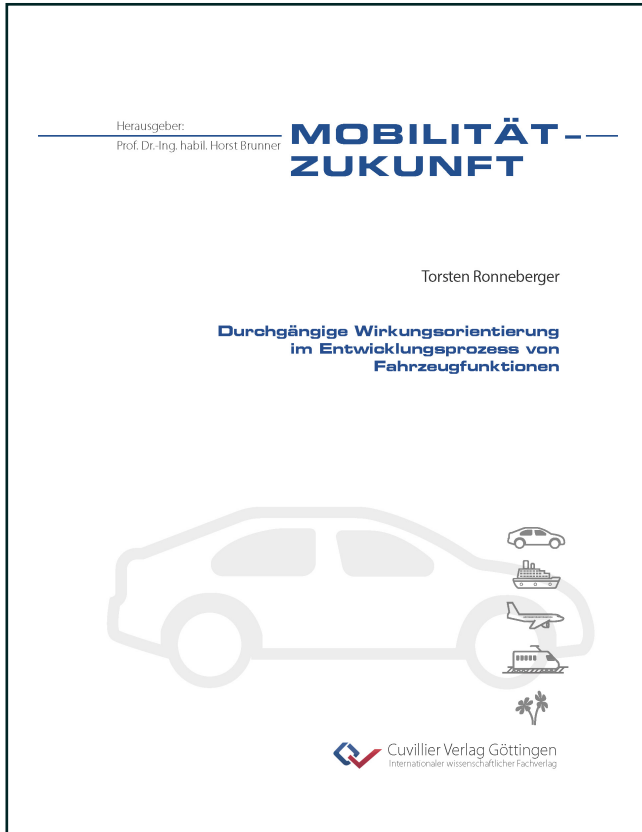




Torsten Ronneberger (Autor)
**Durchgängige Wirkungsorientierung im
Entwicklungsprozess von Fahrzeugfunktionen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8813>

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1. Einleitung

Die aktuellen Entwicklungen von technischen Produkten sind im Wesentlichen durch die Integration und Erweiterung mit der Informations- und Kommunikationstechnik (kurz: IT) gekennzeichnet (vgl.: Vermesan und Friess 2013, S.8 ff.). Darüber erhalten die Produkte die Fähigkeit des Informationsaustauschs mit anderen Systemen und die Logik der Informationsverarbeitung, was zu einer steigenden Produktfunktionalität führt. Der Mensch kann das Produkt vielfältiger einsetzen. D.h., das Produkt interagiert mit dem Menschen um dessen Zustand so zu verändern, dass er ihn als nützlich für das entsprechende Nutzungsszenario bewertet. Diese Art der Produktentwicklung findet auch bei Fahrzeugen statt, indem diese durch die Integration der IT immer mehr Fahrzeugfunktionen enthalten, die mit dem Fahrer und der Umgebung interagieren (vgl.: Definition 2-9). Die darüber geschaffene künstliche Intelligenz der Fahrzeuge, die aus Sensorik, Aktuatorik und Steuerungslogik besteht, muss immer einen Zweck¹ erfüllen, z.B.: die Erhöhung der Fahrsicherheit (siehe Abbildung 1).

Das erreicht eine Fahrzeugfunktion dadurch, indem sie andere Systeme (die sogenannte ‚Strecke‘) so über ‚Aktuatoren‘ beeinflusst, dass die vom Menschen vorgegebenen Sollwerte eingehalten werden. Die Sensoren geben dann den Zustand einer Strecke an die ‚Umgebung‘ weiter bzw. an den Menschen – speziell den ‚Fahrer‘ – zurück. Die Zustandsänderung, die durch die Fahrzeugfunktionsteuerung bzw. -regelung entsteht, kann vom Menschen wahrgenommen werden, wodurch bei ihm eine Wirkung entstehen kann.

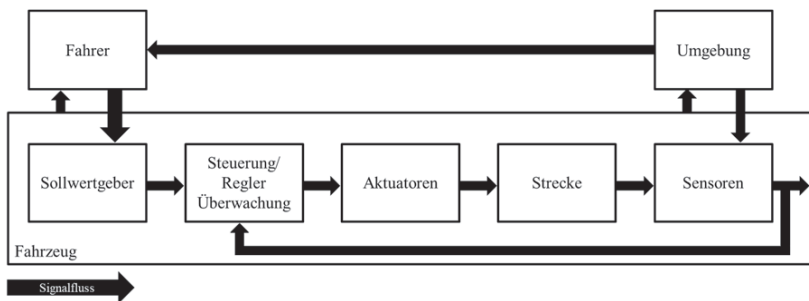


Abbildung 1: Funktionsprinzip einer mechatronischen Fahrzeugfunktion (Bildquelle: Schäuffele und Zurawka 2016, S.5)

¹ Cyffka definiert den Zweck als: „...das Ziel, das jemand mit einer Sache verbindet oder der Nutzen, den sie für ihn haben soll.“ (vgl.: Cyffka 2006, S.1668).



Im Allgemeinen bedeutet das, dass Systeme bei der Systeminteraktion sich gegenseitig beeinflussen und sich dabei ihre Systemzustände ändern können. Wird eine Zustandsänderung bei einem beeinflussten System vom Menschen wahrgenommen und bewertet er diese Zustandsänderung hinsichtlich des Systemzwecks, entsteht beim Menschen eine Wirkung.

Definition 1-1 „Wirkung“ allgemein (angelehnt an: Böttcher et al. 2017, S.71):

Wirkung ist eine vom Menschen (direkt oder über eine Messung indirekt) wahrgenommene und bezüglich seiner Ziele bewertete Zustandsänderung eines Systems.

Fahrzeugfunktionen beeinflussen eine Vielzahl von unterschiedlichen künstlichen und natürlichen Systemen. Insbesondere beeinflussen sie den Menschen, der hier auch als natürliches System verstanden wird (vgl.: Anhang B). Im Kontext einer Fahrzeugnutzung und des Interaktionsbereichs von Fahrzeugfunktionen nimmt der Mensch dabei verschiedene Rollen (z.B.: Fahrer, Fahrzeuginsasse, Fußgänger oder Mitarbeiter der Verkehrssteuerung) ein, in denen Fahrzeugfunktionen bei ihm eine positive Wirkung erzeugen sollen. Auch interagieren viele Fahrzeugfunktionen nur indirekt mit dem Menschen, da sie selbstständig andere technische Systeme im und um ein Fahrzeug herum beeinflussen (vgl.: Müller 2015, S.37 und siehe Abbildung 2). Diese Art der Fahrzeugfunktionswirkung (vgl.: Definition 1-2) ist dementsprechend auch nicht direkt vom Menschen wahrnehmbar, sondern wird für ihn über Messungen und entsprechende Anzeigen ersichtlich.

Dadurch, dass die Fahrzeugfunktionen mit verschiedenen Systemen interagieren und sich dadurch vernetzen, gewinnt die Systementwicklung (engl.: Systems Engineering) in der Fahrzeugfunktionsentwicklung zunehmend an Bedeutung. Der Systemgedanke muss sich somit auch im Entwicklungsprozess von Fahrzeugen und den Fahrzeugfunktionen wiederfinden.

Die Fahrzeugfunktionswirkung ist dabei ein verbindendes Element zwischen einem zu beeinflussenden System (letztendlich dem Menschen) und einer zu entwickelnden Fahrzeugfunktion als beeinflussendes bzw. wirkendes System. Sie kann somit der zentrale Ausgangspunkt am Anfang und das entscheidende Abnahmekriterium am Ende einer Fahrzeugfunktionsentwicklung sein. Die Dissertationsschrift zeigt die Möglichkeiten und Vorteile dieses Ansatzes auf. Sie fokussiert daher auf den Entwicklungsprozess einer Fahrzeugfunktion in der frühen (Analyse bzw. Anforderungsentwicklung) und späten (Abnahme bzw. Versuchsdurchführung) Phase (siehe Abbildung 5).



1.1 Motivation

Der Funktionsumfang und die Funktionsqualität sind wettbewerbsdifferenzierende Merkmale eines Fahrzeugproduktes, die immer stärker an Bedeutung gewinnen (vgl.: Reif 2014, S.55). Je mehr Funktionalität ein Fahrzeug besitzt, desto höher ist dessen Nutzen (im Sinne von Mehrwert oder Vorteil) für den Kunden. Diese Aussage ist jedoch nur dann wahr, wenn die einzelnen Fahrzeugfunktionen vom Kunden auch als nützlich bewertet werden. Zu dieser Bewertung kommt er dann, wenn eine Fahrzeugfunktion ihn so beeinflusst, dass er in einen wahrnehmbaren Zustand versetzt wird, von dem er einen Nutzen hat (vgl.: Pfeifer und Schmitt 2014, S.788 ff.). Im Kontext der Fahrzeugnutzung strebt der Mensch (im Speziellen der Nutzer eines Fahrzeugs) nach drei wesentlichen Zustandsänderungen, die für ihn nützlich sind bzw. einen Zweck haben: die Erhöhung der Fahrsicherheit, die Verbesserung der Fahreffizienz oder die Steigerung des Fahrkomforts.

Fahrzeugfunktionen sind dabei das Mittel zum Zweck, mindestens eine der drei Zustandsänderungen bei den Nutzern eines Fahrzeugs (individuell) oder bei anderen Beteiligten (kollektiv) im Kontext der Fahrzeugnutzung zu erreichen. Zum Beispiel soll eine Sicherheitsfunktion den Fahrer in einer Gefahrensituation rechtzeitig warnen und ihn in den Zustand der Aufmerksamkeit bringen, um eine drohende Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern zu vermeiden. Genauso soll eine Komfortfunktion den Nutzer die Bedienung seines Fahrzeuges erleichtern. Diese direkten Beeinflussungen des Nutzers durch eine Fahrzeugfunktion und die damit verbundene Wahrnehmung einer Zustandsänderung bei ihm ist eine Form der Wirkung von Fahrzeugfunktionen (siehe Abbildung 2).

Darüber hinaus kann eine Fahrzeugfunktion auch den Menschen indirekt beeinflussen, indem sie den Zustand von anderen Systemen verändert. Durch die Zustandsänderung dieses einen oder weiterer Systeme in der Systemvernetzung, nimmt der Fahrer letztendlich die Fahrzeugfunktionswirkung indirekt (über eine sogenannte Wirkkette) wahr. So kann bspw. eine Effizienzfunktion die Motorsteuerung so beeinflussen, dass der Kraftstoffverbrauchs sinkt, ohne dass der Fahrer sein Fahrverhalten ändert und er unmittelbar eine geringere Leistungsfähigkeit seines Fahrzeuges wahrnimmt (vgl.: Siebenpfeiffer 2015, S.156). Erst durch den Blick auf die Verbrauchsanzeige am Ende der Fahrt, erkennt der Fahrer den geringeren Kraftstoffverbrauch. Er nimmt darüber die Wirkung der Fahrzeugfunktion wahr.

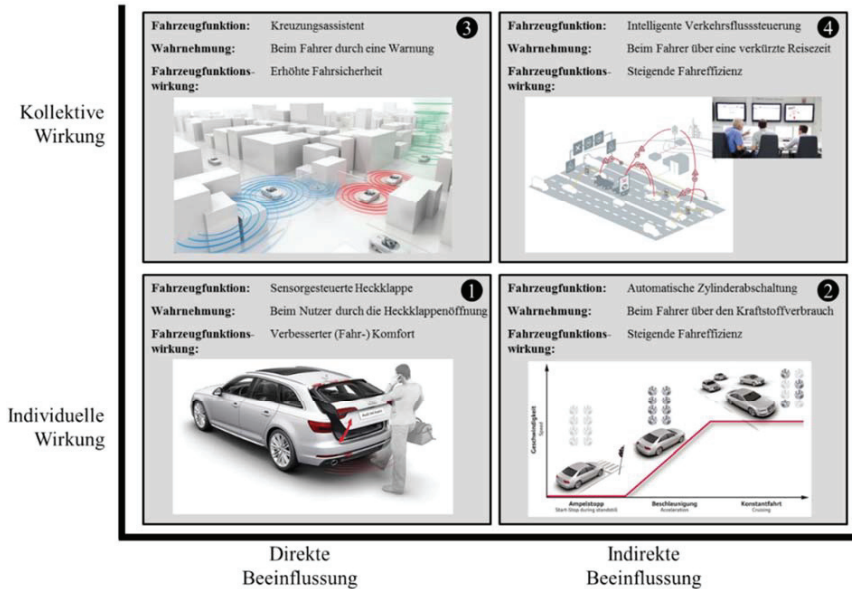


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Beeinflussung und Wirkung unterschiedlicher Fahrzeugfunktionen (Bildquelle: eigene Darstellung, auf Basis von Grafiken von AUDI AG)

Auch beeinflussen Fahrzeugfunktionen nicht nur direkt oder indirekt den Fahrer, sie beeinflussen ebenso andere Systeme des Nutzungskontextes. So kann bspw. die Fahreffizienz, die aufgrund des Einsatzes einer Fahrzeugfunktion – die eine Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur ermöglicht – entsteht, von Verkehrsinfrastrukturbetreibern durch die Veränderung des Verkehrsflusses an einer Ampelkreuzung gemessen werden (vgl.: Menig 2012, bspw. S.8 ff.). Durch die Messung der Veränderung wird eine Aussage über die Wirkung der Fahrzeugfunktion für die Ampelkreuzung oder den Streckenabschnitt getroffen.

Eine Fahrzeugfunktion ist in den hier vorgestellten Beispielen immer die Ursache der wahrgenommenen oder gemessenen Wirkung, indem sie durch Interaktion mit anderen Systemen (wie z.B.: einen oder mehrere Menschen bzw. einem Verkehrsinfrastruktursystem) diese beeinflusst und der Mensch die Beeinflussung direkt oder indirekt wahrnimmt. Auf Basis dessen und aufbauend auf der Definition 1-1, die die Wirkung im Allgemeinen beschreibt, kann die Wirkung einer Fahrzeugfunktion konkreter definiert werden.



Die Fahrzeugfunktionswirkung ist somit eine, vom Menschen (wie z.B.: bei Fahrern, Insassen, Verkehrsteilnehmern, öffentlichen oder kommerziellen Instanzen, etc.) wahrgenommene Zustandsänderung hinsichtlich der Verbesserung der Fahrsicherheit, der Fahreffizienz oder des Fahrkomforts. Sie wird hervorgerufen durch die direkte oder indirekte Beeinflussung des Menschen durch eine Fahrzeugfunktion.

Definition 1-2 „Fahrzeugfunktionswirkung“:

Eine Fahrzeugfunktionswirkung ist die vom Menschen wahrgenommene Veränderung der Fahrsicherheit, der Fahreffizienz oder des Fahrkomforts, die durch die direkte oder indirekte Beeinflussung einer Fahrzeugfunktion entsteht.

Die indirekte Beeinflussung erfolgt über technische Systeme, die im Fahrzeug integriert sind oder mit dem Fahrzeug interagieren (wie z.B.: Kraftstoffanzeige im Fahrzeug oder Instrumente zur Messung des Verkehrsflusses an einer Ampelkreuzung). Diese Systeme bilden die Schnittstelle zum Menschen, der die davon ausgesendeten Signale wahrnimmt, bewertet und abhängig von seiner Bewertung dann handelt. Ob eine Wirkung im Allgemeinen bei einem beeinflussten System entsteht, ist neben dessen aktuellen Zustand, vor allem von der Intensität und Dauer der Beeinflussung abhängig (vgl. Abschnitt: 3.2).

Definition 1-3 „Beeinflussung“ (äquivalent zum physikalischen Begriff der Wirkung)²:

Beeinflussung ist die Übertragung von Energie mit einer bestimmten Intensität und Dauer von einem (wirkenden) System auf ein (beeinflusstes) System bei der Systeminteraktion.

Die Beeinflussung mittels Signale (Signalfluss), die von außen auf ein Fahrzeugsystem wirken, werden fahrzeugintern durch Funktionen verarbeitet. Die Verarbeitung entspricht einer Steuerung bzw. Regelung, was als Fahrzeugfunktion bezeichnet wird (siehe Abbildung 1 und vgl.: Definition 2-9).

² Der Beeinflussung liegt der technische Prozess nach DIN 66201 zugrunde. Dieser definiert ein technisches System und sein Verhalten über die Ausgangsgrößen, welche von den Eingangsgrößen – bestehend entweder aus Materie, Energie oder Informationen – beeinflusst werden (vgl.: Kahlert 2013, S.9 f.). Da Informationen durch Energieübertragung erfolgt und Materie – in der Energie-Masse-Relation von Einstein mit $E = mc^2$ – ebenfalls ein Äquivalent von Energie ist, kann in der hier getroffenen Definition 1-2 zur Beeinflussung auf die Dauer und Intensität von Energie reduziert werden (vgl.: Bode 2013, S.96).



Abhängig von der Beeinflussung steuert oder regelt eine Fahrzeugfunktion über Aktuatoren dann eine Strecke (ein Subsystem im Fahrzeug z.B.: ein Bremskolben oder den Motor zur Sitzverstellung), die dadurch ihren Zustand ändern kann. Wird diese – durch eine Fahrzeugfunktion – ausgelöste Zustandsänderung vom Menschen als Veränderung der Fahrsicherheit, Fahreffizienz oder des Fahrkomforts wahrgenommen, dann hat das Fahrzeugsystem eine Fahrzeugfunktionswirkung erzeugt. Der in Abbildung 1 dargestellte Signalfuss ist dann die Ursache für die Zustandsänderung eines Fahrzeug-Subsystems. Diese Zustandsänderung kann dann wiederum einen Signalfuss erzeugen, der sich bis in die Fahrzeugumgebung und letztendlich sich bis zum Menschen fortsetzen kann (,Prinzip der Kausalkette‘ vgl.: Institute of Electrical and Electronics Engineers et al. 2013, S.49).

Das Beispiel eines vorausfahrenden Fahrzeugs, das plötzlich bremst, verdeutlicht den Zusammenhang. Eine Fahrzeugfunktion, die den Fahrer bei der Längsführung des eigenen Fahrzeugs (kurz: Ego-Fahrzeug) entlasten soll, kann das Bremsen des vorausfahrenden Fahrzeugs (kurz: Fremd-Fahrzeug) über Sensoren erfassen. Das erfasste Signal wird mit dem – vom Fahrer eingestellten – Mindestabstand als Sollwert abgeglichen und nimmt dann über Aktuatoren eine automatische Regelung der Motorsteuerung (Strecke) vor, so dass das Ego-Fahrzeug verzögert (vgl.: Winner 2015, S.851 ff.). Diese Verzögerung kann wiederum die Ursache für eine Zustandsänderung eines weiteren Umgebungssystems (z.B.: des Fahrers, indem er überrascht ist) sein. Die Beeinflussung entsteht somit durch die Interaktion der Systeme in einem Systemkontext.

Definition 1-4 „Systemkontext“ (oder auch Nutzungskontext):

Der Systemkontext ist der Bereich, in dem ein zu untersuchendes System direkt mit umgebenden Systemen in Relation steht und darin interagiert. Zum Nutzungskontext wird der Systemkontext dann, wenn der Mensch darin ein interagierendes Umgebungssystem ist und er das zu analysierende oder zu entwickelnde System zur Erfüllung eines Zweckes nutzt.

Der Systemkontext selbst kann auch wieder ein System sein. Die Definition des Systemkontextes ist abhängig davon, an welcher Stelle der Systemanalytiker die Grenze zum entwickelnden System und der direkt bzw. indirekt beeinflussten Systeme legt (vgl.: Abschnitt 2.1.1). Darüber hinaus ist die Festlegung des Systemkontextes entscheidend für die Erfassung der Systeme, die mit der zu entwickelnden Fahrzeugfunktion interagieren (bspw. Ego- und Fremd-Fahrzeug) bzw. durch diese beeinflusst werden.

Ein wesentliches Interaktionssystem im Kontext der Fahrzeugnutzung ist der Fahrer. Dieser wird durch ein Großteil der Fahrzeugfunktionen bei der Fahraufgabe unterstützt, mit den oben genannten drei hauptsächlichen Fahrzeugfunktionswirkungen. Diese Fahrzeugfunktionen werden als Fahrerassistenzsysteme bezeichnet (siehe Abbildung 3). Neben den Fahrerassistenzsystemen existiert noch eine Vielzahl weiterer Fahrzeugfunktionen, die u.a. andere Systeme außer dem Fahrer beeinflussen und somit nur eine indirekte Fahrzeugfunktionswirkung auf ihn haben. Beispiele dafür sind Fahrzeugfunktionen, die über Funkmodule mit anderen Fahrzeugen kommunizieren. Über diese können Fahrzeuge relevante Informationen über Verkehrsfluss, Verkehrshindernisse, Fahrbahnzustände, etc. gegenseitig austauschen. Diese Informationen werden innerhalb der Steuerung bzw. Regelung einer Fahrzeugfunktion verarbeitet, mit der beabsichtigten Fahrzeugfunktionswirkung, z.B.: dem Fahrer rechtzeitig situationsgerechte Handlungsempfehlungen zu geben oder selbständig das Fahrzeug zu steuern (vgl.: Popescu-Zeletin et al. 2010).

Neben der fahrzeugübergreifenden Vernetzung, werden auch bestehende Subsysteme innerhalb des Fahrzeugs miteinander zu neuen Fahrzeugfunktionen vernetzt (vgl.: Reif 2010, S.55). Das Ziel dabei ist es, durch die Vernetzung den Zugriff auf fahrzeuginterne Systeme und deren Systemeigenschaften zu bekommen. Diese können dann in einen logischen Zusammenhang gebracht werden, um entweder eine verbesserte oder eine neue Funktionalität im Gesamtsystem eines Fahrzeugs zu erzeugen. So wird z.B.: die Funktionalität der Geschwindigkeitsregelanlage mit dem automatischen Lenksystem vernetzt, um ein automatisches Einparksystem zu ermöglichen (vgl.: Heißing et al. 2013, S.645 ff.).



Abbildung 3: Beispiele von Fahrerassistenzsystemen in einem Fahrzeug (Bildquelle: AUDI AG)

1.2 Herausforderungen und Zielsetzung

Viele Fahrzeugfunktionen, die bereits in der Praxis eingesetzt werden, verfolgen den Zweck, eine der drei hauptsächlich angestrebten Fahrzeugfunktionswirkungen (Erhöhung der Fahrsicherheit, Steigerung der Fahreffizienz oder Verbesserung des Fahrkomforts) zu erzeugen. Dabei wurde jedoch oft nicht evaluiert, ob durch den Einsatz der Fahrzeugfunktionen die zu erzielende Fahrzeugfunktionswirkung tatsächlich im Systemkontext eintritt. Der Grund dafür liegt u.a. in der Tatsache, dass die zu erreichende Wirkung einer Fahrzeugfunktion als ein Entwicklungsziel (kurz: Wirk-Ziel) und die Evaluation der Fahrzeugfunktionswirkung als Entwicklungsphase nicht im klassischen Entwicklungsprozess vorgesehen sind (vgl.: Käßler 2015, S.8). Somit sind viele Fahrzeugfunktionen zwar funktionell richtig umgesetzt worden, d.h. sie haben ihre Anforderungen vollständig und korrekt erfüllt, sie konnten aber ihren eigentlichen Zweck nicht erreichen, nämlich nachweislich eine der drei hauptsächlich angestrebten Fahrzeugfunktionswirkungen zu erzeugen (vgl.: Gründl, S.48 ff.).

Deutlich wird das auch am Beispiel der Fahrzeugfunktion ‚Müdigkeitserkennung‘ (auch als ‚Pausenempfehlung‘ bezeichnet). Diese soll die Fahrzeugfunktionswirkung haben, dass die Fahrsicherheit verbessert wird, indem die Fahrzeugfunktion den Fahrer und sein Fahrverhalten überwacht. Bei detektierter Müdigkeit wird dem Fahrer mit Hilfe einer visuellen und akustischen Warnung eine Fahrtunterbrechung empfohlen (siehe Abbildung 4). Laut der Studie von Karrer-Gauß (vgl.: Karrer-Gauß und Rötting 2012, S.92 ff.) haben in den aktuellen Umsetzungen der Fahrzeugfunktion weder das visuelle noch das akustische Warnsignal dazu geführt, dass die Probanden frühzeitiger die Fahrt unterbrechen, als ohne die Fahrzeugfunktion.



Abbildung 4: Beispiel einer visuellen Müdigkeitserkennung im Kombiinstrument eines Fahrzeugs (Bildquelle: AUDI AG)



Ein praktischer Grund dafür ist, dass die visuelle Warnung nur aktiv (durch das Abwenden des Blickes von der Straße auf das Kombiinstrument) vom Fahrer wahrgenommen werden kann. Die Wahrnehmung des visuellen Signals als Beeinflussung des Fahrers seinen Zustand zu ändern, ist somit nicht unmittelbar gegeben. Die Studie brachte auch hervor, dass das akustische Warnsignal sogar die Fahrer zum Weiterfahren bzw. zum „Durchhalten“ motiviert. Ein weiteres Ergebnis der Studie ergab, dass eine andere Auslegung der Interaktion zwischen der Fahrzeugfunktion und dem Fahrer eine höhere Fahrzeugfunktionswirkung erzielen könnte. Die Ursachen für die mangelhafte Umsetzung lassen sich auf das Vorgehen bzw. den Prozess zur Entwicklung der Fahrzeugfunktion zurückführen.

Eine Fahrzeugfunktion, als ein im Fahrzeug eingebettetes System, wird in der Regel nach dem Vorgehensmodell (kurz: V-Modell) entwickelt (vgl.: Abschnitt 2.2). Dieses beginnt mit der Erhebung und Spezifikation der Anforderungen. Die Definition der Entwicklungsziele ist im V-Modell nicht als separate Entwicklungsphase vorgesehen. In den meisten Fällen werden die Ziele in der Projektinitiierung (also außerhalb des V-Modells) und nicht in der Projektdurchführung definiert (vgl.: Reif 2014, S.66 ff.). Demzufolge fehlt auch der methodische Schritt der Zielüberprüfung, im rechten Ast des V-Modells.

Zusätzlich werden die Ziele oft so formuliert, dass sie sich auf das zu entwickelnde System beziehen, nämlich auf die Funktionalität der Fahrzeugfunktion. So hat z.B.: die Fahrzeugfunktion der Müdigkeitserkennung das Ziel: „Warnung des Fahrers vor Übermüdung.“. Dieses Ziel spezifiziert die Ausgangsgrößen (engl.: Output) der Fahrzeugfunktion und nicht die Fahrzeugfunktionswirkung, die die Fahrzeugfunktion beim zu beeinflussenden Umgebungssystem (im Beispiel den Fahrer) erzielen soll (vgl.: Weller und V 2008, S.213). Ein derartiges Ziel, das sich auf den Output der Fahrzeugfunktion bezieht, wird hinsichtlich seiner korrekten Umsetzung im Systemtest des V-Modells überprüft.

Durch die zu frühe Fokussierung auf die Fahrzeugfunktion und die fehlende Spezifikation der Fahrzeugfunktionswirkung über das zu entwickelnde System hinaus, kommt es dazu, dass Fahrzeugfunktionen entwickelt werden, die zwar korrekt funktionieren (nämlich die Eingangsgrößen richtig auf Ausgangsgrößen abbilden), aber trotzdem keinen Nutzen für den Menschen haben. Denn eine Fahrzeugfunktion ist letztendlich Mittel zum Zweck, um andere Systeme so zu beeinflussen, dass sich deren Zustand verbessert (vgl.: Braun 2004, S.206 f. und Definition 1-2).



D.h., das Funktionsergebnis bzw. der Output einer Fahrzeugfunktion muss die Ursache dafür sein, dass eine positive Fahrzeugfunktionswirkung beim Menschen entsteht (vgl.: Ropohl 2009, S.151 ff.). Demzufolge muss die Fahrzeugfunktionswirkung auch das oberste Ziel einer Fahrzeugfunktionsentwicklung sein.

Um dieses Wirk-Ziel zu definieren, ist die Festlegung und Analyse des Systemkontextes notwendig, in dem die entwickelte Fahrzeugfunktion interagieren soll (vgl.: Rupp und SOPHISTen 2014, S.75). Mit dem Wissen über die relevanten zu beeinflussenden Systeme (wie z.B.: Fahrer, Fahrzeug, Ampeln, Verkehrsteilnehmer, etc.) lassen sich die Wirk-Ziele für die Fahrzeugfunktion entwickeln. Diese spezifizierten Wirk-Ziele (z.B.: „Der Fahrer wird bei identifizierter Müdigkeit so von der Fahrzeugfunktion gewarnt, dass er die Weiterfahrt unterbricht.“) sind dann die Basis, um in der anschließenden Spezifikationsphase die Anforderungen abzuleiten. Außerdem sind sie das Kriterium, gegen das in einer Abnahmephase die Fahrzeugfunktion validiert mit der sie evaluiert werden kann.

Die Empirie – als elementarer Bestandteil einer Evaluation – kann in dieser Prozessphase dabei helfen, eine methodisch gesicherte Aussage über die Wirkung einer entwickelten Fahrzeugfunktion zu erhalten, ohne das der Entwickler alle möglichen Nutzungsszenarien überprüfen muss (vgl.: Allmann 2008, S.69 ff.).

Diese explizite Definitions- und Abnahmephase, die dem Systems Engineering-Ansatz entspricht und sich auf die zunehmende Vernetzung der Systeme stützt, ist im klassischen V-Modell nicht enthalten (siehe Abbildung 5, angelehnt an Schäuffele und Zurawka 2016, S.156). Darüber hinaus ist ein derartiger Entwicklungsansatz und der dementsprechend umfassendere Prozess zur Entwicklung von Fahrzeugfunktionen bisher weder in der Theorie definiert, noch wird er in der Praxis angewendet. Ich werde in dieser Dissertation die Erweiterung des Entwicklungsprozesses begründen und die Phasen, mit ihren Übergang zu den etablierten Entwicklungsphasen, beschreiben.