



O-Sung Kwon (Autor)

# **Körperkomposition von Büroangestellten (Männern und Frauen) im Vergleich von Infrarot-Reflexionsmessung, BIA und Kalipermetrie**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8264>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# 1 Vorwort

## 1.1 Der demographische Wandel und seine Folgen für die Gesellschaft

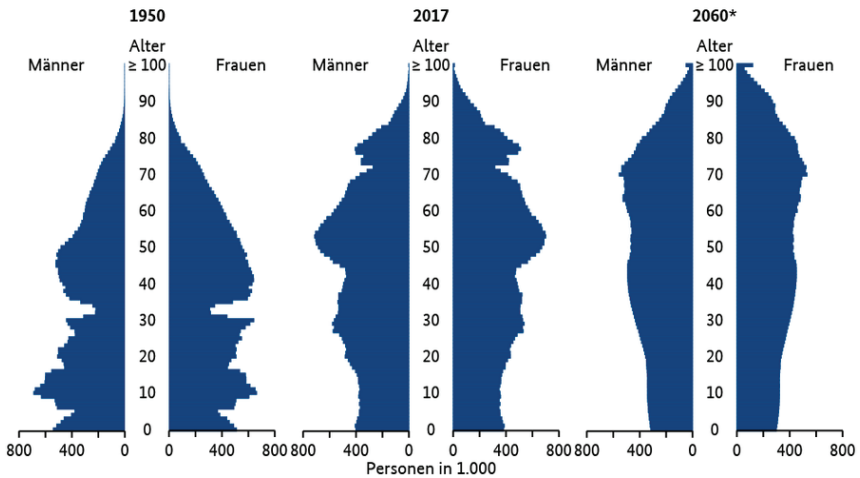
Eine unserer größten Herausforderungen in unserer Gesellschaft ist der demographische Wandel. Seit Jahren herrscht ein Ungleichgewicht zwischen der Anzahl geborener Kinder und der Sterberate der Elterngeneration. Tatsächlich sterben mehr Menschen schneller, als Kinder geboren werden. Das statistische Bundesamt gibt Hinweise darauf, dass die Bevölkerung in Deutschland ohne Zuwanderung aus dem Ausland bereits vor Jahren schnell geschrumpft wäre.

In den letzten Jahren war der Wanderungsgewinn jedoch zurückgegangen und reichte nicht mehr aus, um den Überschuss der Sterbefälle über die Geburten auszugleichen.

Dies ist einer der Gründe für die kontinuierliche Minderung der Bevölkerung seit 2003. Langfristig gesehen ist zu erwarten, dass der Spalt zwischen der Zahl der Geborenen und Gestorbenen nicht mehr zu schließen sein wird.

Der demographische Wandel hat bereits sichtbare Veränderungen am Altersaufbau der Bevölkerung mit sich gebracht. Auf die geburtenstarken Jahrgänge der 1950er und 1960er folgen deutlich geringer ausgeprägte jüngere Jahrgänge. Da auch gleichzeitig das Alter der „Baby Boomer“ fortschreiten wird, wird prognostiziert, dass die Bevölkerung Deutschlands stärker als bisher „altern“ wird.

### Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland, 1950–2060



(Abb. 1: Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland, 1950-2060  
Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)

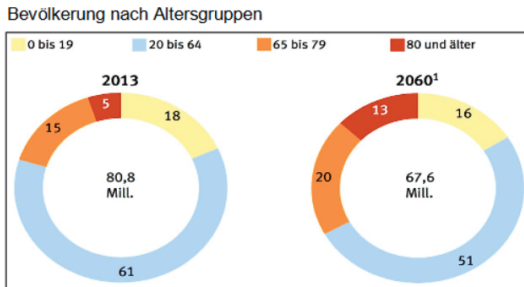
Abbildung 1 zeigt die vorangegangene und voraussichtliche Veränderung der Altersstruktur in Deutschland zwischen den Jahren 1950 bis 2060. Blickt man auf die prognostizierte Veränderung zwischen den Jahren 2017 und 2060, ist zu erkennen, dass die Bevölkerung von der Zahl her nicht nur abnimmt, sondern auch gleichzeitig deutlich älter wird.

Wie in Abbildung 2 erkennbar wird, liegt der größte Zuwachs an Population bei Menschen zwischen den Jahren 65 bis 79 Jahren. Zunächst ist anzumerken, dass die Bevölkerung im Jahre 2060 um ca. 16%

sinken wird. Gleichzeitig ist eine Verschiebung der Altersstruktur bemerkbar. Die Zahl der 20 bis 64-jährigen sinkt und der größte Zuwachs an Populationszahl ist bei den 80+ Menschen zu erkennen. Auch ist ein doppelter Anstieg der 20 bis 64-jährigen zu vermerken.

Aktuell besteht die Bevölkerung zu 18% aus Kindern und jungen Menschen unter 20 Jahren, zu 61% aus 20 bis 64-jährigen und zu 21% aus 65-jährigen und Älteren.

Bereits in den nächsten 20 Jahren ist zu erwarten, dass die Gewichte sich deutlich in Richtung älterer Menschen verschieben, so dass die 65-jährigen und Älteren bereits im Jahr 2035 ca. 30% der Bevölkerung ausmachen werden. Der Anteil der 80-jährigen und Älteren wird von gegenwärtig 5 % auf 12 % beziehungsweise 13 % steigen.



(Abb. 2: Bevölkerung nach Altersgruppen)

Quelle: Statistisches Bundesamt, Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2060, Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, (2015)

Eine weitere Ansicht über die Veränderung zeigt die Verschiebung der Altersstruktur in Abbildung 3. Der Altersaufbau in den beschriebenen Beispieljahren zeigt mit der Zeit unterschiedliche Formen auf. Einen Altersaufbau in Form einer Pyramide wies damals das Deutsche Reich von 1910 auf.

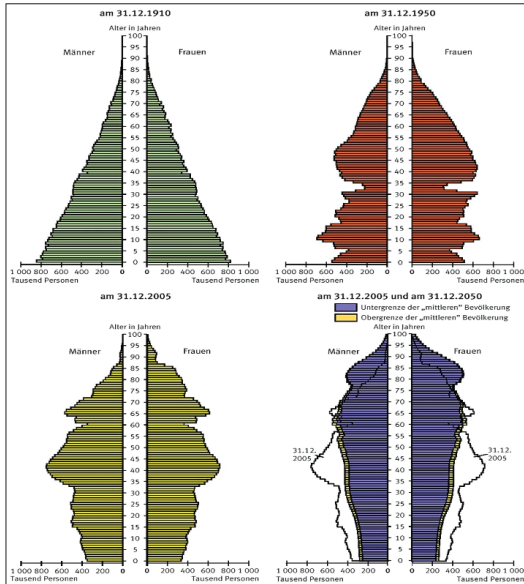
Weltkriege und die Weltwirtschaftskrise zu Beginn der 1930er Jahre sind dafür verantwortlich, dass im Jahre 1950 eine Rückbildung der Zahl der jüngeren Bevölkerungsgruppe zu vermerken ist. Heute weist der Bevölkerungsaufbau in Deutschland eine „Tannen-Form“ auf.

Das mittlere Alter ist am stärksten ausgeprägt. Zu den Älteren und Jüngeren gehören weniger Menschen, verglichen zu den vorherigen Jahren.

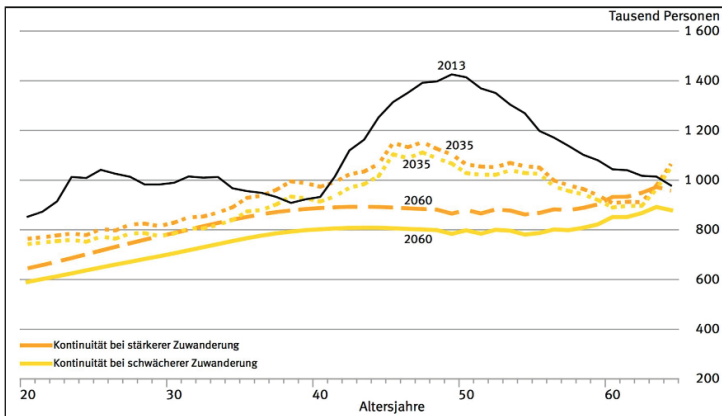
Bis zum Jahr 2050 werden die stark besetzten Jahrgänge weiter nach oben verschoben. Da jedoch zahlenmäßig die jüngeren Menschen nicht im selben Tempo nachziehen, wird sich die „Tannen-Form“ weiter verändern. Es kommt immer mehr zu einer glatten und steilen Form, wie man dem Bevölkerungsaufbau von 2050 ansehen kann.

Die jüngere und die mittlere Altersgruppe verlieren, die ältere gewinnt an Bedeutung. Während es Ende 2005 noch etwas mehr unter 20-jährige als 65-jährige und Ältere gab, wird 2050 die ältere Gruppe bei der „mittleren“ Bevölkerung doppelt so groß sein wie die jüngere.

Demnach ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil der Menschen, die die Gesellschaft tragen und führen, im Vergleich zum Jahr 2017, deutlich älter sein wird. Berufstätige Menschen im Alter von 60+ werden stärkeren Belastungen ausgesetzt sein. Einen weiteren Hinweis für den bevorstehenden Wandel der Gesellschaft zeigen die Entwicklung und Veränderung der Altersstruktur der Erwerbstätigen (Abb.4).



(Abb. 3: Verschiebung der Altersstrukturen in Deutschland  
 Quelle: Statistisches Bundesamt, Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2060,  
 Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, 2015)



(Abb. 4: Altersstruktur der Bevölkerung im Erwerbsalter  
 Quelle: Statistisches Bundesamt, Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2060,  
 Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, 2015)

Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Menschen im Erwerbsalter stark schrumpfen wird. Als Erwerbsalter wird hier die Spanne von 20 bis 64 Jahren betrachtet. Es scheint, als würde die Gesellschaft 2060 getragen werden von Menschen ab dem Alter von 50 Jahren aufwärts.

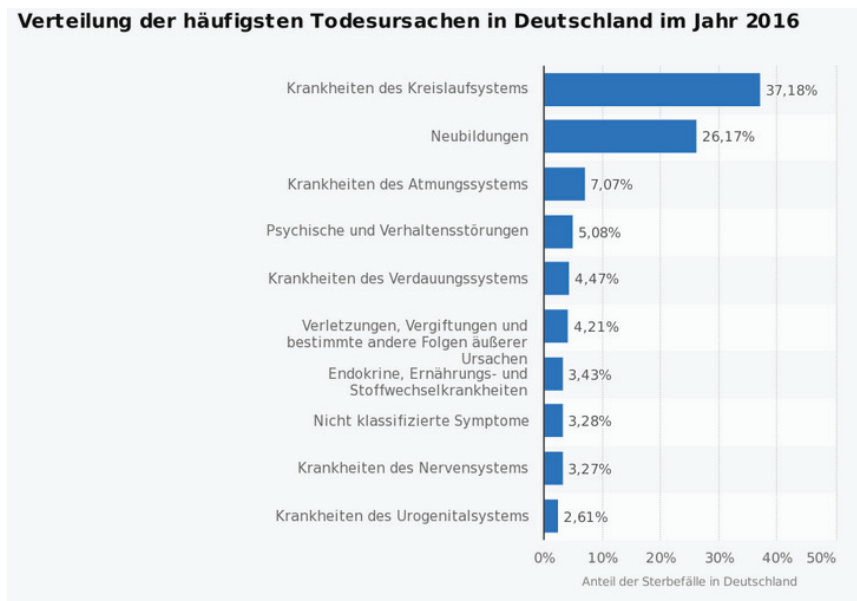
Zusammengefasst bedeutet dies, dass die Gesellschaft deutlich älter wird, das Erwerbsalter steigen wird, jedoch die Anzahl der Geborenen weiter sinken wird.

Eine Frage, die sich der Autor gestellt hat, war warum die Bevölkerung schrumpft. Eine mögliche Erklärung wäre die niedrige Geburtsrate oder der geringe Zuwachs an Zuwanderern, wie bereits erwähnt.

Einen anderen Aspekt der Überalterung stellt die immer weiter ansteigende Anzahl der Todesfälle durch bekannte Volkskrankungen wie Gebrechlichkeit, Diabetes Typ 2, Adipositas (Fettleibigkeit) oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen dar.

Im Folgenden werden die häufigsten Todesursachen in Deutschland beschrieben, um den Zusammenhang zwischen dem prognostizierten demographischen Wandel und den aktuellen Todesursachen aufzuzeigen.

## 1.2 Die häufigsten Todesursachen in Deutschland



(Abb. 5: Verteilung der häufigsten Todesursachen in Deutschland im Jahr 2016  
Quelle: Statistisches Bundesamt, 2019)

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der häufigsten Todesursachen in Deutschland aus dem Jahr 2016. Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems stellen mit 37,18% den größten Teil dar, gefolgt von Neubildungen (bspl.: Krebserkrankungen).

Krankheiten des Atmungs-, Verdauungs- und Stoffwechselsystem stehen mit knapp 3 bis 7% auch auf der Liste der häufigsten Todesursachen.

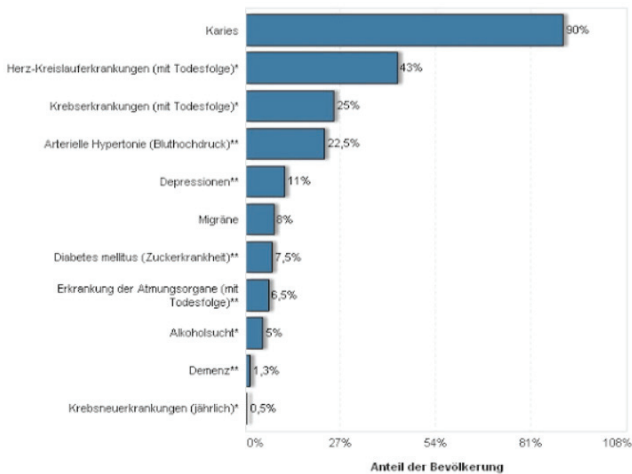
Eine weitere, mit dem Thema verbundene Statistik ist die der größten Volkskrankungen. Abbildung 6 zeigt den Anteil der Menschen in Deutschland, die an Volkskrankheiten leiden.

Karies wird von der allgemeinen Bevölkerung nicht als Volkskrankheit angesehen, jedoch liegt die Zahl der Betroffenen deutlich über der zweithöchsten Volkskrankheit: der Herz-Kreislauf- Erkrankungen.

Es fällt auf, dass die häufigsten Volkskrankungen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, Diabetes mellitus, Erkrankungen der Atmungsorgane eine Gemeinsamkeit aufweisen. Alle aufgezählten Volkskrankungen hängen stark voneinander ab und treten häufig in Kombination oder in Form von Folgekrankheiten zeitlich versetzt auf.

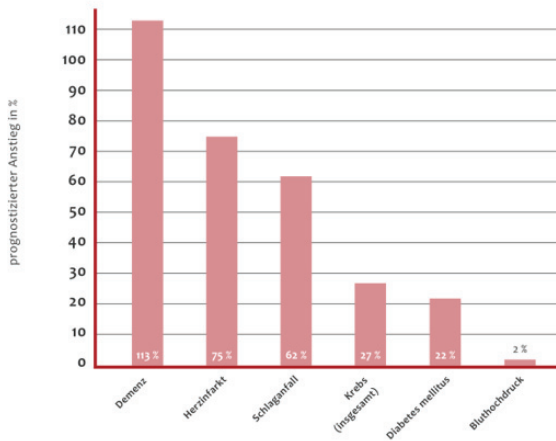
Auch dies könnte eine mögliche Erklärung dafür sein, dass in der Prognose zum Anstieg der Volkskrankheiten die gleichen genannten Erkrankungen wiederzufinden sind.

### Anteil der Menschen in Deutschland, die an folgenden Volkskrankheiten leiden



(Abb. 6: Anteil der Menschen in Deutschland, die an folgenden Volkskrankheiten leiden. 2010  
Quelle: Robert-Koch Institut, 2010)

Prognose zum Anstieg von Zivilisationskrankheiten bis 2050 (gegenüber dem Jahr 2007)



(Abb. 7: Prognose zum Anstieg von Zivilisationskrankheiten bis 2050 (gegenüber dem Jahr 2007)  
Quelle: statista (2015) <http://statista.com/statistik/daten/studie/153966/umfrage/prognose-zum-anstieg-von-zivilisationskrankheiten-bis-2050/>)

Im folgenden Abschnitt möchte der Autor am Beispiel der „Körperlichen Gebrechlichkeit (engl.: *frailty*)“ aufzeigen, wie die Zusammenhänge von mehreren Vorstufen einzelner Erkrankungen und einer gefährlichen Volkskrankheit zu verstehen sind. Obwohl die körperliche Gebrechlichkeit nicht auf der Liste der größten Volkserkrankungen erscheint, belegen die Studienergebnisse zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (2008-2011), geführt durch das Robert-Koch Institut, die Wichtigkeit der Erläuterung der körperlichen Gebrechlichkeit in Betracht auf die bevorstehenden demographischen Veränderungen.

Das Robert Koch Institut führte zwischen den Jahren 2008 und 2011 eine Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland durch. Es wurden insgesamt 1.843 Menschen (924 Frauen, 919 Männer) zwischen 65 bis 79 Jahren hierfür untersucht.

Die Absicht war es zu untersuchen und zu quantifizieren, wie viele der untersuchten Menschen bereits unter körperlicher Gebrechlichkeit leiden oder sich in der Vorstufe (*pre-frailty*) befinden.

Der Unterschied der körperlichen Gebrechlichkeit und seiner Vorstufe liegt an der Anzahl der erfüllten Kriterien. Die einzelnen Kriterien werden in Abbildung 8 aufgezeigt.

Die einzelnen Kriterien für körperliche Gebrechlichkeit sind Erschöpfung, reduzierte Greifkraft, langsame Gehgeschwindigkeit, geringe körperliche Aktivität und ein BMI größer als 23 kg/m<sup>2</sup>.

Sind ein bis zwei Kriterien erfüllt, spricht man von der Vorstufe der körperlichen Gebrechlichkeit, auch unter dem englischen Begriff *pre-frailty* bekannt. Ab der Erfüllung von mindestens drei Kriterien spricht man von Gebrechlichkeit (engl.: *frailty*).

Basierend auf den Erkenntnissen über die Folgen des demographischen Wandels, die zuvor erläutert wurden, gilt es zunächst einen besonderen Blick auf das Alter der Probanden zu werfen. Das Probanden-Klientel lag zwischen den Jahren 65 bis 79. Das entspricht genau der Altersgruppe, welche den größten Zuwachs an Population in den nächsten Jahren erfahren wird.

|  | Frauen<br>(n=924) | Männer<br>(n=919) | Gesamt<br>(n=1.843) |
|--|-------------------|-------------------|---------------------|
|  | %, (95%-KI)       | %, (95%-KI)       | %, (95%-KI)         |
| <b>Gebrechlichkeit/Frailty (Erfüllung von <math>\geq 3</math> Kriterien)</b> | 2,8 (1,8–4,3)     | 2,3 (1,3–4,1)     | 2,6 (1,8–3,6)       |
| <b>Pre-Frailty (Erfüllung von 1–2 Kriterien)</b>                             | 40,4 (36,3–44,7)  | 36,9 (32,7–41,3)  | 38,8 (35,9–41,8)    |
| <b>Einzelkriterien Gebrechlichkeit</b>                                       |                   |                   | (35,9–41,8)         |
| Erschöpfung  | 9,7 (7,5–12,5)    | 5,5 (3,7–8,1)     | 7,8 (6,2–9,6)       |
| Reduzierte Greifkraft  | 10,3 (8,0–13,2)   | 4,7 (3,1–7,0)     | 7,7 (6,2–9,5)       |
| Langsame Gehgeschwindigkeit  | 21,1 (17,7–25,0)  | 24,1 (20,2–28,4)  | 22,5 (19,8–25,5)    |
| Geringe körperliche Aktivität  | 8,9 (6,5–12,0)    | 6,9 (4,9–9,5)     | 8,0 (6,3–10,0)      |
| BMI $<23$ kg/m <sup>2</sup>  | 12,6 (9,7–16,2)   | 10,8 (8,3–13,9)   | 11,8 (9,6–14,3)     |

(Abb. 8: Prävalenz der körperlichen Gebrechlichkeit (*frailty*), der Vorstufe der Gebrechlichkeit (*pre-frailty*) sowie einzelner Kriterien der Gebrechlichkeit bei 65 bis 79-jährigen Erwachsenen nach Geschlecht Quelle: Robert Koch Institut (Hrsg.) (2016) Prävalenz von körperlicher Gebrechlichkeit (*frailty*))

Auf den ersten Blick scheint das Ergebnis positiv zu sein, da nur etwa 2,6 % aller untersuchten Menschen mehr als drei Kriterien erfüllt und somit bereits als „gebrechlich“ eingestuft wurden. Dabei ist der Unterschied zwischen den beiden Geschlechter-Gruppen mit knapp 0,5% relativ gering.

Die Ausprägung der Menschen, die ein bis zwei Kriterien erfüllten und somit sich bereits in der Vorstufe (*pre-frailty*) befanden, ist deutlich höher. Insgesamt befinden sich knapp 39 % aller untersuchten Menschen im *pre-frailty* Stadium. Wenn man bedenkt, dass alle Kriterien auf Grund degenerativer Prozesse des menschlichen Körpers mit zunehmendem Alter sich verschlechtern werden, scheint es vertretbar zu prognostizieren, dass ein erheblicher Anteil der Menschen sich in naher Zukunft im *frailty*-Stadium wiederfinden werden.

Wenn man sich die Kriterien für körperliche Gebrechlichkeit genau betrachtet, wird man feststellen, dass alle Kriterien über präventive Maßnahmen, wie gesunde Ernährung und regelmäßige körperliche Aktivität, positiv angegangen werden können.

Dass sich Sport positiv sowohl auf den menschlichen Körper als auch auf die Psyche auswirkt und zeitgleich die Lebensqualität erhöht und die Aufrechterhaltung der Gesundheit fördert, ist mittlerweile umfassend belegt (vgl. zsf. Stoll, Pfeffer & Alfermann, 2010). Wenn man sich jedoch die hohe Anzahl der bereits erkrankten Menschen anschaut, fragt man sich, wie es zu solch hohen Zahlen gekommen ist, obwohl das Wissen über die positiven Aspekte von Sport bereits vorhanden war.

Zusammenfassend sind folgende Erkenntnisse bereits vorhanden. Wir wissen, dass der Gesellschaft ein demographischer Wandel bevorsteht. Die Gesellschaft wird älter, wobei die Gesamtpopulation geringer werden wird. Auch ist uns bekannt, dass die Altersgruppe zwischen 65 und 79 Jahren die größte Population ausmachen wird und somit die tragenden Kräfte der zukünftigen Gesellschaft sein wird. Jedoch zeigen die zuvor vorgestellten Untersuchungen, dass genau diese Altersgruppe aktuell an größeren Gesundheitsrisiken wie der körperlichen Gebrechlichkeit ausgesetzt sind.

Diese Erkenntnisse führen letztendlich dazu, dass der Autor die Meinung vertritt, der Prävention einen deutlich höheren Stellenwert zuzusprechen.

Eine mögliche Lösung zu dem bevorstehenden Problem sieht der Autor in der Früherkennung von Gesundheitsrisiken. Der Autor ist der Meinung, dass Körperzusammensetzungsanalysen einfache, schnelle und kostengünstige Methoden darstellen, um frühzeitig Gesundheitsrisiken zu erkennen und bereits im jungen Alter präventiv dagegen anzukämpfen.



## 2 Einleitung

Der menschliche Körper ist das Ergebnis des Zusammenwirkens einer Vielzahl biologischer und sozialer Faktoren. Ein ausgeglichenes Verhältnis von Struktur und Funktion des menschlichen Körpers ergibt sich aus einer ausgeglichenen Stoffwechselfbilanz innerhalb eines bestimmten Zeitraums und spiegelt sich in der Zusammensetzung des Körpers (Muskel- und Fettgewebe, Körperwasser und Skelettmasse) sowie in stoffwechselphysiologischen und biochemischen Parametern wider (vgl. Grundy 2000, Bray 2003; Marks 2003).

Zur Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Stoffwechselfbilanz auch während der Zeit des Nahrungsmangels entwickelte der menschliche Organismus die Fähigkeit, die im Überschuss aufgenommene Energie in Form von Depotfett zu speichern.

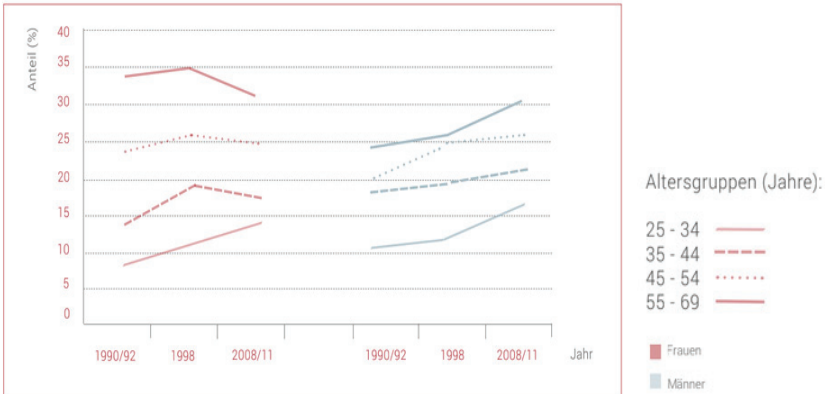
Diese Fähigkeit ist dem Menschen bis zum heutigen Zeitpunkt erhalten geblieben, obwohl sich die Lebensbedingungen in der modernen Zeit erheblich verändert haben. Zum einen ist das Angebot an Lebens- und Genussmitteln sehr umfangreich geworden, zum anderen ist eine verminderte körperliche Aktivität sowohl im Beruf als auch in der Freizeit zu erkennen. Dieser neue Lebensstandard hat allerdings keine Adaption des Stoffwechsels an den gesunkenen Bedarf bewirken können.

Als Folge ergeben sich eine zu hohe Nahrungsergieaufnahme und ein zu geringer Energieverbrauch in den Ländern der Überflussesgesellschaft. In der Pathologie spricht man über eine über das Maß hinausgehende Ansammlung von Fettgewebe, auch bekannt als Adipositas. Adipositas gilt in unserer heutigen Gesellschaft als einer der Hauptrisikofaktoren für Stoffwechselerkrankungen wie Hypertonie, Diabetes mellitus Typ II, Fettstoffwechselstörungen und nachfolgend für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und ihre hohe Mortalität (vgl. Kahn, Prigeon et al. 2001; Isomaa 2003).

Abbildung 9 zeigt die Prävalenz der Adipositas zwischen den Jahren 1990/1992 bis 2008/2011. Bei den Frauen sieht man, dass der Trend über die letzten Jahre zeigt, dass nur bei Frauen ab 55 Jahren die Anzahl der Betroffenen stetig gestiegen ist. Bei jüngeren Frauen erkennen wir eine Abnahme.

Bei den Männern hingegen, stieg die Anzahl der an Adipositas Betroffenen in allen Altersgruppen. Es ist der Untersuchung zu entnehmen, dass Männer eher dazu tendieren, adipös zu werden als Frauen.

Im Rahmen der Prävention, Diagnose und Therapie der Adipositas ist die Erfassung der Körperzusammensetzung unerlässlich und stellt einen festen Bestandteil der Adipositas-Forschung dar. Darüber hinaus ermöglichen Aussagen zur Körperzusammensetzung die Diagnose verschiedener pathologischer Zustände. Als Beispiel dient die Veränderung des Verhältnisses von extrazellulärem Wasser zu intrazellulärem Wasser als Indikator für Ödeme in gewissen Segmenten des Körpers.



(Abb. 9: Entwicklung der Verbreitung von Adipositas bei 25 bis 69-jährigen (1990/1992 bis 2008/2011)  
Quelle: Eckdaten der deutschen Fitness-Wirtschaft, DSSV 2018)

Nach Wang et al. 1992 besteht das Gesamtkörperwasser eines Menschen aus intra- und extrazellulärem Wasser. Das Verhältnis zwischen den beiden Wasseranteilen bei einem gesunden Menschen liegt bei 62% intrazellulärem und 38% extrazellulärem Wasser. Überschreitet der extrazelluläre Wasseranteil den des intrazellulären Wasseranteils, spricht man von extrazellulären Wassereinlagerungen (Ödeme).

Umgekehrt kann bei kritischen Erkrankungen die Zusammensetzung von Gewebeverlusten in Erfahrung gebracht werden. Das Wissen um zugenommene bzw. verlorene Körpersubstanz kann in diesem Sinne maßgeblich zur erfolgreichen Therapie unterschiedlicher Erkrankungen beitragen. Eine Rückbildung der Muskelmassenanteile und gleichzeitiger Entwicklung von Körperfettanteilen kann auf ein Risiko für beispielsweise Adipositas hinweisen.

Eine direkte Bestimmung der Körperzusammensetzung kann nur mittels chemischer Analyse oder Neutronenaktivierungsanalyse erfolgen. Beide genannten Verfahren zur Ermittlung der Körperzusammensetzung stellen zwar sehr genaue Methoden dar, jedoch sind sie von ihrer Handhabung her sehr aufwendig und kostenintensiv. Darüber hinaus ist die chemische Analyse nur an der menschlichen Leiche praktikabel (vgl. Siri 1956; Anderson et al. 1964).

Im Laufe der Zeit wurden zur genauen Ermittlung der Körperzusammensetzung indirekte Messverfahren entwickelt, welche in Labor- und Feldmethoden eingeteilt werden. Dabei imponieren die Labormethoden durch hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, jedoch sind diese zumeist sehr aufwendig, teuer und für bestimmte Personengruppen wie z.B. Kinder, ältere Erwachsene und extrem Adipöse nicht anwendbar (vgl. Heyward, Cook et al. 1992; Kamimura, Avesani et al. 2003).

Feldmethoden sind im Gegensatz dazu leicht anwendbar, transportabel und preiswert, weisen jedoch eine weniger gute Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf (vgl. Jebb und Elia 1993; Fuller, Fowler et al. 1994; Fogelholm und van Marken Lichtenbelt 1997; Gallagher und Song 2003).

## 2.1 Theoretische Grundlagen

Betrachtet man die atomare bzw. molekulare Ebene der Zusammensetzung des menschlichen Körpers, so erkennt man, dass dieser aus 50 – der natürlich vorkommenden 92 – chemischen Elemente zusammengesetzt ist. Vier dieser Elemente Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff machen allein 96% der gesamten Masse des menschlichen Körpers aus, wobei mehr als die Hälfte davon auf den Sauerstoff entfällt. Zusammen mit Wasserstoff als Wasser tragen diese Atome bzw. Moleküle mit über 70% zur Körpermasse bei. Die restlichen vier Prozent setzen sich aus essentiellen Mengen- und Spurenelementen zusammen (vgl. Biesalski 1999).

Das theoretische Wissen um die atomare bzw. molekulare Zusammensetzung des Körpers allein kann jedoch nur wenig zur Aufdeckung und Aufklärung von Zusammenhängen zwischen Volkskrankheiten wie Adipositas und weiteren Erkrankungen und darüber hinaus zur Prävention, Diagnose und Therapie der Volkserkrankungen beitragen. Demnach dient die Einteilung des menschlichen Körpers in mehrere Kompartimente zur effektiven Erkenntnis von Zusammenhängen. Es ist hierbei zu erwähnen, dass je nach Literatur unterschiedliche Ansätze zur Unterteilung des menschlichen Körpers existieren.



(Abb. 10: Kompartimentmodelle nach Elmadfa/Leitzmann 2004)

Nach Elmadfa und Leitzmann 2004 gibt es vier Möglichkeiten, den menschlichen Körper in seiner Struktur aufzuteilen. Dabei hilft das Modell der Körperkompartimente. Diese Körperkompartimente stehen für die verschiedenen Gewebe und Flüssigkeiten im menschlichen Körper. Das *Einkompartiment-Modell* betrachtet den Körper als Ganzes und befasst sich daher nur mit dem Gesamtkörpergewicht. Meist ist dies mit Hilfe einer herkömmlichen Gewichtswaage zu ermitteln.

Das *Zweikompartiment-Modell* unterteilt die Körpermasse in Gesamtkörperfettmasse und fettfreie Masse. Das Modell leitet sich historisch aus der Unterwasserwägung, auch bekannt als Hydrodensitometrie, ab. Erste Untersuchungen bezüglich dieses Modells wurden von Behnke et al. durchgeführt (vgl. Behnke, Feen et al. 1995). Die Arbeitsgruppe nutzte die auf Grund von Kadaveranalysen ermittelten Dichteunterschiede zwischen Fett und fettfreier Masse. Fett - definiert als wasser- und kaliumfreie Triglyceride - weist eine Dichte von  $0,9 \text{ g/cm}^3$  auf, wobei die fettfreie Masse – bestehend aus Wasser, Proteinen und Mineralstoffen – eine Dichte von  $1,1 \text{ g/cm}^3$  aufweist (vgl. Heymsfield und Wang 1993; Snead, Birge et al. 1993). Die Hydrodensitometrie, Kalipermetrie und die Infrarot-Reflexionsmessung basieren auf dem *Zweikompartiment-Modell*.

Das *Dreikompartiment-Modell* unterteilt die fettfreie Masse wiederum in extrazelluläre Masse und Körperzellmasse. Dabei wird die Körperzellmasse als die Summe aller sauerstoffverbrauchenden, kaliumreichen, glucoseoxidierenden und arbeitenden Zellen definiert (vgl. Ellis, Shukla et al. 1974).