrnimmt. Das Gehirn erkennt zunächst einen Teil davon, dann schwindet die zugehörige Aufmerksamkeit dahin, Aufmerksamkeit wird auf einen anderen Teil der Szene gerichtet usw.“ (Haken & Haken-Krell 1997, S.170f.)

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Dies setzt die Fähigkeit voraus, Aufmerksamkeit lange genug auf einen Teilaspekt einer Szene zu richten. Wenn nun die Daueraufmerksamkeit extrem eingeschränkt ist wie im Falle von AD(H)S, ist es oft nicht mehr möglich, alle relevanten Aspekte einer Szene zu erfassen. Die Beobachtung, dass Personen mit AD(H)S häufig Einzelheiten übersehen, wird so verständlich. Personen mit AD(H)S haben demnach weniger Kontrolle über den Kontrollparameter Aufmerksamkeit als Personen ohne AD(H)S.

- Personen mit AD(H)S haben unter Nullverstärkungsbedingungen größere Schwierigkeiten, bei einer gestellten Aufgabe zu bleiben und zu lernen, als Kontrollpersonen. ADHD-Personen zeigen andererseits größere Verbesserungen der Aufgabenbewältigung, wenn sofortige und konsistente Verstärkung eingeführt wird. Dieser Befund zeigt auf, dass unter Nullverstärkungsbedingungen Aufmerksamkeit als Kontrollparameter für Lernprozesse defizitär ist, wie schon oben dargelegt. Sofortige und konsistente Verstärkung scheint bei AD(H)S hingegen als Kontrollparameter für Aufmerksamkeit (als psychologischer Ordner) zu fungieren. Indem sofortige und konsistente Verstärkung energetisierend wirkt, ermöglicht sie, die Aufmerksamkeit so herzustellen, dass nun Lernprozesse möglich sind. Dies macht man sich beim Neurofeedback zunutze, indem jede Ausprägung des EEG's, welches über einer definierten Schwelle liegt, sofort mit einem Punkt (Score) quittiert wird und zugleich versucht wird, die Rückmeldung der EEG-Parameter so spannend wie möglich zu gestalten, indem sie in eine Art Computerspiel eingebettet werden. Bei vielen Kindern ist es nach einer sogenannten Placebo-Phase, in der alles noch neu und aufregend war, was mit guten Lernfortschritten einhergeht, notwendig, die erzielten Scores in Belohnungspunkte umzuwandeln, die dann in materielle Belohnungen eingetauscht werden spätestens alle drei Sitzungen.
- Die therapeutische Erfahrung, dass Therapieergebnisse im Einzelfall nie sicher vorhergesagt werden können, bestätigt die Modellannahmen der Synergetik und nicht-linearer dynamischer Systemtheorien: jegliche Intervention ist niemals Instruktion, sondern immer nur Verstörung des Systems, welches sich dann im Rahmen seiner Selbstorganisationsprozesse neu justiert. Wenn eine Intervention wie eine Instruktion erscheint und wirkt, dann deshalb, weil die betreffende Instruktion genau zu den Bedürfnissen und Vorstellungen der KlientIn gepasst hat, sowohl inhaltlich als auch in der Art der Vermittlung. Es kann also bei manchen KlientInnen sinnvoll sein, Empfehlungen in der Art von Instruktionen zu geben (komplementäre Beziehungsgestaltung, s. dazu Grawe 1998). Daraus folgt, dass auch Verstärkerpläne in der Arbeit mit AD(H)S-Kindern nicht instruktiv zu verstehen sind, sondern: Da die Kinder mit AD(H)S aufgrund ihrer veränderten Zeitwahrnehmung im Hier und Jetzt leben, können sie Belohnungen schlechter aufschieben als Kontrollkinder und sind schwerer in der Lage, sich für entferntere Belohnungen anzustrengen. D.h., dass AD(H)S-Kinder nur schwer in der Lage sind, ihr Verhalten nach mittelfristigen, geschweige denn langfristigen, persönlichen Zielen auszurichten. Daher ist es notwendig, mittel- und langfristige Ziele herunterzubrechen in den Nahraum, indem Verhaltensweisen, die der Erreichung mittel- und langfristiger Ziele dienen, sofort und konsistent operant verstärkt werden. Operante Verstärkungsstrategien passen also im besonderen Maße zur Selbstorganisation bei AD(H)S.

Nun möchte ich noch kurz auf den Begriff Bildung und seine Beziehungen zu Synergetik und Selbstorganisation eingehen, und zwar beispielhaft anhand des platonischen

Bildungsbegriffs<sup>169</sup>, wie er von Platon im Höhlengleichnis formuliert worden ist (siehe zum Folgenden Dörpinghaus/ Poenitsch,/Wigger 2009, S.44-53):

In Platons Höhlengleichnis kann man folgende Aspekte unterscheiden:

- Erst einmal befindet sich der Mensch in einem Zustand alltäglicher Befangenheit in Meinung und Vorstellung, symbolisiert über die Metapher des gefesselten Gefangenen in einer Höhle, der so gefesselt ist, dass er nur zur Höhlenwand schauen kann, auf der sich die Schatten der realen Dinge abbilden. Da alle in der Höhle in gleicher Weise gefesselt sind und alle dasselbe sehen, meinen alle, sich in der gemeinsamen Kommunikation bestätigend, sie würden die realen Dinge sehen, denn die Differenzierung zwischen Realität und Schatten ist ihnen in diesem primären Zustand nicht möglich. Aus synergetischer Perspektive sind die um uns herum herrschenden Meinungen oft Ordner, die die Meinung der einzelnen versklaven, so dass man sich vom Mainstream einfangen lässt:  
„ Die Sprache eines Volkes ist ein Ordner. Wird ein Baby geboren, so ist es der Sprache seiner Umgebung ausgesetzt, wird im Sinne eines terminus technicus von der Sprache versklavt, indem es diese lernt und dann als Erwachsener weiter trägt – ganz im Sinne der zirkulären Kausalität also. Hierbei wird zugleich ein weiteres Prinzip der Synergetik deutlich: Grob gesprochen adaptieren die Teile schnell, Ordner hingegen langsam. Kultur ist ein solcher Ordner, ebenso Rituale und auch das Betriebsklima. Religionen und Weltanschauungen gehören hier ebenfalls dazu.“ (Haken 2008, S.238)
- Wenn nun der Gefangene von seinen Fesseln befreit wird und aufgefordert wird, sich umzudrehen, wird er ins helle Licht schauen, seine Augen werden schmerzen und er wird erst einmal vermeintlich schlechter sehen als vorher und deswegen am liebsten wieder die Höhlenwand anschauen, zumal die anderen, wenn seine Augen vom Licht noch geblendet sind, ihn bestimmt auslachen würden. Auch aus synergetischer Sicht hat Widerstand gegen den Mainstream einen Preis:  
„Hierbei werden jedoch auch Grenzen und Einschränkungen des Versklavungsprinzips deutlich. So können wir uns z.B. Ritualen freiwillig entziehen, oder wir können uns einem Betriebsklima entziehen, indem wir die Firma wechseln. Allerdings beinhaltet das Versklavungsprinzip sowohl in der mathematischen Theorie als auch in der Praxis, dass *das Sich-Entziehen einen Aufwand erfordert*. An dieser Stelle stellt also das Versklavungsprinzip die Willensfreiheit des Individuums nicht in Frage. Es wird jedoch deutlich, *dass hier jeweils ein Preis zu zahlen ist*. Aus dem Versklavungsprinzip per se kann also nicht auf die Abwesenheit von Willensfreiheit beim menschlichen Verhalten geschlossen werden. Zugleich zeigt es aber, dass, wenn man den Anfängen bestimmter versklavender Zustände (z.B. in der Politik) nicht von vornherein trotzt, die Ausbildung des entsprechenden Zustandes fatale Folgen haben wird, wie es ja aus der neueren Geschichte bekannt ist.“ (Haken, aaO., S.239, Hervorhebungen von K-H.K.)
- Wenn ein pädagogisch ambitionierter Mensch nun den Gefangenen mit Gewalt den rauhen und steilen Aufgang hinaufschleppen würde, dann würde der von Schmerzen und seinen geblendeten Augen Geplagte sich nur widerwillig schleppen lassen oder sich gar gegen das Schleppen zur Wehr setzen. Aus synergetischer Sicht sind pädagogisch-therapeutische Verhaltensweisen, die zwar das richtige Ziel im Auge haben, jedoch die KlientIn nicht bei ihren gegenwärtigen Möglichkeiten abholen und versuchen, die KlientIn von der Notwendigkeit der Maßnahmen zu überzeugen, so dass die KlientIn sich autonom entscheiden kann, ob sie den mühsamen Veränderungsweg gehen will oder nicht, mit massivem Widerstand verbunden, der aus mangelnder struktureller Koppelung zwischen dem Therapeuten- und dem Klientensystem resultiert. Hier wird verständlich, warum sich immer wieder in empirischen Untersuchungen die Wichtigkeit der therapeutischen Beziehung gezeigt hat (Grawe 1984, Asay

---

<sup>169</sup> Wie Dörpinghaus et al (2009, S. 52) zu Recht anmerken, „wirkt Platons philosophische Begründung der Bildung [...] in maßgeblichen Konzeptionen von Pädagogik in der Gegenwart fort, wenn auch in manchen Fällen uneingestanden oder unbemerkt“.

/Lambert 2001). Die pädagogische Beziehung zwischen Lehrer und Schüler scheint mir in Anbetracht dieser Ergebnisse hingegen sowohl in der pädagogischen Forschung als auch in der didaktischen Diskussion unterbelichtet zu sein (vgl. Kaiser 2006, insbes. S.121ff und S.265f.; Klafki 2007)<sup>170</sup>. Die didaktischen Konzeptionen Kaisers und Klafkis sind von *Schülerorientierung* geprägt, da in ihnen Bildung als aktiver Aneignungsprozess verstanden wird mit dem Ziel der persönlichen Autonomie. Jedoch sagen beide zur konkreten Beziehungsgestaltung, mittels der ja dann die individuelle Schülerorientierung verwirklicht werden müsste, wenig. In PISA 2000 wurde im Rahmen der Erhebung von schulischen und außerschulische Bedingungen von Schulleistungen auch Variablen der Unterrichtsqualität und des Schulklimas erhoben, wobei die Lehrer-Schüler Beziehung unter dem Schulklima subsumiert wird (Tilmann et al. 2001, S.8 und S.22f.). Es stellte sich heraus, dass Schulklima und Fachleistung nicht korrelieren, jedoch ein positives Schulklima mit weniger deviantem Verhalten einhergeht: „Jugendliche, die das Schulklima positiv einschätzen, nehmen regelmäßiger als andere am Unterricht teil und neigen seltener zu körperlichen Gewalthandlungen“ (Schümer et al. 2001, S.493). Zu Variablen der Unterrichtsqualität gehört die erlebte Unterstützung durch den Lehrer und der Gebrauch individueller Bezugsnormen bei der Leistungsbewertung durch den Lehrer. Die Untersuchung von Gymnasien, die an PISA-E teilgenommen haben, zeigte, dass effiziente Klassenführung (gemessen am niedrigen Stand von Disziplinproblemen) und vor allem kognitive Aktivierung wichtige Beiträge zur Erklärung der Leistungsvarianz liefern, „während schülerorientiertes Unterrichten (hier gemessen an hoher Unterstützung durch den Lehrer und am Gebrauch individueller Bezugsnormen bei der Leistungsbewertung) ein zentraler Ansatzpunkt für die Interessenentwicklung der Schülerinnen und Schüler zu sein scheint“ (Baumert et al. 2003, S. 75). Leider wird im Rahmen der PISA-Studien die Lehrer-Schüler-Beziehung nur mit 5 unspezifischen Variablen (Likert-Skalen) erfasst (Schüler kommen mit den meisten Lehrern gut aus; den meisten Lehrern ist es wichtig, dass die Schülerinnen sich wohl fühlen; die meisten Lehrer interessieren sich für das, was ich zu sagen habe; wenn ich zusätzliche Hilfe braucht, bekomme ich sie von meinen Lehrern; Lehrer behandeln mich fair; s. Kunter et. al. 2002, S. 273), ohne sich auf konkrete Beziehungen zu beziehen. Möglich wäre es gewesen, die Beziehungen zum Deutsch-LehrerIn und zum Mathe-LehrerIn konkret zu erfragen, was aber nicht passiert ist. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass keine Korrelationen zwischen Beziehung und Fachleistung gefunden wurden. Die konkrete Erhebung der Lehrer-Schüler-Beziehung und die Subsumierung unter das Schulklima zeigt auf, dass auch im Rahmen der PISA-Studien der Lehrer-Schüler-Beziehung m.E. nicht der Stellenwert entgegengebracht wird, der ihr aufgrund der Prozeß-Outcome-Forschung, die bezüglich psychotherapeutischer Veränderungsprozesse durchgeführt wurde, als Arbeitshypothese für pädagogische Fragestellungen, in denen es um Veränderungsprozesse geht, entgegengebracht werden müsste.

- Neue Wahrnehmungen, Erkenntnisse und Verhaltensweisen brauchen Zeit, um sich schrittweise entwickeln zu können. So müsste sich der ins Licht gekommene

---

<sup>170</sup> H. von Hentig's Bielefelder Laborschule scheint mir hier eine wohlthuende Ausnahme zu sein: „Das pädagogische Programm der Laborschule Bielefeld betont, wie wichtig für Kinder und Jugendliche eine verlässliche und vertrauensvolle Beziehung zu ihren Lehrern ist. Die Lehrer der Laborschule interessieren sich nicht nur für die Leistungsfortschritte, sondern insbesondere auch für die Persönlichkeitsentwicklung. Zwischen Lehrern und Schülern soll sich ein persönlicher Kontakt entwickeln, bei dem der Lehrer auch die individuellen Bedürfnisse seiner Schüler kennt und ernst nimmt.“ (Trautwein et al. 2002, S.8)



Gefangene erst einmal an die Helligkeit gewöhnen. Er wird dann zuerst einmal die Schatten der Gegenstände erkennen, dann die Spiegelbilder der anderen Menschen und der Dinge im Wasser und dann erst sie selbst. Zuletzt würde er dann die Sonne<sup>171</sup> selbst, nicht nur ihre Spiegelbilder im Wasser oder anderswo, an ihrem eigenen Platz ansehen und sie so betrachten wie sie wirklich ist. Laut Platons Höhlengleichnis braucht also Veränderung Zeit, um sich zu etablieren und zu stabilisieren. In einem synergetischen Experiment (Haken & Haken-Krell 1997, S.111ff.) lernten die Versuchspersonen, statt nur parallele und antiparallele Bewegungen zu zeigen, auch eine Bewegungsabfolge, die genau zwischen parallel und antiparallel anzusiedeln ist. Dabei zeigte sich, dass der Erfolg des Lernens von der Lerndauer abhängig ist. Die Stabilität des neuen Bewegungsmusters erhöhte sich vom ersten bis zum fünften Lerntag deutlich, erkennbar daran, dass die relative Häufigkeit von richtig ausgeführten Bewegungen von Tag zu Tag zunahm.

- Bildung ist nach Platon nicht das Einpflanzen „von Wissen in die Seele, das vorher nicht darin war“ (Platon, zit. nach Dörpinghaus et al. 2009, S.47), sondern: „Die Bildung, fuhr ich fort, wäre nun also eine Kunst der ‚Umlenkung‘, die Art nämlich, wie dieses Organ [sc.: das Vermögen, das dem Menschen innewohnt und mit dem er lernen kann] am leichtesten und am wirksamsten umgewendet werden kann. Sie ist nicht die Kunst, ihm das Sehen zu verleihen; sondern indem sie voraussetzt, dass es diese zwar besitzt, aber nicht nach der richtigen Seite gewandt ist und deshalb nicht dorthin schaut, wohin es schauen sollte, will sie ihm behilflich sein.“ (Platon, Politeia, zit. nach Dörpinghaus 2009, S.47)

Deutlich wird, dass Platon an vorhandene Ressourcen der Person anknüpft und diese nutzt, um die Bildungsziele zu erreichen. Dabei werden die Ressourcen nun in neuen Zusammenhängen genutzt, so dass eine Veränderung und Weiterentwicklung ermöglicht wird. Bildung ist bei Platon ein aktiver Prozess der sich bildenden Person, die dafür aber der Anregung von außen, von anderen Personen bedarf. Hier zeigt sich der sich selbstorganisierende Charakter von Lernen und Entwicklungsprozessen, die aber der Anregungen durch die Umwelt bedürfen; Strunk & Schiepek (2006) formulieren unter Anspielung auf Piaget:

„In diesem Sinne kommt es nur dann zu einer Lernerfahrung, wenn ein Individuum durch den ‚Leidensdruck‘ einer fehlgeschlagenen Assimilation dazu motiviert wird. Ohne verstörende Inputs, ohne ein sanftes Infragestellen, ohne Widerspruch besteht für ein Individuum keine Veranlassung zur Weiterentwicklung. [...] Die Interpretation eines Lernprozesses als durch Verstörungen ausgelöste Beseitigung einer als unangenehm erlebten Verunsicherung setzt jedoch voraus, dass ein Individuum die Verstörung auch wahrnimmt, also bereit ist, sich den Herausforderungen zu stellen und anzuerkennen, dass ein bereits etabliertes Schema in bestimmten Fällen zu wenig passenden Wahrnehmungen, Handlungen oder Bewertungen führt. Eine solche Verstörung muss also hinreichend groß sein, darf aber nicht so dramatische Züge annehmen, dass ein Individuum nur mehr mit Verleugnung reagieren kann [...]“ (Strunk & Schiepek 2006, S.263)

Damit dürfte deutlich geworden sein, dass der platonische Bildungsbegriff als Umwendung und Aufstieg in wesentlichen Aspekten mit der Auffassung, dass Lernen und Entwicklung sich selbstorganisierende Prozesse sind, zur Deckung gebracht werden kann. Dies zeigt sich auch daran, dass Lernen und Entwicklung als sich selbstorganisierende Prozesse oft gerade nicht stetig, sondern in der Form von Phasenübergängen stattfindet; so wird auch Bildung als Umwendung und Aufstieg mit einem Krisenerleben der Person einhergehen, mit anfänglicher Verunsicherung, bis sich das Neue etabliert und stabilisiert hat. Dass pädagogische Prozesse nicht nur als stetige begriffen werden können, sondern das Unstetige ebenso seinen Platz in pädagogischen Konzeptionen haben muss, darauf hat Bollnow (1984) hingewiesen.

---

<sup>171</sup> Die Sonne steht bei Platon für die Idee des Guten selbst

### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Bezogen auf das *Leib-Seele-Problem* lässt sich *zusammenfassend* festhalten, dass die Synergetik mit den Konzepten Ordner, Teile, Versklavungsprinzip und zirkulärer Kausalität in der Lage ist, Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ebenen auch mathematisch zu konzeptualisieren. Leider sind bisher ebenenübergreifende Untersuchungen, die über die Isomorphieannahme<sup>172</sup> hinausgehen, nicht durchgeführt worden. Darüber hinaus ist kritisch anzumerken, dass man mittels synergetischer Begrifflichkeit zwar die Komplexität menschlichen Erlebens und Verhaltens gut beschreiben und auch simulieren kann, jedoch der Übergang von der physiologischen zur psychologischen Ebene des Erlebens und Verhaltens nicht plausibel wird. Dies zeigt sich auch darin, dass auch bei Einbezug mehrerer Ebenen in empirische Untersuchungen ebenenübergreifende Aussagen sich auf korrelative Zusammenhänge beschränken und eben nicht ebenenübergreifendes Structural equation modeling (SEM) durchgeführt oder Ordner auf psychologischer Ebene mit Teilen auf der physiologischen Ebene untersucht werden. Dies könnte daran liegen, dass Haken & Schiepek (s. Kap. 4 in Haken & Schiepek 2006) meinen, dass „eine Kombination aus Identitätstheorie und Aspektdualismus (bzw. methodischem Dualismus) dem Verständnis der Synergetik durchaus sehr nah“ (aaO., S.313) komme, wobei sie unter Identität vor allem Token-Identität verstehen, welche aber (s.o. Teil 1) nicht empirisch prüfbar, sondern eine metaphysische Grundannahme darstellt. Diese Grundannahme scheinen die Autoren zu machen, um sich nicht dem Verdacht auszusetzen, gegen das Postulat der Geschlossenheit der physikalischen Welt zu verstoßen. Trotz aller Fortschrittlichkeit der synergetischen Konzeptionen und empirischen Untersuchungen scheinen die Autoren hier doch noch dem Materiebegriff des 19. Jahrhunderts anzuhängen. Dadurch wird das Potential der synergetischen Herangehensweise an das Leib-Seele-Thema nicht vollständig ausgenutzt. Außerdem vermag, wie oben schon erwähnt, die Synergetik nicht plausibel zu machen, wie aus physiologischen Prozessen etwas so völlig verschiedenes wie Bewusstsein sich entwickeln kann ganz im Gegensatz zur nun im Folgenden darzustellenden Prototypisistheorie, die somit als notwendige Basis und Ergänzung zur Synergetik anzusehen ist.

#### 1.2. Das Prototypis-Modell von Th. und B. Görnitz

In Teil I, Kap. 1.2. habe ich ausgeführt, dass die Gesetze der klassischen Physik nur näherungsweise gültig sind, jedoch durch die Gesetze der Quantenphysik ersetzt werden müssen, sobald man Phänomene des subatomaren Bereichs verstehen möchte. Dies gilt auch, wenn kosmologische Phänomene, die den Kosmos als Ganzes berühren, beschrieben werden sollen. So lassen sich z.B. schwarze Löcher nur mittels Quantenphysik und Gravitation (Görnitz & Görnitz 2007, S.38) angemessen beschreiben. Die deterministischen Gesetze der klassischen Physik haben also einen umschriebenen Gültigkeitsbereich, in dem sie näherungsweise gelten, während quantenphysikalische Gesetze im ganzen Kosmos von den Elementarteilchen bis hin zu Planeten, Sternen, schwarzen Löchern und deren Beziehungen untereinander gültig sind. Jedoch folgt daraus nicht, dass man auf die klassische Physik verzichten kann, denn quantenphysikalische Phänomene sind erst nach Wechselwirkung mit einer Messapparatur, welche immer klassischen Gesetzen genügt, messbar. Während die Quantenphysik ausschließlich gültig ist in dem Bereich der Möglichkeiten, bedarf es der klassischen Physik, damit aus

---

<sup>172</sup> Das heuristische Konzept des Isomorphismus geht auf den Gestaltpsychologen Köhler zurück: „Das Konzept des Isomorphismus nimmt an, dass ein gegebenener phänomenaler Zustand in jedem Fall den realen strukturellen Eigenschaften des korrespondierenden psychophysischen Prozesses ähnelt bzw. gleicht. [...] Folgerungen aus Sicht dieser Idee sind: - Es gibt keine unabhängigen psychologischen Gesetze, das heißt, psychologische Gesetze sind gleichzeitig auch immer Gesetze der Physik des Gehirns. – Eine vollständige Beschreibung aller Zustände eines lebendigen menschlichen Gehirns zu einem bestimmten Zeitpunkt würde es prinzipiell ermöglichen, das gesamte phänomenale Bewusstsein des jeweiligen Menschen zu kennen.“ (Basar-Eroglu et al. 2003, S.350)

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Möglichkeiten messbare Fakten werden. Dies ist immer mit einem Verlust an Möglichkeiten verbunden:

„Um ein Faktum zu erhalten [...] müssen Möglichkeiten beseitigt werden.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.89)

Ein Verlust an Möglichkeiten ist gleichzusetzen mit einem Verlust an Information. Dass die quantenphysikalischen Phänomene anfangen, nicht nur mathematisch, sondern auch für uns Nicht-Mathematiker verständlich zu werden, wenn man sie unter Rückgriff auf informationstheoretische Konzepte zu verstehen sucht, ist schon in Teil I, Kap. 1.2. dargelegt worden. Der Informationsbegriff ist für die Konzeption von Görnitz & Görnitz (2006; 2007) fundamental. In die Physik ist der Informationsbegriff über Boltzmann gelangt: Boltzmann unterschied zwischen den makroskopischen Daten, die man über ein Gas ermitteln kann, nämlich Volumen, Druck, Temperatur und Dichte, von Informationen über die einzelnen, individuellen Moleküle eines Gases. Theoretisch wäre das Maximum an Information, d.h. an Wissen über das Gas erreicht, wenn man von jedem einzelnen Molekül messen könnte, wohin es mit welcher Geschwindigkeit fliegt, wo es ist usw.. Dann würde man alles wissen über das Gas, was jedoch praktisch nicht möglich ist. Aber man kann sich

„ein mathematisches Modell eines Gases erstellen, indem man sich überlegt, wie viele Moleküle in dem gegebenen Volumen sind, und mit welcher jeweiligen Geschwindigkeit diese wohl bei einer gegebenen Temperatur herumfliegen würden. Dies hatte Boltzmann getan und dann sich überlegt, wie viel von diesem Wissen fehlt, wenn nur die wenigen makroskopischen Daten zur Verfügung stehen“. (Görnitz & Görnitz 2007, S.70)

Dazu zählte er alle mikroskopischen Zustände ab. Der Logarithmus dieser Anzahl  $D$  – die fehlende Information – ist, multipliziert mit der Boltzmann-Konstante  $k$ , die Entropie<sup>173</sup>  $E$ :

$$E = k \log D. \quad (\text{Formel 1})$$

Entropie nach Boltzmann ist damit als fehlende Information definiert. Information wird in der Informationstheorie (Göbel 2007, S.21) durch folgende Formel erfasst:

$$I = \log_2 1/P(x); \quad (\text{Formel 2})$$

$I$ =Informationsgehalt,  $\log_2$ =Logarithmus zur Basis 2 und  $P(x)$ = Wahrscheinlichkeit des Ereignisses  $x$ .

Wenn man nun bedenkt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses sich aus dem Kehrwert der Häufigkeit möglicher Ereignisse ergibt, dann gilt:

$$P(x) = 1/D \quad (\text{Formel 3})$$

Setzt man nun Formel 3 in Formel 1 ein und nimmt an, dass  $\log = \log_2$ , dann ergibt sich:

$$E = k \log_2 1/P(x)$$

Entropie ist also nichts anderes als die fehlende Information über die Zustände jedes einzelnen Moleküls, multipliziert mit der Boltzmannkonstante. Information wird damit zu einer Größe der Physik. Während der Entropiebegriff bei Boltzmann noch als relative Größe erscheint, haben Görnitz & Görnitz (2007) aufgezeigt, dass Entropie und damit Information als physikalische Größen als absolut verstanden werden können, wenn man auf die Physik der schwarzen Löcher rekurriert. Unter schwarzen Löchern versteht man Objekte,

„die so massereich und dicht sind, dass die Schwerkraft alles in ihrem Bann behält, was sich dort befindet. Ihr Name kommt daher, dass selbst das Licht zu langsam ist, um aus dem Wirkungsbereich dieser Objekte

---

<sup>173</sup> siehe dazu auch Schrödinger 2006 [1951<sup>2</sup>], S. 127.

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

entkommen zu können. Damit verhalten sie sich wie ein unergründliches Loch, in das alles hineinfallen kann und aus dem nichts herauskommt“ (Görnitz 2006, S.70)

Da wir über das Innere eines schwarzen Lochs überhaupt nichts wissen können, muss die Entropie und damit die fehlende Information im schwarzen Loch maximal werden:

„Wenn wir uns in unserer Phantasie ein schwarzes Loch vorstellen, in dem die gesamte Masse des Universums versammelt wäre - bis auf einen einzigen Wasserstoff-Atomkern, ein einziges Proton, das wir noch zurückhalten wollen - dann ist dies ohne Zweifel das größtmögliche schwarze Loch, das es geben könnte. Wenn man nun das letzte Proton in dieses maximale Schwarze Loch hineinfallen lassen würde, würde dabei auch die maximal mögliche Entropie für dieses Proton deutlich werden, die maximale Information, die über dieses Teilchen verloren gehen könnte.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.111)

Damit ist nun Information zu einer absoluten physikalischen Größe geworden, wobei unter Information auf dieser Stufe der Abstraktion folgendes zu verstehen ist:

„Information ist etwas, von dem es nicht prinzipiell unmöglich erscheint, dass es gewusst werden könnte, etwas, das die Struktur von Wissbarem hat, was Gegenstand von Wissenschaft sein kann. Damit ist Information in allem zu finden, wovon Wissenschaft überhaupt handeln kann, [sc.: Information ist] die fundamentale Grundlage von allem.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.65; kursiv im Original)

Während schon vielfältig experimentell die Umwandlung von Materie (als Masse) in Energie und vice versa bewerkstelligt und damit die Äquivalenz von Masse und Energie aufgezeigt werden konnte, existieren mittlerweile ebenfalls schon Modelle zur Umwandlung von absoluter Information (als quantisierte binäre Alternativen) in Energie und massive Materie:

„Schon in den 80er Jahren ist gezeigt worden, dass alle denkbaren Elementarteilchen aus quantisierten binären Alternativen aufgebaut werden können. Damit ist ein mathematischer Formalismus aufgestellt worden, mit dessen Hilfe die Sprechweise von ‚Energie und Materie als kondensierter Information‘ zu einer physikalisch sinnvollen Aussage wird.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.112)

Die Äquivalenz von absoluter Information, Energie und massiver Materie ist damit gegeben und lässt sich in folgender Formel ausdrücken (m=Masse, I=Information als Zahl der Qubits [Prototypisierung],  $k_B$ = Boltzmann-Konstante,  $\hbar$ = planck'sches Wirkungsquantum, c=Lichtgeschwindigkeit, R=kosmischer Krümmungsskalar, der proportional zur kosmischen Gesamtenergie ist):

$$m=I \cdot \hbar/(6\pi cRk_B)$$

Die Formel (vgl. dazu Görnitz & Görnitz 2007, Anhang, S.352) macht deutlich, dass Masse aus Information aufgebaut werden kann und ist der Einstein'schen Formel  $m=E \cdot 1/c^2$  strukturäquivalent. Wenn Materie aus Quanteninformation<sup>174</sup> kondensiert, dann geschieht dies in einem Prozess des faktisch-Werdens, also in einem der Messung analogen Prozess, in welchem, bedingt durch Wechselwirkungen, aus der Fülle der Möglichkeiten der quantenphysikalischen Zustandsüberlagerung eine oder wenige ausgewählt und die anderen vernichtet werden, wodurch die eine oder wenigen Möglichkeiten dann faktisch werden. Görnitz (2007) konnte die Strukturäquivalenz von Quanteninformation, Energie und massiver Materie aufzeigen, indem er den Informationsbegriff schrittweise immer abstrakter gefasst hat; während Information in der Umgangssprache mit Bedeutung einhergeht und einen Sender und Empfänger sowie einen Träger der Information (z.B. Papier, Schallwellen usw.) benötigt, also relativ ist, zeigen Görnitz & Görnitz (2007, S.61-66) auf, dass sich das Wesen von Information als etwas, das prinzipiell gewusst werden kann, unabhängig von Bedeutung, Sender, Empfänger und Träger konzeptualisieren lässt und damit als „absolute Information“ verstanden werden kann, die in den Gegenstandsbereich der Physik fällt:

<sup>174</sup> Quanteninformation ist quantisierte Information. Während die Bits der klassischen Information faktische, d.h. gefällte Entscheidungen beschreiben, beziehen sich Quantenbits auf mögliche Entscheidungen, also Entscheidungen, die gefällt werden können. Unter Quantisierung wird das „In-Beziehung-Setzen“ der Zustände eines Systems mit denen seiner Umwelt“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.98) verstanden. „Dies resultiert[...] im Übergang von einem ‚faktischen Punkt‘ zur Menge aller Möglichkeiten, die aus diesem Punkt erwachsen können. In mathematischer Sprache: im Übergang vom klassischen Zustand zur Menge der Funktionen über diesem.“ (Ebd.) Während klassische Information kopiert, vervielfältigt werden kann, ist dies bei Quanteninformation ausgeschlossen.

### Teil III: Synergetik, Protyposis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

„Eine ‚absolute Information‘ ist etwas, was naturgemäß unter die Gegenstände der Physik fällt, denn diese Wissenschaft befasst sich mit den grundlegenden Zusammenhängen.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.66)

Diese absolute Information, welche als Quanteninformation verstanden werden muss, bezeichnen Görnitz & Görnitz (2007) als **Protyposis**:

„Für diese abstrakte und absolute Quanteninformation, die kosmisch begründet und noch bedeutungsfrei ist, führen wir einen neuen Begriff ein: Protyposis. (Er basiert auf dem Griech.: typeo – ich präge ein). Diese noch bedeutungsfreie Quanteninformation ist etwas, dem sich eine Form, ein Gestalt, schließlich sogar eine Bedeutung einprägen kann.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.7)

Neben dem Aufzeigen der Äquivalenz von Information, Energie und massiver Materie, die dazu führt, dass Energie und Materie als „kondensierte Information“ verstanden werden können, so dass es denkbar ist, dass primäre geistige Prozesse als Quanteninformationsprozesse Einfluss nehmen können auf Energie und massive Materie, wodurch das Bieri-Trilemma ([#Bieri](#) Teil I, S.92) nun kein Trilemma mehr wäre, besteht ein weiterer Argumentationsstrang von Görnitz & Görnitz (2007) darin, aufzuzeigen, dass Quantenphysik und klassische Physik *beide* notwendig sind, um den Kosmos mit allen seinen in ihm vorkommenden Phänomenen angemessen erfassen zu können. Denn sobald man anfängt, Fragen zu stellen und versucht, Antworten zu finden, verlässt man den Raum der Möglichkeiten und betritt die Welt des Faktischen, welche aber immer weniger Informationen umfasst als die Welt des Möglichen. Für eine angemessene Beschreibung der Welt ist also beides notwendig, denn die Welt umfasst sowohl Mögliches als auch Faktisches:

„Die Gültigkeit von Quantentheorie allein [...] würde in Strenge eine Welt der reinen Möglichkeiten bedeuten. Damit könnte man sich wohl anfreunden. Wenn man allerdings die weiteren Konsequenzen erwägt, erkennt man, dass es in einer solchen Welt keine Einzelobjekte geben könnte. Das kann unmöglich mit der Existenz von Lebewesen vereinbart werden, die vom Rest der Welt unterschieden sind. Daher ist es wenig verwunderlich, dass die Welt, in der wir uns vorfinden, für uns beide Aspekte aufweist.“ (Görnitz 2007, S.105)

„Das gegenseitige Bedingen und Auseinander-Hervorgehen“ von Quantenprozessen und klassischen Prozessen bezeichnen Görnitz und Görnitz (Görnitz 2007, ebd.) als „die Schichtenstruktur von klassischer Physik und Quantenphysik“.

Auf der Grundlage der Äquivalenz von Quanteninformation, Energie und massiver Materie und auf der Grundlage der Schichtenstruktur von Quantenphysik und klassischer Physik lässt sich nun das Zusammenspiel von Seele und Leib verstehen, wobei Görnitz & Görnitz betonen, dass der evolutionäre Gedanke ihnen dabei fundamental erscheint:

„Wenn die Evolution des Kosmos verstanden werden kann als eine Vermehrung und Differenzierung von Information, dann kann man davon sprechen, dass dieser Prozess letztlich auf eine Selbstreflexion der Information abzielt. In dieser wird dann ‚Information über Information‘ möglich. Ein Wesen, das zur Selbstreflexion fähig ist, nimmt daher notwendigerweise eine Sonderstellung in der Evolution ein.“ (Görnitz & Görnitz 2007, 56).

Aus Sicht von Görnitz & Görnitz differenziert sich in der Evolution des Kosmos Information immer mehr aus, indem sie in Energie und massive Materie kondensiert und schließlich Lebewesen hervorbringt, deren Fähigkeit zur Informationsverarbeitung im Laufe der Evolution immer mehr steigt und schließlich im selbstreflexiven Bewusstsein des Menschen gipfelt. Im Menschen nun kann die Information sich selbst erkennen und die kulturelle Evolution kann sich entwickeln. Während man Schwierigkeiten hat, mittels biologischer Evolution darwinscher Prägung die Vorteile der Bewusstseinsentwicklung bis hin zur komplexen mathematischen Erkenntnisfähigkeit zu erklären, da ein Überlebensvorteil nur schwer in der Erkenntnis z.B. des Satz des Thales erkannt werden kann, hat die Konzeption von Görnitz & Görnitz hier keine Probleme, da hier die Information in der Höherentwicklung bis hin zum Menschen zu sich selbst kommt. In diesem Zusammenhang beschreiben Görnitz & Görnitz auch das Verhältnis von Protyposis und Selbstorganisation:

„Wir haben beschrieben, dass sich in der kosmischen Entwicklung Protyposis zu Energie und Materie ausformt. In diesen Formen ist die Quanteninformation immer noch enthalten, aber nicht mehr ohne weiteres als solche erkennbar. Die Herausbildung von erkennbaren Gestalten geschieht in Prozessen, die als *Selbstorganisation* bezeichnet werden. Selbstorganisation ist stets daran gebunden, dass Zustände instabil

### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

sind, sonst ist keine Dynamik möglich. Lebewesen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie offenen Systeme sind, die fern vom thermodynamischen Gleichgewicht vor allem durch eine effiziente Informationsverarbeitung stabilisiert werden. Sie besitzen also im Gegensatz zu bloßen physikalischen und chemischen Systemen die Fähigkeit zu *Selbsterhalt*. In der Evolution des Lebens wird die Information somit zum wichtigsten Regulationsinstrument. Genau diese Effizienz ergibt den primären, auf das Überleben gerichteten Aspekt von Bedeutung.“ (Görnitz & Görnitz 2007, 205; kursiv im Original)

Effizienzsteigerung der Informationsverarbeitung bis hin zur Fähigkeit des Probehandelns in der Imagination hat Überlebensvorteile und ist im Rahmen biologischer Evolution erklärbar. Die menschliche Erkenntnisfähigkeit geht m.E. aber weit darüber hinaus, was, wie schon oben erwähnt, sich nur schwerlich rein biologisch erklären lässt.

„Leben“ verstehen Görnitz & Görnitz als einen „einheitliche[n] Prozess, der aber trotz dieser Einheitlichkeit sowohl solche Aspekte besitzt, die besonders zutreffend mit dem Modell der Quantenphysik zu verstehen sind, als auch andere, die sinnvollerweise mit Modellen der klassischen Physik beschrieben werden (Görnitz & Görnitz 2007, S.144)

Da Quantensysteme isoliert sein müssen, kann ein Lebewesen nie als Ganzes als Quantensystem verstanden werden, da Lebewesen immer offene Systeme sind. Es gebe allerdings einen „Kern“, „bei dessen Verletzung das Leben beendet wird“ (ebd.). Dieser Kern werde „ein System von Quanteninformation sein, das vom Rest der Welt relativ gut abgetrennt ist“ (ebd.). Da Quantenprozesse immer ganzheitliche, henadische Prozesse sind, garantiert der Kern die Integration der Lebenserfahrungen. Zu diesem ganzheitlichen Kern werden unterschiedliche Teile hinzukommen oder von ihm abgespalten werden. „Solche Teilsysteme können unter Messungen in einen klassischen Zustand übergehen, ohne dass das Leben beendet würde“ (ebd.). Der Versuch, den Quantenlebenszustand als Ganzes zu messen, würde ein Faktisch-Werden des gesamten Prozesses bedeuten:

„Der Versuch ein lebendiges Wesen in *allen seinen Quantenaspekten* festzulegen, würde es als *Ganzes klassisch werden lassen*. Dann wären sämtliche Möglichkeiten beseitigt, wäre die Offenheit des Lebens beendet, und es wäre umgebracht.“ (aaO., S.145)

Für Teile des Lebewesens hingegen sei eine Messung nicht nur immer möglich, sondern auch notwendig. So ist das z.B. das *Genom als Speicher lebenswichtiger klassischer Information* zu sehen. Darüberhinaus liegen bei höher entwickelten Lebewesen, die über ein Nervensystem verfügen, zusätzlich zum Genom *viele individuell erworbene Informationen in einer klassischen Form gespeichert* vor. Die Psyche und das Zusammenspiel von Psyche, Gehirnprozessen und Körper lässt sich nach Görnitz & Görnitz am besten über das Zusammenspiel von Quantenprozessen und physikalischen Prozessen, - der dynamischen Schichtenstruktur -, verstehen. Verständlich wird damit, 1) dass das Gehirn bei der Fülle an zu verarbeitenden Informationen nicht heiß läuft und die Eiweiße nicht koagulieren während des Informationsverarbeitungsprozesses, 2) die Einheitlichkeit der Wahrnehmung (das Bindungsproblem). Den Bindungsprozess beschreiben Görnitz & Görnitz folgendermaßen:

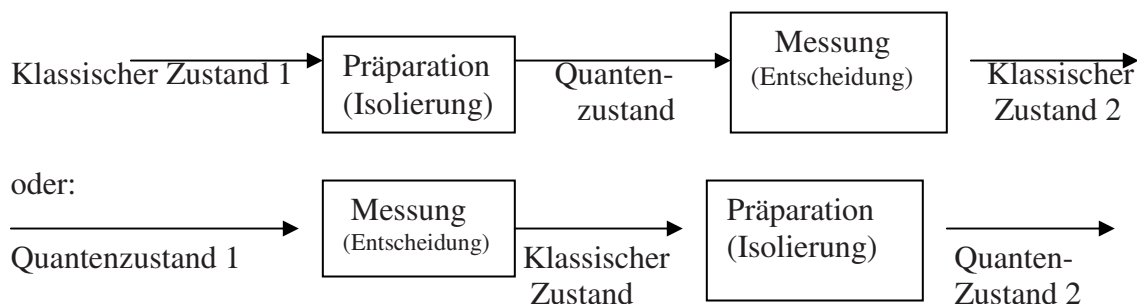
„Wie kann dies [sc.: die Vorgänge bei der Bindung] konkret aussehen? Die Wahrnehmungen gelangen aus den verschiedenen Sinnesorganen auf unterschiedlichen Wegen in die verschiedenen primären Felder des Gehirns. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Weglängen der Nervenleitung werden Daten, die von dem gleichen Ereignis stammen, auf diesen Zeitpunkt verrechnet und dann über das [...] *Tensorprodukt*<sup>175</sup> ihrer Zustände zu einem Gesamtzustand zusammengefasst [Hervorhebungen von K-H.K.]. Die Produktbildung ist die mathematische Beschreibung davon, wie die *Teilinformationen* zu einer

<sup>175</sup> Das Skalarprodukt lässt sich verstehen als Produkt zweier Spaltenvektoren, bei dem die Werte der gleichen Spalte multipliziert und dann über die Spalten addiert werden. Das Tensorprodukt hingegen lässt sich verstehen als das Produkt zweier Vektoren  $V$  und  $W$  im Matrizenraum: Das Produkt zweier Vektoren  $v \in V$ ,  $w \in W$  ist diejenige Matrix, deren Eintrag an der Stelle  $(i, j)$  die  $i$ -te Koordinate von  $v$  mal der  $j$ -ten Koordinate von  $w$  ist. (siehe dazu [wikipedia.org/wiki/Skalarprodukt](http://wikipedia.org/wiki/Skalarprodukt) und [wikipedia.org/wiki/Tensorprodukt](http://wikipedia.org/wiki/Tensorprodukt) (Stand: 27.5.2009). Wenn das Skalarprodukt Null ist, heißt das, dass die Vektoren orthogonal zueinander sind, also kein Zusammenhang zwischen ihnen besteht. Anders gesprochen: der eine Vektor ist dann kein Abbild des anderen Vektors, da keinerlei Ähnlichkeit zwischen ihnen besteht. „Das Skalarprodukt zwischen [...] zwei Zustandsvektoren, [...] [sc.: z.B.] dem aus dem Gedächtnis und dem von den Wahrnehmungen, liefert ein natürliches Maß für den Grad von Gleichheit bzw. Verschiedenheit von Zuständen.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.260) Das Tensorprodukt hingegen integriert Teilzustände zu einem umfassenden Gesamtzustand (s.o. im Text).

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

*Gesamtinformation* [Hervorhebungen von K-H K] vereinigt werden. Das wesentliche, was die Quantenphysik dazu beiträgt, ist die dabei entstehende Vielfalt an neuen Zuständen. Nun können Gedächtnisinhalte, die aus naturgesetzlichen Gründen als klassische Information gespeichert sind, aktiviert werden. Hierfür stehen zwei Möglichkeiten offen. Entweder wird die Originalinformation wieder in einen Quantenzustand überführt oder es wird zuerst eine Kopie gefertigt, was für klassische Information stets möglich ist, und diese dann verwendet. Im nächsten Schritt kann eine zentrale Struktur der Quantenphysik genutzt werden, der Vergleich zweier Zustände über ihr *Skalarprodukt* [kursiv im Original]. Anschaulich gesprochen wird dabei der Schatten des einen mit dem Bild des anderen verglichen.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.261)

Die dynamische Schichtenstruktur lässt sich nach Görnitz & Görnitz (2007, S.280) folgendermaßen darstellen:



**Abb.3. 4: Die dynamische Schichtenstruktur der Welt**

Ein Klassischer Zustand 1 (=ein klassischer Ausgangszustand zum Zeitpunkt 1) kann also nur über einen Quantenzustand in einen Klassischen Zustand 2 übergehen, während ein Quantenzustand 1 nur über einen Klassischen Zustand in einen Quantenzustand 2 (= ein veränderter Quantenzustand zum Zeitpunkt 2) übergehen kann. Veränderung auch und gerade im Sinn von Ursachen und Wirkungen scheint also nur auf der Basis der dynamischen Schichtenstruktur möglich zu sein. Dies wird noch verständlicher, wenn man sich bewusst macht, dass die klassische Physik sensu Newton mit ihren Differentialgleichungen keine unumkehrbare Richtung kennt, denn wenn alles vollständig determiniert ist, kann man aus Ursachen vollständig auf zugehörige Wirkungen schließen, aber man kann theoretisch den von uns Menschen dazugedachten Zeitpfeil, wodurch sich ja die Unterscheidung von Ursachen und zugehörigen Wirkungen erst ergibt, auch umkehren, so dass nun auf einmal die Wirkungen die Ursachen und vice versa sind. Diese Konsequenz aus den Theorien der klassischen Physik widerspricht unserem Erleben und unserer Erfahrung vollständig. Erst die Thermodynamik von Boltzmann brachte mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (jedes geschlossene System strebt dem Zustand seiner maximalen Entropie entgegen) eine Irreversibilität von Prozessen ins Spiel. Entropie als physikalische Größe lässt sich aber erst vollständig aus Sicht der Quantenphysik verstehen, wenn man sie als fehlende Information begreift, die im Fall der schwarzen Löcher ihr Maximum erreicht und dadurch zur absoluten Größe wird (s.o.). D.h., dass die Unumkehrbarkeit der Zeit vollkommen stringent nur im Zusammenhang mit der Quantenphysik verständlich wird und hier insbesondere dadurch, dass der zeitlose Quantenzustand als Zustandsraum von Möglichkeiten über eine Wechselwirkung mit einem klassischen Zustand, der auch als Messung bezeichnet werden kann, in ein Faktum überführt wird, dies Faktum hingegen prinzipiell nicht die Ursache für den vorhergehenden Quantenzustand sein kann. Ein Umkehrung des Prozesses ist also prinzipiell unmöglich. Dies macht deutlich, dass erst auf der Basis der dynamischen Wechselwirkung von Quantenzuständen und klassischen Zuständen Kausalität ermöglicht wird, denn Kausalität ist untrennbar gebunden an die Unumkehrbarkeit des Vorher (Ursache) und Nachher (Wirkung)<sup>176</sup>. Zirkuläre Kausalität<sup>177</sup> kann dabei so verstanden

<sup>176</sup> Vgl. dazu Görnitz 2006, S.104 bis 106

### Teil III: Synergetik, Protyposis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

werden, dass zum Zeitpunkt t1 A zu B führt und zum Zeitpunkt t2 dann B auf A zurückwirkt, am Zeitpunkt t3 nun wieder A zu B führt, zum Zeitpunkt t4 hingegen nun wieder B auf A zurückwirkt und so weiter. In diesem Kreisprozess ist es dann eine willkürliche Interpunktion, ob man nun A als Ursache betrachtet oder B, je nachdem an welchem Zeitpunkt t man in die Betrachtung einsteigt, wobei schon die Zeitpunktsbezeichnung t1 eine willkürliche Interpunktion darstellt, da man davon ausgehen kann, dass der zirkuläre Kausalitätsprozess schon vor meiner Beobachtung abgelaufen ist. Aus der Perspektive der dynamischen Schichtenstruktur des Kosmos wird es nun möglich, Wechselwirkungen zwischen Geist als Quanteninformation und Materie als Energie und Masseteilchen zu verstehen, ohne damit den Energieerhaltungssatz, der als einer der fundamentalsten Sätze der Physik angesehen werden muss, „sofern die Kosmologie ausgeschlossen bleibt“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.130), zu verletzen:

„Ohne Rückgriff auf kosmologische Zusammenhänge wird die uneingeschränkte Gültigkeit des Energiesatzes als *absolut* [kursiv im Original] fundamental angesehen und alles, was zu seiner Verletzung führen könnte, als definitiv unwissenschaftlich betrachtet. So ist es in der Hirnforschung ein wichtiges Argument, dass es wegen des Energiesatzes so etwas wie ‚psychische Kausalität‘ nicht geben könne. Darunter wird verstanden, dass eine psychische Aktivität, z.B. ein Gedanke, nur dann eine Wirkung hervorrufen könnte, wenn er eine gewisse Energie zur Verfügung hätte. Da aber nach dieser Vorstellung lediglich die materiellen Bestandteile Energie abgeben können und Gedanken keine eigentliche Existenz besitzen, müsste nach dieser Vorstellung durch Gedankeneinwirkung der Energiesatz verletzt werden.

[...] Die Einschränkung bezüglich der psychischen Verursachung muss man dann nicht mehr treffen, wenn man die von der Quantentheorie neu eröffneten Möglichkeiten berücksichtigt. Nach ihren Prinzipien kann reine Quanteninformation sehr wohl eine Zeitlang als vom Rest des Gehirns getrennt angesehen werden [...]. Eine solche Trennung sorgt auch dafür, dass die Argumente über eine Dekohärenz, die ein unvermeidliches ‚klassisch werden‘ von Quantensystemen beschreiben, für diese vom restlichen Gehirn getrennte Information nicht zutreffen. Wird diese Trennung aufgehoben, kann die Information wegen der damit einsetzenden Wechselwirkung auf die Materie einwirken. Sie wirkt dann natürlich lediglich als ein Auslöser, wobei die Energie für eine Veränderung nicht von der Information selbst, sondern von den materiellen Teilen der Nervenzellen geliefert werden muss.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.130f.)

Während Emergenztheorien, die den Anspruch haben, nicht-reduktiv zu sein und Abwärtskausalität zuzulassen ohne Reduktion auf hirneurologische Prozesse, mit dem Energieerhaltungssatz in Konflikt geraten, tritt dies Problem bei der Protyposistheorie nicht mehr auf, da Gedanken als (bedeutungstragende) Quanten-Information Energie und massiver Materie äquivalent sind, und die absolute Quanteninformation (= Quanteninformation ohne Bedeutung und ohne Sender und Empfänger, der aber Bedeutung gegeben werden kann) sogar den ‚Grundstoff‘ bildet, aus dem heraus sich der gesamte Kosmos inklusive Lebewesen bis hin zum Menschen entwickelt hat. Darüberhinaus taucht bei Emergenztheorien und somit auch bei der Synergetik das Problem auf, dass die Theorien nicht verständlich machen, wie aus komplexen klassisch-materiellen Prozessen bedeutungstragende Informationsverarbeitung sich herausentwickeln, emergieren kann. Dies dem Emergenzbegriff inhärente Geheimnis wird zwar von der Synergetik insofern etwas gelüftet, dass sie das Zusammenspiel zwischen Mikroprozessen und emergenten Makroprozessen mathematisch zu beschreiben vermag, die Entstehung von Bedeutung aus klassischer Materie bleibt dabei aber nach wie vor unverstanden. Erst im Rahmen der Protyposistheorie wird es verständlicher, wie es kommen kann, dass Bedeutung mit klassischer Materie in Wechselwirkung treten kann. Dies zeigt, dass Synergetik und Protyposis-Theorie nicht als sich ausschließende Theorien, sondern als sich ergänzend im Rahmen der dynamischen Schichtenstruktur zu verstehen sind.

Um die Protyposistheorie in ihrer Bedeutung für Pädagogik und Psychologie noch deutlicher werden zu lassen, werden ich nun versuchen darzustellen, 1) wie freier Wille im Rahmen der Protyposistheorie ermöglicht wird und 2) wie man Zwangsstörungen und 3) wie man Aufmerksamkeitsstörungen aus Sicht der Protyposistheorie verstehen kann:

---

<sup>177</sup> Zirkuläre Kausalität ist hier im Sinne des Oberbegriffs Wechselwirkung zu verstehen, da hier nicht nach Hierarchieebenen unterschieden wird, während zirkuläre Kausalität in der Synergetik die bottom up – top down Wechselwirkung im Speziellen meint.



### Teil III: Synergetik, Protyposis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Ad 1) Die Möglichkeit zur Freiheit ergibt sich aus der dynamischen Schichtenstruktur. Der klassische Teil des Bewusstseins kann entscheiden, welche Frage er an das Quantenbewusstsein stellt. Die Frage<sup>178</sup> grenzt die Zahl möglicher Antworten ein, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, welche durch die Schrödinger'sche Wellenfunktion beschrieben wird, eintreten können. Welche Antwort eintreten, d.h. faktisch werden, wird, liegt also nicht im Vorhinein fest. Welche Frage gestellt wird, hängt natürlich von der Lebensgeschichte der Person und von ihren Erfahrungen und auch von ihrer aktuellen Lebenssituation ab. Unter Quantenbewusstsein verstehen Görnitz & Görnitz alle möglichen Gedanken einer Person:

„Sie [sc.: alle möglichen Gedanken einer Person] können beschrieben werden als *ein gleichzeitiges Erfassen aller der Gedanken, die auf der Basis der vorhandenen Situation formuliert werden könnten.*“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.312; kursiv im Original)

Das bedeutet, dass diese möglichen Gedanken als Quanteninformation nicht klar formuliert oder ausgesprochen sind, denn dies würde ja in der Sprache der Physik eine Messung und damit ein Faktisch-Werden bedeuten. Nun kann ein solcher innerer, den Bereich meiner möglichen Gedanken umfassender Quantenzustand von einem klassischen Teil meines Bewusstseins befragt werden:

„Eine solche Prüfsituation, also das Abwägen der Denk- und Handlungsmöglichkeiten, kann interpretiert werden als die Vorbereitung eines Messprozesses, der ja aus physikalischen Gründen auf eine klassische Basis bezogen werden muss. Das Erwägen der Situation und deren Bewertung bedeutet die Vorbereitung einer Fragestellung an meinen eigenen inneren Zustand.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.313)

Da die Frage, d.h. die Erwägung der Entscheidung, auf der Basis der Erfahrungen der Person geschieht, beruht die daran gekoppelte Entscheidung nicht auf blindem Zufall. Da jedoch andererseits die Frage nicht die Antwort festlegt, sondern nur die Zahl möglicher Antworten, die dann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten, faktisch werden, können, ist damit Entscheidungsfreiheit ermöglicht. Die faktische Antwort bzw. Entscheidung kann nicht aus dem Wissen der Lebensgeschichte und aller derzeitigen inneren und äußeren Bedingungen im Vorhinein abgeleitet werden:

„Eine determinierte Fragestellung determiniert nicht die Antwort. Die mathematischen Strukturen, die zum ersten Male an der Quantentheorie entdeckt wurden, ermöglichen eine nichtdeterminierte Dynamik.“ (ebd.)

Die Auswahl der Frage, die das klassische Bewusstsein an das Quantenbewusstsein stellt, ist verbunden mit dem Aufrufen im Gedächtnis klassisch gespeicherter Lebenserfahrungen und kann im Rahmen der klassischen Physik verstanden werden, so wie Dörner (2001, 758ff.) es für Entscheidungsprozesse, die auf abwägenden Kosten-Nutzen-Analysen beruhen, aufgezeigt hat. Jedoch ist damit nicht, wie Dörner meint, die Antwort vollkommen festgelegt. Freier Wille ist somit *relativ* frei im Kontext der Lebensgeschichte und der aktuellen inneren und äußeren Bedingungen. Ein *absolut* freier Wille wäre kein freier Wille mehr, sondern wäre reine Willkür auf der Basis blinden Zufalls, was gerade nicht mit dem Erleben von Freiheit einhergeht.

An anderer Stelle begründen Görnitz & Görnitz die Ermöglichung von Freiheit auf der Basis der naturwissenschaftlich fassbaren Wechselwirkung zwischen Geistigem und Körperlichem, wobei diese Wechselwirkung in der dynamischen Schichtenstruktur gründet:

„Das Modell der dynamischen Schichtenstruktur aus klassischer und quantischer Physik gestattet zusammen mit dem Konzept der Protyposis, der abstrakten kosmischen Quanteninformation, und deren Äquivalenz mit Energie und Materie eine auch *naturwissenschaftlich fassbare Wechselwirkung zwischen Geistigem und Körperlichem*, die diese Freiheit ermöglicht.“ (Görnitz & Görnitz 2007, S.327, Hervorhebungen von K-H.K.)

---

<sup>178</sup> Das Stellen einer Frage, was einer Entscheidungssituation analog ist, entspricht dem physikalischen Messvorgang

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

#### Ad 2) Zwangsstörungen aus Sicht der Prototypisierungstheorie:

Ein wesentlicher Aspekt von Zwängen ist die Ich-Dystonie des Zwangsverhaltens und der Zwangsgedanken. Die Rituale werden als ich-fremd erlebt, als verrückt, dabei jedoch als nicht willentlich steuerbar. Zwangspatienten möchten in der Regel die Rituale sein lassen, fühlen sich ihnen aber ausgeliefert, führen die Rituale also gewissermaßen gegen ihren Willen durch. Ziel von Psychotherapie muss hier also sein, die Freiheit der Willensentscheidung zu vergrößern. Aus Sicht der Prototypisierungstheorie liegt dem Zwangsritual ein Muster zugrunde, welches im Gehirn klassisch abgespeichert worden ist auf eine Art und Weise, dass die Präparation und damit die Überführung in einen Quantenzustand nicht mehr gelingen kann. Die Dynamik zwischen Klassisch-Werden und Quantisierung ist gestört. In der verhaltenstherapeutischen Herangehensweise (Lakatos & Reinecker 1999) wird nun das Zwangsmuster aktiviert und gleichzeitig dem Patienten geholfen, sich schrittweise gegen das Muster zur Wehr zu setzen und die Ausführung des Zwangs zu blockieren (Reizkonfrontation und Reaktionsverhinderung). Auf diese Weise wird der Patient wieder frei im Umgang mit den Zwangsimpulsen und gewinnt die Entscheidungshoheit über das, was er tun und denken will, zurück. Die Wirkungsweise dieser verhaltenstherapeutischen Herangehensweise lässt sich aus Sicht der Prototypisierungstheorie folgendermaßen beschreiben: Indem das Zwangsmuster durch die Konfrontation mit auslösenden Reizen aktiviert und zugleich aber der rituelle Ablauf blockiert wird, wird die Rigidität des klassischen Musters gewissermaßen etwas verflüssigt, so dass es nun präpariert, also in einen Quantenzustand überführt werden kann, der dann in Wechselwirkung mit anderen klassischen Inhalten treten kann, so dass sich das Zwangsmuster (klassischer Zustand 1) in den klassischen Zustand 2 verändern kann. So kann sich also ein neues, flexibleres Handlungs- und Denkmuster (klassischer Zustand 2) etablieren, so dass in der Folge die Dynamik zwischen Quantisierung und Klassisch-Werden wieder möglich ist, da die nun gefundene neue Balance zwischen Quantisierung und Klassisch-Werden wieder für die Situationsbewältigung passend ist. Um eingefahrene Muster zu verändern und zu flexibilisieren, bestätigt sich hier die Maxime: „Mach' etwas anderes“ (vgl. dazu DeShazer 1992, 1996, De Jong & Kim Berg 1998). Dies gilt nicht nur für die Verhaltensebene, sondern auch für die Ebene der Kognitionen. Flexibilisierung auf der Ebene der Kognitionen entsteht, wenn der Therapeut die Bereitschaft auf Seiten der KlientIn fördert, sich probeweise auf neue Sichtweisen einzulassen und die Implikationen, die damit verbunden sind, zu erkunden. Für Psychotherapie ist damit der Möglichkeitsraum ungeheuer wichtig. Da Veränderung nur gefördert werden kann, wenn ausreichender Kontakt zum Raum der Möglichkeiten vorhanden ist, gilt für TherapeutInnen, dass sie den Kontakt der KlientIn zur ihren Möglichkeiten fördern sollten. Dies bedeutet aber nichts anderes, als die KlientIn so zu unterstützen, dass Quantenprozesse wieder vermehrt stattfinden können, denn Quantenprozesse sind nichts anderes als Möglichkeitsräume. In Psychotherapie, Pädagogik und Beratung sollte daher dem Konjunktiv ausreichend Raum gegeben und Formulierungen wie „Stellen Sie sich vor....“ oder „Angenommen, dass....“ verstärkt verwendet werden.

#### Ad 3) Aufmerksamkeitsstörungen aus Sicht der Prototypisierungstheorie:

Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit AD(H)S haben Probleme, bei einer Sache zu bleiben, lassen sich leicht ablenken und lassen Tätigkeiten, die sich immer wieder jeden Tag wiederholen, wie z.B. sich anziehen, Zähne gründlich putzen, sich waschen etc.. Tätigkeiten zur Routine werden zu lassen, fällt einer Person mit AD(H)S extrem schwer. Hier stellen sie gewissermaßen auf einem gedachten Kontinuum das andere Extrem von Personen mit Zwangsstörungen dar (Hartmann 1997). Während Menschen mit AD(H)S im Grundzustand eher offenes Bewusstsein<sup>179</sup> zeigen, tritt beim Menschen mit Zwängen

---

<sup>179</sup> Fokussiertes und offenes Bewusstsein beschreibt Hartmann (1997) folgendermaßen: „Im *fokussierten Zustand* konzentriert sich ein Mensch ganz auf eine Aufgabe und wird völlig von ihr absorbiert. Das Ticken der Uhr, das Dröhnen des Fernsehers, die Geräusche von der Straße [...] verschwinden alle zu einer grauen

im Grundzustand eher fokussiertes Bewusstsein auf. Die meisten Möglichkeiten und die bestmögliche Situationsbewältigung sind dann gegeben, wenn eine Person zwischen offenem und fokussiertem Bewusstsein so leicht wie möglich willentlich hin- und herschalten kann. Dies fällt sowohl Personen mit Zwängen als auch Personen mit AD(H)S schwer, jedoch von unterschiedlichen Enden des gedachten Kontinuums aus. Das leichte Hin- und Herschalten Können zwischen den zwei Aufmerksamkeits- resp. Bewusstseinszuständen beruht nach der Prototypisierungstheorie auf der Möglichkeit, dass klassische Zustände leicht präpariert und dass Quantenzustände leicht gemessen, d.h. faktisch werden können. Wird diese Dynamik behindert, kommt es zu Zwangsstörungen, wenn die Präparation erschwert wird durch zu stark abgespaltene Speicherung bzw. Automatisierung klassischer Informationen resp. Muster, und es kommt zu Aufmerksamkeitsstörungen als AD(H)S, die ja mit der Neigung zu offener, diffuser Aufmerksamkeit einhergehen, wenn das Klassisch-Werden erschwert wird, indem das Quantensystem so stark vom Rest isoliert wurde, dass ein Messvorgang erschwert ist. Die Isolierung des Quantensystems kann man sich vorstellen als nichtlokalen Prozess, bei dem eine Wechselwirkung mit einem klassischen System ausgeschlossen wird. Die fehlende Wechselwirkung zeigt sich dann in der gewissermaßen frei flottierenden Aufmerksamkeit, die sich nicht bündeln, sich nicht festlegen lässt. Damit es zu Wechselwirkungen zwischen Quantenprozessen und klassischen Prozessen kommen kann, die dann mit entsprechenden Bewusstseinsphänomenen einhergehen, bedarf es eines Gehirns, welches in der Evolution bis hin zum Menschen immer komplexer geworden ist, indem insbesondere die Assoziationsareale, in denen Informationen über Informationen ausgetauscht werden, vom anteiligen Volumen her immer mehr zugenommen haben. Insbesondere ist hier auf die Entwicklung des Frontallappens hinzuweisen. Nur ein Gehirn, welches komplex genug ist, so dass sich in ihm viele verschiedene Bereiche differenzieren lassen, ermöglicht das Wechselspiel von Präparation (Isolierung) und Messung und die damit schließlich einhergehende Fähigkeit zur Selbstreflexion. Wenn dabei die Kommunikation der verschiedenen Gehirnareale gestört ist, indem ihre Aktivität entweder zu hoch oder zu niedrig korreliert, kann die für Bewusstseinsprozesse erforderliche Dynamik der Schichtenstruktur von Quantenphysik und klassischer Physik nicht im erforderlichen Maße stattfinden. Dies ist bei AD(H)S der Fall: Holtmann et al. (2004) berichten Untersuchungen, die zeigen, dass bei AD(H)S eine erhöhte inter- und intrahemisphärische Kohärenz<sup>180</sup> frontozentral und eine reduzierte

---

Kulisse, während das helle Licht des Bewusstseins eine einzige Aufgabe beleuchtet. Das *offene Bewusstsein* ist dagegen zerstreut und diffus. Die Gedanken wandern von einem Gegenstand zum anderen, berühren einen nach dem anderen ganz leicht, behalten Interessantes zurück, verwerfen den Rest und springen dann zur nächsten Wahrnehmung. Die Aufmerksamkeit wandert zum Ticken der Uhr, was die Kindheitserinnerung an Onkel Ralphs Standuhr auslöst, die wiederum an die verrückten Krawatten denken lässt, die Onkel Ralph immer trug. Dieser Gedanke wird durch das Geräusch eines Lastwagens unterbrochen, der unten auf der Straße vorbeipoltert und seinerseits an den Tag erinnert, als man als Kind mit Papa in dem Mietwagen mitfahren durfte, der die Möbel zur neuen Wohnung transportierte. [...] Wenn man sich einmal das Bewusstseinspektrum als ein 12 Zoll langes Lineal vorstellt, das jemand auf der halben Länge bei 6 Zoll auf dem Finger balanciert, dann liegt der Bereich des außerordentlich fokussierten Bewusstseins vielleicht irgendwo bei 2 Zoll, und die Gegend um 10 Zoll steht für den extrem offenen Bewusstseinszustand. Bei 6 Zoll ist der Mittelpunkt, der Zustand, in den ein ‚Durchschnittsmensch‘ verfällt, wenn er sich entspannt.“ (Hartmann 1997, S.133-144.; Hervorhebungen von K-H K.)

<sup>180</sup> Kohärenz (lat.: cohaerere = zusammenhängen) bezeichnet in der Physik eine Eigenschaft von Wellen, die stationäre (=zeitlich und räumlich unveränderliche) Interferenzerscheinungen ermöglicht. Allgemeiner beschreibt die Kohärenz die *Gesamtheit der Korrelationseigenschaften* zwischen Größen eines Wellenfeldes. Die Kohärenz bewegt sich wie der Determinationskoeffizient  $r^2$  zwischen 0 und 1, wobei 1= *vollständige Kohärenz*,  $0 \leq$  Kohärenz  $\leq$  1 *partielle* und Kohärenz = 0 *Inkohärenz* bedeutet. (wikipedia.org; Stichwort: Kohärenz; Stand: 4.6.2009; Hervorhebungen von K-H.K.)

*Dekohärenz* gehört als Begriff in einen völlig anderen Kontext. Um zu erläutern, was damit gemeint ist, ist es notwendig das berühmte Gedankenexperiment ‚Schrödingers Katze‘ von Schrödinger zu umreißen: „In einem geschlossenen Raum befindet sich ein instabiler Atomkern, der innerhalb einer bestimmten Zeitspanne mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zerfällt. Der Zerfall des Atomkerns werde von einem

### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Kohärenz posterior vorliegen würden. Dies weist auf eine ungünstige Kopplung verschiedener Kortexareale hin. In der Therapie der AD(H)S wird es also darum gehen müssen, die Kommunikation zwischen Kortexarealen so zu verbessern, dass die dynamische Wechselwirkung zwischen Quantenprozessen und klassischen Prozessen wieder ausreichend stattfinden kann. Mittels EEG-Biofeedback scheint es möglich zu sein, den KlientInnen zu helfen, Zustände herbeizuführen, die mit verbesserter Kommunikation der Gehirnareale einhergehen. Dies legen von mir durchgeführte multimodale, EEG-Biofeedback umfassende Verhaltenstherapien, bei denen Prä-Post-Messungen des EEG mit 19 Elektrodenorten erhoben wurden, nahe (demonstriert im Folgenden anhand von zwei beispielhaften Fällen)<sup>181</sup>:

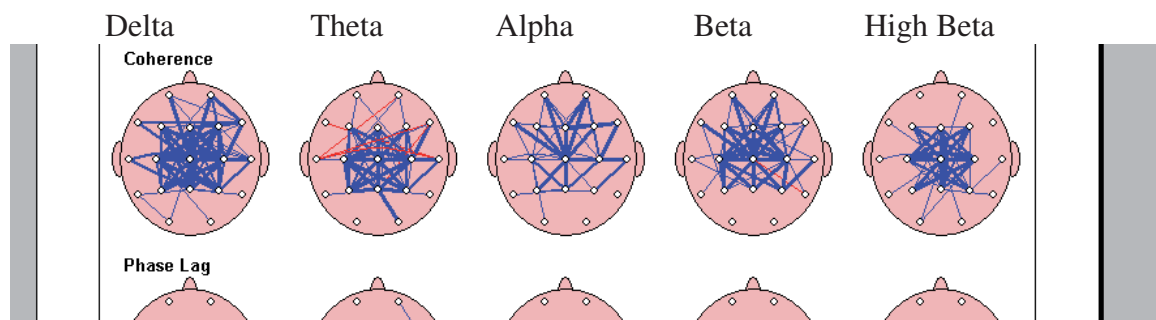
---

Geigerzähler detektiert. Im Falle einer Detektierung werde Giftgas freigesetzt, was eine im Raum befindliche Katze tötet.“ Da der Atomkern sich nach den Gesetzen der Quantenmechanik innerhalb der bestimmten Zeitspanne im Zustand der Überlagerung befindet (noch nicht zerfallen *und* zerfallen), muß auch die Katze als makroskopisches Objekt sich im Zustand der Überlagerung befinden (lebendig *und* tot). Diese stringente, dabei aber höchst paradox erscheinende Schlussfolgerung wird in der „Kopenhagener Deutung“ so interpretiert, dass das Öffnen des Raumes einem Messvorgang gleichkommt (Wechselwirkung mit der Umwelt setzt ein), so dass der Atomkern in einen der möglichen Zustände springt. Nach der „Kopenhagener Deutung“ entscheidet sich also erst bei der Messung durch einen Beobachter, ob die Katze tot oder lebendig ist. Vor der Messung ist eine Aussage über den Zustand der Katze unmöglich. Als Alternative zur „Kopenhagener Deutung“ wurde die *Theorie der Dekohärenz* entwickelt, die besagt, dass Zustandsüberlagerungen eines makroskopischen Objektes (wie z.B. einer Katze) in dem Augenblick verschwinden, in dem Wechselwirkungen mit der Umgebung mit der Energie  $\geq \hbar$  (Planck'sches Wirkungsquantum) auftreten. D.h., dass nach der Theorie der Dekohärenz das Faktisch-Werden nicht erst mit dem Öffnen der Tür durch einen Beobachter einsetzt, sondern bereits durch die Wechselwirkungen des Atomkerns mit der Umwelt (Katze). Denn das Einsperren der Katze in die Kiste, um so ein nach außen abgeschottetes Gesamtsystem (Atomkern + Katze) zu schaffen, ist unzureichend, da schon eine kleine Bewegung der Katze in der Kiste eine so große Wechselwirkung zwischen Atomkern und Bewegung der Katze bedeutet, dass dann Faktizität eintritt, der Atomkern also faktisch zerfallen ist oder nicht. Nach der Theorie der Dekohärenz bedarf es also keines Beobachters, um Möglichkeiten faktisch werden zu lassen. Sondern dies geschieht ganz allgemein durch die Wechselwirkung eines Quantensystems mit einem klassischen System. (vgl. dazu wikipedia.org; Stichwort: Dekohärenz; Stand: 4.6.2009)

<sup>181</sup> Natürlich kann man anhand von Beipielfällen nicht mit Gewähr schlussfolgern, dass die Effekte wirklich auf die in der Therapie realisierten Wirkfaktoren zurückgehen. Um alle anderen möglichen Wirkfaktoren, die auch die Effekte bedingt haben könnten, auszuschließen, bedarf es eines randomisierten Therapie-Kontrollgruppenvergleichs mit ausreichender Stichprobengröße, so dass der alpha-Fehler und der Beta-Fehler in tolerierbaren Grenzen gehalten werden können.

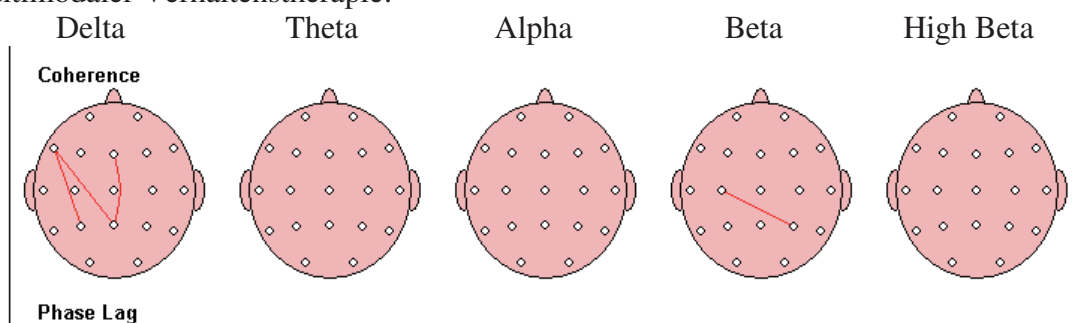
Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

10-jähriger Junge mit zuwenig Kohärenz frontozentral und parietal vor Beginn der multimodalen Verhaltenstherapie inklusive EEG-Biofeedbacktraining (jede blaue Linie stellt eine Verbindung zwischen zwei Elektrodenpositionen dar, zwischen denen statistisch signifikant im Vergleich zu einer nicht-klinischen Normstichprobe zu wenig Kohärenz, d.h. gemeinsame Schwingung, auftritt; jede rote Linie bedeutet statistisch signifikantes Zuviel an Kohärenz bzw. Übereinstimmung):



**Abb.3. 5: Kohärenz-Maps eines 10-jährigen Jungen, ermittelt mit der Software Neuroguide (s. Thatcher et al. 2003), vor Beginn einer multimodalen Verhaltenstherapie, die Neurofeedback als Baustein beinhaltet**

Nun die Kohärenz-Maps desselben Jungen nach auch im Elternurteil erfolgreicher multimodaler Verhaltenstherapie:

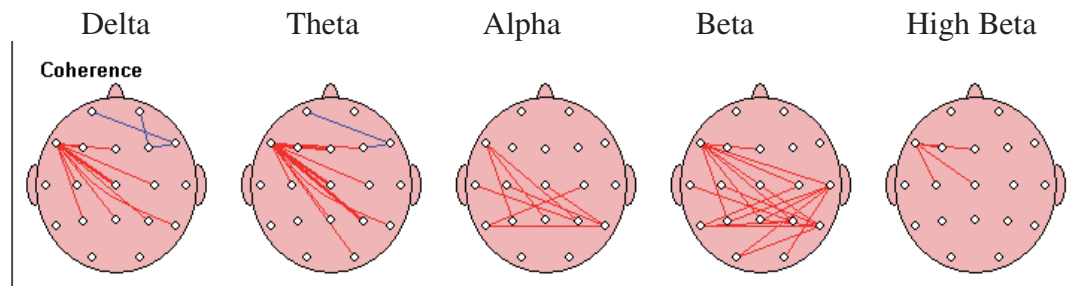


**Abb.3. 6: Kohärenz-Maps eines 10-jährigen Jungen, ermittelt mit der Software Neuroguide (s. Thatcher et al. 2003), nach Durchführung einer multimodalen Verhaltenstherapie, die Neurofeedback als Baustein beinhaltet**

Das deutlich ausgeprägte Zuwenig an Verbindung zwischen Gehirnarealen im Prätest hat sich im Posttest deutlich Richtung Mittelwert der Eichstichprobe verschoben (keine Linien bedeutet keine signifikanten Abweichungen mehr).

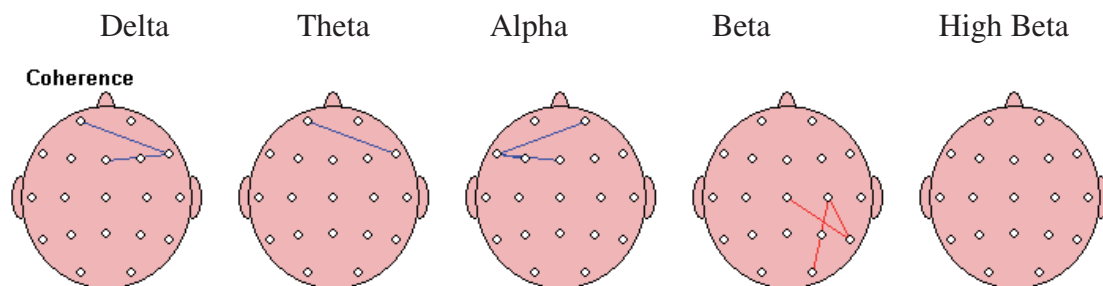
Während der 10-jährige Klient im obigen Beispiel im QEEG zuwenig Abstimmung zwischen Gehirnarealen aufwies, so dass der dynamische Schichtenstruktur-Prozess nicht optimal stattfinden konnte, erkennbar an den ADHS-Symptomen des Jungen, zeigt das folgende Beispiel die Möglichkeit auf, dass individuell auf den Klienten abgestimmtes EEG-Biofeedback im Rahmen multimodaler Verhaltenstherapie die Kohärenz auch in der Gegenrichtung zu normalisieren imstande ist:

*Kohärenzmaps eines 43-jährigen Mannes mit psychiatrisch diagnostizierter ADHS vor Therapiebeginn:*



**Abb.3. 7: Kohärenz-Maps eines 43-jährigen Mannes mit ADHS vor Beginn eines Neurofeedbacktrainings im Rahmen einer multimodalen Verhaltenstherapie**

*Kohärenzmaps desselben Mannes nach auch auf der Verhaltensebene erfolgreicher Therapie:*



**Abb.3. 8: Kohärenz-Maps eines 43-jährigen Mannes mit ADHS nach Durchführung eines Neurofeedbacktrainings im Rahmen einer multimodalen Verhaltenstherapie**

Auch hier zeigt sich die Abnahme von statistisch signifikanten Abweichungen der Kohärenz zwischen Elektrodenpositionen (die Zahl von vor allem roten Linien ist deutlich kleiner geworden).

Wenn auch diese Beispiele natürlich nicht sicher aufweisen können, dass die berichteten Effekte auf die therapeutischen Maßnahmen und insbesondere auf das EEG-Biofeedback zurückgehen, so wird an ihnen jedoch andererseits deutlich, dass allgemeine therapeutische Handlungsanweisungen in der Richtung, dass die Kohärenz frontozentral vermindert und posterior erhöht werden sollte, den Einzelfällen nicht gerecht werden, da hier individuell ganz andere Abweichungen der Kohärenz vorliegen können. Auch hier wird wieder deutlich, dass eine Therapie auf den / die KlientIn individuell zugeschnitten werden muss. Dass die Wichtigkeit der Individualisierung nicht nur für therapeutische sondern genauso für pädagogische Prozesse gilt, darauf wurde mittlerweile schon vielfältig hingewiesen; Schüler bringen unterschiedliche Wissensvoraussetzungen für nicht-privilegiertes Lernen mit und müssen bei ihren Wissensvoraussetzungen abgeholt werden (Stern 2006; Schumacher 2006). So zitiert Spiwak (in der ZEIT 2009 /Nr 10, S. 31) den Schulforscher Andreas Helmke, nach dem nicht mehr der „imaginäre Durchschnittschüler“ als Leitbild der Lehrer gelte, sondern im Unterricht die Talente und

Interessen des Einzelnen zu fördern seien. Das neue Schulgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen verspreche sogar „individuelle Förderung“ für jeden.

## **2. Argumente pro/contra Synergetik versus Prototypisierung: Die Überlegungen von R. Penrose**

Roger Penrose (1989 [2002], 1995) hat eine neuropsychologische Theorie entwickelt, die auf quantenphysikalischen Vorgängen beruht und hier vor allem den Messvorgang, bei dem die Quantenphysik in die klassische Physik übergeht, als Grundlage seiner Vorstellungen herangezogen. Diese Theorie postuliert Annahmen zu einer neuen, erst noch zu findenden Theorie der Quantengravitation, d.i. eine Zusammenführung der Einsteinschen speziellen Relativitätstheorie und der Quantentheorie zu einer neuen Theorie, die vor allem den Messvorgang und das Klassisch-Werden der Phänomene vor dem Hintergrund der Überlagerung von Möglichkeiten neu fassen will. Bezüglich des Leib-Seele-Problems verortet er die Möglichkeit dieser Prozesse, die auf dem Phänomen der Quantenkoherenz beruhen müssen, um auch im makrophysikalischen Bereich auftreten zu können, in den Mikrotubuli der Neuronen. Da diese Theorie bisher sehr spekulativ ist und empirische Untersuchungen dazu leider immer noch ausstehen, werde ich darauf hier nicht näher eingehen. Im Zusammenhang der vorliegenden Arbeit sind hingegen die Überlegungen von Penrose zur Nicht-Berechenbarkeit geistiger Tätigkeit von unschätzbarem Wert. Diese sollen nun hier gewürdigt werden (den folgenden Ausführungen liegt vor allem Penrose 1995 zugrunde).

Als Grundlage seiner Argumentation geht Penrose von vier möglichen Standpunkten zum Leib-Seele-Problem aus (Penrose 1995, 14f):

- A) Alles Denken ist Berechnung: Der Eindruck, etwas bewusst wahrzunehmen, wird schon durch die Ausführung geeigneter Berechnungen geweckt. Wenn ein Roboter, der ja auf der Basis mathematischer Algorithmen konstruiert worden ist, sich so verhält, wie ein Mensch, so dass für eine Testperson, die nicht weiß, ob ein Mensch oder ein Roboter mit ihr interagiert, diesen zwangsläufig für einen Menschen hält bzw. keine Unterscheidung mehr zwischen Roboter und Mensch treffen kann (Turing-Test), dann verhält sich der Roboter nicht nur wie ein Mensch, sondern hat auch Bewusstsein (starke These der Künstlichen Intelligenz);
- B) „Bewusstsein ist eine Eigenschaft physikalischer Vorgänge im Gehirn. Zwar lässt sich jeder tatsächliche Prozess rechnerisch simulieren, aber eine Computersimulation allein schafft kein Bewusstsein.“ Das Gedankenexperiment von Searle (s.o. das chinesische Zimmer [in Teil 1 Kap.1.1.]) zeigt auf, dass eine Maschine sich so verhalten könnte, als ob sie chinesisch verstehen würde und dabei kein einziges Wort chinesisch versteht;
- C) „Es gibt im Gehirn physikalische Prozesse, die zu Bewusstsein führen, aber sie lassen sich rechnerisch nicht angemessen simulieren. Die Simulation dieser physikalischen Vorgänge erfordert eine neue Physik.“ Diesen Standpunkt vertritt Penrose: geistige Prozesse gehen auf physikalische zurück, jedoch lassen sich die für geistige Prozesse grundlegenden physikalischen Prozesse rechnerisch nicht angemessen simulieren, da geistige Prozesse im Wesentlichen auf Nicht-Berechenbarkeit beruhen.

D) Der Standpunkt D) geht davon aus, dass sich Bewusstsein der naturwissenschaftlichen Erklärung entzieht und somit weder in der Sprache der Physik noch in der Sprache der Computer fassbar ist.

Standpunkt C hat mit A und B. gemein, dass physikalische Prozesse mentalen zugrunde liegen sollen, aber er unterscheidet sich von A und B durch die Annahme der Nicht-Berechenbarkeit, woraus folgt, dass mit Mitteln der klassischen Physik, zu denen auch Netzwerkmodelle gehören, die mathematisch ihre Wurzel in der Chaostheorie haben, was auch für die Synergetik gilt, kein Roboter jemals konstruierbar sein wird, der den Turing-Test vollkommen besteht, insbesondere wenn der Roboter nicht nur auf Handlungen hin „befragt wird“, sondern über ethische Entscheidungen berichten oder mathematische Beweise begründen soll. Bezüglich ethischer Entscheidungen ist davon auszugehen, dass kein Roboter jemals die Stufe 6 der moralischen Entwicklung nach Kohlberg (1996) erreichen werden wird, denn die Stufe 6, die mit dem kategorischen Imperativ von Kant einhergeht, setzt voraus, dass man seine Fähigkeit nutzt, das Gute zu erkennen, um so zu wissen, was in einer bestimmten Situation die ethisch gute Tat und was Egoismus ist. Die Untersuchungen von und im Gefolge von Kohlberg (zusammenfassend in Oerter/Montada 2002, 619ff., Zimbardo 1995, S.87; Kohlberg 1996, 58ff.) zeigen auf, dass Menschen in der Lage sind, diese Fähigkeit, das ethisch Richtige als Prinzip resp. Idee zu erkennen, zu entwickeln. Neuere Forschungen zum Thema Moral zeigen darüber hinaus auf, dass moralisches Urteilen und Verhalten aber nicht nur von Lernprozessen abhängt, sondern auch starke genetische Faktoren eine Rolle spielen: „Wir haben einen Moralinstinkt entwickelt, eine Eigenschaft, die von Natur aus in jedem Kind wächst“ (Marc Hauser, zit. nach SPIEGEL Nr. 31, 2007, S.111). „Verbote von Mord, Vergewaltigung und anderen Gewaltakten sind so gut wie allgemeingültig.“ (Mikhail, in: Spiegel 31, 2007, 113) Es scheint nach neuen Untersuchungen so zu sein, dass in allen Kulturen das Gebot der Fairness gilt, was aber darunter verstanden wird, unterliegt der jeweiligen Kultur (s. SPIEGEL ebd.). Dabei sind nach einer Untersuchung des Strafrechtlers E-J.Lampe schon Sechs-Jährige in der Lage, die Goldene Regel: „Was du nicht willst, das man dir tu, das füg' auch keinem andern zu“ als Urgesetz menschlichen Miteinanders zu sehen (SPIEGEL, ebd. S.112f.) Sein Verhalten danach auszurichten, ist etwas anderes, als nach gründlichen Abwägungsprozessen die Alternative zu wählen, die für mich die wenigsten Nachteile und die meisten Vorteile bringt. Ein Entscheidungsprozess, der auf abwägenden Kosten-Nutzen-Analysen beruht, ist mathematisch modulierbar (Dörner 2001, S.758ff.). Entscheidungen auf dieser Basis sind aber nach Kant nicht wirklich frei, weil sie der „Naturkausalität“ folgen, z.B. wenn es darum geht, die Vor- und Nachteile abzuwägen, den Urlaub noch zu verlängern oder gleich nachhause zu fahren (s. das Beispiel in Dörner, ebd.), oder wenn Raskolnikov in der Darstellung von Bieri (Bieri 2007, 322ff.) sich entschlossen hat, die alte Pfandleiherin umzubringen, weil er die Zinsen nicht zahlen konnte und sowieso schon hungern musste. Und auch, wenn jemand nicht einfach wie ein Kind seinen momentanen Wünschen nachgibt, sondern stattdessen kurz- und langfristige Konsequenzen für sich in seine Entscheidung einbezieht, bleibt dies im Rahmen der kantischen Naturkausalität, weil derjenige nur von seiner Bedürfnisbefriedigung ausgegangen ist. Was ist aber mit der altruistischen Tat, die mir keine konkreten Vorteile bringt, mich vielleicht sogar selbst in Gefahr bringt, wenn ich einen Ertrinkenden zu retten versuche, oder dazwischentrete, wenn jemand von mehreren geschlagen wird? Diese Tat setzt das Handeln nach ethischen Prinzipien voraus und indem derjenige so handelt, widersteht er gerade seinem eigenen Bedürfnis nach Sicherheit und körperlicher Unversehrtheit und handelt dagegen. Und gerade diese Tat ist nach Kant (vgl. Kant 1961, S.152-165) wirklich frei. Und eine solche Entscheidung setzt die Fähigkeit voraus, das Gute, ethisch



### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Richtige, schauen zu können, was sich jedem mathematischen Algorithmus entzieht, nicht berechenbar ist. (siehe dazu Lütz 2007, 168ff.) Und das Schöne dabei ist, dass die Evolution es so eingerichtet zu haben scheint, dass wir zum Schauen des Guten in der Lage sind (vgl. dazu auch Mahlmann 1999, insbesondere S. 74, 99f., 182-184); es gibt also hirneurologische Grundlagen, die diese nicht –algorithmische Fähigkeit möglich machen, was wiederum zeigt, dass die klassische Physik als ausschließliche Basis zum Verständnis psychologischer Prozesse und damit zur Lösung des Leib-Seele-Problems nicht hinreichend ist.

Penrose bezieht sich in seinen Büchern auf den **Gödel**, der die führenden Mathematiker und Logiker seiner Zeit auf einer Tagung im Jahr in Königsberg (interessanterweise der Heimatstadt Kants) mit einer Überlegung überraschte, aus der später sein berühmter Gödelscher Satz wurde. Auf der Tagung hat Gödel unbestreitbar geklärt, dass „kein *formales System* vernünftiger mathematischer Regeln auch im Prinzip jemals ausreichen kann, um alle wahren Aussagen der üblichen Arithmetik zu beweisen“ (Penrose 1995, S.82). Später spezifizierte Gödel seine Aussage noch : **„Menschliche Mathematiker verwenden zum Nachweis mathematischer Wahrheit keinen nachweislich korrekten Algorithmus“** (Penrose 1995, S.95). Aber was hat dieser sich auf mathematische Beweisführung beziehender Satz mit dem Leib-Seele-Problem zu tun? Dies soll an dem mathematischen Problem *finde eine ungerade Zahl, die die Summe von n geraden Zahlen ist*, verdeutlicht werden (zum folgenden siehe Penrose 1995, S.92ff.): Ein Computer, der sich auf die Suche macht, diese ungerade Zahl zu finden, wird mit der Suche niemals aufhören, denn für uns Menschen ist, wenn nicht sofort, dann nach kurzem Nachdenken sofort klar, dass es eine solche ungerade Zahl nicht geben kann. Lässt sich dies Beweisverfahren in die Form einer Berechnung, also eines Algorithmus bringen? Dazu nehmen wir an, dass wir ein Rechenverfahren A hätten, das uns dann, wenn es erfolgreich zum Ende kommt, beweist, dass die Berechnung C unseres mathematischen Problems niemals zum Ende kommt. Wenn wir A nun auf alle möglichen Berechnungen anwenden wollen, müssen wir die Berechnungen C so kodieren, dass A mit dieser Kodierung operieren kann. Alle möglichen verschiedenen Berechnungen C(n), wobei n eine natürliche Zahl ist, lassen sich als C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ... schreiben, und man kann C<sub>q</sub> die qte Berechnung nennen. Wird nun eine solche Berechnung auf eine feste Zahl n angewendet, dann kann man schreiben: C<sub>0</sub>(n), C<sub>1</sub>(n), C<sub>2</sub>(n), ... .

Das Rechenverfahren A, das der Computer durchführt, um zu beweisen, dass C(n) niemals aufhört, hängt, wie die einzelnen Berechnungen C somit nur von zwei Variablen ab: q und n. Formalisiert ausgedrückt, gilt:

a) wenn A(q,n) anhält, hält C<sub>q</sub>(n) nicht an

Nun kommt der erste völlig mathematisch legitime Schritt des Diagonalverfahrens von Cantor (s. Penrose 195, S.94) zur Anwendung: die Gleichsetzung von q und n: q=n:

b) Für q=n gilt: Wenn A(n,n) anhält, hält C<sub>n</sub>(n) nicht an.

Da A(n,n) jetzt nur noch von einer Zahl n abhängt, existiert pro n jetzt nur noch eine Berechnung C, die wir C<sub>k</sub> nennen wollen, es gilt also:

c) A(n,n)=C<sub>k</sub>(n)

Nach dem zweiten Teil des Diagonalverfahrens von Cantor ist es jetzt legitim, den speziellen Wert n=k zu betrachten:

d) Für n=k gilt: A(k,k)=C<sub>k</sub>(k).

Setzt man d) nun in b) ein, erhält man:

e) Wenn  $A(k,k)$  anhält, hält  $C_k(k)$  nicht an

Wenn man nun d) in e) einsetzt, erhält man:

f) **Wenn  $C_k(k)$  anhält, hält  $C_k(k)$  nicht an.**

Dies ist nun eindeutig ein Widerspruch in sich, denn  $C_k(k)$  kann nicht zugleich anhalten und nicht anhalten (nach der Boole'schen Algebra, die algorithmisch-mathematischen Beweisen zugrunde liegt). Damit ist gezeigt, dass der Satz von Gödel: „Menschliche Mathematiker verwenden zum Nachweis mathematischer Wahrheit keinen nachweislich korrekten Algorithmus“ zutrifft: Es gibt kein Rechenverfahren A, welches beweisen kann, dass es keine ungerade Zahl gibt, die sich aus n geraden Zahlen zusammensetzt. Andererseits ist uns ziemlich spontan einsichtig, dass das so sein muss. D.h., es gibt eine mathematische Einsicht, die sich mathematischen Algorithmen entzieht, die nicht mittels Berechnungen abgebildet werden kann. Und die Fähigkeit zu mathematischer Einsicht ist eine Fähigkeit menschlichen Bewusstseins bzw. menschlichen Geistes, so dass damit gezeigt ist, dass menschlicher Geist zumindest *auch* auf nicht-berechenbaren Prozessen beruht. Und dies dürfte nicht nur für Mathematische Ideen, sondern auch für die Idee des ethisch Guten (s.o.) gelten.

Welche Rolle spielen diese Einsichten nun für die Frage, ob das Verhältnis von Geist und Hirnphysiologie eher synergetisch oder eher auf der Basis der Idee der Protyposis zu verstehen ist? Eine Entscheidung aufgrund empirischer Befunde ist zumindest im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich, da beide Ansätze von Wechselwirkungen ausgehen, die ja auch empirisch bestätigt werden konnten; die empirischen Befunde dieser Arbeit sprechen - unter Vorbehalt - gegen „lineale“ Modelle (Schiepek 1986, S.33 & 101) des Leib-Seele-Verhältnisses. Da die Synergetik als Spezialfall der mathematischen Chaostheorie zu verstehen ist, ist auch die Synergetik deterministisch in dem Sinne, dass mathematische Algorithmen ihr zugrunde liegen und kein echter Zufall in diesem System existiert. Im Modell der Protyposis hingegen spielt echter Zufall eine wesentliche Rolle, so dass damit eine Komponente der Nichtberechenbarkeit mit ins Spiel kommt. Somit ist im Rahmen des Protyposis-Modells die Annahme möglich, dass unser Gehirn im Laufe der Evolution immer besser darin geworden ist, Nicht-Berechenbarkeit physiologisch zu ermöglichen und damit die physiologische Grundlage für nichtberechenbare geistige Prozesse (die Schau der platonischen Ideenwelt) zu liefern. Wahrscheinlich wird es gar nicht möglich sein, zwischen Synergetik und Protyposistheorie überhaupt empirisch zu entscheiden, da sie im Rahmen der dynamischen Schichtenstruktur aufeinander bezogen sind, und erst in ihrem Zusammenspiel die Wechselwirkungen zwischen Geist, Gehirn und Körper ermöglicht werden. So wie die Quantentheorie die grundlegende Theorie ist und zugleich aber der klassischen Physik bedarf, da ohne die klassische Physik es keine Fakten geben dürfte, andererseits die klassische Physik der Quantenphysik bedarf, da es ohne sie keine Masseteilchen gäbe<sup>182</sup>, so könnte es auch sein, dass die Protyposistheorie die Grundlage liefert, auf der Prozesse der Selbstorganisation, wie sie die Synergetik beschreibt, erst möglich werden.

---

<sup>182</sup> Wie schon erwähnt, würden die Elektronen eines Atoms nach den Gesetzen der klassischen Physik in den Atomkern stürzen

### 3. Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie (des ADHS)

Um die Wichtigkeit der vorliegenden Befunde darstellen zu können, möchte ich mit einer kulturgeschichtlichen Einordnung beginnen: Nach W.Welsch (2008) lässt sich die jüngere abendländische Kulturgeschichte in Neuzeit, Moderne und Postmoderne unterscheiden, wobei die Übergänge von einem zum anderen jeweils bereichsspezifisch unterschiedlich ausfallen. Für die vorliegende Untersuchung reicht es, Neuzeit-Moderne-Postmoderne für Wissenschaft und Philosophie zu betrachten. Der Beginn der **Neuzeit** wird in dieser Hinsicht weitgehend einhellig bei Descartes verortet. Das inhaltlich Neue, was mit Descartes begonnen hat, ist die Verwissenschaftlichung der Welt:

„Für uns Heutige [...] beginnt mit Descartes [...] die exakte Wissenschaft, die Mathesis universalis, die systematische Weltbeherrschung, die wissenschaftlich-technische Zivilisation – also die zu uns führende Linie. Nach Bacon und Galileis Vorarbeit ist die neuzeitliche Leitidee der mathesis universalis bei Descartes zu ihrem radikalen Selbstbewusstsein gekommen und hat von da aus ihren Siegeszug durch die Wissensgebiete angetreten und die bis in unsere Tage reichende Epoche bestimmt. Diese Idee der Mathesis universalis ist es, die den Zusammenhang der Neuzeit ausmacht.“ (Welsch, aaO., S.69)

Die Mathematisierung der Welt hat dabei nicht nur Einzug in die Sozialwissenschaften, insbesondere Soziologie und Psychologie, gehalten, sondern darüber hinaus bestimmt sie seit Jahrzehnten unser Bildungssystem: während im 19.Jhdt die verbale Beurteilung der Standard war, wurde im 20.Jhdt dann die verbale Beurteilung durch Noten ersetzt, indem man meinte, damit die Leistung des Schülers präziser abbilden, messen, zu können. Diese Ideologie treibt bis in unsere Tage seltsame Blüten, indem die Leistungsbeurteilung sogar im Zehntelbereich vorgenommen wird und so es passieren kann, dass jemand einen Studienplatz mit *numerus clausus* nicht bekommt, weil er das Abitur im Durchschnitt mit 1,6 statt 1,5 abgeschlossen hat. Verkannt wird hierbei eigentlich schon lange Bekanntes, nämlich, dass die Notenskala allenfalls eine Ordinalskala ist, sich damit also Zehntelfestlegungen und Durchschnittsbildungen verbieten, da die Skala so genau gar nicht messen, sondern nur Rangfolgen angeben kann, des weiteren, dass die Notenskala vom Umfeld ‚Klasse‘ abhängt: je leistungsfähiger die Mitschüler, desto schlechter die Note im Vergleich zu einer Klasse mit schwächeren Mitschülern. Hier wird deutlich, wie die Mathematisierung der Welt ohne jegliche Grenzen zum Maßstab in allen Bereichen erhoben wird, womit wir schon bei den formalen Kriterien der Neuzeit (nach Welsch, aaO) angekommen sind, nämlich dem *Universalitätsanspruch*: „Descartes schreibt nicht eine Abhandlung über *eine* Methode [...], sondern über *die* Methode – für *alle* Wissenschaften“ (aaO., S.72), und „dem Pathos des *radikalen Neuanfangs*“ (aaO., S.70, Hervorhebung von K-H.K):

„Ein radikaler Neubeginn gilt als unerlässlich. Nicht, dass alles am überlieferten Wissen falsch wäre – aber *im Ganzen* ist es falsch. Deshalb braucht es einen radikalen Neuanfang und eine darauf aufbauende einheitlich-systematische Neuerrichtung von allem.“(aaO., S.71)

Den Beginn der **Moderne** verortet Welsch im 20. Jahrhundert, indem mit der Realitäts- und der Quantentheorie die „Totalitätsintentionen gebrochen werden“, so dass nun die Pluralität obligat werde:

„Einsteins Spezielle Relativitätstheorie hat zu der Einsicht geführt, dass es keinen praktikablen Begriff des Ganzen gibt, weil kein Bezugssystem ausgezeichnet ist. Es gibt vielmehr nur Relationen eigenständiger und eigenzeitiger Systeme. Heisenbergs Unschärferelation hatte zur Pointe, dass sogar im gleichen Bezugssystem definierte Größen nicht gleichzeitig restlos genau bestimmt werden können. So gibt es schon im einzelnen System keine integrale, sondern nur partikulare Transparenz. Und schließlich hat Gödel mit seinem Unvollständigkeitssatz die jahrhundertalten Aspirationen einer Mathesis universalis vollends zerschlagen. Es gibt keinen Zugriff aufs Ganze, alle Erkenntnis ist liminativ.“(Welsch, aaO., S.77)

Unter **Postmoderne** versteht Welsch

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

„die unterschiedene Praxis und theoretische Reflexion des Pluralismus, der die Grundverfassung unserer Moderne, der Moderne des 20. Jahrhunderts, ausmacht. [...] Die Verteidigung der unterschiedlichen Lebenswelten, Sinnwelten und Anspruchswelten macht die emphatische Inspiration dieses philosophischen Postmodernismus aus. Er tritt allen Totalisierungen philosophischer, ökonomischer, technologischer Art vehement entgegen und hält – über ein grundsätzliches Finitätsbewußtsein – zur Wahrnehmung und Praxis der Pluralität an.“ (aaO., S.79)

Als Merkmale dieses „präzisen Postmodernismus“<sup>183</sup> führt Welsch (aaO., S.3ff.; siehe dazu Weber 2003, S.163f.) an:

- 1) Radikale Pluralität als positive Version: Die Pluralität der Rationalismuskonzeptionen wird nicht nur festgestellt, sondern als Chance positiv gewertet und verteidigt.
- 2) Unüberschreitbares Recht hochgradig differenter Wissensformen, Lebensformen, Handlungsmuster: Die inkommensurablen Betrachtungsweisen bleiben im „Widerstreit“ (Lyotard) und sind in ihrem Eigenrecht als gleichrangig zu akzeptieren
- 3) Antitotalitäre Option: „Um dem mit Vereinheitlichungszwängen einhergehenden Terror, zu dem es infolge von illegitimen Erhebungen des real Partikularen zum vermeintlich Absoluten kommt, entgegenzuwirken und um sämtliche Hegemonie-Ansprüche zu vermeiden, wird für eine antitotalitäre Grundeinstellung und Lebenspraxis optiert.“ (Weber 2003, S.163)
- 4) Interdisziplinäre Kongruenz: „In den verschiedenen Bereichen, in denen von Postmoderne gesprochen wird, erweist sich solche Pluralität als der einheitliche Fokus des Postmodernen“ (Welsch, aaO., S.5).
- 5) Die Postmoderne ist keine Trans- und Antimoderne: „Ihr [sc.: der Moderne] Grundinhalt – Pluralität – ist von der Moderne des 20. Jahrhunderts selbst schon propagiert worden, gerade von Leitinstanzen wie Wissenschaft und Kunst. In der Postmoderne wird dieses Desiderat der Moderne nun in der Breite der Wirklichkeit eingelöst.“ (Welsch, aaO., S.6) Im strikten Sinn post-modern ist die Postmoderne gegenüber der Moderne im ältesten Sinn, der Moderne im Sinne der Neuzeit. Die Postmoderne ist also strikt „nach-neuzeitlich“ (ebd.).
- 6) Probleme des Umgangs mit der Moderne: Wenn die Anerkennung und Verteidigung der Pluralität nicht in Beliebigkeit und Oberflächlichkeit münden soll, dann bedarf es einer Vernunftkonzeption, die sowohl die Heterogenität der Rationalitätsformen würdigt, als auch Übergänge und Auseinandersetzungen zwischen ihnen ermöglicht. In Auseinandersetzung mit Kant konzipiert Welsch seine Konzeption der „transversalen Vernunft“ (vgl. aaO. S.291ff.): Kant hat strikt zwischen reiner und praktischer Vernunft unterschieden; die erstere, auch theoretische Vernunft genannte, leitet die Naturerkenntnis, die zweite bestimmt den Menschen als sittliches Wesen. Beide Vernunftarten sind a priori gesetzgebend, jedoch für jeweils ihren gänzlich verschiedenen Phänomenbereich, „so dass sie sich nicht in die Quere kommen können“ (Welsch, aaO., S.291). Während sich die theoretische Vernunft auf Natur bezieht, bezieht sich die praktische Vernunft auf Freiheit, auf den Bereich der Sittlichkeit. Dabei hat sich Kant mit der radikalen Differenz nicht begnügt, sondern in der Kritik der Urteilskraft von 1790, die Urteilskraft als dritte Vernunftform, insbesondere „als Vermögen eines solchen Übergangs zwischen

---

<sup>183</sup> Im Unterschied zum „diffusen, feuilletonistischen Postmodernismus“, der Beliebigkeit und Oberflächlichkeit verbreitet (vgl. Welsch, aaO., S.322)

theoretischer und praktischer Vernunft expliziert“ (Welsch, ebd.). Nach Kant üben die theoretische und die praktische Vernunft ihre Gesetzgebung zwar in verschiedenen Gebieten, jedoch auf demselben Boden der Erfahrung aus. Dazu genügt es nicht nur, dass kein Widerstreit zwischen ihnen besteht, „sondern die Erfahrungswelt muss überdies ihrer Form nach so sein, dass Freiheitswirkungen in ihr auch gesetzt werden können“ (Welsch, aaO., S.292). Einheit ist ein Interesse der Vernunft, und dass die Natur so beschaffen ist, dass wir Naturgesetze zu größeren Zusammenhängen verbinden können, zeige, dass die Natur hier dem Interesse der Vernunft entgegenkomme. Die Natur ist also in diesem Sinne *zweckmäßig*, angemessen für die oberen Vermögen (Vernunft).

- 7) „Indem die Urteilskraft sich dieses Begriffs [sc.. Zweckmäßigkeit der Natur] als eines regulativen Prinzips bedient, macht sie ‚den Übergang vom Gebiete des Naturbegriffs zu dem des Freiheitsbegriffs möglich‘ (Kant, Kritik der Urteilskraft, LIV). Damit erweist sich die Urteilskraft als jene Vernunftform, welche die ‚systematische Einheit‘ der Vernunft verbürgt. Kraft ihrer gehören zur Architektur der Vernunft bei Kant sowohl Differenzen als auch Übergänge.“ (Welsch, ebd.) Transversale Vernunft versteht Welsch dabei nicht als Metavernunft – „Vernunft als Oberbegriff und Grundform verschiedener Rationalitäten“ (Welsch, aaO., S.295), sondern:

„Vernunft ist nicht ein begreifendes Vermögen auf höherer oder integraler Ebene gegenüber Verstand. Sie ist auf Totalität zwar bezogen, aber allein im Modus von Verbindungen und Übergängen. Daher – als solcherart in Verbindungen und Übergängen sich vollziehende Vernunft – wird sie hier als ‚transversale Vernunft‘ bezeichnet.“ (Welsch, aaO., S.296)

Da transversale Vernunft „das Grundvermögen einer postmodernen Lebensform“ darstellt, indem sie es ermöglicht, sich in der Pluralität der Rationalitäts- und Lebensformen zurechtzufinden, ist es der Pädagogik aufgegeben, zu eruieren und zu praktizieren, wie das transversale Vernunftvermögen gefördert werden kann. Transversale Vernunft, ist den „Subjekten eigentümlich, die zwischen verschiedenen Rationalitätstypen abzuwägen gehalten sind und überzugehen vermögen“ (Welsch, aaO., S.316). Dies setzt Bildung voraus, und zwar Bildung im alten Sinne von W.v.Humboldt, verstanden als *sich bilden*, also als aktiven Prozess des Sich Bildenden:

„Bildung sei die Anregung aller Kräfte eines Menschen, damit diese sich über die Aneignung der Welt in wechselseitiger Ver- und Beschränkung harmonisch-proportionierlich entfalten und zu einer sich selbst bestimmenden Individualität und Persönlichkeit führen, die in ihrer Individualität und Einzigartigkeit die Menschheit bereichere (Zusammenfassung der Brockhaus Enzyklopädie von 1987 s.v. ‚Bildung‘)“ (v. Hentig 2007, S.38f.).

Nach v. Hentig (aaO., S. 39) ist jedes Wort in dieser Definition bedeutsam: Es gehe um *Anregung* im Unterschied zu mechanischer Übertragung<sup>184</sup>, *alle*, nicht nur die geistigen Kräfte, sollen *sich entfalten*, wobei „sich entfalten“ impliziert, dass die Kräfte schon da sind, nicht gemacht oder eingepflanzt werden<sup>185</sup>. Die Entfaltung der Kräfte soll durch die *Aneignung von Welt* geschehen, was impliziert, dass die Aneignung in einem aktiven Prozess der Anverwandlung des Fremden geschieht. Das „*in wechselhafter Ver- und Beschränkung*“ impliziert erstens, dass auch „die Welt“ nicht unverändert dabei bleibt, und zweitens, dass die Entfaltung kein Vor-sich-hin-Wuchern ist, sondern Disziplin erfordert. Die Bestimmungsmerkmale *Harmonie und Proportionierlichkeit* weisen darauf hin, dass Bildung keine einseitige Genialität fördert, sondern darauf ausgerichtet ist,

<sup>184</sup> siehe Maturana: „es gibt keine instruktive Interaktion“

<sup>185</sup> auch dies entspricht einer ressourcenorientierten Betrachtungsweise auf dem Boden von Theorien zur Selbstorganisation

### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Konflikte zwischen sinnlichen und sittlichen und zwischen intellektuellen und spirituellen Ansprüchen zu mindern. Hier zeigt sich der Bezug zur transversalen Vernunft als Fähigkeit, zwischen verschiedenen Rationalitäts- und Lebensformen Übergänge zu finden, indem mit Hilfe ihrer Differenzen und Gemeinsamkeiten aufgedeckt und ausgehalten werden können. Dabei ist das Ziel humboldtscher Bildung die „*sich selbst bestimmende Individualität*“, und zwar deswegen, weil sie als solche „die Menschheit bereichert“. Humboldt gelingt es hier, Individualität und Gesellschaft, ja sogar Menschheit, zusammen zu denken.

Der Begriff von Bildung als aktiver Prozess des sich Bildenden gehört zum festen Grundbestand der allgemeinen Pädagogik, wie die Definition von Raithel, Dollinger & Hörmann „Einführung Pädagogik“ deutlich macht:

„Bildung (eruditio, ex rudibus = aus dem Rohzustand und über ihn hinaus) meint die Aneignung von Kenntnissen und Fertigkeiten in Selbstverfügung und aktiver Gestaltung mit dem Ziel der reflexiven Ausformung eines kultivierten Lebensstils (Educand-Perspektive).“ (Raithel, Dollinger & Hörmann 2009, S.36)

Bildung in diesem Sinne setzt Freiheit und Verantwortung als regulative Ideen voraus. Denn ohne die Möglichkeit, mich frei zu entscheiden, kann ich nicht zwischen verschiedenen Rationalitätstypen wählen, sie nicht aufgrund von in Freiheit gewählten ethischen Prinzipien beurteilen usw. Ohne Freiheit ist Verantwortung<sup>186</sup> widersinnig, da Verantwortung die Möglichkeit, sich frei zu entscheiden, sowie die Fähigkeit, dass man auch anders hätte handeln können, voraussetzt. Verantwortung setzt Freiheit voraus, und Freiheit findet ihre Grenze in der Verantwortung (ver-antworten = Rede und Antwort stehen auf Einwände von anderen hin; Verantwortung ist also ein relationaler Begriff: meine Freiheit findet ihre Grenze in der Freiheit der anderen und darf anderen nicht schaden). Bildung in diesem Sinne ist notwendig, um die Educanden unterstützen zu können, transversale Vernunft zu entwickeln, so dass sie in der von Pluralität gekennzeichneten Welt selbstbestimmt leben können, statt in Oberflächlichkeit, Beliebigkeit und Orientierungslosigkeit zu verfallen.

Wo nun sind die Konzeptionen von Roth und Singer einzuordnen? Der Buchtitel Singers „Ein neues Menschenbild?“<sup>187</sup> ist hier verräterisch. Aber nicht nur der Begriff „neu“ zeigt, dass die Konzeptionen von Singer und auch von Roth modern im Sinne der Neuzeit sind: beide sind getragen von einem Totalitätsanspruch, der sie die Autorenschaft des Ich und die Möglichkeit des „Ich hätte auch anders können“ als Illusion abtun lässt. Singers und Roths Konzeption sind damit als Rückfall ins 19. Jhdt. und früher zu sehen, da sie die Pluralität, insbesondere die Gleichberechtigung von psychischer und physischer Ebene leugnen, indem sie Freiheit, Autorenschaft, Identität als Illusion abtun. Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass sie dabei einer vorgefassten materialistischen Ideologie folgen und neurophysiologische Befunde in diesem Sinne ordnen und interpretieren, ohne sich bewusst zu machen, dass sie dabei einem Vor-Urteil aufgesessen sind. Die empirischen Untersuchungen der vorliegenden Studie weisen daraufhin, dass materialistische Modelle, die Wechselwirkungen der psychologischen mit der hirnebenebenen Ebene leugnen, weil downward causation nicht in die Geschlossenheit der physikalischen Welt passe, den empirischen Daten widersprechen. Dieser Befund bedarf der Replikation in weiteren ebenenüberschreitenden Untersuchungen und ist, insbesondere aufgrund der kleinen Stichprobengröße, natürlich nur als vorläufig anzusehen. Jedoch steht dieser Befund in Einklang mit den logisch-philosophischen Einwänden gegen die

---

<sup>186</sup> A.Flitner (1993; S.10) unterscheidet zwischen juristisch-institutioneller und ethisch-moralischer Verantwortung. Letztere ist hier gemeint.

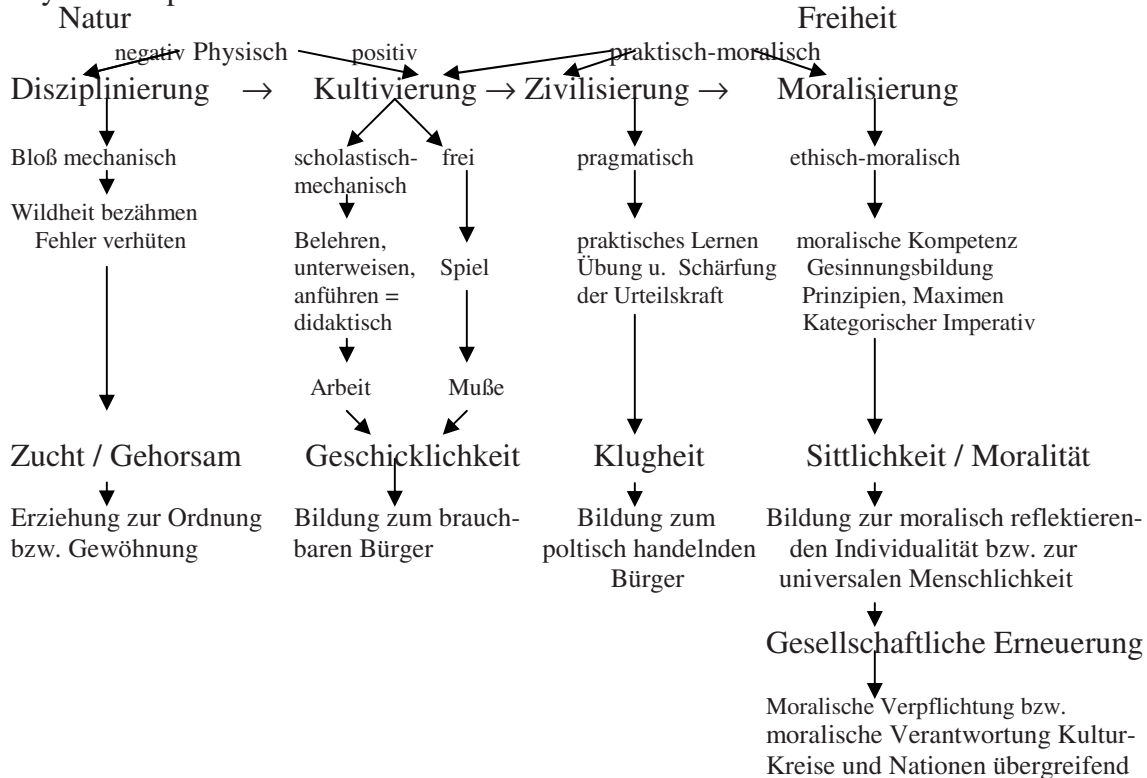
<sup>187</sup> so auch Roth (2003): Fühlen, Denken, Handeln; Kap 16, S.545ff.

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

materialistischen Konzeptionen sensu Roth und Singer. Ein „neues Menschenbild“ ist also in keinsten Weise erforderlich. Aus der Sicht der Postmoderne im Sinne von Welsch sind die materialistischen Konzeptionen abzulehnen, weil sie der Pluralität der Rationalitätskonzepte nicht genügen, sondern hier übergriffig werden, was sich in häufigen Kategorienfehlern zeigt, wenn auf einmal das Gehirn oder sogar Neuronen Entscheidungen treffen oder Bedeutungen und Sinnzuschreibungen vornehmen. Hier liegen logische Kategorienfehler vor:

„Human beings possess a wide range of psychological powers, which are exercised in the circumstances of life, when we perceive, think and reason, feel emotions, want things, form plans and make decisions. [...] We may enquire into the neural conditions and concomitants for their possessions and exercise. This is the task of neuroscience, which is discovering more and more about them. But its discoveries in no ways affect the conceptual truth that these powers and their exercise in perception, thought and feeling *are attributes of human beings*, [...], *not of their brains*. A human being is a psychophysical unity, an animal that can perceive, act intentionally, reason and feel emotions, a language-using animal that is not merely conscious, but also self-conscious – not a brain embedded in the skull of a body.“ (Bennett & Hacker, 2006, S.3)

Der Determinismus und die Behandlung von Freiheit, Verantwortung und freiem Willen als Illusion hat Auswirkungen auf die pädagogische Theoriebildung, was ich am Beispiel der Kant'schen Anthropologie und Erziehungslehre aufzeigen möchte: Aufgabe der Anthropologie sei es, den Menschen, der „sein eigener letzter Zweck ist“, „als mit Vernunft begabtes Erdwesen zu erkennen“ (Kant 1977a, S.399). Anthropologie, als die systematisch abgefasste Lehre von der Kenntnis des Menschen, „kann [sc.: dies] entweder in physiologischer oder in pragmatischer Hinsicht sein“ (ebd.). Dabei bezieht sich die *physiologische* Menschenkenntnis auf die Erforschung dessen, „was die Natur aus dem Menschen macht“ (ebd.), „die *pragmatische* auf das, was er, als freihandelndes Wesen, aus sich selber macht, oder machen kann und soll“ (ebd. Hervorhebungen von K-H.K.) Deutlich wird also auch in der Anthropologie die Unterscheidung der Bereiche der reinen und der praktischen Vernunft. Die sorgsam geschiedenen Bereiche Natur und Freiheit fallen im Menschen zusammen, der aus einem empirischen und einem intelligiblen Teil besteht, „er erscheint *zugleich* als sinnliches *Naturwesen* und als vernünftiges, mit *Freiheit* ausgestattetes Wesen“ (Lassahn 1983b, S. 141). In Kants erkenntnistheoretischer Konzeption gründet die empirische Untersuchung der Welt in der Prinzipienkenntnis (transzendente Bedingungen der reinen Vernunft) der transzendentalen Philosophie. Prinzipienkenntnis geht damit der Einzelkenntnis immer voraus. So auch in seiner Anthropologie: „Die *Generalkenntnis* geht hierin immer vor der *Lokalkenntnis* voraus; wenn jene durch Philosophie geordnet und geleitet werden soll: ohne welche alle erworbene Erkenntnis nichts als fragmentarisches Herumtappen und keine Wissenschaft abgeben kann.“ (Kant, aaO., S.400) Freiheit ist also fundamental für die Anthropologie Kants, was Auswirkungen auf seine Erziehungslehre (Kant 1977b, S.697ff.) hat: Kant unterscheidet auch hier Natur und Freiheit, indem er physische von praktischer Erziehung unterscheidet. Hörmann (2003, S.130) hat die Erziehungslehre Kants so gut veranschaulicht, dass ich an dieser Stelle auf dessen Darstellung zurückgreifen möchte:



**Abb.3. 9: Die Erziehungslehre Kants (graphische Veranschaulichung nach Hörmann [2003])**

Bildung im Sinne Humboldts gehört zum Bereich Zivilisierung und Moralisierung, also zum Bereich praktisch-moralischer Erziehung und damit zum Bereich der regulativen Idee der Freiheit bzw. zum Bereich der praktischen Vernunft. Dabei beginnt die Umwandlung der Tierheit in die Menschheit schon mit der Disziplinierung:

„Disziplin oder Zucht ändert die Tierheit in die Menschheit um. Ein Tier ist schon alles durch seinen Instinkt; eine fremde Vernunft hat bereits alles für dasselbe gesorgt. Der Mensch aber braucht eigene Vernunft. Er hat keinen Instinkt und muss sich selbst den Plan seines Verhaltens machen. Weil er aber nicht sogleich im Stande ist, dieses zu tun, sondern roh auf die Welt kommt: so müssen es andere für ihn tun.“ (Kant 1977b, S.697)

Auch die Disziplinierung dient dem Aufbau der Fähigkeit sich seiner Freiheit zu bedienen:

„Eines der größten Probleme der Erziehung ist, wie man die Unterwerfung unter den gesetzlichen Zwang mit der Fähigkeit, sich seiner Freiheit zu bedienen, vereinigen könne. Denn Zwang ist nötig! Wie kultiviere ich die Freiheit bei dem Zwange? Ich soll meinen Zögling gewöhnen, einen Zwang seiner Freiheit zu dulden, und soll ihn selbst zugleich anführen, seine Freiheit gut zu gebrauchen.“ (Kant 1977b, S.711)

Hier schneidet Kant ein Problem an, das Anfang des 20. Jahrhunderts Theodor Litt in Auseinandersetzung mit der reformpädagogischen Bewegung in seinem Buch *Führen oder Wachsenlassen* aus dem Jahr 1927 auf den Punkt gebracht hat, nämlich:

„In verantwortungsbewußtem Führen niemals das Recht vergessen, das dem aus eigenem Grunde wachsenden Leben zusteht – in ehrfürchtig-geduldigem Wachsenlassen niemals die Pflicht vergessen, in der der Sinn erzieherischen Tuns sich gründet – das ist der pädagogischen Weisheit letzter Schluss.“ (Litt 1967, S.81f.)

Erziehung und Bildung in diesem Sinne ist mehr als Abrichtung oder Dressur, was schon Kant formuliert hat:

„Der Mensch kann entweder bloß dressiert, abgerichtet, mechanisch unterwiesen, oder wirklich aufgeklärt werden. Man dressiert Hunde, Pferde, und man kann auch Menschen dressieren [...] Mit



### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

dem Dressieren aber ist es noch nicht ausgerichtet, sondern es kommt vorzüglich darauf an, dass Kinder denken lernen.“ (Kant 1977b, S.707)

Erziehung und Bildung setzen jedoch, wie oben schon betont, die regulative Idee von Freiheit und Verantwortung voraus. Eine deterministische Menschenbild lässt, das ist die zwingende Konsequenz der obigen Argumentation, nur Dressur, modern ausgedrückt: klassische und operante Konditionierung, zu. Dabei ist es gleichgültig, ob das Modell von einem Umweltdeterminismus, wie im Behaviorismus, oder von einem biologischen Determinismus, wie Singer und Roth, ausgehen. Höhere, auf Einsicht basierende Lernprozesse, insbesondere moralische Erziehung im Sinne Kohlbergs, und generell die Förderung der Autonomie des Individuums im Sinne der Aufklärung: „sapere aude! habe Mut, dich deines *eigenen* Verstandes zu bedienen!“ (Kant 1977c, S.53) sind in diesem Menschenbild nicht vorgesehen. Ein deterministisches Menschenbild lässt also Erziehung zur Freiheit nicht zu, wohl aber Erziehung zum Untertanen. Dies wird an Singers Vorschlägen (Singer 2003, ein neues Menschenbild?, S. 34) zum Umgang mit Straftätern deutlich, die für die vorliegende Arbeit besondere Relevanz haben, da sich in Längsschnittstudien gezeigt hat, dass gerade ADHS-Kinder hoch gefährdet sind, in eine dissoziale Karriere hineinzugeraten (s.o. Teil I., Kap. 6.1)

„Wir würden Straftäter also wegsperren und bestimmten *Erziehungsprogrammen unterwerfen*, die durchaus auch *Sanktionen* einschließen würden. Wir wissen doch, dass Erziehung sowohl der *Belohnung* als auch der *Sanktionen* bedarf. Mit anderen Worten: Wir würden hübsch das Gleiche tun wie jetzt auch schon. Allein die Betrachtungsweise hat sich geändert.“ (Singer 2003, S.34)

Generell spricht Singer vom „erzieherischen Prägungsprozess“ (ebd.). Erziehung wird hier also, wie schon im Rahmen der analytischen Untersuchung der Implikationen des Determinismus sensu Singer und Roth im Vergleich zu postmodernen Konzeptionen und zu Kant herausgearbeitet wurde, explizit auf Konditionierung durch Belohnung und Strafe reduziert und einem Prägungsprozess wie bei den Lorenz'schen Graugänsen gleichgesetzt. Interessant ist auch, dass Singer behauptet, dass wir damit nichts anderes tun würden als jetzt, bloss aus einer anderen Perspektive, der Perspektive des Determinismus, heraus. Erstens ist dazu zu sagen, dass diese Behauptung, die Erziehung und Bildung auf Konditionierungsprozesse reduziert und zur allgemein üblichen Praxis erklärt, hoffentlich nicht zutreffend ist, zumindest nicht in dieser allgemeingültigen Form (vgl. z.B. von Hentig 2007; Kieper/Meyer/Topsch 2002, S.72: hier insbesondere die kritisch-konstruktive Didaktik Klafki<sup>188</sup>, Flitner 1993<sup>189</sup>), zum zweiten macht es einen Unterschied, ob man Disziplinierungsmaßnahmen als notwendig ansieht, um daran anschließend, die Vernunft und Verantwortlichkeit des zu Erziehenden zu fördern, so dass er zur Vernunft kommen kann, d.h. sein Handeln aus freien Stücken nach einem ethischen Prinzip ausrichtet, weil er erkannt hat, dass dies Prinzip richtig ist, oder Disziplinierung nur angewendet wird, um den Betroffenen herrschenden gesellschaftlichen Regeln zu unterwerfen. Letzteres degradiert Menschen zu Tieren oder zu Konditionierungsmaschinen, was mit unserem Grundgesetz Art.1: Die Würde des Menschen ist

---

<sup>188</sup> Klafki versteht Didaktik als *kritische*, insofern die Zielvorstellung, die Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit der Schüler durch eine entsprechende Unterrichtsgestaltung zu fördern, nicht erreicht sind. Dh. die Erziehungswissenschaft ist gehalten, die herrschende Praxis immer wieder an diesen Zielvorgaben zu kritisieren. *Konstruktiv* ist seine Didaktik insofern, als er alle Lehrerinnen und Lehrer auffordert, sich aktiv für Veränderungen der bestehenden Verhältnisse einzusetzen. Die Praxis muss sich also die Kritik der Erziehungswissenschaft gefallen lassen, und hier haben auch empirische Methoden ihren Platz mit der Fragestellung, ob die herkömmliche Praxis zu Erreichung der oben genannten Ziele beiträgt oder sie sogar verhindert. (vgl. Klafki 1984; 1973, S.175ff. [, auf des komplexe Verhältnis von pädagogischer Praxis und Erziehungswissenschaft kann hier nicht näher eingegangen werden]) Singer hingegen macht eine vermeintlich schlechte (aus Sicht der kritisch-konstruktiven Erziehungswissenschaft) Praxis zur Norm, die normative Kraft des vermeintlich Faktischen(?).

<sup>189</sup> Flitner (1993, S.22) fragt sich mit Recht, „ob unsere Lernsysteme genug für Verselbstständigung, Mitverantwortung und ‚innovatives Lernen‘ tun. [...] Ist unser Bildungswesen geeignet Verantwortungsbewusstsein zu fördern?“

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

unantastbar, nicht zusammengehen kann. Vor diesem Hintergrund können wir uns nun der Frage zuwenden, ob das „neue Menschenbild“ als Grundlage des pädagogisch-therapeutischen Umgangs mit straffällig gewordenen Jugendlichen dienen kann: Ziel von Pädagogik und Therapie bei straffälligen Jugendlichen ist die Resozialisierung, d.h. die Jugendlichen sollen befähigt werden, wieder an der Gesellschaft teilzunehmen, Teilhaber der Gesellschaft zu sein, statt aus ihr herauszufallen. Dazu bedarf es die Förderung der Einsicht, inwiefern sie mit ihren Straftaten die Rechte anderer verletzt und anderen Leid zugefügt haben, wobei für eine dauerhafte Resozialisierung nicht nur Ziel sein kann, dass die Jugendlichen sich vernünftig verhalten, sondern selbst zur Vernunft kommen, d.h. dass sie sich aufgrund der Anerkennung ethischer Prinzipien aus freien Stücken der Vernunft gemäß verhalten und eben gerade nicht nur deswegen, weil sie sonst Strafe befürchten. Es ist also der Fall, „dass ‚jemand zur Vernunft kommt‘ von jenem Fall in der Erziehung zu unterscheiden, dass ‚Vernunft zur Anwendung kommt‘, weil letzteres auch durch Zwang erfolgen kann, ersteres dagegen nicht“ (Langer 2007, S.74). Die im Umgang mit jugendlichen Straftätern entwickelte „konfrontative Pädagogik“ (Weidner 2008; Kilb & Weidner & Gall 2009; Hörmann & Trapper 2007) findet nur mit Zustimmung des Jugendlichen statt. Anhand der folgenden Auflistung der 12 Eckpfeiler konfrontativer Pädagogik (Weidner & Kilb 2008, zusammengestellt von Hörmann 2007, S.11f.) wird deutlich, dass Ziel der konfrontativen Pädagogik ist, dass der Jugendliche im obigen Sinne zur Vernunft kommt:

- „1. Erziehungs-ultima-ratio, als ‚letztes Mittel‘, wenn akzeptierende Interventionen nicht fassen konnten
3. interventionistisch und um den Probanden werbend und ihn zur Veränderung motivierend
4. direkt, konfrontativ, normativ und Grenzen ziehend
5. delikt- und defizitspezifisch als Basis für eine Lebensweltorientierung (Prinzip: vom Speziellen zum Allgemeinen)
6. Ansatz mit einem *optimistischen Menschenbild*
7. primäre (Eigenmotivation) und sekundäre (äußerer Druck) Veränderungsmotivation akzeptierender Ansatz
8. polizei- und justizkooperativ
9. gesellschaftskritisch (3/4 winner-loser-Gesellschaft<sup>9</sup>)
10. Ansatz, der ohne die *Interventionserlaubnis*<sup>190</sup> des Betroffenen nicht konfrontativ arbeitet
11. den pädagogischen Bezug und Beziehungsarbeit favorisierend
12. Erziehungsziel orientiert: Förderung des prosozialen Verhaltens, des *moralischen Bewusstseins* und der Handlungskompetenz.“ (Hervorhebungen von K-H. K)

Singer und Roth hingegen huldigen einem pessimistischen Menschenbild (Singer, s.o.; ad Roth: siehe auch Roth 2008: „Persönlichkeit, Entscheidung und Verhalten. Warum es so schwierig ist, sich und andere zu verändern“) und fördern konditionierte Anpassung anstelle moralischen Bewusstseins, welches nach ihnen ja, da vollkommen determiniert und hirnpfysischen Prozessen nachgeordnet, eine Illusion sei. Darüber hinaus birgt das Menschenbild Roths und Singers die Gefahr in sich, dass der Mensch als komplex determiniertes und damit real unfreies Wesen seiner Widerstandsmöglichkeiten gegenüber gesellschaftlichen Vermarktungsinteressen beraubt wird. Verräterisch ist dabei das Manifest der „11 führende[n] Neurowissenschaftler“ (Gehirn und Geist 6/2004, S.30-36), in dem behauptet wird, dass „in den nächsten 10 Jahren enorme Fortschritte ins Haus“ stehen würden:

„In absehbarer Zeit wird eine neue Generation von Psychopharmaka entwickelt werden, die selektiv und damit hocheffektiv sowie nebenwirkungsarm in bestimmten Hirnregionen an definierten Nervenzellrezeptoren angreift. Dies könnte die Therapie psychischer Störungen revolutionieren – auch wenn von der Entwicklung zum anwendungsfähigen Medikament noch etliche weitere Jahre vergehen werden.“ (Das Manifest 2004, S.36)

Was hier als zukünftiger Fortschritt in der Behandlung psychischer Störungen gepriesen wird, ist aber nichts anderes als die Zementierung des Status Quo: Schubert et al. untersuchten die Entwicklung der Ritalinvergabe in Deutschland in den 90er Jahren. Anhand einer Modellrechnung gingen die Autoren davon aus, dass 1990 1493 Kinder

<sup>190</sup> Singer hingegen spricht davon, Straffällige Erziehungsprogrammen „zu unterwerfen“, s.o.

täglich mit Ritalin behandelt worden waren. 1991 waren es schon 41791 Kinder. Zwischen 1997 und 2000 ist nach den Erhebungen der Autoren der Verbrauch noch einmal um 240 Prozent gestiegen. Der exponentielle Verlauf der behandelten Kinder und Tagesdosen zeigt sich hier deutlich. Den Autoren des Manifestes scheint nicht klar zu sein, dass sie sich zu Handlangern der Pharmaindustrie gemacht haben und immer wieder machen. Man sieht, wohin das „neue Menschenbild“ führt, nämlich zur Stabilisierung herrschender Machtverhältnisse.

Nachdem die Bedeutung der vorliegenden Untersuchung für die pädagogische Theorie (Bildungstheorie und Anthropologie) sowie für die pädagogische Praxis anhand des exemplarischen Bereichs des sozialpädagogischen Umgangs mit (jugendlichen) Straftätern aufgezeigt wurde, wobei dies bewerkstelligt wurde, indem die Unvereinbarkeit des „neuen Menschenbildes“ mit nicht aufzugebenden Grundprinzipien<sup>191</sup> der Bildung und sozialpädagogischen Praxis aufgezeigt worden ist, möchte ich mich nun der Verhaltenstherapie mit ADHS-Kindern zuwenden. Diese kann, das hat das Modell von Lauth & Schlottke schon verdeutlicht (s.o. Teil I Kap.6) nur multimodal erfolgen, sollte also möglichst die physische, psychische und soziale Ebene mit einbeziehen. In unserer Praxis bieten wir den betroffenen Kindern und ihren Eltern im Rahmen einer multimodalen Verhaltenstherapie an, ergänzend oder die Ritalingabe ersetzend, mit dem Kind ein EEG-Biofeedback-Training (Leins 2004, Lubar & Lubar 1999, Fuchs et al. 2003, Strehl et al. 2006) durchzuführen. Beim EEG-Biofeedback-Training, dessen spezifische therapeutischen Effekte als nachgewiesen gelten können: der aktuelle Forschungsstand zeigt, „dass die Zeiten vorbei sind, in denen die Wirksamkeit von Neurofeedback [sc.: = EEG-Biofeedback] vorzugsweise durch Einzelfallberichte oder nicht kontrollierte vorher/nachher Vergleiche belegt wurde“ (Strehl et al. 2006, S.224)<sup>192</sup>, werden nicht bewusstseinsfähige hirnelektrische Parameter über computerisierte visuelle und akustische Rückmeldung dem Bewusstsein des Kindes zugänglich gemacht, so dass Lernen stattfinden kann. Geht man vom „neuen Menschenbild“ aus, dann finden hier ausschließlich implizite, operante Lernprozesse statt. Dies greift jedoch zu kurz, da das Kind natürlich nicht pro erfolgreichem Durchgang (Erfolg=bestimmte EEG-Parameter liegen über bzw. unter einer eingestellten Schwelle) mit Futter oder gar elektrischer Stimulation des Belohnungszentrums belohnt wird<sup>193</sup>, sondern zu Beginn des Trainings wird das Kind darüber informiert, dass der Biepton anzeigt, dass sein EEG im guten Bereich ist. Für jeden Biepton bekommt es einen Punkt. Je mehr Punkte es sammelt, desto besser hat es geschafft, sein EEG in den gewünschten Bereich zu bringen. D.h., dass zwischen Kind und Therapeut eine Übereinkunft über das therapeutische Ziel getroffen wird. Belohnend ist dann das Erfolgserlebnis, dass mit der klaren Rückmeldung einhergeht. Kognitive Prozesse sind also schon zu Beginn der Biofeedbackbehandlung grundlegend, da nur in ihrem Rahmen dann operante Konditionierung ablaufen kann. Damit das Biofeedbacktraining dauerhaften, stabilen Erfolg hat, ist es im Verlauf des Trainings unabdingbar, das Kind zu unterstützen, unabhängig vom Computer zu werden, da es ja sich in die Lage versetzen können muss, „sein Gehirn in Schwung“ zu bringen

---

<sup>191</sup> vgl. O. Speck (2008, S.93ff.), der die folgenden „pädagogischen Grundpositionen“ als nicht aufgebbar benennt: Selbstbestimmung als reales Erziehungsziel, Erziehung mit moralischem Anspruch, Achtung vor der kindlichen Person: „Auf dem Selbstsein beruht auch das, was wir *Menschenwürde* nennen. Sie kommt jedem Menschen, jedem Kinde zu, ohne Unterschied seiner biologisch-empirischen Funktionalität. Diese fraglose und unbedingte Achtung vor jedem Kinde, die nach Kant auf der autonomen Moralität des Menschen beruht, dürfte verfallen, wenn der Mensch nicht mehr als Selbst wirkend gelten würde, sondern wenn nur seinem Gehirn Autonomie zugesprochen würde. In Autonomie steckt übrigens ‚nomos‘ (griech.=Gesetz). Moralische und juristische Gesetze gibt sich nur der Mensch.“ (Speck 2008, S.101)

<sup>192</sup> siehe auch Gevensleben et al. (2009, p.8): „Our results indicate, that NF may be considered as a clinically effective module in the treatment of children with ADHD. [...] This is the first *randomised controlled trial* on neurofeedback in children with ADHD indicating clinical efficacy with *sufficient statistical power*.“ (Hervorhebungen von K-H.K)

<sup>193</sup> In Tierversuchen zur operanten Konditionierung von vegetativen Parametern ist man so vorgegangen, siehe dazu N.E. Miller (1978)

### Teil III: Synergetik, Prototypisierung und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

auch ohne Computer in alltäglichen Situationen, in denen es den Schwung seines Gehirnes braucht, wie z.B. bei den Hausaufgaben. Mit dem Kind wird vereinbart, den Computerbildschirm des Kindes (der Computer des Therapeuten, der die Datenaufzeichnung bewerkstelligt, läuft dabei weiter) auszustellen und verschiedene mentale Strategien bewusst zu testen (Transferdurchgang) im Vergleich zu einer Grundkurve, in der das Kind einfach nur so darsitzt, ohne sich zu konzentrieren. Anhand des Vergleichs des Grundkurven-EEG's mit dem EEG des Transferdurchgangs kann dann gemeinsam im Anschluss an den Transferdurchgang gesehen werden, ob die mentale Strategie erfolgreich gewesen ist oder nicht. Kinder, die auf diese Weise eine mentale Strategie zur Beeinflussung ihres Arousalniveaus haben entwickeln können, haben gute Chancen, den Therapieerfolg dauerhaft stabilisieren zu können (Strehl et al.2004). Dies zeigt, dass ein Menschenbild, was nur implizites<sup>194</sup> Lernen zulässt, zu kurz greift, um das, was beim EEG-Biofeedback passiert, verstehen zu können. Dies ist erst dann möglich, wenn man annimmt, dass hier implizites und explizites Lernen zusammenwirken. Es braucht also ein Menschenbild, welches den Menschen als bio-psycho-soziales Wesen<sup>195</sup> betrachtet und Wechselwirkungen zwischen allen Ebenen postuliert. Denn erst ein solcherart beschaffenes Menschenbild trägt zum Verständnis des therapeutischen Prozesses bei, indem es den Prozess nicht einseitig reduziert.

Aufgrund dieser Inkompatibilität des „neuen Menschenbildes“ der Hirnforscher mit pädagogischen und therapeutischen Grundprinzipien tut die Pädagogik gut daran, die Aussagen der Hirnforscher nicht unkritisch zu übernehmen, was allerdings in einigen neueren pädagogischen Publikationen der Fall ist: so übernimmt Klotz (2003) in ihrer Dissertation unreflektiert die Bewertung G.Roths des limbischen Systems als zentraler Schaltstelle (aaO., S.184, S.308) und betont hingegen an anderer Stelle die Freiheit des Menschen als ein wesentliches Selbstorganisationsphänomen (aaO., S.168), ohne zu merken, dass dies eine Abgrenzung zu Roth erfordert hätte, der Selbstorganisation nur für die biologische Ebene, auf keinen Fall jedoch ebenenübergreifend konzipiert hat. Auch bei Morasch (2007) findet sich keine kritische Abgrenzung zu den Schlussfolgerungen, die im Manifest (2004) vertreten worden sind. Lernen als Selbstorganisation, bei dem es gerade nicht nur auf Kognitionen, sondern auf Gefühle, Kognitionen und Verhalten ankommt, lässt sich auch ohne Hirnforschung begreifen und ist in der Psychotherapie schon länger bekannt (z.B. Kanfer/Reinecker/Schmelzer 1991, Grawe 1998, Greenberg /Rice /Elliott 2003). Im Gegensatz zu Klotz und Morasch bezieht Rittelmeyer (2002; vor allem S.140-142) sich in kritischer Distanz auf hirnphysiologische Befunde und scheint mir gerade damit einen Weg aufzuzeigen, wie Pädagogen Befunde der Hirnforschung für die Pädagogik fruchtbar machen können, ohne sich dem „neuen Menschenbild“ implizit oder explizit anzuliefern. Becker (2006, S.225f.) kommt nach ihrer Fachliteraturanalyse zur Frage des Nutzens der Hirnforschung für die Lehr-Lernforschung zu dem Schluss, dass der Beitrag der Hirnforschung „eher auf der Ebene der Evaluation und der ‚Ausschlussdiagnostik‘<sup>196</sup> [anzusiedeln ist], als dass er zur Entwicklung von speziellen Tests oder Interventionsprogrammen beitragen könnte“. Darüberhinaus resümiert sie, dass die „Tatsache, dass eine interdisziplinäre Kooperation zwischen Erziehungswissenschaft und Neurowissenschaften bislang aussteht, [...] weder ein Zeichen von mangelnder

---

<sup>194</sup> implizites Lernen umfasst alle assoziativen Lernprozesse, die unbewusst ablaufen, explizites Lernen alle bewussten assoziativen Lernprozesse. Siehe dazu Grawe (1998), S.234f.

<sup>195</sup> vgl. an der Heiden (1993, S.52): „Der menschliche Organismus [ist] ein komplexes System interagierender Entitäten [...]. Dabei reicht es in der Regel nicht, ihn als abgeschlossenes System zu betrachten, sondern als wechselwirkend mit der Umwelt. Außerdem darf man sich nicht nur auf die ‚materielle‘ Seite seiner Existenz (Moleküle, Zellen, Organe etc.) einschränken, sondern muß die Tatsache berücksichtigen, dass der Mensch ein Beziehungsgeflecht umfasst, zu dem mindestens die Hauptkomponenten Körperlichkeit, Fühlen, Wahrnehmen, Denken und Verhalten gehören, von denen jede mit jeder interagiert [...].“

<sup>196</sup> gemeint ist z.B., ob es sich bei einem kognitiven Defizit um eine Entwicklungsverzögerung oder um eine Entwicklungsstörung handelt.

### Teil III: Synergetik, Prototypis und Relevanz der Befunde für Pädagogik und Psychotherapie

Kooperationsbereitschaft von Seiten der Erziehungswissenschaft (wie im Mediendiskurs behauptet wird), noch [...] ein Zeichen der forschungsmethodischen Rückständigkeit der Erziehungswissenschaft im deutsch-sprachigen Raum“ sei, denn die mangelnde Kooperation finde sich nicht nur in Deutschland, sondern auch im englischsprachigen Raum (Becker 2006, S.206ff.).

Zusammenfassend kann zum Abschluss festgehalten werden, dass die vorliegende Arbeit zum einen die Widersprüche und bedenklichen Implikationen materialistischer Konzeptionen aufgezeigt hat, zum anderen empirische Hinweise - unter dem Vorbehalt der kleinen Stichprobengröße - dafür geliefert hat, dass die einseitige Kausalitätsannahme von Physis zu Psyche und die Identitätstheorie als Einfaktorenmodell zugunsten von bereichsspezifischen Wechselwirkungsmodellen wahrscheinlich aufgegeben werden müssen. Die vorliegenden Befunde unterstützen das Konzept der transversalen Vernunft und zeigen, dass freier Wille, der kompatibilistisch sowie inkompatibilistisch nur unbefriedigend konzipiert werden kann, im Rahmen eines ebenenübergreifenden Selbstorganisationsprozesses, in dem aus den physischen Prozessen im Gehirn der freie Wille als Ordnungsparameter emergiert und als solcher dann auf die physischen Prozesse zurückwirkt, sowohl deterministisch eingebunden als auch zugleich frei verstanden werden kann, da er die Möglichkeit der kausalen Rückwirkung auf die physischen Prozesse hat (zirkuläre Kausalität) und der Selbstorganisationsprozess auf der Basis quantenphysikalischer Prozesse stattzufinden scheint. Ob dabei der Selbstorganisationsprozess synergetisch im oben beschriebenen Sinne verstanden wird, oder die Freiheit darin begründet liegt, dass strukturelle Kopplungen zwischen den unterschiedlichen Systemen Körper, Psyche und Kommunikation mit anderen bestehen, die jeweils für sich selbstorganisierte, dabei aber in struktureller Kopplung aufeinander bezogene Systeme sind, scheint mir von untergeordneter Relevanz zu sein. Auf jeden Fall deckt sich die Konzeption der zirkulären Kausalität bzw. der strukturellen Koppelung der drei sich selbst organisierenden Systeme mit unserem Erleben, zugleich frei und eingebunden in gesellschaftliche Prozesse und die eigene Biographie zu sein. Die vorliegende Arbeit hat hoffentlich deutlich machen können, dass Bildung<sup>197</sup> auch und gerade von den hirnpfysiologischen Voraussetzungen her möglich und darüberhinaus unverzichtbar ist, wenn unsere Gesellschaft als demokratische weiter Bestand haben soll.

---

<sup>197</sup> im umfassenden humboldtschen Sinne, s.o.

## Literaturverzeichnis

- An der Heiden, U. (1993): Dynamische Krankheiten – Konzepte und Beispiele. In: Schiepek, G. & Spörkel, H. (Hrsg.): Verhaltensmedizin als angewandte Systemwissenschaft. Mackinger-Verlag: Bergheim bei Salzburg, S.51-65
- Anker, Duncan & Sparks (2009 in press): The Norway Couple Study. In: Journal of consulting and Clinical Psychology.
- Asay, T.P. & Lambert, M.J. (2001): Empirische Argumente für die allen Therapien gemeinsamen Faktoren: Quantitative Ergebnisse. In: Mark A. Hubble, Barry L. Duncan & Scott D. Miller (Hrsg.): so wirkt Psychotherapie. Empirische Ergebnisse und praktische Folgerungen. Systemische Studien Band 21. Verlag modernes Lernen: Dortmund.
- Auckenthaler, Anna (2000): Die Manualisierung der Psychotherapie: Ziele und Implikationen. In: Hermer, M. (Hrsg.) Psychotherapeutische Perspektiven am Beginn des 21.Jahrhunderts. dgvt-Verlag: Tübingen, S.213-223.
- Aust-Claus, E. & Hammer, P.-M. (2000): Das A•D•S-Buch. Aufmerksamkeits•Defizit•Syndrom. Neue Konzentration-Hilfen für Zappelphilippe und Träumer. Neu: das OptiMind-Konzept für Eltern, Lehrer, Therapeuten. Dritte Auflage. Oberstebrink-Verlag: Ratingen.
- Bandura, A. (1979): Sozial-kognitive Lerntheorie. Klett-Cotta Verlag: Stuttgart.
- Barkley, R.A. (2006): Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for Diagnosis and Treatment. Third edition. The Guilford Press: New York, London.
- Basar-Eroglu, C., Hoff, E., Strüber, D. & Stadler, M. (2003): Multistabile Phänomene in der Neurokognitionsforschung. In: Schiepek, G. (Hrsg.): Neurobiologie der Psychotherapie. Schattauer-Verlag: Stuttgart, New York, S. 349-364.
- Baumert, J., Artelt, C., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2003): PISA 2000 – Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland. Zusammenfassung zentraler Befunde. Leske + Budrich Verlag: Opladen.
- Beck, A.T. (1967): Depression: Clinical, experimental and theoretical aspects. Harper & Row: New York.
- Beck, F. & Eccles, J.C. (1996): Quantenaspekte der Gehirntätigkeit und die Rolle des Bewußtseins. In: Eccles, J.C.: Wie das Selbst sein Gehirn steuert. Piper Verlag: München, S.213-241.
- Becker, N. (2006): Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik. Verlag Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn
- Beisteiner, R. & Barth, M. (2005): Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei Patientenuntersuchungen mit der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT). In: Walter, H. (Hrsg.): Funktionelle Bildgebung in Psychiatrie und Psychotherapie. Methodische Grundlagen und klinische Anwendungen. Schattauer Verlag: Stuttgart, S.74-88.
- Bennett, M:R: & Hacker, P.M.S. (2003): Philosophical Foundations of Neuroscience. Blackwell Publishing: Malden, Oxford, Carlton.
- Betz, D. & Breuninger, H. (1998): Teufelskreis Lernstörungen: Theoretische Grundlegung und Standardprogramm. Materialien für die klinische Praxis. 5. Auflage. Psychologie Verlags-Union PVU. Beltz Verlag: München, Weinheim.
- Bieri, P. (1997): Generelle Einführung. In: Bieri, P. (Hrsg.): Analytische Philosophie des Geistes. Dritte, unveränderte Auflage. (Erste Auflage: 1981). Beltz Athenäum: Weinheim, S.1-28.

- Bieri, P. (1997b): Erster Teil: Materialismus. Einleitung. In: : Bieri, P. (Hrsg.): Analytische Philosophie des Geistes. Dritte, unveränderte Auflage. Beltz Athenäum: Weinheim, S.30-55.
- Bieri, P. (2006): Was macht Bewusstsein zu einem Rätsel? In: Metzinger, Th. (Hrsg.): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 1: Phänomenales Bewusstsein. Mentis Verlag: Paderborn, S.36-54.
- Bieri, P.(2007): Das Handwerk der Freiheit. Über die Entdeckung des eigenen Willens. Fischer Taschenbuch. 9. Auflage. Fischer-Verlag: Frankfurt.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R.F. (1996): Biologische Psychologie. Dritte, komplett überarbeitete Auflage. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York.
- Blankertz, H. (1982): Die Geschichte der Pädagogik. Von der Aufklärung bis zur Gegenwart. Büchse der Pandora: Wetzlar.
- Bollnow, O.F. (1984): Existenzphilosophie und Pädagogik. Versuch über un stetige Formen der Erziehung. 6.Auflage. (Urban-Taschenbücher Band 40). Kohlhammer-Verlag: Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz.
- Bortz, J. (1984): Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler. Unter Mitarbeit von D.Bongers. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Bransford, J.D. & Johnson, M.K. (1972): Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11, pp.17-21.
- Breidbach, O. (2001): Hirn und Bewusstsein – Überlegungen zu einer Geschichte der Neurowissenschaften. In: Pauen, M. & Roth, G. (Hrsg.): Neurowissenschaften und Philosophie. Eine Einführung. UTB für Wissenschaft: 2208. Wilhelm Fink Verlag: München; S.11-58.
- Brühl, B., Döpfner, M. & Lehmkuhl, G. (2000): Der Fremdbeurteilungsbogen für hyperkinetische Störungen (FBB-HKS) – Prävalenz hyperkinetischer Störungen im Elternurteil und psychometrische Kriterien. In: Kindheit und Entwicklung 9, 2000, S.115-125.
- Chabot, J.R. & Serfontein, G. (1996): Quantitative Electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. In: Biological Psychiatry 40, pp.951-963.
- Chomsky, N. (1968): Language and the mind. Harcourt Brace & World: New York.
- Churchland, P.M. (1981): Eliminativer Materialismus und propositionale Einstellungen. In Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S. 189-215.
- Churchland, P.S. (1996): Die Neurobiologie des Bewusstseins. Was wir von ihr lernen, In: Metzinger, Th. (Hrsg.): Bewusstsein. Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie. 2. Auflage. Schöningh Verlag: Paderborn, München.
- Clarke, A.R., Barry. R.J, McCarthy, R. & Selikowitz, M. (1998): EEG analysis in attention-deficit/hyperactivity disorder: A comparative study of two subtypes. Psychiatry Research 81, pp19-29.
- Clarke, A.R., Barry. R.J, McCarthy, R. & Selikowitz, M. (2001): Electroencephalogram differences in two subtypes of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In: Psychophysiology 38, pp.212-221.
- Conners, C.K. (2004): Conners' Rating Scales-Revised. Instruments for Use with Children and Adolescents. Technical Manual. Tenth Printing. Multi Health Systems: Toronto.
- Das Manifest (2004): Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung. In: Gehirn & Geist 6/2004, S.30-31, 33-34, 36-37
- Davidson, D. (1965): Mentale Ereignisse. In: Bieri, P. (Hrsg.) (1997): Analytische Philosophie des Geistes. 3., unveränderte Auflage. Beltz Athenäum: Weinheim, S.73-92.
- De Jong, P. & Kim Berg, I. (1998) : Lösungen (er-)finden. Das Werkstattbuch der lösungsorientierten Kurzzeittherapie. Systemische Studien Band 17. verlag modernes lernen: Dortmund.

- Deecke, L. (2007): Freies Wollen und Handeln aus neurophysiologischer Sicht. In: Kriz, J. & Deecke, L.: Sinnorientiertes Handeln zwischen Hirnphysiologie und kultureller Gestaltungsleistung. Wiener Vorlesungen. Picus Verlag: Wien.
- Deecke, L., Becker, W., Grözinger, B., Scheid, P. & Kornhuber, H.H. (1973): Human brain potentials preceding voluntary limb movements. In: McCallum, W.c. & Knott, J.R. (Eds.): Electroencephalography and clinical neurophysiology supplement: Event-related slow potentials of the brain: Their relations to behavior. (Vol. 33). Elsevier: Amsterdam, pp.87-94.
- DeShazer, St. & Dolan, Y. (2007): More Than Miracles. The State of the Art of Solution-focused Brief Therapy. With H. Korman, T. Trepper, E. McCollum, I. Kim Berg. Haworth Press: Binghamton, NY.
- DeShazer, St. (1992): Wege der erfolgreichen Kurzzeittherapie. 4. Auflage. Klett-Cotta: Stuttgart.
- DeShazer, St. (1996): „... Worte waren ursprünglich Zauber“. Lösungsorientierte Therapie in Theorie und Praxis. Systemische Studien Band 14. verlag modernes lernen: Dortmund.
- Döpfner, M., Schürmann, St. & Frölich, J. (1997): Therapieprogramm für Kinder mit hyperkinetischem und oppositionellem Problemverhalten THOP. Materialien für die psychosoziale Praxis. Herausgegeben von M.Hautzinger und F.Petermann. Psychologie Verlags Union PVU. Beltz Verlag: Weinheim.
- Döpfner, M. & Lehmkuhl, G. (2000): DISYPS-KJ. Diagnostik-System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD-10 und DSM-IV. Klinische Diagnostik – Elternurteil – Erzieher- und Lehrerurteil – Selbsturteil. Manual. Zweite, korrigierte und ergänzte Auflage. Hans Huber Verlag: Bern, Göttingen, Toronto, Seattle.
- Döpfner, M., Plück, J., Bölte, S., Lenz, K., Melchers, P. & Hein, K. (1998): Elternfragebogen für das Verhalten von Kindern und Jugendlichen. Deutsche Bearbeitung der Child Behavior Checklist (CBCL /4-18). Einführung und Anleitung zur Handauswertung. 2. Auflage mit deutschen Normen. Arbeitsgruppe Deutsche Child Behavior Checklist. KJFD, Arbeitsgruppe Kinder-, Jugend- und Familiendiagnostik: Köln.
- Döpfner, M.; Frölich, J. & Lehmkuhl, G (2000): Hyperkinetische Störungen. Leitfaden Kinder- und Jugendlichenpsychtherapie. Hogrefe: Göttingen.
- Dörner, D. (2001): Bauplan für eine Seele. Rowohlt Taschenbuch Verlag: Reinbek bei Hamburg.
- Dörpinghaus, A., Poenitsch, A. & Wigger, L. (2009): Einführung in die Theorie der Bildung. Grundwissen Erziehungswissenschaft. Dritte Auflage (Nachdruck der zweiten, durchgesehenen Auflage 2008). Wissenschaftliche Buchgesellschaft: Darmstadt.
- Dupuy, T.R. & Cenedela, M. (2000): T.O.V.A. Test Of Variables of Attention. User's Guide. Software Manual Version 7. Second Edition. Universal Attention Disorders: Los Alamitos.
- Eccles, J.C. (1993): Die Evolution des Gehirns. Die Erschaffung des Selbst. Piper Verlag: München.
- Eccles, J.C. (1996): Wie das Selbst sein Gehirn steuert. Piper Verlag: München.
- Edelman, G.M. (2007): Das Licht des Geistes. Wie Bewusstsein entsteht. Deutsch von Christoph Trunk. Rowohlt Taschenbuch Verlag: Reinbek bei Hamburg.
- Edmonds, D.J. & Eidinow, J.A. (2005): Wie Ludwig Wittgenstein Karl Popper mit dem Feuerhaken drohte. Eine Ermittlung. Zweite Auflage. Fischer Taschenbuch Verlag: Frankfurt am Main.
- Egner, T., Gruzelier, J.H. (2004): EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. In: Clin. Neurophysiol. 2004, Jan; 115(1); pp.131-139.



- Emrich, Ch. (2004): LISREL interaktiv. Einführung in die interaktive Modellierung komplexer Strukturgleichungsmodelle. Erste Auflage. Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Feigl, H. (1958): Das "Mentale" und das "Physikalische". In: Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S.132-163.
- Feigl, H. (1967): The "Mental" and the "Physical". The Essay and a Postscript. University of Minnesota Press: Minneapolis.
- Fiedler, P. (2004): Sexuelle Orientierung und sexuelle Abweichung: Heterosexualität – Homosexualität- Transgenderismus und Paraphilien – sexueller Missbrauch – sexuelle Gewalt. Psychologie Verlags Union PVU. Beltz Verlag: Weinheim, Basel.
- Fisseni, H.-J. (1984): Persönlichkeitspsychologie. Auf der Suche nach einer Wissenschaft. Ein Theorienüberblick. Hogrefe Verlag: Göttingen, Toronto Zürich.
- Fließbach, Th. (2005): Quantenmechanik. Lehrbuch zur Theoretischen Physik III. Vierte, überarbeitete Auflage. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag: München.
- Flitner, A. (1993): Erziehung und Verantwortung. In: Kürzdörfer, K. (Hrsg.): Erziehung und Verantwortung. Verlag Peter Lang: Frankfurt, S. 9-26.
- Foerster v., H. (1988): Abbau und Aufbau. In: Simon, F.B.: Lebende Systeme. Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, S. 19-33.
- Foerster v., H. (1993): KybernEthik. Autorisierte Übersetzung aus dem Amerikanischen von Birger Ollrogge. Merve Verlag: Berlin.
- Foerster v., H. (1993b): Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke. Herausgegeben von S.J.Schmidt. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 876. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Fuchs, Th., Birbaumer, N., Lutzenberger, W., Gruzelier, J.h. & Kaiser, J. (2003): Neurofeedback Treatment for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children: A Comparison With Methylphenidate. In: Applied Psychophysiology and Biofeedback, Vol. 28, No.1, March 2003, pp. 1-12.
- Fuchs, Th. (2010): Das Gehirn – ein Beziehungsorgan. Eine phänomenologisch-ökologische Konzeption. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Kohlhammer Verlag: Stuttgart.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Vogel, C., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., Rothenberger, A., Moll, G.H. & Heinrich, H. (2009): Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. In: The Journal of Child Psychology and Psychiatry \* \*:\*(2009), pp \*-\*\* (10 Seiten)
- Göbel, J. (2007): Informationstheorie und Codierungsverfahren. Grundlagen und Anwendungen. VDE Verlag: Berlin & Offenbach.
- Goebel, R. & Kriegeskorte, N. (2005): Funktionelle Magnetresonanztomographie: In: Walter, H. (Hrsg.): Funktionelle Bildgebung in Psychiatrie und Psychotherapie. Methodische Grundlagen und klinische Anwendungen. Schattauer Verlag: Stuttgart, S.22-30.
- Görnitz, Th. & Görnitz, B. (2007): Der kreative Kosmos. Geist und Materie als Quanteninformation. Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag: München, Heidelberg.
- Görnitz, Th. (2006): Quanten sind anders. Die verborgene Einheit der Welt. Mit einem Vorwort von Carl Friedrich von Weizsäcker. Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag: München, Heidelberg.
- Grawe, K. (1998): Psychologische Psychotherapie. Hogrefe-Verlag: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Grawe, K. (2004): Neuropsychotherapie. Hogrefe-Verlag: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, Oxford, Prag.

- Grawe, K., Donati, R. & Bernauer, F. (1994): Psychotherapie im Wandel. Von der Konfession zur Profession. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Greenberg, L.M., Kindschi, C.L. & Corman, C.M. (2000): T.O.V.A. Test Of Variables of Attention. Continuous Performance Test. Copyright L.Greenberg 1988-2000. Clinical Guide. Second Edition. Universal Attention Disorders: Los Alamitos.
- Greenberg, L.S., Rice, L.N. & Elliott, R. (2003): Emotionale Veränderung fördern. Grundlagen einer prozess- und erlebensorientierten Therapie. Junfermann Verlag: Paderborn.
- Griffith, J.L., Griffith, M.E. & Slovik, L.S. (1989): Mind-Body Patterns of Symptom Generation. In: Family Process 28: 137-152.
- Griffith, J.L., Griffith, M.E. & Slovik, L.S. (1990): Mind-Body Problems in Family Therapie: Contrasting First- and Second-Order Cybernetics Approaches. In: Family Process 29: 13-28.
- Habermas, J. (1987): Theorie des kommunikativen Handelns. Band 1. Handlungsrationalität und gesellschaftliche Rationalisierung. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1175. Vierte, durchgesehene Auflage. Suhrkamp Verlag: Frankfurt.
- Habermas, J. (2007): Freiheit und Determinismus. In: Krüger, H.-P. (Hrsg.): Hirn als Subjekt? Philosophische Grenzfragen der Neurobiologie. Akademie Verlag: Berlin, S.101-120.
- Hagemann, D., Naumann, E., Thayer, J.F. & Bartussek, D. (2002): Does resting electroencephalograph asymmetry reflects a trait? An application of latent state-trait theory. In: Journal of Personality and Social Psychology 82(4), pp.619-641.
- Haggard, P. & Eimer, M. (1999): On the relation between brain potentials and conscious awareness. In: Experimental Brain Research 126, pp.128-133.
- Hagner, M. (1993): Das Ende vom Seelenorgan: Über einige Beziehungen von Philosophie und Anatomie im frühen 19. Jahrhundert. In: Florey, E. & Breidbach, O. (Hrsg.): Das Gehirn – Organ der Seele? Zur Ideengeschichte der Neurobiologie. Akademie Verlag: Berlin, S.3-21.
- Haken, H. & Haken-Krell, M. (1994): Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung. Synergetik als Schlüssel zum Gehirn. (Ullstein-Buch Nr.35401: Sachbuch). Ullstein: Frankfurt am Main.
- Haken, H. & Haken-Krell, M.(1997): Gehirn und Verhalten: Unser Kopf arbeitet anders, als wir denken. Duetsche Verlags-Anstalt: Stuttgart.
- Haken, H. & Schiepek, G.(2006): Synergetik in der Psychologie. Selbstorganisation verstehen und gestalten. Hogrefe Verlag: Göttingen, Bern, Wien, Toronto, Seattle, Oxford, Prag.
- Haken, H. & Wolf, H.C. (1987): Atom- und Quantenphysik. Eine Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen. Dritte, überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo.
- Haken, H. (1990): Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Ullstein: Frankfurt/M, Berlin.
- Haken, H. (2008): Der menschliche Wille, eine Perspektive der Synergetik. In: Petzold, H.G. & Sieper, J. (Hrsg.): Der Wille, die Neurobiologie und die Psychotherapie. Band I: Zwischen Freiheit und Determination. Edition Sirius. Aisthesis Verlag: Bielefeld & Locarno, S.229 – 251.
- Haken, H.(1989): Synergetik. Eine Einführung. Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie. Dritte Auflage. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Halder, A. (2000): Philosophisches Wörterbuch. Mitbegründet von Max Müller. Völlig überarbeitete Neuauflage. 2. Auflage. Herder Verlag: Freiburg, Basel, Wien.
- Harner, P.F. & Sannit, Th. (1974): A Review of the International Ten-Twenty System of Electrode Placement. Grass Instrument Company: Quincy (USA).

- Hartmann, Th. (1997): Eine andere Art, die Welt zu sehen. Das Aufmerksamkeits-Defizit-Syndrom („ADD-Attention Deficit Disorder“). Aus dem Amerikanischen von F. Pagel und U. Seeberger. Verlag Schmidt-Römhild: Lübeck, Berlin, Essen, Wiesbaden.
- Hastedt, H. (1988): Das Leib-Seele-Problem. Zwischen Naturwissenschaft des Geistes und kultureller Eindimensionalität. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Hautzinger, M. (1996): Depression. In: Margraf, J. (Hrsg.): Lehrbuch der Verhaltenstherapie. Band 2. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. S. 121-133.
- Heidelberger, M. (2002): Wie das Leib-Seele Problem in den Logischen Empirismus kam. In: Pauen, M. & Stephan, A. (Hrsg.): Phänomenales Bewusstsein – Rückkehr zur Identitätstheorie? Mentis Verlag: Paderborn, S. 40-72.
- Hentig, H. v. (2007): Bildung. Ein Essay. Beltz Taschenbuch 158. 7. Auflage. Carl Hanser Verlag: München, Wien.
- Herrmann, Ch.S., Pauen, M., Kyong Min, B., Busch, N.A. & Rieger, J.W. (2005): Eine neue Interpretation von Libets Experimenten aus der Analyse einer Wahlreaktionsaufgabe. In: Herrmann, Ch.S., Pauen, M., Rieger J.W. & Schicktanz, S. (Hrsg.): Bewusstsein. Philosophie, Neurowissenschaften, Ethik. Wilhelm Fink Verlag: Paderborn, S.120-134.
- Holtmann, M.; Stadler, D., Leins, U.; Strehl, U; Birbaumer, N.; Poustka, F. (2004): Neurofeedback in der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes- und Jugendalter. In: Zeitschrift für Kinder-, und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie 2004; 32: S.187-200.
- Hörmann, G. (2003): Menschenerziehung oder Menschenzüchtung: Der Traum vom perfekten Menschen als Alptraum. In : Hörmann, G. (Hrsg.): Pädagogische Anthropologie. Zwischen Lebenswissenschaften und normativer Deregulierung. Schneider Verlag: Hohengehren, S. 103-132.
- Hörmann, G. (2007): Konfrontative Pädagogik – „Alter Wein in neuen Schläuchen?“ In: Hörmann, G. & Trapper, Th. (Hrsg.): Konfrontative Pädagogik im intra- und interdisziplinären Diskurs. Schneider Verlag Hohengehren: Baltmannsweiler, S. 5-31.
- Hörmann, G., & Trapper Th. (Hrsg.) (2007): Konfrontative Pädagogik im intra- und interdisziplinären Diskurs. Schneider Verlag Hohengehren: Baltmannsweiler.
- Hövel, J. (2007): Der Gedankenleser. In: Berliner Zeitung vom 24.3.2007.
- Hüther, G. (2002): Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn. Dritte Auflage. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht: Göttingen.
- Huschke-Rhein (1987): Systempädagogische Wissenschafts- und Methodenlehre. Ein Lehr- und Studienbuch für Pädagogen und Sozialwissenschaftler. Band II: Qualitative Forschungsmethoden und Handlungsforschung. Rhein-Verlag: Köln.
- Hussy, W. (1984): Denkpsychologie. Ein Lehrbuch. Band 1: Geschichte, Begriffs- und Problemlöseforschung, Intelligenz. Verlag W. Kohlhammer. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz.
- Johnstone, S.J., Barry, R.J. & Anderson, J.W. (2001): topographic distribution and developmental time course of auditory event-related potentials in two subtypes of attention-deficit hyperactivity disorder. In: International Journal of Psychophysiology, 42, pp.73-94.
- Jöreskog, K. & Sörbom, D. (2001): LISREL 8: User's Reference Guide. Scientific Software International: Lincolnwood.
- Jöreskog, K. & Sörbom, D. (2002): Prelis 2: User's Reference Guide. A program for multivariate data screening and data summarization; a preprocessor for LISREL. Third edition. Scientific Software International: Lincolnwood.
- Jüttemann, G. (Hrsg.) (1990): Komparative Kasuistik. Roland Asanger Verlag: Heidelberg.
- Kaiser, A. (2006): Neue Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts. Schneider Verlag Hohengehren: Baltmannsweiler.

- Kandel, E. (2006): Auf der Suche nach dem Gedächtnis. Die Entstehung einer neuen Wissenschaft des Geistes. Siedler-Verlag: München.
- Kandel, E., Schwartz, J.h. & Jessel, Th.M. (Hrsg.) (1996): Neurowissenschaften. Eine Einführung. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Kanfer, F:H., Reinecker, H. & Schmelzer, D. (1991): Selbstmanagement-Therapie. Ein Lehrbuch für die klinische Praxis. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona.
- Kant, I. (1961): Kritik der praktischen Vernunft. Reclam Universalbibliothek Nr. 1111. Reclam Verlag : Stuttgart.
- Kant, I. (1977a): Anthropologie in pragmatischer Hinsicht. In: Kant, I: Schriften zur Anthropologie, Geschichtsphilosophie, Politik und Pädagogik 2. Werkausgabe Band XII. Mit Gesamtregister. Herausgegeben von Wilhelm Weischedel. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 193. Suhrkamp Verlag: Frankfurt, S.399-690.
- Kant, I. (1977b): Über Pädagogik. In: Kant, I.: Schriften zur Anthropologie, Geschichtsphilosophie, Politik und Pädagogik 2. Werkausgabe Band XII. Mit Gesamtregister. Herausgegeben von Wilhelm Weischedel. Suhrkamp Taschenbuch 193. Suhrkamp Verlag: Frankfurt, S. 697-761.
- Kant, I. (1977c): Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung? In: Kant, I.: Schriften zur Anthropologie, Geschichtsphilosophie, Politik und Pädagogik 1. Werkausgabe Band XI. Herausgegeben von Wilhelm Weischedel. Suhrkamp Taschenbuch 192. Suhrkamp Verlag: Frankfurt, S.53-61.
- Keller, I. & Heckhausen, H. (1990): Readiness potentials preceding spontaneous motor acts: voluntary vs. involuntary control. In: Electroencephalography and clinical Neurophysiology 76, pp.351-361.
- Keuth, H. (2000): Die Philosophie Karl Poppers. (UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher 2156). Mohr Siebeck Verlag: Tübingen.
- Kilb, R., Weidner, J. & Gall, R. (Hrsg.) (2009): Konfrontative Pädagogik in der Schule. Anti-Aggressivitäts- und Coolnesstraining. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Juventa Verlag: Weinheim & München.
- Kiper, H., Meyer, H. & Topsch, W. (2002): Einführung in die Schulpädagogik. Cornelsen Verlag: Berlin.
- Klafki, W. (1973): Erziehungswissenschaft – Theorie seiner Praxis. In: Klafki, W., Rückriem, G.M., Freudenstein, R., Beckmann, H.-K., Lingelbach, K.-Ch., Iben, G. & Diederich, J.: Erziehungswissenschaft 3. Eine Einführung. Funk-Kolleg Erziehungswissenschaft. Eine Einführung in drei Bänden. Fischer Taschenbuch Verlag: Frankfurt, S.175-183.
- Klafki, W. (1984): Kritisch-konstruktive Erziehungswissenschaft. In: Winkel, R. (Hrsg.): Deutsche Pädagogen der Gegenwart. Band 1. Ihre Erziehungs-, Schul- und Bildungskonzeptionen. Pädagogischer Verlag Schwann-Bagel: Düsseldorf, S. 137-162.
- Klafki, W. (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 6., neugestaltete Auflage. Beltz-Verlag: Weinheim & Basel.
- Klem, G.H (2003).: Artifacts. In: Ebersole, J.S. & Pedley, T.(Eds.): Current Practice of Clinical Electroencephalography. Third edition, pp. 271-287
- Klotz, A. (2003): Selbstorganisation des Lernens. Ein adäquater anthropologischer Lernbegriff unter dem evolutiven Kontinuum der Selbstorganisation. Shaker-Verlag: Aachen.
- Kohlberg, L. (1996): Die Psychologie der Moralentwicklung. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1232: Frankfurt.
- Köhler, W. (1925): The mentality of apes. Harcourt: New York.
- Körper, H.L. (2004): Die Hirnforschung bleibt hinter dem Begriff strafrechtlicher Verantwortlichkeit zurück. In: Geyer, C.(Hrsg.): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente. Suhrkamp-Verlag: Frankfurt; S. 103-110.

- Kosslyn, St.M. (2005): Vorwort. In: Libet, B.: Mind Time. Wie das Gehirn Bewusstsein produziert. Suhrkamp Verlag, S. 9-16.
- Kriz, J. (1999): Systemtheorie für Psychotherapeuten, Psychologen und Mediziner. Eine Einführung. (UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher 2084). Facultas-Universitätsverlag: Wien.
- Kuhn, Th. (1976): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Zweite, revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Auflage. (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 25). Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Kunter, M., Schümer, G., Artel, C. Baumert, J., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M (2002): PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente.. Materialien aus der Bildungsforschung Nr.72. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung: Berlin.
- Lakatos, A. & Reinecker, H. (1999): Kognitive Verhaltenstherapie bei Zwangsstörungen. Ein Therapiemanual. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Lakatos, I. (1982): Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme. Vieweg Verlagsgesellschaft: Braunschweig, Wiesbaden.
- Langer, D. (2007): Vernunft, Wille und Erziehung. Warum vernünftige Selbstbestimmung keine Illusion ist. Peter Lang Verlag: Frankfurt.
- Lassahn, R. (1983a): Grundriß einer allgemeinen Pädagogik. 2., durchgesehene Auflage. (UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher; 710). Quelle & Meyer: Heidelberg.
- Lassahn, R. (1983b): Pädagogische Anthropologie. Eine historische Einführung. (UTB Uni Taschenbücher 713). Quelle & Meyer: Heidelberg.
- Lauth, G. W. & Schlottke, P.F. (2002): Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Programm PVU Psychologie Verlags Union. Beltz Verlag: Weinheim, Basel, Berlin.
- Lauth, G.W. & Schlottke, P.F. (1999): Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern. Materialien für die psychosoziale Praxis. 4. korrigierte Auflage. Programm PVU Psychologie Verlags Union. Beltz Verlag: Weinheim.
- Leark, R.A., Dupuy, T.R., Greenberg, L.M., Corman, C:L: & Kindschi, C:L. (1999): T.O.V.A. Test Of Variables of Attention. Professional Guide. Professional Manual. Universal Attention Disorders: Los Alamitos.
- Leark, R.A., Wallace, D.R. Fitzgerald, R. (2004): Test-retest reliability and standard error of measurement for the test of variables of attention (T.O.V.A) with healthy school-age children. In: Assessment, 2004, Dec.; 11(4); pp. 285-289.
- Leins, U. (2004): Train your brain. Neurofeedback für Kinder mit einer Aufmerksamkeitsdefizit- /Hyperaktivitätsstörung (ADHS). Dissertation der Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften der Eberhard-Karls-Universität Tübingen zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.). proprint: Tübingen.
- Lennig, P. (1994): Von der Metaphysik zur Psychophysik. Gustav Theodor Fechner (1801-1887). Eine ergobiographische Studie. Beiträge zur Geschichte der Psychologie. Herausgegeben von Helmut E. Lück. Band 8. Peter Lang Verlag: Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York, Paris, Wien.
- Levine, J. (1983): Materialismus und Qualia: Die explanatorische Lücke. Wieder abgedruckt in: Pauen, M. & Stephan, A.(Hrsg) (2002): Phänomenales Bewusstsein – Rückkehr zur Identitätstheorie? Mentis Verlag: Paderborn, S.91ff.
- Libet, B. (2004): Haben wir einen freien Willen? In: Geyer, Ch. (Hrsg.): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente. Edition Suhrkamp. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main, S.268-289.
- Libet, B. (2005): Mind Time. Wie das Gehirn Bewusstsein produziert. Erste Auflage. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Libet, B., Gleason, C.A., Wright, E.W. & Pearl, C.K. (1983): Time of Conscious Intention to Act in Relation to Cerebral Potential. In: Brain 106, pp.623-642.

- Lindemann, G. (2005): Beobachtung der Hirnforschung. Technical University Technology Studies. Working Papers. TUTS-WP-5-2005. ([http://www.brainhood.net/online-texts/Beobachtung\\_der\\_Hirnforschung.pdf](http://www.brainhood.net/online-texts/Beobachtung_der_Hirnforschung.pdf))
- Linke, D. & Kurthen, M. (1988): Parallelität von Gehirn und Seele. Neurowissenschaften und das Leib-Seele-Problem. Enke Verlag: Stuttgart.
- Litt, Th. (1967): Führen oder Wachsenlassen. Eine Erörterung des pädagogischen Grundproblems. Erziehungswissenschaftliche Bücherei. Reihe IV. Theoretische Pädagogik. 13. Auflage. Ernst Klett Verlag: Stuttgart.
- Loo, S.K. & Smalley, S.L. (2008): Preliminary Report of Familial Clustering on EEG Measures in ADHD. In: American Journal of Medical Genetics Part B (Neuropsychiatric Genetics) 147B, pp.107-109.
- Lubar, J.F. & Lubar, J.O. (1999): Neurofeedback assessment and treatment for attention deficit/hyperactivity disorders. In: Evans, J.R. & Abarbanel, A. (eds): Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. Academic Press: London, San Diego, pp.103-143
- Lubar, J.F. (Hrsg.) (2003): Quantitative Electroencephalographic Analysis (QEEG). Databases for Neurotherapy. Description, Validation and Application. In: Journal of Neurotherapy, Volume 7, Numbers 3/4 2003.
- Luhmann, N. (1988a): Was ist Kommunikation. In: Simon, F.B. (Hrsg.): Lebende Systeme. Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, S.10-18.
- Luhmann, N. (1988b): Selbstreferentielle Systeme. In: Simon, F.B. (Hrsg.): Lebende Systeme. Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, S.47-53.
- Lütz, M. (2007): Gott. Eine kleine Geschichte des Größten. Pattloch Verlag: München.
- Mahlmann, M. (1999): Rationalismus in der praktischen Theorie. Normentheorie und praktische Kompetenz. Studien zur Rechtsphilosophie und Rechtstheorie herausgegeben von R. Alexy und R. Dreier Band 22. Nomos-Verlagsgesellschaft: Baden-Baden.
- Malin, S. (2006): Dr. Bertlmanns Socken. Wie die Quantenphysik unser Weltbild verändert. Deutsch von Doris Gerstner. Rowohlt Taschenbuch Verlag: Reinbeck bei Hamburg.
- Maturana, H.R. & Varela, F.J. (1991): Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. Dritte Auflage. Goldmann Verlag: Bern, München.
- Mead, G.H. (1973): Geist, Identität und Gesellschaft. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Metzinger, Th. (2007): Eliminativer Materialismus. Einleitung. In: Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S. 183-185.
- Metzinger, Th. (2007b): Identitätstheorie II: Die ontologisch neutrale Analyse mentalistischer Terme. Einleitung. In: Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S.107-109.
- Metzinger, Th. (Hrsg.) (2006): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 1: Phänomenales Bewusstsein. Mentis Verlag: Paderborn.
- Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn.
- Meyer, D.E., Osman, A.M., Irwin, D.E. & Yantis, S. (1988): Modern mental chronometry. In: Biological Psychology 26, pp.3-67.
- Miller, N.E. (1978): Biofeedback and visceral learning. In: Annual Review of Psychology, 63, pp.81-97.
- Miller, Scott (2006): What Really works in therapy. Transcribed from [www.ShrinkRapRadio.com](http://www.ShrinkRapRadio.com).

- Miltner, W.H.R., Krieschel, S., Hecht, H., Trippe, F.H. & Weiß, Th. (2003): Angstmotivierte Aufmerksamkeitsanomalie: psychobiologische Grundlagen und neuronale Aspekte ihrer therapeutischen Modifikation. In: Schiepek, G. (Hrsg.): Neurobiologie der Psychotherapie. Mit Geleitworten von Klaus Grawe und Hermann Haken. Schattauer Verlag: Stuttgart, New York, S.378-403.
- Monastra, V.J., Lubar, J.F., Linden, M., VanDeusen, P., Green, G., Wing, W., Phillips, A. Fenger, N.T. (1999): Assessing Attention Deficit Hyperactivity Disorder via Quantitative Electroencephalography: An Initial Validation Study. In: Neuropsychology 13 (3), pp.424-433.
- Monastra, V.J., Monastra, D.M. & George, S. (2002): The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. In: Applied Psychophysiology and Biofeedback 27 (4), pp.231-249.
- Morasch, G. (2007): Hirnforschung und menschliches Selbst. Eine erziehungswissenschaftliche Konzeption des Selbst unter Berücksichtigung neurobiologischer Erkenntnisse. Universitätsverlag Winter: Heidelberg.
- Nagel, Th. (1974): Wie es ist, eine Fledermaus zu sein. In: Bieri, P. (Hrsg.) (1997): Analytische Philosophie des Geistes. Dritte Auflage. Verlag Beltz Athenäum: Weinheim, S.261-275.
- Obeso, J.A., Rothwell, J.C. & Marsden, C.D. (1981): Simple tics in Gilles de la Tourette's syndrome are not prefaced by a normal premovement EEG potential. In: Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 44, pp.735-738.
- Oerter, R. & Montada, L (Hrsg.) (2002): Entwicklungspsychologie. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Programm PVU Psychologie Verlags Union. Beltz-Verlag: Weinheim, Basel, Berlin.
- Oeser, E. (2003): Popper, der Wiener Kreis und die Folgen. Die Grundlagendebatte der Wissenschaftstheorie. Facultas Verlag: Wien.
- Patterson, G. (1977): Soziales Lernen in der Familie. Psychologische Hilfen für Eltern und Kinder. Reihe: Leben lernen Nr.14. Zweite Auflage. J.Pfeiffer Verlag: München.
- Penfield, W. & Boldrey, E. (1937): Somatic, motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. In: Brain 60, pp.389-443.
- Penrose, R. (1989 [2002]): Computerdenken. Die Debatte um künstliche Intelligenz, Bewusstsein und die Gesetze der Physik. Mit einem Vorwort von Martin Gardner und einem Vorwort zur dt. Ausgabe von Dieter Wandschneider. Englische Ausgabe 1989 erschienen. Deutsche hier vorliegende Ausgabe 2002 erschienen. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Berlin.
- Penrose, R. (1995): Schatten des Geistes: Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Pfeifer, A. & Schmidt, P. (1987): LISREL. Die Analyse komplexer Strukturgleichungsmodelle. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1987): Die Psychologie des Kindes. 2. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag: München.
- Place, U.T. (1956): Ist Bewusstsein ein Hirnvorgang? In: Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S.94-104.
- Popper, K.R. & Eccles, J.C. (2005d): Das Ich und sein Gehirn. 9. Auflage (engl.: 1. Auflage 1977; dt.: 1. Auflage 1982). Piper Verlag: München.
- Popper, K.R. (1994): Wissen und das Körper-Geist Problem: Ein Plädoyer für den Interaktionismus. (Exzerpt). In: Metzinger, Th. (2007) (Hrsg.): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S..39-56.
- Popper, K.R. (1995): Eine Welt der Propensitäten. Mohr Siebeck: Tübingen.
- Popper, K.R. (1972 [1995<sup>3</sup>]): Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf. 3. Auflage. (Erste Auflage: 1972). Hoffmann und Campe: Hamburg.

- Popper, K.R. (2005a): Historische Bemerkungen zum Leib-Seele-Problem. In: Popper, K.R. & Eccles, J.C.: Das Ich und sein Gehirn. 9. Auflage. Piper Verlag: München, S. 188-257.
- Popper, K.R. (2005b): Kritik des Materialismus. In: Popper, K.R. & Eccles, J.C.: Das Ich und sein Gehirn. 9. Auflage. Piper Verlag: München, S.78-133.
- Popper, K.R. (2005c): Der Materialismus überwindet sich selbst. In: Popper, K.R. & Eccles, J.C.: Das Ich und sein Gehirn. 9. Auflage. Piper Verlag: München, S.21-60.
- Precht, M., Voit, K. & Kraft, R. (2006): Mathematik 1 für Nicht-Mathematiker. Grundbegriffe- Vektorrrechnung – Wahrscheinlichkeitsrechnung – Kombinatorik – Lineare Algebra und Matrizenrechnung. Oldenbourg Verlag: München, Wien.
- Raithel, J., Dollinger, B. & Hörmann, G. (2009): Einführung Pädagogik. Begriffe, Strömungen, Klassiker, Fachrichtungen. 3. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften. GWV Fachverlage: Wiesbaden.
- Rittelmeyer, Ch. (2002): Pädagogische Anthropologie des Leibes. Biologische Voraussetzungen der Erziehung und Bildung. Juventa-Verlag: Weinheim & München.
- Rösler, F. (2004): Es gibt Grenzen der Erkenntnis – auch für die Hirnforschung. In: Gehirn & Geist 6/2004, S.32.
- Roth G. (2004b): Wir sind determiniert. Die Hirnforschung bereit von Illusionen. In: Geyer, Ch. (Hrsg.): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente. Edition Suhrkamp. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main, S.218-222.
- Roth, G. (1997): Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1275. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Roth, G. (2003a): Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. Neue, vollständig überarbeitete Ausgabe. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1678. Suhrkamp Verlag: Frankfurt.
- Roth, G. (2003b): Wie das Gehirn die Seele macht. In: Schiepek, G. (Hrsg.): Neurobiologie der Psychotherapie. Mit Geleitworten von Klaus Grawe und Hermann Haken. Schattauer Verlag: Stuttgart, New York, S. 28-41.
- Roth, G. (2004a): Worüber dürfen Hirnforscher reden – und in welcher Weise? In: Geyer, Ch. (Hrsg.): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente. Edition Suhrkamp. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main, S.66-85.
- Roth, G. (2006): Willensfreiheit und Schuldfähigkeit aus Sicht der Hirnforschung. In: Roth, G. & Grün, K.-J. (Hrsg.): Das Gehirn und seine Freiheit. Beiträge zur neurowissenschaftlichen Grundlegung der Philosophie. Vandenhoeck & Ruprecht: Göttingen, S. 9-27.
- Roth, G. (2007): Gehirn, Gründe und Ursachen. In: Krüger, H.-P. (Hrsg.): Hirn als Subjekt? Philosophische Grenzfragen der Neurobiologie. Akademie Verlag: Berlin, S.171-185.
- Roth, G. (2008): Persönlichkeit, Entscheidung und Verhalten. Warum es so schwierig ist, sich und andere zu verändern. Vierte Auflage. Klett-Cotta Verlag: Stuttgart.
- Russel, B. (1967): Probleme der Philosophie. Edition Suhrkamp 207. (Originally published in English in 1912). Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Russel, B. (2008): Descartes. In : Russel, B.: Philosophie des Abendlandes. 5. Auflage. (Erstveröffentlichung in Englisch im Jahr 1945). Piper Verlag: München, S. 567-577.
- Ryle, G. (1969): Der Begriff des Geistes. Reclam Verlag: Stuttgart.
- Saß, H., Wittchen, H.-U., Zaudig, M. & Houben, I. (1998): Diagnostische Kriterien des Diagnostischen und statistischen Manuals Psychischer Störungen DSM-IV. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Schiepek, G. (1986): Systemische Diagnostik in der klinischen Psychologie. Psychologie-Verlags-Union. Beltz: Weinheim, München.
- Schiepek, G. (Hrsg.) (2003): Neurobiologie der Psychotherapie. Schattauer Verlag: Stuttgart, New York.



- Schleim, St. (2008): Gedankenlesen. Pionierarbeit der Hirnforschung. Erste Auflage. Heise Zeitschriften Verlag: Hannover.
- Schnabel, U. (2008): Der unbewusste Wille. In: DIE ZEIT Nr.17. <http://www.zeit.de/2008/17/Freier-Wille>, S.1-4 (online).
- Schnitzler, A. & Gross, J. (2005): Magnetenzephalographie (MEG): In: Walter, H. (Hrsg.): Funktionelle Bildgebung in Psychiatrie und Psychotherapie. Methodische Grundlagen und klinische Anwendungen. Schattauer Verlag: Stuttgart, S.151-161.
- Schrödinger, E. (2006): Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet. Einführung von Ernst Peter Fischer. Nachdruck der zweiten Auflage der deutschsprachigen Ausgabe von 1951. Achte Auflage Juli 2006. Piper-Verlag: München.
- Schubert, I. et al.: Methylphenidat bei hyperkinetischen Störungen, Verordnungen in den 90er Jahren. Deutsches Ärzteblatt, Heft 9, 2.März 2001.
- Schumacher, Ralph (2006): Hirnforschung und schulisches Lernen. In: Herrmann, Ulrich (Hrsg.): Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Beltz-Verlag: Weinheim & Basel, S.87ff..
- Schümer, G., Weiß, M., Steinert, B., Baumert, J., Tillmann, K.-J., & Meier, U. (2001): Lebens- und Lernbedingungen von Jugendlichen. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske + Budrich Verlag: Opladen, S. 411-509.
- Searle, J.R. (2006): Geist. Eine Einführung. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Simon, F.B. (2006): Einführung in Systemtheorie und Konstruktivismus. Carl-Auer Verlag: Heidelberg.
- Singer, W. ((2002): Der Beobachter im Gehirn. Essays zur Hirnforschung. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1571. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Singer, W. (2003): Ein neues Menschbild? Gespräche über Hirnforschung. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1596. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Singer, W. (2004): Verschaltungen legen uns fest: Wir sollten aufhören, von Freiheit zu sprechen. In: Geyer, Ch. (Hrsg.): Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente. Edition Suhrkamp 2387. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, S.30-65.
- Singer, W. (2004b): Selbsterfahrung und neurobiologische Fremdbeschreibung. Zwei konfliktträchtige Erkenntnisquellen. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 2/2004, S.235-255.
- Singer, W. (2006): Vom Gehirn zum Bewusstsein. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main.
- Singer, W. (2007): Wann und warum erscheinen uns Entscheidungen als frei? Ein Nachtrag. In: Krüger, H.P. (Hrsg.): Hirn als Subjekt? Philosophische Grenzfragen der Neurobiologie. Akademie Verlag: Berlin, S.187-202.
- Siong Soon, C., Brass, M., Heinze, H.-J. & Haynes, J.-D. (2008): Unconscious determinants of free decisions in the human brain. In: Nature Neuroscience Volume 11, Number 5, pp.543-545.
- Siong Soon, C., Brass, M., Heinze, H.-J. & Haynes, J.-D. (2008): Supplementary Information. Unconscious determinants of free decisions in the human brain. (Published online at <http://www.nature.com/neuro/journal/v11/n5/index.html>), pp.1-26.
- Smart, J.J.C. (1959): Empfindungen und Vorgänge im Gehirn. In: Metzinger, Th. (Hrsg.) (2007): Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 2: Das Leib-Seele-Problem. Mentis Verlag: Paderborn, S.110-125.
- Sonuga-Barke, E.J.S. (2002): Interval length and time-use by children with AD/HD: a comparison of four models. In: Journal of Abnormal Child Psychology, 30, pp.257-264
- Speck, O. (2008): Hirnforschung und Erziehung. Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen. Ernst Reinhardt Verlag: München, Basel.
- Spiewak, Martin (2009): Alle zum Einzeltraining. In: Die ZEIT 2009 / Nr.10, S.31f.

- Stephan, A. (2007): *Emergenz. Von der Unvorhersagbarkeit zur Selbstorganisation. Dritte, unveränderte Auflage.* Mentis-Verlag: Paderborn.
- Sterman, B. M. (1996): *Physiological Origins and Functional Correlates of EEG Rhythmic Activities: Implications for Self-Regulation.* In: *Biofeedback and Self-Regulation* 21, pp.3-33.
- Stern Elsbeth (2006): *Wie viel Gehirn braucht die Schule?* In: Hermann, U. (Hrsg.): *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen.* Beltz-Verlag: Weinheim & Basel, S.79ff..
- Strehl, U., Leins, U. & Heinrich, H. (2006): *Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS).* In: Rief, W. & Birbaumer, N. (Hrsg.): *Biofeedback. Grundlagen, Indikationen, Kommunikation, praktisches Vorgehen in der Therapie.* Schattauer-Verlag: Stuttgart, New York, S.209-230.
- Strehl, U., Leins, U., Danzer, N.C. Hinterberger, T. & Schlottke, P.F.: (2004): *EEG-Feedback für Kinder mit einer Aufmerksamkeitsdefizit – und Hyperaktivitätsstörung (ADHS). Erste Ergebnisse aus einer randomisierten, kontrollierten Pilotstudie.* In: *Kindheit und Entwicklung* 13 (3), S.180-189.
- Strunk, G. & Schiepek, G. (2006): *Systemische Psychologie. Eine Einführung in die komplexen Grundlagen menschlichen Verhaltens.* Elsevier-GmbH, Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg.
- Thatcher, R.W., North, D. & Biver, C. (2005): *EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power.* In: *Clinical Neurophysiology* 116, pp.2129-2141.
- Thatcher, R.W., North, D. & Biver, C.(2002): *EEG Discriminant Analyses of children with learning disabilities. Correlations to school achievement and neuropsychological performance.* Verfügbar bei: Robert W. Thatcher, Ph.D., Research und Development service – 151, Vertans Administration Medical Center, Bay Pines, Florida 337744, phone: (727) 391-0890
- Thatcher, R.W., Walker, R.A., Biver, C.J., North, D.M., Curtin, R.(2003): *Sensitivity and Specificity of an EEG normative Database: Validation and Clinical Correlation.* In: *J.Neurotherapy* 7(3/4), pp.87-121.
- Thompson, R.F. (2001): *Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung. 3.Auflage.* Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Berlin.
- Tillmann, K.-J., Weiß, W., Schümer, G. & Steinert, B.(Hrsg.) (2001): *Soziale Bedingungen von Schulleistungen. Zur Erfassung von Kontextmerkmalen durch Schüler-, Schul- und Elternfragebögen.* PISA-Konsortium: Berlin.
- Trautmann, U., Stanat, P., Watermann, R., Krauss, S. & Brunner, M. (2002): *Was die Schule von der Polis lernen kann.* In: *Frankfurter Rundschau vom 14.11.2002.* Bezugsquelle: [www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/laborschule.html](http://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/laborschule.html) (12 Seiten).
- Trevena, J.A. & Miller, J. (2002) : *Cortical Movement Preparation before and after a Conscious Decision to Move.* In: *Consciousness and Cognition* 11, pp.162-190.
- Trevena, J.A. & Miller, J. (2002b) : *Cortical Movement Preparation and Conscious Decisions : Averaging Artifacts and Timing Biases.* In: *Consciousness and Cognition* 11, pp.308-313.
- Vaillant, K. (2007): *Gedankenforscher. Was unser Gehirn über unserer Gedanken verrät.* Einführungsvortrag. 11. Berliner Kolloquium der Gottlieb Daimler und Karl Benz-Stiftung in Zusammenarbeit mit dem Bernstein Center for Computational Neuroscience Berlin und dem Universitätsklinikum Charité Berlin. (Erhältlich unter: [www.daimler-benz-stiftung.de/home/service/press\\_releases/all/bk11\\_einfuehrung.pdf](http://www.daimler-benz-stiftung.de/home/service/press_releases/all/bk11_einfuehrung.pdf)+Gedankenforscher&hl=de).
- Velazquez, J.L.P., Erra, R.G., Wennberg, R., Dominguez, G.(2009): *Correlations of Cellular Activities in the Nervous System: Physiological and Methodological Considerations.* In: Velazquez, J.L.P. & Wennberg, R. (eds): *Coordinated Activity in the Brain. Measurements and Relevance to Brain Function and Behavior.* Springer-Verlag: Heidelberg, London, New York: pp.1-24.

- Walter, H. (1997): Neurophilosophie der Willensfreiheit. Von libertarischen Illusionen zum Konzept natürlicher Autonomie. 2., unveränderte Auflage. Mentis Verlag: Paderborn.
- Walter, H. (2005) (Hrsg.): Funktionelle Bildgebung in Psychiatrie und Psychotherapie. Methodische Grundlagen und klinische Anwendungen. Schattauer Verlag: Stuttgart.
- Weber, E. (2003): Pädagogik. Grundfragen und Grundbegriffe. Teil 1: Pädagogische Anthropologie. Phylogenetische (bio- und kulturevolutionäre) Voraussetzungen der Erziehung. 9., mehrfach neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Auer Verlag: Augsburg.
- Weidner, J. & Kilb, R. (2008): Vorwort: Was ist „konfrontative Pädagogik?“ In: Weidner, J. & Kilb, R. (Hrsg.): Konfrontative Pädagogik. Konfliktbearbeitung in Sozialer Arbeit und Erziehung. 3.Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften. GWV Facherlage: Wiesbaden, S.9f..
- Weidner, J. (2008): Konfrontation mit Herz: Eckpfeiler eines neuen Trends in Sozialer Arbeit und Erziehungswissenschaft. In: Weidner, J. & Kilb, R. (Hrsg.): Konfrontative Pädagogik. Konfliktbearbeitung in Sozialer Arbeit und Erziehung. 3.Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften. GWV Facherlage: Wiesbaden, S. 13-25.
- Weischedel, W. (1984): Die philosophische Hintertreppe. 34 große Philosophen in Alltag und Denken. 11. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag: München.
- Weiß, R.H. (2006): CFT-20-R. Grundintelligenztest. Skala 2 - Revision -. Manual. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Wien, Toronto, Seattle, Oxford, Prag.
- Weiß, R.H., Osterland, J. (1997): Grundintelligenztest Skala 1. CFT 1. 5., revidierte Auflage. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Weizsäcker, C.F.v. (2002): Aufbau der Physik. 4. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag: München.
- Welsch, W. (2008): Unsere postmoderne Moderne. Siebente Auflage. Akademie Verlag: Berlin.
- Wetzel, M. (2007): Sokratischer Dialog über Hirnforschung. Königshausen & Neumann Verlag: Würzburg.
- Winkel, R. (2007): Kommunikative Didaktik und konfrontative Pädagogik. In: Hörmann, G. & Trapper, Th. (Hrsg.): Konfrontative Pädagogik im intra- und interdisziplinären Diskurs. Schneider Verlag: Hohengehren, Baltmannsweiler, S.75-98.
- Wittgenstein, L. (2006): Philosophische Untersuchungen. In Wittgenstein, L.: Tractatus logico-philosophicus, Tagebücher 1914-1916, philosophische Untersuchungen. Werkausgabe Band I. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 501. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main, S.225-580.
- Zeilinger, A. (2005): Einsteins Schleier. Die neue Welt der Quantenphysik. 3. Auflage. Goldmann Taschenbuch. Wilhelm Goldmann Verlag: München
- Zimbardo, Ph. G. (1995): Psychologie. Deutsche Bearbeitung von Siegfried Hoppe-Graff und Barbara Keller. 6., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2002): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Version 1.7. Teil1. PSYTEST. Vera Fimm/Psychologische Testsysteme: Herzogenrath.
- Zoglauer, Th. (1998): Geist und Gehirn. Das Leib-Seele-Problem in der aktuellen Diskussion. (UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher 2066). Vandenhoeck und Ruprecht: Göttingen.



# Anhang

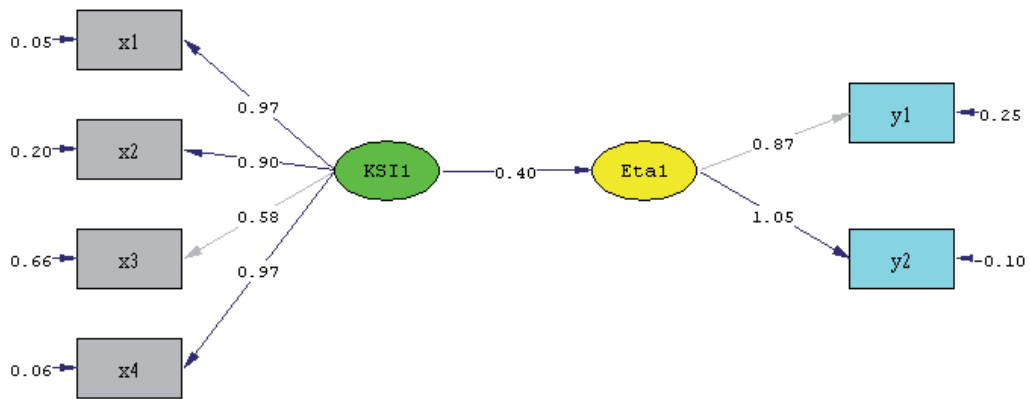
# Simulationsstudien

(zu Reihenfolgeeffekten der latenten  
Variablen in Wechselwirkungsmodellen  
bei zugrundeliegenden rekursiven Daten  
- Globale Analyse- )

# Simulationen Reihenfolgeeffekte bei rekursiven Daten

## I) Simulation 1 (Simulation-rekursiv.dsf)

### a) Materialismusmodell



Chi-Square=9.57, df=8, P-value=0.29634, RMSEA=0.082

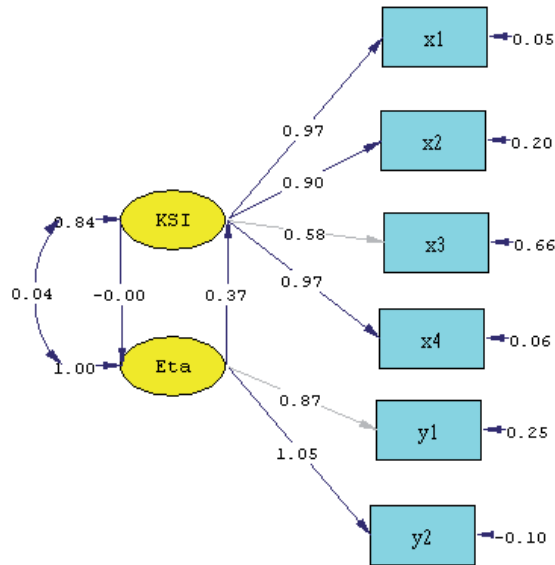
#### Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	- -					
y2	- -	0.00				
x1	-0.08	-0.06	- -			
x2	0.14	0.16	-0.03	0.00		
x3	0.04	-0.10	0.16	-0.20	- -	
x4	-0.12	-0.06	-0.02	0.03	0.10	0.00

#### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.20  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.16

**B1) Freie Wechselwirkung (eta1=KSI, eta2=Eta)**



Chi-Square=8.57, df=6, P-value=0.19941, RMSEA=0.121

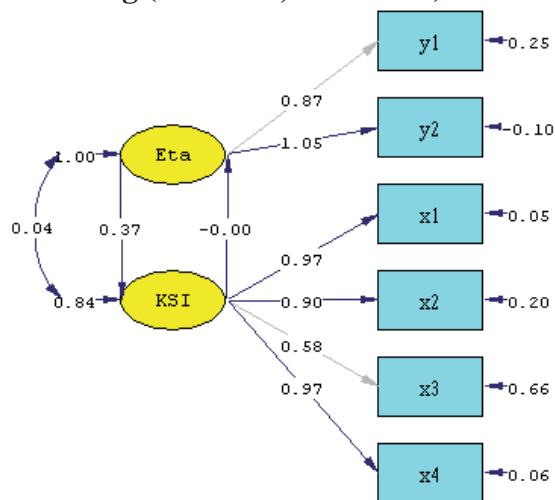
Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.053  
Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	0.00	0.00				
x1	-0.08	-0.06	0.00			
x2	0.14	0.16	-0.03	0.00		
x3	0.04	-0.10	0.15	-0.20	0.00	
x4	-0.12	-0.06	-0.02	0.03	0.10	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.20  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 0.16

**B2) Freie Wechselwirkung (eta1=Eta, Eta2=KSI)**



Chi-Square=8.57, df=6, P-value=0.19941, RMSEA=0.121

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.053  
Standardized Residuals

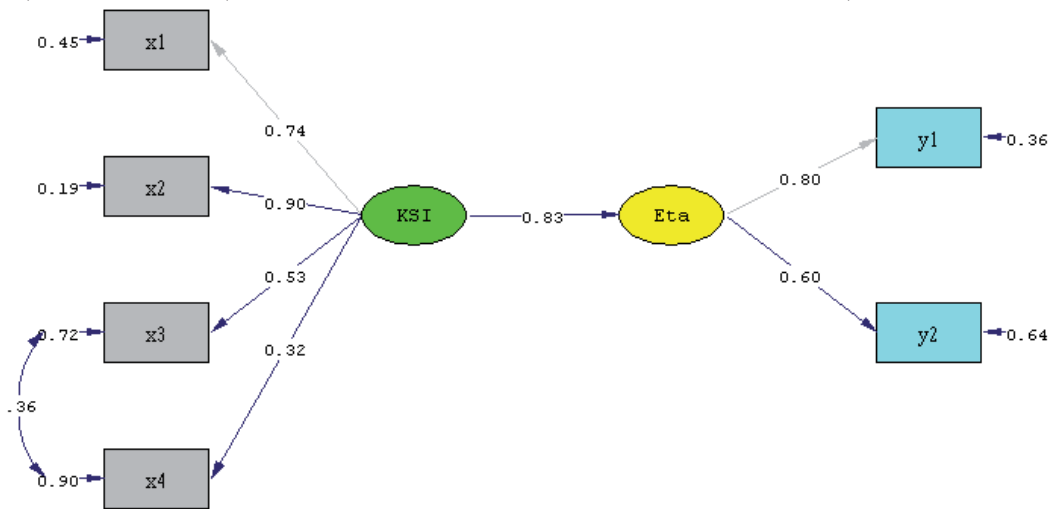


	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	0.00	0.00				
x1	-0.08	-0.06	0.00			
x2	0.14	0.16	-0.03	0.00		
x3	0.04	-0.10	0.15	-0.20	0.00	
x4	-0.12	-0.06	-0.02	0.03	0.10	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -0.20  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 0.16

II) Simulation 2 (Simulation5- rekursiv-IX=160-r=0,60latent.LS8)



Chi-Square=5.08, df=7, P-value=0.64996, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

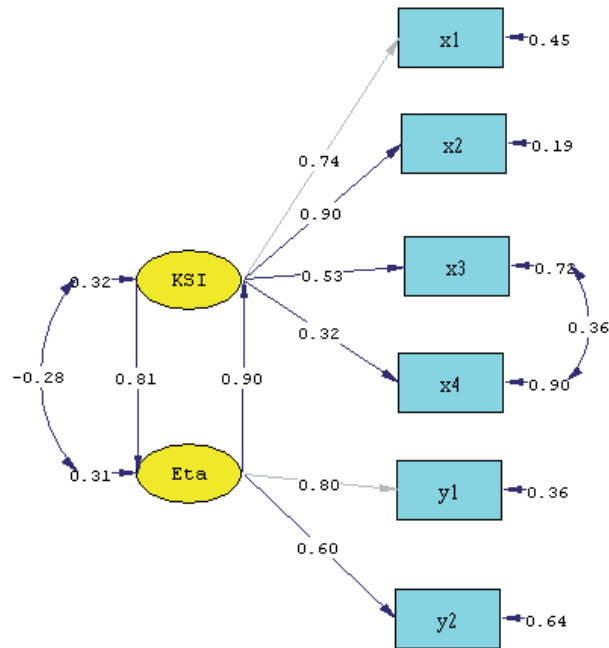
	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	-	-				
y2	-	-				
x1	0.14	-0.03	-	-		
x2	-0.49	1.32	-0.66	-		
x3	0.80	-1.80	0.25	0.31	-	
x4	-0.59	0.56	0.43	-0.24	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.80  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.32

**B1) freie Wechselwirkung (eta1=KSI, eta2=Eta)**

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.850



Chi-Square=4.72, df=5, P-value=0.45153, RMSEA=0.000

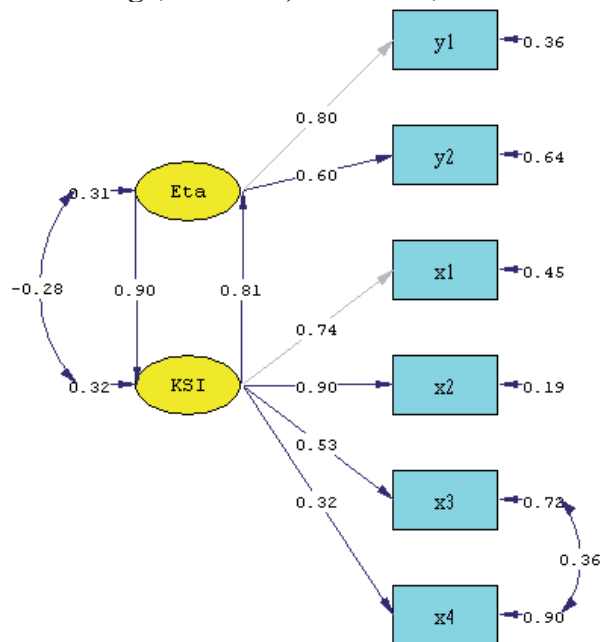
Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	0.00	- -				
x1	0.14	-0.03	0.00			
x2	-0.48	1.31	-0.59	- -		
x3	0.80	-1.79	0.26	0.30	- -	
x4	-0.59	0.55	0.43	-0.24	- -	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.79  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.31

## B2) freie Wechselwirkung (eta1=Eta, eta2=KSI)



Chi-Square=3.25, df=5, P-value=0.66176, RMSEA=0.000

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.973  
Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	- -					
y2	- -	- -				
x1	- -	- -	- -			
x2	- -	- -	- -	- -		
x3	1.38	-2.33	- -	0.55	- -	
x4	-0.65	0.59	0.55	-0.26	- -	- -

### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -2.33  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.38

Deutlich wird: wenn die Wechselwirkungsmodelle ausreichend stabil sind, dann führt die Anwendung des GAI bei beiden Wechselwirkungsmodellen zur Identifikation des Materialismusmodells. Weitere Simulationen zeigten, dass bei sehr hohen simuliertem latentem linearem Zusammenhang ( $r < .9$ ) die meisten Wechselwirkungsmodelle nicht stabil waren (Stabilitätsindex  $> 1$ , wobei es vorkam, dass dann vom GAI her Wechselwirkungsmodelle besser zu passen schienen. Daraus folgt, dass der GAI dann sicher anwendbar ist, wenn die Stabilitätsindices  $< 1$  sind und das Materialismusmodell ausreichend passt (standardisierte Residuen  $< \text{Betrag} 2$ ). Unter diesen Bedingungen ist die Reihenfolge der latenten Variablen in den Wechselwirkungsmodellen gleichgültig, insofern die Daten linear simuliert worden sind. Die obigen

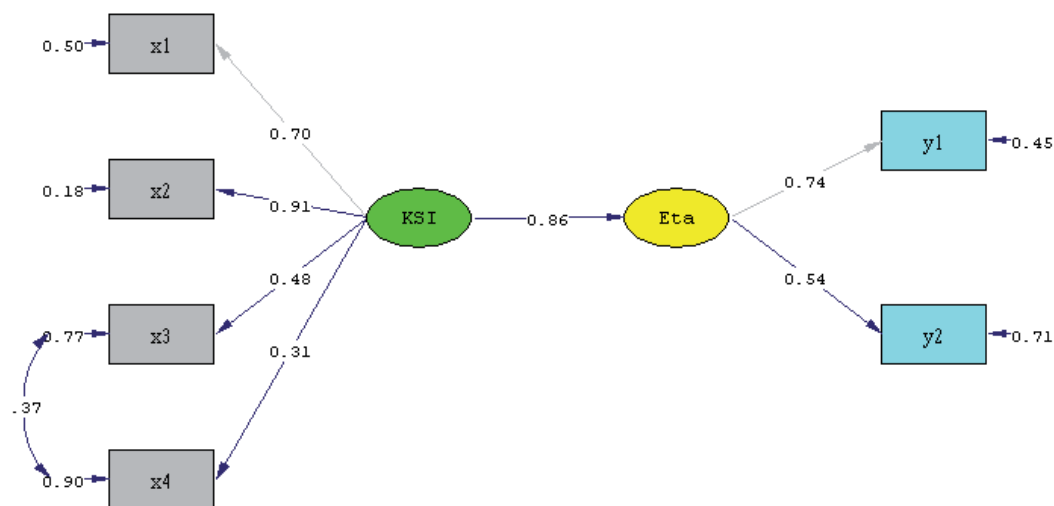
Schlussfolgerungen sollen nun an einer weiteren Simulation getestet werden:

III) Simulation 3 (Simulation5-rekursiv-IX=160-GERINGfak.dsf)

Covariance Matrix

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	2.05					
y2	0.70	1.49				
x1	0.91	0.54	1.84			
x2	0.90	0.74	0.96	1.35		
x3	0.72	0.09	0.63	0.76	1.93	
x4	0.33	0.34	0.49	0.46	1.07	2.17

a) Materialismusmodell :



Chi-Square=4.86, df=7, P-value=0.67718, RMSEA=0.000

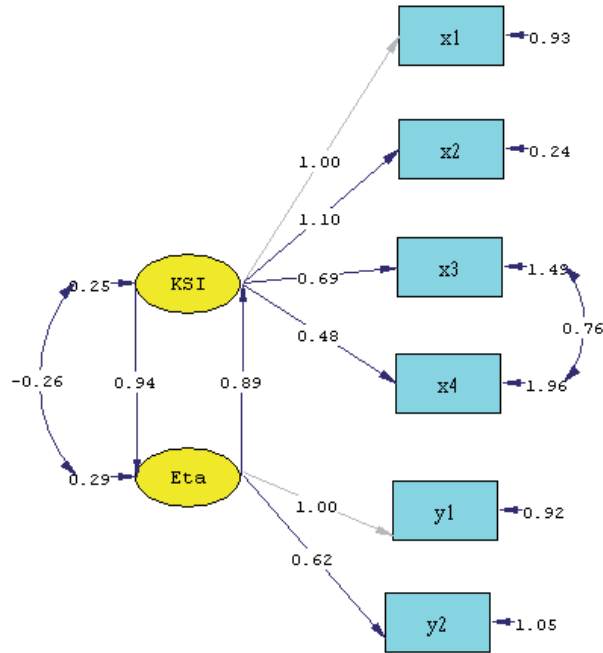
Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	- -	- -				
x1	0.29	0.00	- -			
x2	-0.63	1.15	-0.49	- -		
x3	0.82	-1.76	-0.01	0.45	0.00	
x4	-0.54	0.51	0.34	-0.14	0.00	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.76  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.15

**B1) Freie Wechselwirkung (eta1=Ksi, eta2=Eta)**



Chi-Square=4.82, df=5, P-value=0.43887, RMSEA=0.000

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.886  
Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	-	-				
y2	0.00	-				
x1	0.31	0.00	0.00			
x2	-0.62	1.16	-0.48	0.00		
x3	0.82	-1.75	-0.01	0.44	-	
x4	-0.54	0.50	0.34	-0.14	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.75  
Median Standardized Residual = 0.00  
Largest Standardized Residual = 1.16

**B2) Freie Wechselwirkung (eta1=Eta, eta2=KSI)**

The model does not converge.

Es zeigt sich, dass das Materialismusmodell deutlich besser zu den Daten passt als die erste Wechselwirkung (KSI, Eta). Das zweite Wechselwirkungsmodell (Eta, KSI) passt

nun sogar so schlecht zu dem Datensatz, dass es nicht konvergiert. Hier zeigt sich, dass es zwar bei Wechselwirkungsmodellen einen Unterschied macht, welche latente Variable zuerst in die Berechnung einbezogen wird. Dabei wurde jedoch bestätigt, dass das Materialismusmodell sich in beiden Fällen durchsetzt, somit sicher entdeckt werden kann, wenn materialistische Daten auch wirklich vorliegen. Damit Quasi-Alpha- und Quasi-Beta-Fehler ausgewogen sind, ist es nun sinnvoll, das Wechselwirkungsmodell mit der besseren Modellanpassung in die weitere Analyse einzubeziehen, da es sonst zu einem erhöhten Quasi-Beta-Fehler (fälschliche Ablehnung des Wechselwirkungsmodells) kommt, wobei alle Analysen gezeigt haben, dass, wenn die Rahmenbedingungen (s.o.) passen, dann das Materialismusmodell sicher erkannt wird unabhängig vom Typ des Wechselwirkungsmodells; der Quasi-Alpha-Fehler (fälschliche Ablehnung des Materialismusmodells) ist also auch beim besser angepassten Wechselwirkungsmodell ausreichend klein.

# Simulationsstudien

## - Iterative Analyse -

(rekursiver Datensatz: C:\Dokumente und  
Einstellungen\Kresse\Desktop\Simulationen-2-10-2009\Simulation5-  
rekursiv-IX=160-GERINGfAK.dsf' NG=1 )

Covariance Matrix

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	2.05					
y2	0.70	1.49				
x1	0.91	0.54	1.84			
x2	0.90	0.74	0.96	1.35		
x3	0.72	0.09	0.63	0.76	1.93	
x4	0.33	0.34	0.49	0.46	1.07	2.17

### 1. Materialismusmodell

2a. Freies Wechselwirkungsmodell ( $\eta_1 = \text{KSI}$  [unabhängige Variable])

2b.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21}$  mit  $\eta_1 = \text{KSI}$

2c.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.5$  mit  $\eta_1 = \text{KSI}$

2d.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.33$  mit  $\eta_1 = \text{KSI}$

2e.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.25$  mit  $\eta_1 = \text{KSI}$

3. Freies Wechselwirkungsmodell ( $\eta_1 = \text{Eta}$  [abhängige Variable],  
**konvergierte nicht**)

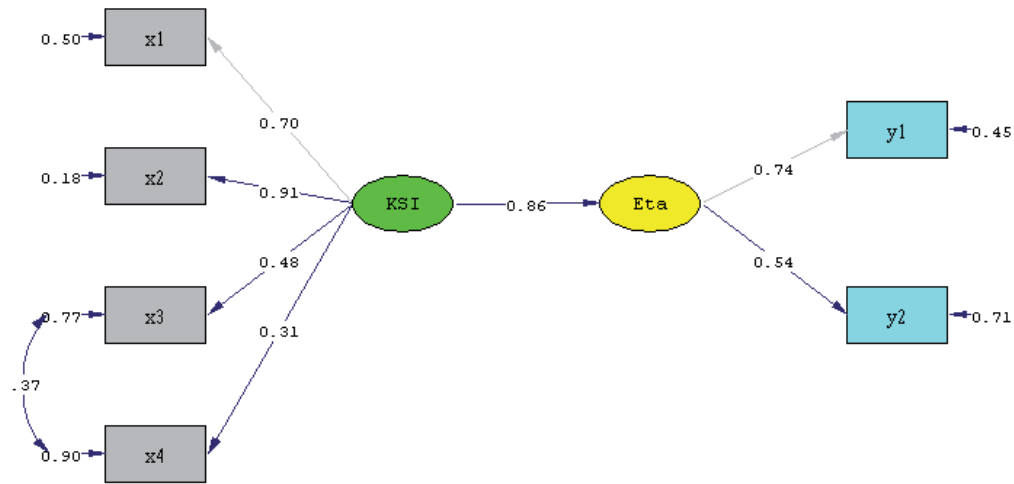
3a.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21}$  mit  $\eta_1 = \text{Eta}$  (**konvergierte nicht**)

3b.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.5$  mit  $\eta_1 = \text{Eta}$

3c.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.33$  mit  $\eta_1 = \text{Eta}$  (**konvergierte nicht**)

3d.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.25$  mit  $\eta_1 = \text{Eta}$

# 1. Materialismusmodell



Chi-Square=4.86, df=7, P-value=0.67718, RMSEA=0.000

## Standardized Residuals

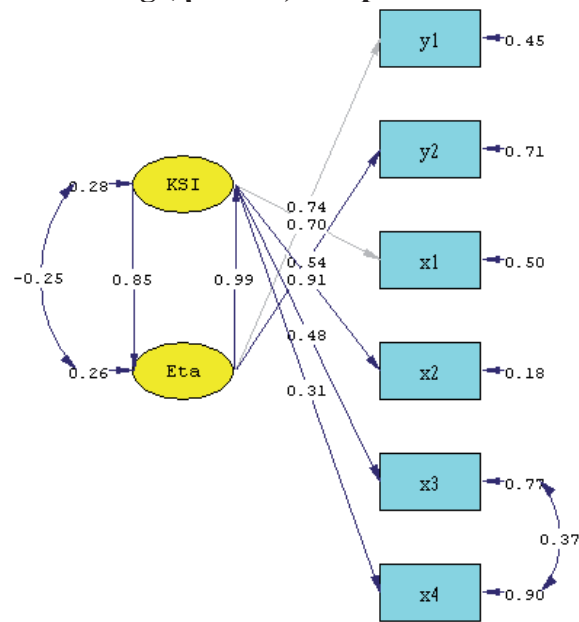
	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	-	-				
x1	0.29	0.00	-	-		
x2	-0.63	1.15	-0.49	-		
x3	0.82	-1.76	-0.01	0.45	0.00	
x4	-0.54	0.51	0.34	-0.14	0.00	-

## Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.76  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.15



**2a. Freie Wechselwirkung ( $\eta_1=KSI$ ; komplett standardisiert)**



Chi-Square=4.82, df=5, P-value=0.43887, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

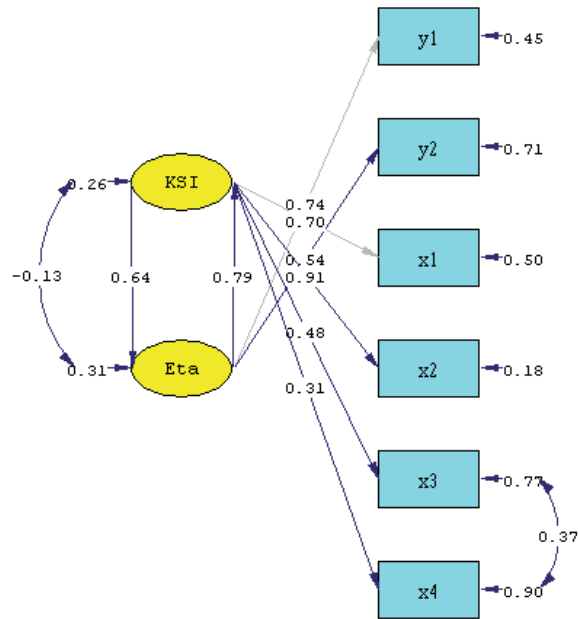
	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	--					
y2	0.00	--				
x1	0.31	0.00	0.00			
x2	-0.62	1.16	-0.48	0.00		
x3	0.82	-1.75	-0.01	0.44	--	
x4	-0.54	0.50	0.34	-0.14	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.75  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.16

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 0.886

2b. Beta12=Beta21 ( $\eta_1=KSI$ )



Chi-Square=4.18, df=6, P-value=0.65193, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

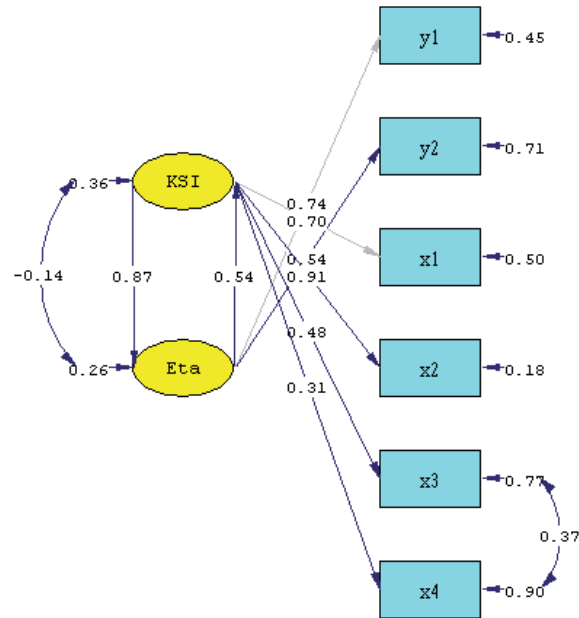
	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	--					
y2	--	--				
x1	0.22	0.00	--			
x2	--	1.86	-0.52	--		
x3	0.92	-1.84	-0.01	1.01	--	
x4	-0.57	0.52	0.33	-0.17	--	--

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.84  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.86

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 0.501

2c.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0,5$  ( $\eta_1 = \text{KSI}$ ; komplett standardisiert)



Chi-Square=3.41, df=6, P-value=0.75594, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

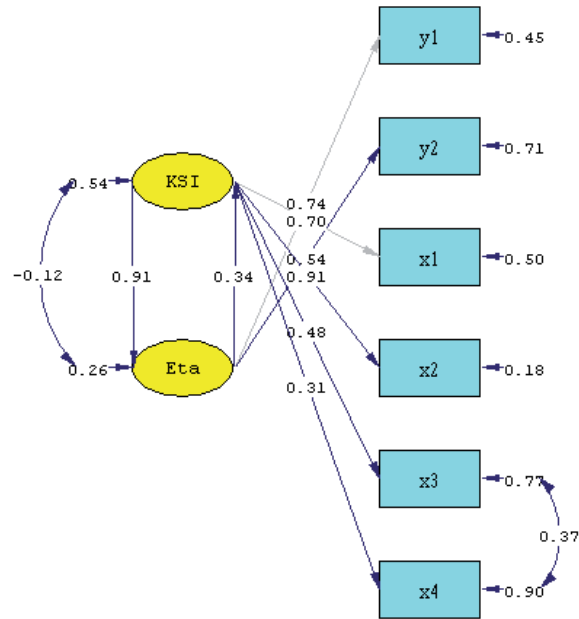
	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	- -					
y2	- -	0.00				
x1	0.21	0.00	- -			
x2	-1.07	1.59	-0.45	- -		
x3	0.85	-1.82	-0.01	0.62	- -	
x4	-0.55	0.51	0.33	-0.16	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.82  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.59

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 0.933

2d.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0,3^{198}$  ( $\eta_1 = \text{KSI}$ ; komplett standardisierte Lösung):



Chi-Square=3.83, df=6, P-value=0.70024, RMSEA=0.000

#### Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	- -					
y2	0.00	0.00				
x1	0.22	0.00	0.00			
x2	-0.78	1.42	-0.46	- -		
x3	0.83	-1.80	-0.01	0.55	- -	
x4	-0.54	0.51	0.33	-0.15	- -	- -

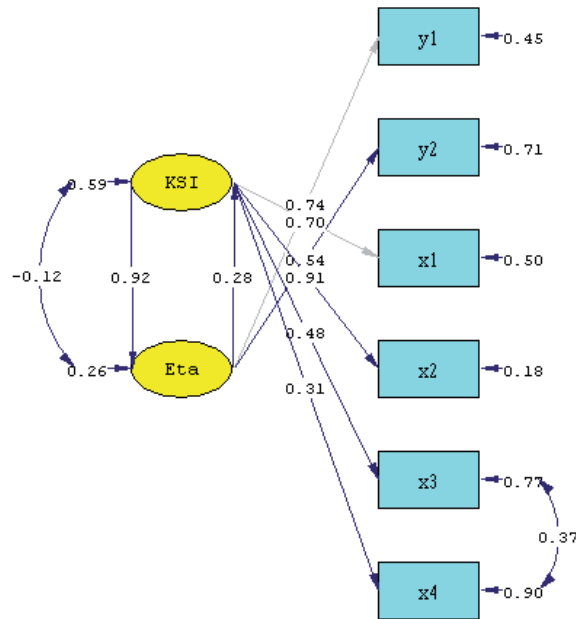
#### Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.80  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.42

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 1.012

<sup>198</sup> 0.3, da 0.33 nicht konvergierte.

2e.  $\beta_{12} = \beta_{21} * 0.25$  ( $\eta_1 = \text{KSI}$ ; komplett standardisierte Lösung):



Chi-Square=4.80, df=6, P-value=0.56957, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	0.00	0.00				
x1	0.22	0.00	- -			
x2	-0.73	1.37	-0.45	- -		
x3	0.82	-1.79	-0.01	0.53	- -	
x4	-0.54	0.51	0.33	-0.15	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.79  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.37

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 1.035

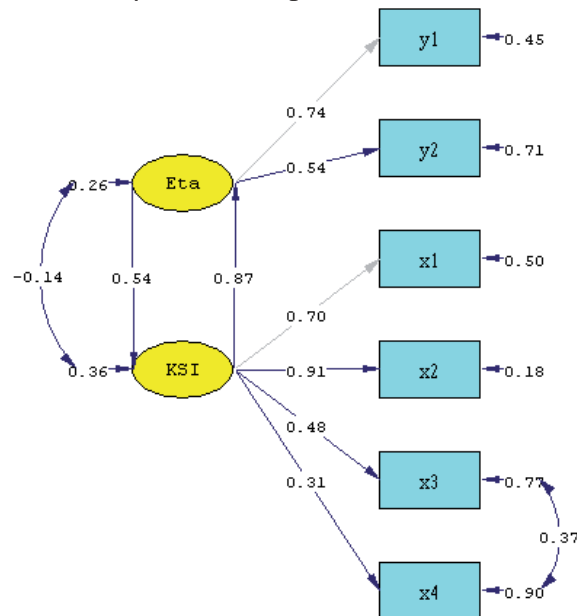
### 3. Freies Wechselwirkungsmodell ( $\eta_1 = \text{Eta}$ )

Das Modell konvergiert nicht.

3a.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21}$  ( $\eta_1 = \text{Eta}$ )

**Das Modell konvergiert nicht**

3b.  $\text{Beta}_{12} = \text{Beta}_{21} * 0.5$  ( $\eta_1 = \text{Eta}$ ; komplett standardisierte Lösung):



Chi-Square=1.09, df=6, P-value=0.98195, RMSEA=0.000

#### Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	- -					
y2	- -	0.00				
x1	0.21	0.00	- -			
x2	-1.07	1.59	-0.45	- -		
x3	0.85	-1.82	-0.01	0.62	- -	
x4	-0.55	0.51	0.33	-0.16	- -	- -

#### Summary Statistics for Standardized Residuals

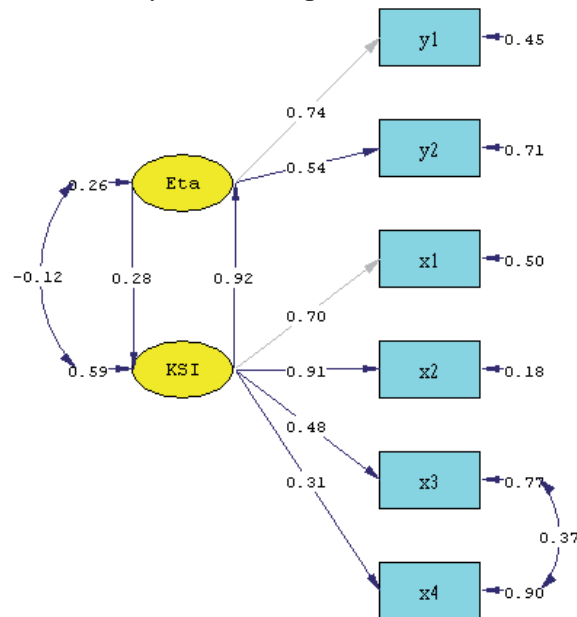
Smallest Standardized Residual = -1.82  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.59

Largest Eigenvalue of  $B*B'$  (Stability Index) is 0.933

3c.  $\beta_{12} = \beta_{21} * 0.33$  ( $\eta_1 = \text{Eta}$ ; komplett standardisierte Lösung):

Das Modell konvergierte nicht.

3d.  $\beta_{12} = \beta_{21} * 0.25$  ( $\eta_1 = \text{Eta}$ ; komplett standardisierte Lösung):



Chi-Square=4.54, df=6, P-value=0.60422, RMSEA=0.000

Standardized Residuals

	y1	y2	x1	x2	x3	x4
y1	0.00					
y2	0.00	0.00				
x1	0.22	0.00	--			
x2	-0.73	1.37	-0.45	--		
x3	0.82	-1.79	-0.01	0.53	--	
x4	-0.54	0.51	0.33	-0.15	0.00	0.00

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.79  
 Median Standardized Residual = 0.00  
 Largest Standardized Residual = 1.37

Largest Eigenvalue of B\*B' (Stability Index) is 1.035

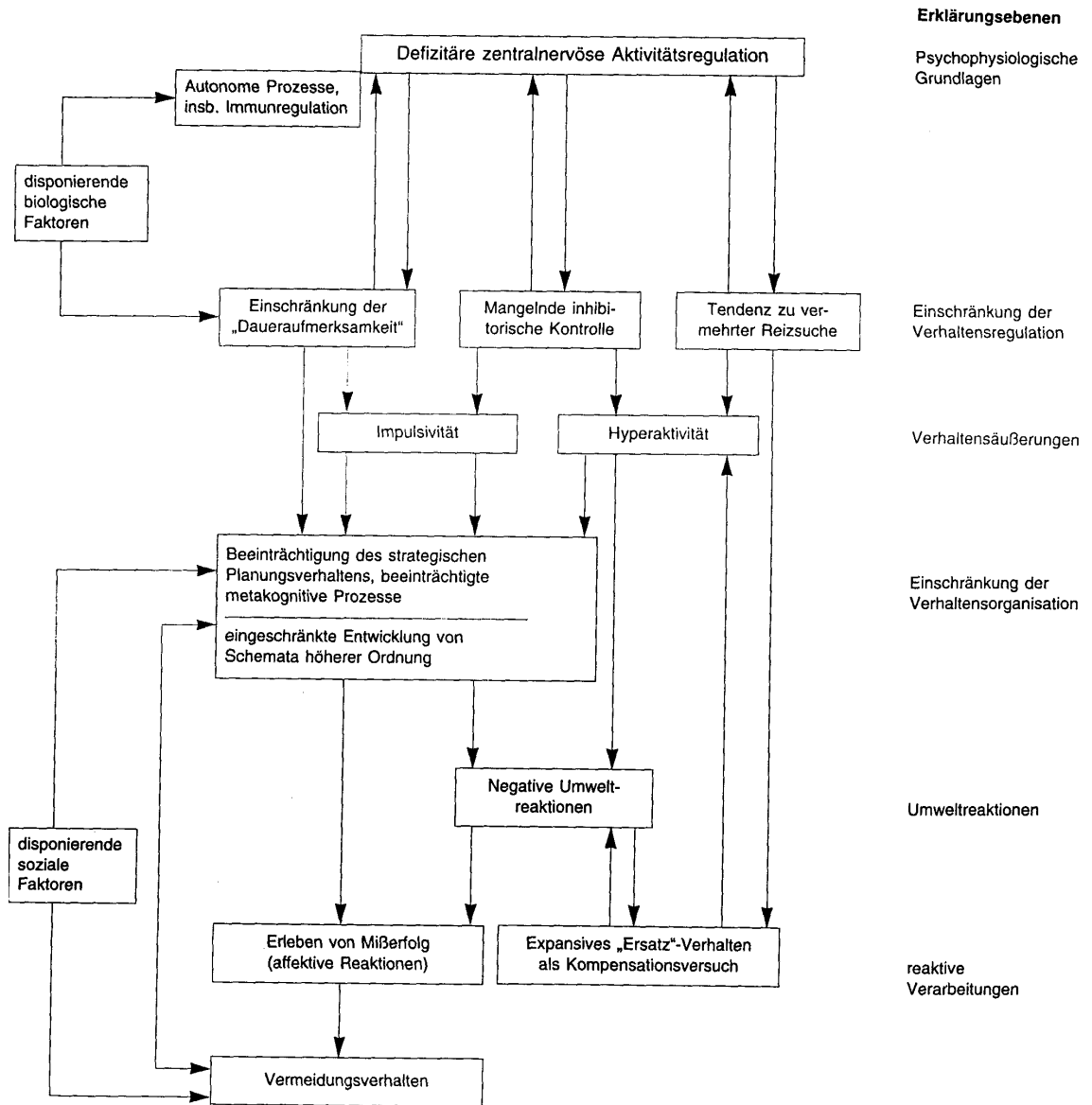
Zusammenfassung: Die globale Analyse deckt das Materialismusmodell als das passende auf (kein Gewinn in der Chi-Quadrat-Abnahme relativ zum Verlust an Freiheitsgraden bzw. die Modellanpassung des freien Wechselwirkungsmodells ist so schlecht, dass es noch nicht einmal konvergiert). Die iterative Analyse zeigt, dass die standardisierten Residuen mit zunehmender Einseitigkeit des Zusammenhangs besser werden, wenn man nur die Modelle einbezieht, die auch konvergiert sind. Somit führen beide iterative Analysen zum Urteil, dass ein höchst einseitiger Zusammenhang vorliegen

muss. In Zusammenschau mit der globalen Analyse führen beide iterativen Analysestränge zum Urteil, dass das Materialismusmodell zu den Daten passt.



# ADHD-Modell (Lauth & Schlottko 1999)

**Abbildung 2:** Modell zur Entstehung und Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeitsstörungen (modifiziert nach Roth, Schlotke & Klepel, 1992)



# Anamnesebogen

11

## Anamnese

Datum:

**Patient:**

Name:

geb. am:

PLZ und Wohnort:

Straße und Hausnummer:

Telefon:

(privat)

(gesch.)

**Eltern:**

Name des Vaters:

geb. am:

Konfession:

Beruf:

Name der Mutter:

geb. am:

Konfession:

Beruf:

Familienstand:

ledig ( )

verheiratet ( )

verwitwet ( )

geschieden ( )

Personensorgeberechtigt:

**Geschwister:**

Vorname:

geb. am:

Vorname:

geb. am:

...

Geschwister : Schule / Klasse / Entwicklung	
Verstorbene Kinder Fehlgeburten	
Schwangerschaftsverlauf	
Alkohol / Nikotin ?	
Geburtsverlauf :	Sauerstoffmangel ( ) ; Zangengeburt ( ) ; Saugglocke ( ) ; Kaiserschnitt ( ) ; Frühgeburt ( ) ; < Monat > ; Übertragen ( ) ; < wie lang ..... > ; Lageanomalie ( ) ; < welche ..... > Sonstiges:
Geburtsgewicht, Länge Kopfumfang	
APGAR	1 Min.                      5 Min.                      10 Min.
Gelbsucht des Neugeborenen	
Besonderheiten nach der Geburt	
U 2 - U 9 durchgeführt ?	

- In welchem Alter hat das Kind angefangen zu lächeln ? \_\_\_\_\_
- Personen oder Gegenstände anzuschauen (zu fixieren) ? \_\_\_\_\_
  - von sich aus Gegenstände zu greifen ? \_\_\_\_\_
  - sich vom Rücken auf den Bauch zu drehen ? \_\_\_\_\_
  - sich selbständig aufzusetzen und frei zu sitzen ? \_\_\_\_\_
  - auf Händen und Knien zu kriechen ( Krabbeln ) ? \_\_\_\_\_
  - sich selbständig aufzustellen , mit Halt zu stehen ? \_\_\_\_\_
  - frei und ohne Hilfe laufen ? \_\_\_\_\_
  - die ersten sinnvollen Worte ( Papa, Mama ) zu sprechen ? \_\_\_\_\_
  - genaue Anweisungen oder Aufträge befolgen ? \_\_\_\_\_
  - am Tag und in der Nacht sauber zu werden ? \_\_\_\_\_
  - selbständig zu essen und zu trinken ? \_\_\_\_\_

Sprachentwicklung weiterhin ( Sprachschwierigkeiten ? )	
wurde Sprachtherapie durch- geführt ? <Wo>	
Zweisprachigkeit < gegebenenfalls : wie prak- tiziert >	
Trotzalter - wann setzte es ein, wie stark ausgeprägt	
bestand Trennung von der Mutter ? Berufstätigkeit der Mutter Versorgung derweil	
Kinderkrankheiten/ schwere Krankheiten ( Keuchhusten, Scharlach, Masern, ect.	
Affektkrämpfe	
Krampfanfälle	
Krampfanfälle (epileptische Anfälle)	
Croup Husten	
Allergien Nahrungsmittelallergien	
Sehen/ Hören wurde beides überprüft ? Wenn ja. wann ?	
erfolgten folgende Operationen Adenotomie ( Rachenmandeln ) Tonsillektomie ( Gaumenmandeln ) <wann >	
andere Operationen Krankenhausaufenthalte < wann >	
Unfälle < wann >	
EEG ? < wann >	
Schocks / Traumata < wann >	

allgemeiner Gesundheitszustand				
Kraft / Ausdauer				
Appetit / Essverhalten				
Einschlafschwierigkeiten Frühes Aufwachen ?				
Schlafverhalten ( Hin- und Herschaukeln, Im Bett "herumnesteln" Schlafwandeln )				
Kopfschmerzen < seit wann / wie oft ? >				
Bauchschmerzen < seit wann / wie oft ? >				
eigenartig übler Geruch aus dem Mund				
Daumenlutschen				
Nägelbeißen				
Tics				
Nervosität				
sexuell altersgemäß aufgeklärt ?				
Linkshänder / Rechtshänder				
motorischer Gesamteindruck				
feinmotorisch	<table border="1"> <tr> <td>Schleife</td> <td>Schere</td> <td>Messer/Gabel</td> </tr> </table>	Schleife	Schere	Messer/Gabel
Schleife	Schere	Messer/Gabel		
graphomotorisch	hat das Kind im Kindergarten gemalt: gerne ( ), viel ( ), ungerne ( ), mehr skizziert, als gemalt ( )			
Schrift :				
grobmotorisch	Fahrrad ohne Stütze : < wann > Schwimmen : < wann > Klettern : < wann >			
sportliche Aktivitäten				

Kindergarten : ab wann, wie lange , soziale Anpassungsfähigkeit	
Verhalten im Kinder - garten gegenüber :	
Verhalten im Kindergarten	
Schulkindergarten: ( warum, wer empfahl, Schulstest ? )	
Schuleintritt: Wollte das Kind in die Schule	
Wie verlief das Lesenlernen ? Das Schreibenlernen ? Rechnen ? Schulschwierigkeiten: Deutsch ( Lesen, Schreiben, mündl. ) Mathe ( wann Uhr, Geld, Zahlenbe- griffe gelernt ?) anderes mündl. Beteiligung	
Lieblingsfächer	
Das letzte Zeugnis :	Verhalten _____ Mitarbeit _____ Deutsch _____ Englisch _____ Mathe _____ Französisch _____ Heimat / _____ Geschichte _____ Sachkunde _____ Biologie _____ Sport _____ Erdkunde _____ Bild. Kunst _____ Musik _____ Text. Werken _____ Religion _____ Sonstiges _____
Verhalten der Schule gegenüber/ in der Schule	
Hausaufgaben	
soziale Integration Schule Zuhause / Umfeld	
gewünschter Schulabschluß	



Verhalten Zuhause :	
Charakter ( labil, starrköpfig, impulsiv )	
Affektivität ( Lust zum Körperkontakt / Schmusen )	
Sensibilität	
Weinen	
Jähzorn / Explosivität	
Schüchternheit / Selbstsicherheit	
Ängstlichkeit	
Umgang mit Gefahr	
Phantasie	
Aufmerksamkeit allgemein	
Hilfsbereitschaft im sozialen außerfamiliären Bereich	
Hilfsbereitschaft Zuhause	
Jähzorn / Explosivität	
Selbständigkeit allgemein	
Ordnung	
Ehrgeiz / Initiative	
Aufrichtigkeit	
Eigentumsbegrifflichkeit	
Verlieren können	
Trödeln / Arbeitstempo allg.	
Folgsamkeit	
Erziehungsstil	(streng, konsequent, impulsiv, etc. )
Vater	
Mutter	
Beziehung zum Vater	
Beziehung zur Mutter	

gemeinsame Freizeit	
Strafen	
Beziehung zu Geschwistern	
Miterzieher	
Verhalten Fremder gegenüber	
Einstellung zum anderen Geschlecht	
Fernsehen	
Spielverhalten	
allein spielen	
Lektüre	
Jugendgruppen	
Tiere / Natur	
Taschengeld	
Hobbys	
Pubertät	
Anfang der Schwierigkeiten	
Entwicklung der Schwierigkeiten	
Delinquenz	
Eheleben	
finanzielle Lage	

# **Children Behavior Checklist CBCL 4/18**

- Elternfragebogen
- Auswertungsblatt für Jungen
- Auswertungsblatt für Mädchen



V. 1. **Wieviele Freunde hat Ihr Kind?**  Keine  einen  zwei bis drei  vier oder mehr  
(bitte Geschwister nicht mitzählen)

2. **Wie oft pro Woche unternimmt Ihr Kind etwas mit seinen Freunden außerhalb der Schulstunden?**  
(bitte Geschwister nicht mitzählen)  weniger als einmal  ein- bis zweimal  dreimal oder häufiger

VI. **Verglichen mit Gleichaltrigen:**

	schlechter	etwa gleich	besser	<input type="checkbox"/> Einzelkind
a. <b>Wie verträgt sich Ihr Kind mit den Geschwistern?</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. <b>Wie verträgt sich Ihr Kind mit anderen Kindern/Jugendlichen?</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. <b>Wie verhält sich Ihr Kind gegenüber den Eltern?</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. <b>Wie spielt oder arbeitet Ihr Kind alleine?</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

VII. 1. **Gegenwärtige Schulleistungen** (für Kinder ab 6 Jahren):

besucht keine Schule

	ungenügend	unterdurchschnittlich	durchschnittlich	überdurchschnittlich
a. <b>Lesen, Deutsch</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. <b>Sachkunde, Geschichte oder Sozialkunde</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. <b>Rechnen oder Mathematik</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. <b>Naturwissenschaften</b> (falls zutreffend)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>andere Fächer</b> e. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(wie Erdkunde, Fremdsprachen; f. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>nicht Fächer wie</b> g. _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kunst, Musik, Sport usw.)				

2. **Besucht Ihr Kind eine Sonderschule bzw. hat es eine besondere Art der Beschulung (z.B. Integrationskind)?**

nein  ja, bitte genaue Beschreibung:

3. **Hat Ihr Kind eine Klasse wiederholt?**  nein  ja, welche und warum:

4. **Sind bei Ihrem Kind schon einmal Lernschwierigkeiten oder andere Probleme in der Schule aufgetreten?**

nein  ja, bitte beschreiben:

**Wann fingen die Probleme an?**

**Haben diese Probleme aufgehört?**  nein  ja, wann:

**Hat Ihr Kind eine Krankheit, körperliche oder geistige Beeinträchtigung oder Behinderung?**  nein  ja

wenn ja, bitte beschreiben:

**Worüber machen Sie sich bei Ihrem Kind die meisten Sorgen?**

(evtl. bitte weiteres Blatt beifügen)

**Was gefällt Ihnen an Ihrem Kind am besten?**

(evtl. bitte weiteres Blatt beifügen)

Es folgt eine Liste von Eigenschaften und Verhaltensweisen, die bei Kindern und Jugendlichen auftreten können. Nach jeder Eigenschaft finden Sie die Ziffern 0, 1, 2. Beantworten Sie bitte für jede Eigenschaft, ob sie jetzt oder innerhalb der letzten 6 Monate bei Ihrem Kind zu beobachten war. Wenn diese Eigenschaft genau so oder häufig zu beobachten war, kreuzen Sie die Ziffer 2 an, wenn die Eigenschaft etwas oder manchmal auftrat, die Ziffer 1, wenn sie für Ihr Kind nicht zutrifft, die Ziffer 0. Beantworten Sie bitte alle Fragen so gut Sie können, auch wenn Ihnen einige für Ihr Kind unpassend erscheinen.

<b>0 = nicht zutreffend</b> (soweit bekannt)	<b>1 = etwas oder manchmal zutreffend</b>	<b>2 = genau oder häufig zutreffend</b>
---	---	---

- 1. Verhält sich zu jung für sein/ihr Alter ..... 0 1 2
- 2. Leidet unter Heuschnupfen oder anderen Allergien; bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 3. Streitet oder widerspricht viel ..... 0 1 2
- 4. Hat Asthma ..... 0 1 2
- 5. Bei Jungen: verhält sich wie ein Mädchen  
Bei Mädchen: verhält sich wie ein Junge ..... 0 1 2
- 6. Entleert den Darm außerhalb der Toilette, kotet ein ..... 0 1 2
- 7. Gibt an, schneidet auf ..... 0 1 2
- 8. Kann sich nicht konzentrieren, kann nicht lange aufpassen..... 0 1 2
- 9. Kommt von bestimmten Gedanken nicht los; bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 10. Kann nicht stillsitzen, ist unruhig oder überaktiv ..... 0 1 2
- 11. Klammert sich an Erwachsene oder ist zu abhängig ..... 0 1 2
- 12. Klagt über Einsamkeit..... 0 1 2
- 13. Ist verwirrt oder zerstreut..... 0 1 2
- 14. Weint viel ..... 0 1 2
- 15. Ist roh zu Tieren oder quält sie ..... 0 1 2
- 16. Ist roh oder gemein zu anderen oder schüchtert sie ein..... 0 1 2
- 17. Hat Tagträume oder ist gedankenverloren ..... 0 1 2
- 18. Verletzt sich absichtlich oder versucht Selbstmord ..... 0 1 2
- 19. Verlangt viel Beachtung..... 0 1 2
- 20. Macht seine/ihre eigenen Sachen kaputt ..... 0 1 2
- 21. Macht Sachen kaputt, die den Eltern, Geschwistern oder anderen gehören..... 0 1 2
- 22. Gehorcht nicht zu Hause ..... 0 1 2
- 23. Gehorcht nicht in der Schule..... 0 1 2
- 24. Ißt schlecht..... 0 1 2
- 25. Kommt mit anderen Kindern/Jugendlichen nicht aus ..... 0 1 2
- 26. Scheint sich nicht schuldig zu fühlen, wenn er/sie sich schlecht benommen hat ..... 0 1 2
- 27. Ist leicht eifersüchtig..... 0 1 2
- 28. Ißt oder trinkt Dinge, die nicht zum Essen oder Trinken geeignet sind; bitte beschreiben: (keine Süßigkeiten angeben) \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 29. Fürchtet sich vor bestimmten Tieren, Situationen oder Plätzen (Schule ausgenommen); bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 30. Hat Angst, in die Schule zu gehen..... 0 1 2
- 31. Hat Angst, etwas Schlimmes zu denken oder zu tun ..... 0 1 2
- 32. Glaubt, perfekt sein zu müssen ..... 0 1 2

- 33. Fühlt oder beklagt sich, daß niemand ihn/sie liebt ..... 0 1 2
- 34. Glaubt, andere wollen ihm/ihr etwas antun..... 0 1 2
- 35. Fühlt sich wertlos oder unterlegen ..... 0 1 2
- 36. Verletzt sich häufig ungewollt, neigt zu Unfällen..... 0 1 2
- 37. Gerät leicht in Raufereien, Schlägereien ..... 0 1 2
- 38. Wird viel gehänselt..... 0 1 2
- 39. Hat Umgang mit anderen, die in Schwierigkeiten geraten ..... 0 1 2
- 40. Hört Geräusche oder Stimmen, die nicht da sind; bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 41. Ist impulsiv oder handelt, ohne zu überlegen..... 0 1 2
- 42. Ist lieber allein als mit anderen zusammen ..... 0 1 2
- 43. Lügt, betrügt oder schwindelt..... 0 1 2
- 44. Kaut Fingernägel ..... 0 1 2
- 45. Ist nervös oder angespannt ..... 0 1 2
- 46. Hat nervöse Bewegungen oder Zuckungen (betrifft nicht die unter 10 erwähnte Zappeligkeit); bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
- 47. Hat Alpträume ..... 0 1 2
- 48. Ist bei anderen Kindern/Jugendlichen nicht beliebt ..... 0 1 2
- 49. Leidet an Verstopfung ..... 0 1 2
- 50. Ist zu furchtsam oder ängstlich..... 0 1 2
- 51. Fühlt sich schwindelig ..... 0 1 2
- 52. Hat zu starke Schuldgefühle..... 0 1 2
- 53. Ißt zu viel ..... 0 1 2
- 54. Ist immer müde..... 0 1 2
- 55. Hat Übergewicht..... 0 1 2
- 56. Hat folgende Beschwerden ohne bekannte körperliche Ursachen:
  - a) Schmerzen (außer Kopf- oder Bauchschmerzen)..... 0 1 2
  - b) Kopfschmerzen..... 0 1 2
  - c) Übelkeit ..... 0 1 2
  - d) Augenbeschwerden (ausgenommen solche, die durch Brille korrigiert sind); bitte beschreiben: \_\_\_\_\_ . 0 1 2
  - e) Hautausschläge oder andere Hautprobleme..... 0 1 2
  - f) Bauchschmerzen oder Magenkrämpfe..... 0 1 2
  - g) Erbrechen..... 0 1 2
  - h) andere Beschwerden; bitte beschreiben \_\_\_\_\_ . 0 1 2

0 = nicht zutreffend (soweit bekannt)	1 = etwas oder manchmal zutreffend	2 = genau oder häufig zutreffend
--	------------------------------------	----------------------------------

- |   |   |
|---|---|
| <p>57. Greift andere körperlich an .....0 1 2</p> <p>58. Bohrt in der Nase, zupft oder kratzt sich an Körperstellen; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>59. Spielt in der Öffentlichkeit an den eigenen Geschlechtsteilen.....0 1 2</p> <p>60. Spielt zu viel an den eigenen Geschlechtsteilen.....0 1 2</p> <p>61. Ist schlecht in der Schule .....0 1 2</p> <p>62. Ist körperlich unbeholfen oder ungeschickt.....0 1 2</p> <p>63. Ist lieber mit älteren Kindern oder Jugendlichen als mit Gleichaltrigen zusammen .....0 1 2</p> <p>64. Ist lieber mit Jüngeren als mit Gleichaltrigen zusammen .....0 1 2</p> <p>65. Weigert sich zu sprechen .....0 1 2</p> <p>66. Tut bestimmte Dinge immer und immer wieder, wie unter einem Zwang; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>67. Läuft von zu Hause weg .....0 1 2</p> <p>68. Schreit viel .....0 1 2</p> <p>69. Ist verschlossen, behält Dinge für sich.....0 1 2</p> <p>70. Sieht Dinge, die nicht da sind; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>71. Ist befangen oder wird leicht verlegen .....0 1 2</p> <p>72. Zündelt gerne oder hat schon Feuer gelegt.....0 1 2</p> <p>73. Hat sexuelle Probleme; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>74. Produziert sich gern oder spielt den Clown.....0 1 2</p> <p>75. Ist schüchtern oder zaghaft .....0 1 2</p> <p>76. Schläft weniger als die meisten Gleichaltrigen.....0 1 2</p> <p>77. Schläft tagsüber und/oder nachts mehr als die meisten Gleichaltrigen; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>78. Schmiert oder spielt mit Kot.....0 1 2</p> <p>79. Hat Schwierigkeiten beim Sprechen; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>80. Starrt ins Leere .....0 1 2</p> <p>81. Stiehlt zu Hause .....0 1 2</p> <p>82. Stiehlt anderswo .....0 1 2</p> <p>83. Hortet Dinge, die er/sie nicht braucht; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>84. Verhält sich seltsam oder eigenartig; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>85. Hat seltsame Gedanken oder Ideen; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>86. Ist störrisch, mürrisch oder reizbar .....0 1 2</p> <p>87. Zeigt plötzliche Stimmungs- oder Gefühlswechsel .....0 1 2</p> <p>88. Schmolzt viel oder ist leicht eingeschnappt.....0 1 2</p> <p>89. Ist mißtrauisch.....0 1 2</p> <p>90. Flucht oder gebraucht obszöne (schmutzige) Wörter .....0 1 2</p> | <p>91. Spricht davon, sich umzubringen.....0 1 2</p> <p>92. Redet oder wandelt im Schlaf; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>93. Redet zuviel .....0 1 2</p> <p>94. Hänzelt andere gern.....0 1 2</p> <p>95. Hat Wutausbrüche oder hitziges Temperament.....0 1 2</p> <p>96. Denkt zuviel an Sex .....0 1 2</p> <p>97. Bedroht andere.....0 1 2</p> <p>98. Lutscht am Daumen .....0 1 2</p> <p>99. Ist zu sehr auf Ordentlichkeit oder Sauberkeit bedacht.....0 1 2</p> <p>100. Hat Schwierigkeiten mit dem Schlafen; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>101. Schwänzt die Schule (auch einzelne Schulstunden) .....0 1 2</p> <p>102. Zeigt zu wenig Aktivität, ist zu langsam oder träge .....0 1 2</p> <p>103. Ist unglücklich, traurig oder niedergeschlagen.....0 1 2</p> <p>104. Ist ungewöhnlich laut.....0 1 2</p> <p>105. Trinkt Alkohol, nimmt Drogen oder mißbraucht Medikamente; bitte beschreiben: .....0 1 2</p> <p>106. Richtet mutwillig Zerstörungen an.....0 1 2</p> <p>107. Näßt bei Tag ein.....0 1 2</p> <p>108. Näßt im Schlaf ein.....0 1 2</p> <p>109. Quengelt oder jammert .....0 1 2</p> <p>110. Bei Jungen: Möchte lieber ein Mädchen sein Bei Mädchen: Möchte lieber ein Junge sein.....0 1 2</p> <p>111. Zieht sich zurück, nimmt keinen Kontakt zu anderen auf .....0 1 2</p> <p>112. Macht sich zuviel Sorgen .....0 1 2</p> <p>113. Bitte beschreiben Sie hier Probleme Ihres Kindes, die bisher noch nicht erwähnt wurden:</p> <p>.....0 1 2</p> <p>.....0 1 2</p> <p>.....0 1 2</p> <p>.....0 1 2</p> <p>.....0 1 2</p> <p>.....0 1 2</p> |
|---|---|

---> Bitte überprüfen Sie, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.  
 ---> Unterstreichen Sie bitte diejenigen Probleme, die Ihnen Sorgen machen.

**Vielen Dank !**

# CBCL/4-18 Elternfragebogen Jungen (1993) - Syndromskalen

		Internalisierende Störung				Externalisierende Störung				Gesamtwert	
		4-11	12-18	4-11	12-18	4-11	12-18	4-11	12-18	4-11	12-18
60-61	62	80-81	82	79	80	233-236	232-235	100	233-236	232-235	100
63	64	83	84	85	86	237-240	236-239	100	237-240	236-239	100
65	66	87	88	89	90	241-244	240-243	100	241-244	240-243	100
67	68	91	92	93	94	245-248	244-247	100	245-248	244-247	100
69	70	95	96	97	98	249-252	248-251	100	249-252	248-251	100
71	72	99	100	101	102	253-256	252-255	100	253-256	252-255	100
73	74	103	104	105	106	257-260	256-259	100	257-260	256-259	100
75	76	107	108	109	110	261-264	260-263	100	261-264	260-263	100
77	78	111	112	113	114	265-268	264-267	100	265-268	264-267	100
79	80	115	116	117	118	269-272	268-271	100	269-272	268-271	100
81	82	119	120	121	122	273-276	272-275	100	273-276	272-275	100
83	84	123	124	125	126	277-280	276-279	100	277-280	276-279	100
85	86	127	128	129	130	281-284	280-283	100	281-284	280-283	100
87	88	131	132	133	134	285-288	284-287	100	285-288	284-287	100
89	90	135	136	137	138	289-292	288-291	100	289-292	288-291	100
91	92	139	140	141	142	293-296	292-295	100	293-296	292-295	100
93	94	143	144	145	146	297-300	296-299	100	297-300	296-299	100
95	96	147	148	149	150	301-304	300-303	100	301-304	300-303	100
97	98	151	152	153	154	305-308	304-307	100	305-308	304-307	100
99	100	155	156	157	158	309-312	308-311	100	309-312	308-311	100
101	102	159	160	161	162	313-316	312-315	100	313-316	312-315	100
103	104	163	164	165	166	317-320	316-319	100	317-320	316-319	100
105	106	167	168	169	170	321-324	320-323	100	321-324	320-323	100
107	108	171	172	173	174	325-328	324-327	100	325-328	324-327	100
109	110	175	176	177	178	329-332	328-331	100	329-332	328-331	100
111	112	179	180	181	182	333-336	332-335	100	333-336	332-335	100
113	114	183	184	185	186	337-340	336-339	100	337-340	336-339	100
115	116	187	188	189	190	341-344	340-343	100	341-344	340-343	100
117	118	191	192	193	194	345-348	344-347	100	345-348	344-347	100
119	120	195	196	197	198	349-352	348-351	100	349-352	348-351	100
121	122	199	200	201	202	353-356	352-355	100	353-356	352-355	100
123	124	203	204	205	206	357-360	356-359	100	357-360	356-359	100
125	126	207	208	209	210	361-364	360-363	100	361-364	360-363	100
127	128	211	212	213	214	365-368	364-367	100	365-368	364-367	100
129	130	215	216	217	218	369-372	368-371	100	369-372	368-371	100
131	132	219	220	221	222	373-376	372-375	100	373-376	372-375	100
133	134	223	224	225	226	377-380	376-379	100	377-380	376-379	100
135	136	227	228	229	230	381-384	380-383	100	381-384	380-383	100
137	138	231	232	233	234	385-388	384-387	100	385-388	384-387	100
139	140	235	236	237	238	389-392	388-391	100	389-392	388-391	100
141	142	239	240	241	242	393-396	392-395	100	393-396	392-395	100
143	144	243	244	245	246	397-400	396-399	100	397-400	396-399	100
145	146	247	248	249	250	401-404	400-403	100	401-404	400-403	100
147	148	249	250	251	252	405-408	404-407	100	405-408	404-407	100
149	150	253	254	255	256	409-412	408-411	100	409-412	408-411	100
151	152	257	258	259	260	413-416	412-415	100	413-416	412-415	100
153	154	261	262	263	264	417-420	416-419	100	417-420	416-419	100
155	156	265	266	267	268	421-424	420-423	100	421-424	420-423	100
157	158	269	270	271	272	425-428	424-427	100	425-428	424-427	100
159	160	273	274	275	276	429-432	428-431	100	429-432	428-431	100
161	162	277	278	279	280	433-436	432-435	100	433-436	432-435	100
163	164	281	282	283	284	437-440	436-439	100	437-440	436-439	100
165	166	285	286	287	288	441-444	440-443	100	441-444	440-443	100
167	168	289	290	291	292	445-448	444-447	100	445-448	444-447	100
169	170	293	294	295	296	449-452	448-451	100	449-452	448-451	100
171	172	297	298	299	300	453-456	452-455	100	453-456	452-455	100
173	174	301	302	303	304	457-460	456-459	100	457-460	456-459	100
175	176	305	306	307	308	461-464	460-463	100	461-464	460-463	100
177	178	309	310	311	312	465-468	464-467	100	465-468	464-467	100
179	180	313	314	315	316	469-472	468-471	100	469-472	468-471	100
181	182	317	318	319	320	473-476	472-475	100	473-476	472-475	100
183	184	321	322	323	324	477-480	476-479	100	477-480	476-479	100
185	186	325	326	327	328	481-484	480-483	100	481-484	480-483	100
187	188	329	330	331	332	485-488	484-487	100	485-488	484-487	100
189	190	333	334	335	336	489-492	488-491	100	489-492	488-491	100
191	192	337	338	339	340	493-496	492-495	100	493-496	492-495	100
193	194	341	342	343	344	497-500	496-499	100	497-500	496-499	100
195	196	345	346	347	348	501-504	500-503	100	501-504	500-503	100
197	198	349	350	351	352	505-508	504-507	100	505-508	504-507	100
199	200	353	354	355	356	509-512	508-511	100	509-512	508-511	100
201	202	357	358	359	360	513-516	512-515	100	513-516	512-515	100
203	204	361	362	363	364	517-520	516-519	100	517-520	516-519	100
205	206	365	366	367	368	521-524	520-523	100	521-524	520-523	100
207	208	369	370	371	372	525-528	524-527	100	525-528	524-527	100
209	210	373	374	375	376	529-532	528-531	100	529-532	528-531	100
211	212	377	378	379	380	533-536	532-535	100	533-536	532-535	100
213	214	381	382	383	384	537-540	536-539	100	537-540	536-539	100
215	216	385	386	387	388	541-544	540-543	100	541-544	540-543	100
217	218	389	390	391	392	545-548	544-547	100	545-548	544-547	100
219	220	393	394	395	396	549-552	548-551	100	549-552	548-551	100
221	222	397	398	399	400	553-556	552-555	100	553-556	552-555	100
223	224	401	402	403	404	557-560	556-559	100	557-560	556-559	100
225	226	405	406	407	408	561-564	560-563	100	561-564	560-563	100
227	228	409	410	411	412	565-568	564-567	100	565-568	564-567	100
229	230	413	414	415	416	569-572	568-571	100	569-572	568-571	100
231	232	417	418	419	420	573-576	572-575	100	573-576	572-575	100
233	234	421	422	423	424	577-580	576-579	100	577-580	576-579	100
235	236	425	426	427	428	581-584	580-583	100	581-584	580-583	100
237	238	429	430	431	432	585-588	584-587	100	585-588	584-587	100
239	240	433	434	435	436	589-592	588-591	100	589-592	588-591	100
241	242	437	438	439	440	593-596	592-595	100	593-596	592-595	100
243	244	441	442	443	444	597-600	596-599	100	597-600	596-599	100
245	246	445	446	447	448	601-604	600-603</				



# CBCU/4-18 Elternfragebogen Mädchen (1993) - Syndromskalen

Name	Internalisierende Störung				Externalisierende Störung				T-Wert	ID-Nr.	Gesamtwert
	4-11	12-18	4-11	12-18	4-11	12-18	4-11	12-18			
Alter	16	16	16	16	14	14	14	14	100		
Datum	17	17	17	17	21	21	21	21	85		
Zahl auf Fragen	15	15	15	15	19	19	19	19	80		
Gesamtwert	14	14	14	14	18	18	18	18	85		
Gesamt T-Wert	11	11	11	11	15	15	15	15	80		
Internalisierende	10	10	10	10	13	13	13	13	75		
INT T-Wert	9	9	9	9	12	12	12	12	70		
Externalisierende	8	8	8	8	10	10	10	10	65		
EXT T-Wert	7	7	7	7	9	9	9	9	60		
ANDERE PROBLEME	6	6	6	6	8	8	8	8	55		
8. Verhalt. d. Gesch.	5	5	5	5	7	7	7	7	50		
9. Einnahmen	4	4	4	4	6	6	6	6			
10. Verh. d. Eltern	3	3	3	3	5	5	5	5			
11. Verh. d. Gesch.	2	2	2	2	4	4	4	4			
12. Verh. d. Eltern	1	1	1	1	3	3	3	3			
13. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	2	2	2	2			
14. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	1	1	1	1			
15. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
16. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
17. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
18. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
19. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
20. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
21. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
22. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
23. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
24. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
25. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
26. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
27. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
28. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
29. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
30. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
31. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
32. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
33. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
34. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
35. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
36. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
37. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
38. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
39. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
40. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
41. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
42. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
43. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
44. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
45. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
46. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
47. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
48. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
49. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
50. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
51. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
52. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
53. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
54. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
55. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
56. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
57. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
58. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
59. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
60. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
61. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
62. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
63. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
64. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
65. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
66. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
67. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
68. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
69. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
70. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
71. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
72. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
73. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
74. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
75. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
76. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
77. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
78. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
79. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
80. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
81. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
82. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
83. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
84. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
85. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
86. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
87. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
88. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
89. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
90. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
91. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
92. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
93. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
94. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
95. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
96. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
97. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
98. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			
99. Verh. d. Gesch.	0	0	0	0	0	0	0	0			
100. Verh. d. Eltern	0	0	0	0	0	0	0	0			

\* Wird nicht bei beurteilungsrelevanten Syndromen berücksichtigt.  
 Urheberrechtlich geschützt. Copyright T. M. Achenbach und Arbeitsgruppe Deutsche Child Behavior Checklist. Nachdruck verboten!  
 Auswertung auf der Grundlage US-amerikanischer Normen. Deutsche Bearbeitung: P. Mielchens & M. Dopfner.

IX Geschlechtsbezogene Probleme (Alter 4-17) SUMME T-Wert  
 INT = Syndromskala I + II + III - Frage 103 = ; EXT = Syndromskala VII + VIII = ;  
 Nicht im Gesamtwert für Problemverhalten berücksichtigt: 2. Allergie; 4. Asthma

Schwellenlinien = Grenzbereich Auffälligkeit

# Conners' Einschätzungsskala für Eltern

- Elternfragebogen
- Profilauswertungsblatt für Jungen
- Profilauswertungsblatt für Mädchen

# Conners' Einschätzungsskala für Eltern – überprüft (S)

by C. Keith Conners, PH.D.

Name des Kindes: \_\_\_\_\_ Geschlecht: m w

Geburtstag: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ Schule/Klasse: \_\_\_\_\_

Name der Eltern: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

**Anweisung:** Unten stehen zahlreiche allgemeine Probleme, die Kinder haben. Fragen Sie sich bitte bei jedem Punkt: „Wieviel von einem Problem trat im letzten Monat auf“, und umkreisen Sie die Antwort, die für jeden Punkt am besten zutrifft. Bei gar nicht, selten oder sehr selten würden Sie 0 umkreisen. Wenn „sehr wahr“ oder das Problem sehr häufig auftritt, würden Sie 3 umkreisen. 1 oder 2 würden Sie für die dazwischen liegenden Einstufungen einkreisen. Bitte antworten Sie zu jedem Punkt.

überhaupt nicht wahr (niemals/ selten)	ein bißchen wahr (gelegent- lich)	ziemlich wahr (oft, ziemlich oft)	sehr oft, sehr häufig
--	---	---	-----------------------------

1. Unaufmerksam, leicht ablenkbar	0	1	2	3
2. Ärgerlich und „übelnehmerisch“	0	1	2	3
3. Schwierigkeiten Hausaufgaben zu machen und zu Ende zu bringen	0	1	2	3
4. Bewegt sich ständig oder benimmt sich, als wäre er von einem Motor angetrieben	0	1	2	3
5. Kurze Aufmerksamkeitsspanne	0	1	2	3
6. Streitet sich mit Erwachsenen	0	1	2	3
7. Zappelt mit den Händen oder den Füßen oder windet sich im Sessel	0	1	2	3
8. Schafft es nicht, Aufträge auszuführen(zu erledigen)	0	1	2	3
9. Schwer zu beaufsichtigen, auf der Straße und beim Einkaufen von Lebensmitteln	0	1	2	3
10. Unordentlich und unorganisiert zu Hause und in der Schule	0	1	2	3
11. Gerät in Wut	0	1	2	3
12. Braucht engmaschige Aufsicht, um Anweisungen zu befolgen	0	1	2	3
13. Ist nur aufmerksam, wenn es sie/ihn besonders interessiert	0	1	2	3
14. Lläuft oder klettert übermäßig in Situationen, in denen es unangemessen ist	0	1	2	3
15. Ablenkbarkeit oder Aufmerksamkeitsspanne ist ein Problem	0	1	2	3
16. Reizbar	0	1	2	3
17. Vermeidet, drückt sein Widerstreben aus oder hat Schwierigkeiten sich mit Aufgaben zu beschäftigen, die länger anhaltende geistige Leistung erfordern (wie z.B. Schulaufgaben oder Hausaufgaben)	0	1	2	3
18. Ruhelos im Sinne „sich winden“	0	1	2	3
19. Ist abgelenkt (verwirrt), wenn er Anweisung erhält, etwas zu tun	0	1	2	3
20. Weigert sich, sich Bitten von Erwachsenen zu fügen	0	1	2	3
21. Hat Probleme sich in der Klasse zu konzentrieren	0	1	2	3
22. Hat Schwierigkeiten in einer Reihe zu warten oder eine Runde in Spielen oder Gruppensituationen abzuwarten	0	1	2	3
23. Verläßt seinen Platz im Klassenzimmer oder in anderen Situationen, in denen „Sitzenbleiben“ erwartet wird	0	1	2	3
24. Macht vorsätzlich Dinge, die andere Menschen ärgern	0	1	2	3
25. Befolgt keine Anweisungen und schafft es nicht, Schulaufgaben, alltägl. Angelegenheiten und Pflichten am Arbeitsplatz zu erledigen (nicht verursacht durch oppositionelles Verhalten oder die Unfähigkeit, Anweisungen zu verstehen)	0	1	2	3
26. Hat Schwierigkeiten, bei Freizeitaktivitäten ruhig zu spielen oder sich ruhig zu beschäftigen	0	1	2	3
27. Bei Anstrengungen schnell frustriert	0	1	2	3

## Profile for Males: Conners' Parent Rating Scale - Revised (S)

**Child's Name:** \_\_\_\_\_ **Gender:** **M** **F**  
(Circle One)

**Birthdate:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ **Age:** \_\_\_\_ **School Grade:** \_\_\_\_  
Month Day Year

**Parent's Name:** \_\_\_\_\_ **Today's Date:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Month Day Year

T	A. Oppositional					B. Cognitive Problems/ Inattention					C. Hyperactivity					D. Conners' ADHD Index						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
90	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	18	.	.	.	.	.	.		
89	.	.	18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17	15	12	7	.	.		
88	.	17	.	.	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	36		
87	.	.	.	18	.	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	35		
86	18	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	34		
85	.	16	.	17	15	15	.	.	.	.	.	.	.	16	14	.	.	.	36	33		
84	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	.	.	35	32		
83	.	.	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	35	36	38		
82	.	15	.	18	14	14	18	.	.	.	.	.	.	15	13	.	6	34	35	36	35	31
81	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	.	.	10	.	33	34	.	34	30
80	.	.	15	.	.	.	.	.	.	18	.	.	14	.	.	.	.	32	33	35	33	29
79	.	14	.	15	13	13	17	18	.	.	.	.	12	.	.	.	.	31	.	34	.	.
78	15	.	14	.	.	.	.	.	17	17	.	.	.	.	.	.	.	.	32	33	32	28
77	.	13	.	14	.	.	16	17	18	.	.	.	13	.	9	.	.	30	31	32	31	27
76	14	.	.	.	12	12	.	.	.	16	16	.	11	.	.	.	.	29	30	31	30	26
75	.	.	13	.	.	15	16	17	.	.	.	.	.	.	.	5	.	28	29	30	29	.
74	.	12	.	13	.	.	.	.	15	15	12	.	.	.	.	.	.	28	.	.	28	25
73	13	.	.	.	11	11	14	15	16	.	.	.	10	8	.	.	.	27	.	29	.	24
72	.	.	12	.	.	.	.	.	14	14	11	.	.	.	.	.	.	26	27	28	27	23
71	.	11	.	12	.	10	.	14	15	.	.	.	.	.	.	.	.	25	26	27	26	.
70	12	.	.	.	10	.	13	.	.	.	.	.	9	7	.	.	.	24	25	26	25	22
69	.	.	11	11	.	.	.	13	14	13	.	.	13	10	.	4	.	24	25	24	24	21
68	11	10	.	.	.	9	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23	23	24	23	.
67	.	.	10	.	9	.	.	12	13	12	.	.	12	.	8	.	.	22	.	23	22	20
66	.	.	.	10	.	.	11	.	.	.	.	.	9	.	6	.	.	21	22	.	.	19
65	10	9	.	.	.	8	.	11	12	11	.	.	11	.	.	.	.	21	22	21	18	.
64	.	.	9	9	8	.	10	.	.	.	.	.	8	7	.	.	.	20	20	21	20	.
63	.	.	.	.	.	.	.	10	11	10	.	.	.	.	5	3	.	19	19	20	19	17
62	9	8	.	.	.	7	9	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	18	18	19	18	16
61	.	.	8	8	7	.	.	9	10	9	.	.	7	6	.	.	.	17	.	18	17	15
60	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	17	17	.	.
59	.	7	7	.	.	6	8	.	9	8	.	.	5	4	.	.	.	16	16	16	16	14
58	.	.	.	7	6	.	.	8	.	8	.	.	8	6	.	.	.	15	15	.	15	13
57	7	6	.	.	.	.	7	.	8	7	.	.	.	.	.	2	.	14	14	15	14	12
56	.	.	6	6	.	5	.	7	.	7	.	7	5	4	3	.	.	.	13	14	13	.
55	.	.	.	.	5	.	6	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	13	.	13	12	11
54	6	5	.	.	.	4	.	6	.	6	.	.	.	.	.	.	.	12	12	12	11	10
53	.	.	5	5	.	.	5	.	6	.	6	.	6	4	3	.	.	11	11	11	.	9
52	5	.	.	.	4	.	.	5	.	5	.	.	.	.	.	2	.	10	10	10	10	.
51	.	4	.	.	.	3	.	.	5	.	5	.	.	.	.	1	.	.	9	.	9	8
50	.	.	4	4	.	.	4	4	.	4	.	.	3	2	.	.	.	9	.	9	8	7
49	4	.	.	.	3	.	.	.	4	.	.	.	4	.	.	.	.	8	8	8	7	6
48	.	3	3	3	.	2	3	3	3	3	.	.	2	.	1	.	.	7	7	7	6	.
47	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	6	6	6	5	5
46	.	.	.	.	2	.	2	2	2	2	.	3	.	.	.	.	.	.	5	5	.	4
45	.	2	2	2	.	1	.	.	.	.	.	1	.	0	0	.	.	5	4	4	4	.
44	2	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	2	.	0	.	.	.	4	.	3	3	3
43	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	2	2
42	.	1	1	.	.	0	.	0	0	0	.	1	0	.	.	.	.	.	2	2	1	1
41	1	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	0	.
40	.	0	.	0	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	1	0	0	.	0
39	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.
38	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

**Note:**  
**For age-groups:**  
**Column 1:** ages 3 to 5  
**Column 2:** ages 6 to 8  
**Column 3:** ages 9 to 11  
**Column 4:** ages 12 to 14  
**Column 5:** ages 15 to 17

Please see back of scoring sheet for Scale Descriptions

Please see reverse for CPRS-R Female Profile

Copyright © 1997, Multi-Health Systems Inc. All rights reserved. In the U.S.A., P.O. Box 950, North Tonawanda, NY 14120-0950, (800) 456-3003. In Canada, 3770 Victoria Park Avenue, Toronto, ON M2H 3M6, (800) 268-6011. International, +1-416-492-2627. Fax, +1-416-492-3343 or 888-540-4484

## Profile for Females: Conners' Parent Rating Scale - Revised (S)

**Child's Name:** \_\_\_\_\_ **Gender:** **M** **F**  
(Circle One)

**Birthdate:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ **Age:** \_\_\_\_ **School Grade:** \_\_\_\_  
Month Day Year

**Parent's Name:** \_\_\_\_\_ **Today's Date:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Month Day Year

T	A. Oppositional					B. Cognitive Problems/ Inattention					C. Hyperactivity					D. Conners' ADHD Index				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
90	.	.	17	16	17	.	.	16	.	.	.	15	.	.	27	33	30	.	.	
89	.	16	.	.	.	12	15	.	16	.	.	.	9	.	.	32	.	28	29	
88	.	.	.	.	.	.	.	15	16	.	.	.	.	.	26	.	29	27	28	
87	14	.	16	15	16	.	.	.	15	.	12	14	.	.	6	.	31	28	.	
86	.	15	.	.	.	.	14	.	.	.	.	.	.	6	.	25	30	.	26	27
85	.	.	.	.	.	11	.	14	15	.	.	.	.	.	.	.	.	27	.	.
84	13	.	15	14	15	.	.	14	.	.	13	8	.	.	24	29	26	25	26	
83	.	14	.	.	.	.	13	.	14	11	.	.	.	.	.	28	.	24	25	
82	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	23	.	25	.	.	
81	.	.	14	13	14	10	.	.	13	.	.	12	.	.	22	27	24	23	24	
80	12	13	.	.	.	.	12	.	13	.	.	5	5	.	26	.	.	.	23	
79	.	.	.	.	.	.	12	.	.	10	.	7	.	.	21	.	23	22	.	
78	.	.	13	12	13	.	.	12	.	.	11	.	.	.	.	25	.	.	22	
77	11	12	.	.	.	9	11	.	12	.	.	.	.	.	20	24	22	21	.	
76	.	.	12	.	12	.	.	11	.	9	.	.	.	.	.	23	21	20	21	
75	.	.	.	11	.	.	.	.	11	.	.	10	.	.	19	.	.	.	20	
74	.	11	.	.	.	8	10	.	11	.	.	6	.	.	22	20	19	.	.	
73	10	.	11	.	11	.	.	10	.	.	.	.	4	4	18	21	19	.	19	
72	.	.	.	.	.	.	.	10	.	8	9	.	.	.	.	.	.	18	.	
71	.	10	.	10	.	.	9	.	10	.	.	.	.	.	17	20	18	17	18	
70	9	.	10	.	10	7	.	9	9	.	.	.	.	.	.	19	.	.	17	
69	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	8	5	.	.	16	.	17	16	.	
68	.	9	.	9	.	.	8	.	.	7	.	.	.	.	15	18	16	.	16	
67	.	.	9	.	9	.	8	8	.	.	.	.	.	.	17	.	.	15	.	
66	8	.	.	.	.	6	.	.	8	.	7	.	3	3	14	.	15	14	15	
65	.	.	.	8	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	16	14	.	14	
64	.	8	8	.	8	.	.	7	7	.	6	.	4	.	13	15	.	13	.	
63	7	.	.	.	.	5	.	.	7	.	6	.	.	.	.	.	13	.	13	
62	.	.	.	7	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	12	14	.	12	12	
61	.	7	7	.	7	.	.	6	6	.	.	.	.	.	13	12	11	.	.	
60	.	.	.	.	.	.	.	.	6	5	5	3	.	.	11	.	11	.	11	
59	6	.	.	6	.	4	5	5	.	.	.	.	2	2	.	12	.	10	.	
58	.	6	6	.	6	.	.	.	5	5	.	.	.	.	10	11	10	.	10	
57	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	9	9	9	
56	5	.	.	5	.	.	4	4	4	.	.	4	.	.	9	10	.	8	.	
55	.	5	5	.	5	3	.	.	4	.	.	2	.	.	8	9	8	.	8	
54	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	7	.	
53	.	.	.	4	.	.	3	3	3	.	3	3	.	.	7	.	7	.	7	
52	4	4	4	.	4	.	.	.	3	.	.	.	1	1	.	7	6	6	6	
51	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	6	6	.	5	.	
50	.	.	3	3	.	.	2	2	2	.	.	2	1	.	.	.	.	5	5	
49	3	3	.	.	3	.	.	.	2	2	.	.	.	.	5	5	4	4	4	
48	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	
47	.	.	2	2	.	.	1	1	1	1	.	1	.	.	4	.	3	3	3	
46	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	3	.	2	.	
45	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	0	.	0	3	2	2	.	2	
44	.	.	1	.	.	0	0	0	0	0	.	0	.	.	.	.	1	1	1	
43	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	
42	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	1	0	0	0	0	
41	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
40	.	0	.	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	
39	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
38	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

**Note:**  
**For age-groups:**  
**Column 1:** ages 3 to 5  
**Column 2:** ages 6 to 8  
**Column 3:** ages 9 to 11  
**Column 4:** ages 12 to 14  
**Column 5:** ages 15 to 17

Please see back of scoring sheet for Scale Descriptions

Please see reverse for CPRS-R Male Profile

Copyright © 1997, Multi-Health Systems Inc. All rights reserved. In the U.S.A., P.O. Box 950, North Tonawanda, NY 14120-0950, (800) 456-3003. In Canada, 3770 Victoria Park Avenue, Toronto, ON M2H 3M6, (800) 268-6011. International, +1-416-492-2627. Fax, +1-416-492-3343 or 888-540-4484

# FBB-HKS

## Beurteilungsbogen für Eltern, Lehrer und Erzieher

- Item 1 - Item 9: Unaufmerksamkeit
- Item 10 - Item 16: Hyperaktivität
- Item 17 – Item 20 : Impulsivität
- auf der Rückseite: zusätzliche DSM-IV-Kriterien

# Beurteilungsbogen für Eltern, Lehrer und Erzieher: FBB-HKS

Name des Kindes / Jugendlichen:	Alter:	Datum:								
beurteilt von: <input type="checkbox"/> Vater <input type="checkbox"/> Mutter <input type="checkbox"/> Lehrer(in) <input type="checkbox"/> Erzieher(in) <input type="checkbox"/> Anderem:										
Name:										
<p><b>Kreuzen Sie bitte für jede Beschreibung</b></p> <p>- <b>zuerst</b> die Zahl an, die angibt, <b>wie zutreffend</b> die Beschreibung für das Kind / den (die) Jugendliche(n) ist</p> <p>- <b>und danach</b> die Zahl, die angibt, <b>wie problematisch</b> Sie dieses Verhalten erleben.</p>			Wie zutreffend ist die Beschreibung?				Wie problematisch erleben Sie das Verhalten?			
			gar nicht	ein wenig	weitgehend	besonders	gar nicht	ein wenig	ziemlich	sehr
01. Beachtet bei den Schularbeiten, bei anderen Tätigkeiten oder bei der Arbeit häufig Einzelheiten nicht oder macht häufig Flüchtigkeitsfehler.			0	1	2	3	0	1	2	3
02. Hat bei Aufgaben oder Spielen oft Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit längere Zeit aufrechtzuerhalten (dabei zu bleiben).			0	1	2	3	0	1	2	3
03. Scheint häufig nicht zuzuhören, wenn andere sie/ihn ansprechen.			0	1	2	3	0	1	2	3
04. Kann häufig Aufträge von anderen nicht vollständig durchführen und kann Schularbeiten, andere Arbeiten oder Pflichten am Arbeitsplatz häufig nicht zu Ende bringen.			0	1	2	3	0	1	2	3
05. Hat häufig Schwierigkeiten, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren.			0	1	2	3	0	1	2	3
06. Hat eine Abneigung gegen Aufgaben, bei denen sie/er sich länger konzentrieren und anstrengen muß (z.B. Hausaufgaben). Vermeidet diese Aufgaben oder macht sie nur widerwillig.			0	1	2	3	0	1	2	3
07. Verliert häufig Gegenstände, die sie/er für bestimmte Aufgaben oder Aktivitäten benötigt (z.B. Spielsachen, Hausaufgabenhefte, Stifte, Bücher oder Werkzeug).			0	1	2	3	0	1	2	3
08. Läßt sich oft durch seine Umgebung (äußere Reize) leicht ablenken.			0	1	2	3	0	1	2	3
09. Ist bei Alltagstätigkeiten häufig vergeßlich (z.B. vergißt Schulsachen oder Kleidungsstücke).			0	1	2	3	0	1	2	3
10. Zappelt häufig mit Händen oder Füßen oder rutscht häufig auf dem Stuhl herum.			0	1	2	3	0	1	2	3
11. Steht oft im Unterricht oder in anderen Situationen auf, in denen Sitzenbleiben erwartet wird.			0	1	2	3	0	1	2	3
12. Hat häufig Schwierigkeiten, ruhig zu spielen oder sich mit Freizeitaktivitäten ruhig zu beschäftigen.			0	1	2	3	0	1	2	3
13. Läuft häufig herum oder klettert permanent, wenn es unpassend ist.			0	1	2	3	0	1	2	3
14. Beschreibt ein häufig auftretendes starkes Gefühl der inneren Unruhe (besonders bei Jugendlichen).			0	1	2	3	0	1	2	3
15. Zeigt durchgängig eine extreme Unruhe, die durch die Umgebung oder durch Aufforderungen nicht dauerhaft beeinflussbar ist.			0	1	2	3	0	1	2	3
16. Ist häufig "auf Achse" oder handelt oft, als wäre sie/er angetrieben.			0	1	2	3	0	1	2	3
17. Platzt häufig mit der Antwort heraus, bevor Fragen zu Ende gestellt sind.			0	1	2	3	0	1	2	3
18. Kann häufig nur schwer warten, bis sie/er an der Reihe ist (z.B. bei Spielen oder in einer Gruppe).			0	1	2	3	0	1	2	3
19. Unterbricht oder stört andere häufig (z.B. platzt in die Unterhaltung oder Spiele anderer hinein).			0	1	2	3	0	1	2	3
20. Redet häufig übermäßig viel.			0	1	2	3	0	1	2	3
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">bitte wenden</div>										

Beantworten Sie bitte abschließend noch folgende Fragen, wenn zumindest eines der auf der ersten Seite beschriebenen Verhaltensprobleme für das Kind / die (den) Jugendliche(n) zutrifft.	Wie zutreffend ist die Beschreibung?			
	gar nicht	ein wenig	weitgehend	besonders
A1. Die beschriebenen Verhaltensprobleme sind insgesamt sehr belastend.	0	1	2	3
A2. <u>Bei Schulkindern und berufstätigen Jugendlichen:</u> Die beschriebenen Verhaltensprobleme beeinträchtigen die schulische oder berufliche Leistungsfähigkeit erheblich.  <u>Bei Vorschulkindern:</u> Die beschriebenen Verhaltensprobleme beeinträchtigen die Fähigkeit des Kindes erheblich, intensiv und ausdauernd zu spielen oder sich selbst zu beschäftigen.	0	1	2	3
A3. Die beschriebenen Verhaltensprobleme beeinträchtigen die Beziehungen zu Erwachsenen (Eltern, Erziehern, Lehrern) erheblich.	0	1	2	3
A4. Die beschriebenen Verhaltensprobleme beeinträchtigen die Beziehungen zu anderen Kindern bzw. Jugendlichen erheblich.	0	1	2	3
Nur von den Eltern zu beantworten:				
B1. Die beschriebenen Verhaltensprobleme treten in der Familie auf.	0	1	2	3
B2. Die beschriebenen Verhaltensprobleme treten im Kindergarten bzw. in der Schule auf.	0	1	2	3
B3. Die beschriebenen Verhaltensprobleme treten außerhalb der Familie und des Kindergartens bzw. der Schule auf (z.B. in Freizeitgruppen oder wenn das Kind zu Besuch ist).	0	1	2	3
B4. Die beschriebenen Verhaltensprobleme haben vor dem Alter von 7 Jahren begonnen.	0 stimmt nicht	1 stimmt		
B5. Die beschriebenen Verhaltensprobleme bestehen seit mindestens 6 Monaten.	0 stimmt nicht	1 stimmt		

**Bemerkungen:**

Vielen Dank für ihre Mitarbeit





