

Adaptivität oder Adaptierbarkeit im Fahrzeug – Leitfaden und Konzepte zur optimalen Fahrerunterstützung

Martin JENTSCH, Patrick ROSSNER, Alexander MISSBACH,
Angelika C. BULLINGER

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
Technische Universität Chemnitz
09107Chemnitz*

Kurzfassung: Die immer leistungsfähigere Sensorik, Elektronik und Software im Automobil ermöglicht es, Fahrerassistenzsysteme an die Bedürfnisse des Fahrers oder die Umgebungsbedingungen anzupassen, um die Eignung der Systeme und dadurch deren Akzeptanz zu erhöhen. Hier stehen sich die beiden Ansätze der Adaptivität und der Adaptierbarkeit gegenüber. Der vorliegende Beitrag beleuchtet die Stärken und Schwächen der beiden Ansätze und leitet daraus Anwendungsfälle ab, in denen adaptive oder adaptierbare Systeme geeignet sind, den Fahrer bei der Fahraufgabe zu unterstützen und somit Sicherheit und Komfort zu erhöhen.

Schlüsselwörter: Adaption, Adaptivität, Adaptierbarkeit, Fahrerassistenzsystem, FAS, Fahrer-Fahrzeug-Interaktion

1. Einleitung

Die Entwicklung, Verbreitung und daraus folgend die Anzahl von Fahrerassistenzsystemen (FAS) im Fahrzeug nimmt seit den letzten 20 Jahren stetig zu (Jentsch & Bullinger 2014). Damit einhergehend ergeben sich veränderte Anforderungen an die menschliche Informationsaufnahme und -verarbeitung während der Fahraufgabe, die zu einer steigenden Belastung und einer erhöhten Beanspruchung des Fahrers führen können (Dettmann et al. 2014). Um den Anforderungen und Bedürfnissen der heterogenen Nutzergruppe (Alter, Geschlecht, jährliche Fahrleistung, Technikaffinität, usw.) der Fahrzeugführer gerecht zu werden (Roßner et al. 2013), müssen FAS bedarfsorientiert entwickelt sowie Anzeige- und Bedienkonzepte individualisierbar gestaltet werden (Simon et al. 2014).

Eine mögliche Lösung hierfür stellen adaptive und adaptierbare FAS im Fahrzeug dar (König et al. 2000). Um die Eignung des Systems zu steigern und dadurch die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen, passen sich adaptive Systeme automatisch an sich ändernde Umweltbedingungen an (Krogsæter & Thomas 1994), während adaptierbare Systeme Werkzeuge zur Modifizierung des FAS bereitstellen (Oppermann & Simm 1994). Bei welchen Funktionen und Anzeigen welche Art der Adaption ausgewählt werden sollte, ist in der Literatur nicht hinreichend geklärt. Ein erster Konzeptentwurf hierzu wird in dem vorliegenden Artikel vorgestellt.

2. Stand der Technik

Als Adaption wird grundsätzlich die Fähigkeit eines interaktiven Systems

verstanden, Anpassungen an bestimmte Nutzungskontexte zu ermöglichen. Adaption kann auf Funktionen oder Benutzeroberflächen angewendet werden (Oppermann 1994, Akyol et al. 2001). Die **Adaption von Funktionen** beschreibt vor allem den Bereich der Eigenschaften und das Verhalten des Systems in Bezug auf den Funktionsumfang oder die Funktionsauslegung. Bei der **Adaption von Benutzeroberflächen** spielt die Modifizierung des Dialogverhaltens und des Bildschirmlayouts, wie Anzeigeart, -zeitpunkt und -ort, eine Rolle (Oppermann & Simm 1994).

In Abbildung 1 werden die Einflussmöglichkeiten auf Funktionalität und Benutzeroberfläche in Abhängigkeit des Grades der Adaption verdeutlicht.

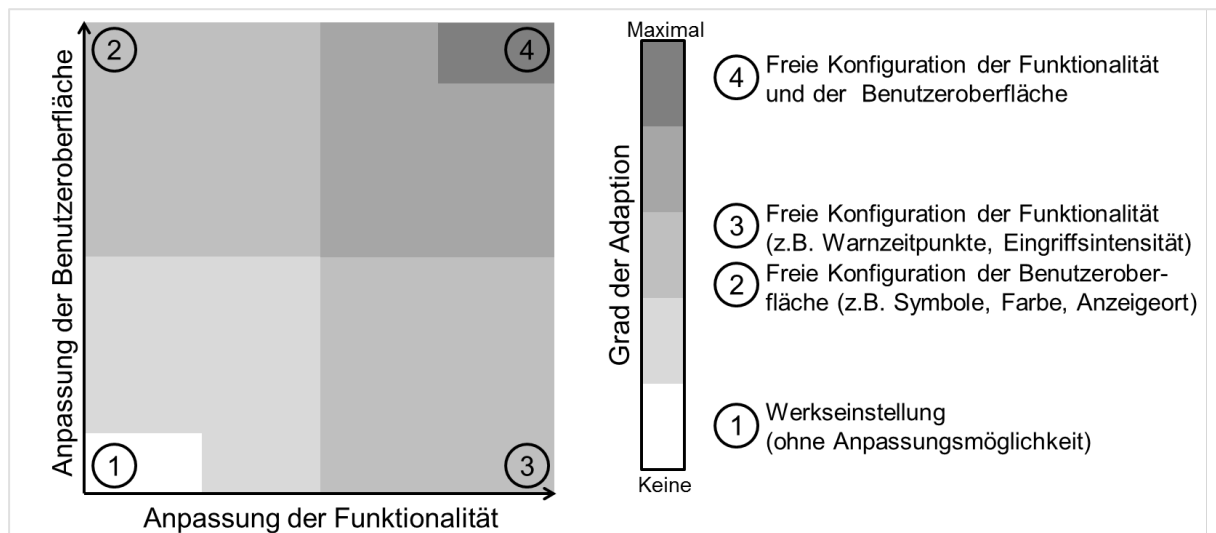


Abbildung 1: Grad der Adaption für Fahrerassistenzsysteme in Anlehnung an Oppermann (1994)

Adaption wird in zwei Ausprägungen unterschieden: Adaptivität und Adaptierbarkeit (Fink et al. 1998).

2.1 Adaptivität

Adaptivität wird von Fink et al. (1998) als selbständige Anpassung des Systems aufgrund der Beobachtung der Interaktionen des Benutzers, der Umwelt oder des Systems an sich definiert. Zimmermann et al. (2014) definieren im automobilen Kontext Fahrer, Fahrzeug und Umwelt als Bestimmungsfaktoren des Nutzungskontexts. Dabei werden drei Formen der Adaptivität unterschieden.

Die **Situationsadaptivität** beinhaltet alle Anpassungen des Systems, die durch sich ändernde System- und Umweltbedingungen ausgelöst werden. System- und Umweltbedingungen im Bereich des Automobils sind z.B. die Tankfüllung, die aktuelle Geschwindigkeit, die Witterung oder die Verkehrsdichte. Unter **Benutzeradaptivität** werden Anpassungen verstanden, welche aufgrund des Zustands des Fahrers erzeugt werden. Dieser Fahrerszustand lässt sich in kurz- und langfristige Merkmale untergliedern. Unter kurzfristigen Merkmalen werden die momentane Arbeitslast und die sich daraus ergebende Beanspruchung des Fahrers verstanden. Die langfristigen Merkmale beinhalten die persönlichen Eigenschaften, das Wissen oder die Interessen des Fahrers. Die **Aufgabenadaptivität** wird durch Anpassungen des Systems an eine bestimmte Aufgabe definiert.

Stärken adaptiver Systemen liegen vor allem darin, dass vom Benutzer kein bis wenig Aufwand und kein spezielles Wissen bei der Verwendung solcher Systeme

vorausgesetzt wird (Fischer 2001). Nach Lavie & Meyer (2010) hilft Adaptivität dem Nutzer bei der Benutzung des Systems, indem eine erleichterte Bedienung, die Minimierung der Notwendigkeit des Hilfeabrufes und Hilfe bei komplexen Aufgaben beziehungsweise Situationen erreicht werden.

Die Schwächen adaptiver Systeme liegen dagegen in der Reduzierung des Situations- und Systembewusstseins des Nutzers. Dies kann aufgrund mangelnder Kenntnis zu einer Abneigung gegenüber der Verwendung des Systems führen (Hameed & Sarter 2009). Der Fahrer kann sich auch durch eine systemgesteuerte Adaption bevormundet fühlen, besonders dann, wenn er den Grund dafür nicht nachvollziehen kann (Oppermann 1994).

2.2 Adaptierbarkeit

Unter Adaptierbarkeit oder Individualisierung verstehen Fink et al. (1998) die Änderung verschiedener Systemparameter oder der Benutzeroberfläche eines Systems durch den Benutzer.

Da der Nutzer jederzeit die Entscheidung bezüglich der Systemveränderung auf Grundlage seiner Bedürfnisse trifft (Fischer 2001), erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass er das System optimal nutzen kann und entsprechend akzeptiert (Hameed & Sarter 2009).

Die Schwächen adaptierbarer Systeme zeigen sich klar bei Situationen hoher Komplexität, da hier meist nur erfahrene Nutzer in der Lage sind, das System effektiv zu nutzen (Krogsæter & Thomas 1994). Erfolgt eine Anpassung der Benutzeroberfläche während der Ausführung der primären Fahraufgaben, also in einer Phase hoher Beanspruchung und Aufmerksamkeitsnotwendigkeit, kann dies aufgrund der entstehenden Mehrbelastung zu einer allgemeinen Leistungsminderung führen (Hameed & Sarter 2009).

3. Methode

Ausgehend von den vorgestellten theoretischen Überlegungen wurde überprüft, inwiefern sich die vorgestellten Konzepte der Adaption für die Anpassung der Benutzeroberfläche oder der Funktionalität bei FAS eignen. Der Fokus liegt dabei auf FAS zur Unterstützung der primären Fahraufgabe (Bubb 2003), die nach Donges (1982) in Navigation, Bahnführung und Stabilisierung unterschieden wird. Sekundär- und Tertiäraufgaben, die die primäre Fahraufgabe unterstützen bzw. Unterhaltungs- und Komfortbedürfnisse des Fahrers befriedigen (Geiser 1985), werden in diesem Beitrag nicht betrachtet.

Zur Klassifizierung der FAS wurden diese nach dem Grad der Unterstützung und der Ebene der Fahraufgabe, in der die Unterstützung durch das FAS stattfindet, kategorisiert (Jentsch 2014). Auf dieser Grundlage wurde ein Workshop mit fünf Experten mit mindestens dreijähriger Berufserfahrung im Bereich der FAS- und Fahrer-Fahrzeug-Interaktions-Forschung durchgeführt. Der schematische Ablauf des Workshops mit den Inhalten und eingesetzten Methoden ist in Abbildung 2 dargestellt.

Zur Bewertung der Eignung der Adoptionsart wurden die Kriterien nach ihrer Relevanz für die Adaption von FAS gewichtet. Allgemeine Konstrukte zur Bewertung von FAS, wie z.B. Usability oder Akzeptanz, wurden aufgrund ihres Bezuges zu konkreten FAS-Funktionen als nicht geeignet identifiziert. Im Rahmen des

Workshops erhielten die folgenden vier Kriterien die höchste Priorisierung in Bezug auf die Bewertung der Adaptionart.

- Zeit zur Umsetzung der vom FAS bereitgestellten Information durch den Fahrer
- Freiheitsgrad des Fahrers bezüglich der Handlungsalternativen
- Sicherheitsrelevanz der FAS-Funktion
- Notwendiges Systemverständnis beim Fahrer

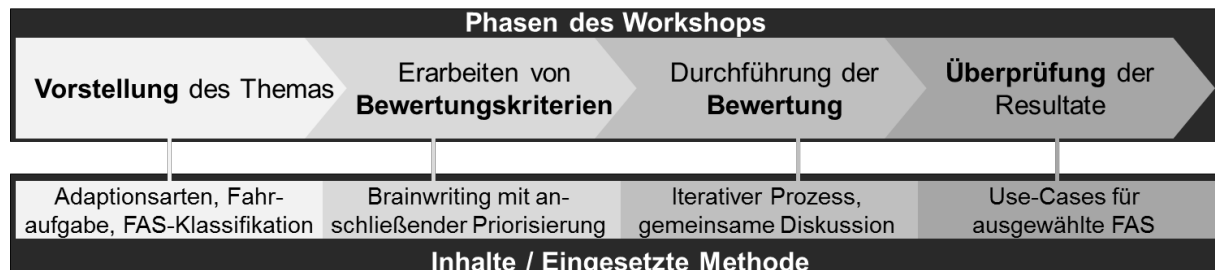


Abbildung 2: Ablauf des Expertenworkshops und eingesetzte Methoden

Im Anschluss erfolgte innerhalb einer offenen Diskussionsrunde, in der Vor- und Nachteile der jeweiligen Adaptionart diskutiert und abgewägt wurden, die Bewertung der Eignung für beide Adaptionarten. Dies wurde für alle Ebenen der primären Fahraufgabe, getrennt nach der Adaption von Funktion oder Benutzeroberfläche, durchgeführt. Die Bewertung wurde mit Hilfe von Use-Cases, in denen eine Adaption ausgewählter FAS stattfinden kann, überprüft.

4. Ergebnisse

Für die Eignung der Adaptionart wurde eine dreistufige Skala gewählt. Während die beiden Endpunkte der Skala den Ausprägungen „nicht geeignet (-)“ bzw. „geeignet (+)“ entsprechen, kann bei der mittleren Ausprägung (o) keine eindeutige Aussage getroffen werden. Dies kann der Fall sein, wenn sich die Vor- und Nachteile der Adaptionart aufheben oder gesetzliche, herstellerseitige bzw. systemergonomische Rahmenbedingungen zu erfüllen sind, die die Adaption einschränken. In Tabelle 1 ist das Ergebnis der Bewertung dargestellt.

Tabelle 1: Bewertung der Eignung der Adaptionarten in Bezug auf Anpassung der Benutzeroberfläche oder der Funktion in Abhängigkeit der Ebene der Fahraufgabe

		Adaptierbarkeit		Adaptivität	
		Funktion	Benutzeroberfläche	Funktion	Benutzeroberfläche
Primäre Fahraufgabe	Navigation	+	+	-	+
	Bahnführung	-	o	+	o
	Stabilisierung	o	+	+	-

(-) nicht geeignet; (o) weder nicht geeignet noch geeignet; (+) geeignet

Im Folgenden werden nun die geeigneten (+) und nicht geeigneten (-) Adaptionmöglichkeiten mit den zu Grunde liegenden Überlegungen erläutert.

Adaptierbare FAS erweisen sich sowohl hinsichtlich der Benutzeroberfläche als auch bezüglich der Funktion auf der **Navigationsebene** als sehr geeignet, da die Informationen durch den Fahrer wenig zeitkritisch umgesetzt werden müssen und eine geringe Sicherheitsrelevanz der FAS-Funktion vorhanden ist. Bei einem Navigationsgerät stellen die Art der Routenwahl (ökonomischste, kürzeste, schnellste) oder die Anzeige von Points of Interest mögliche funktionale Einstellungsmöglichkeiten dar. Die Wahl der Darstellungsart (2D, 3D), die Auswahl der Sprechstimme oder die Festlegung des Zooms entspricht einer Variation der Benutzeroberfläche. Adaptive FAS erweisen sich auf funktionaler Ebene als nicht sinnvoll. Da der Fahrer hier die Informationen des Systems interpretieren und in Handlungen überführen muss, ist davon auszugehen, dass sich ändernde funktionale Systemparameter nachteilig auf die Systemtransparenz und Nachvollziehbarkeit auswirken. Adaptive Benutzeroberflächen, welche z.B. geschwindigkeits- oder infrastrukturabhängiges Zoomen ausführen und somit die optimale Darstellung für den Fahrer gewährleisten, zeigen hohes Potential.

Auf der **Bahnführungsebene** ist der Freiheitsgrad des Fahrers bezüglich der Handlungsalternativen weiterhin hoch, allerdings verringert sich der zur Handlungsausführung vorhandene Zeitkorridor auf ca. zwei bis drei Sekunden. Auf dieser Ebene sind derzeit noch keine eingreifenden FAS verfügbar, so dass sich die Funktion vorrangig auf Informationen und Warnungen beschränkt. Eine Adaptierbarkeit der Funktion, z.B. die Festlegung des Abstandes zu Objekten, ab dem eine Warnung bei einem Night-Vision-System erfolgen soll, ist nicht zielführend, da der Fahrer hierzu ein sehr großes systemergonomisches Verständnis bräuchte. Da die vom System ausgegebenen Informationen selbst in Handlungen umgesetzt werden müssen, bietet sich eine nutzerzentriert entwickelte Funktionalität an, die für den Fahrer nicht anpassbar gestaltet ist. Im Gegensatz dazu besitzen adaptive FAS auf der Bahnführungsebene jedoch hohes Potential, wenn zusätzlich zu den Grundeinstellungen auch Informationen über Fahrerzustand oder Umweltbedingungen aufgenommen und verarbeitet werden, um darauf aufbauend z.B. eine Hinderniswarnung eher auszugeben.

Auf der **Stabilisierungsebene** sinkt der Planungshorizont für den Fahrer auf unter eine Sekunde und die Sicherheitsrelevanz erhöht sich massiv, da Fehler auf dieser Ebene direkt zu Unfällen führen können. Dem entgegen steht, dass die meisten FAS auf dieser Ebene den Fahrer eingreifend unterstützen, so dass der Freiheitsgrad der Handlungsalternativen des Fahrers stark begrenzt ist. Anpassungen der Benutzeroberfläche, um bspw. die Anzeige des aktuellen Status des ACC selbstständig zu konfigurieren, erweisen sich als vorteilhaft, da der Fahrer die optimale Informationsdarstellung für sich selbst festlegen kann. Adaptive FAS auf der Stabilisierungsebene folgen der Argumentierung der Bahnführungsebene und erhöhen dadurch die Verkehrssicherheit. Hier sollte auf ein automatisches Anpassen der Benutzeroberfläche verzichtet werden, da dies zu einem fehlerhaften Systemverständnis des Fahrers, der unter Umständen eine sehr schnelle Reaktion zeigen muss, führen kann.

5. Ausblick und Diskussion

Die in diesem Artikel dargestellte Eignung einer adaptiven oder adaptierbaren Anpassung von Benutzeroberfläche und/oder Funktionalität von FAS in Abhängigkeit der Ebene der Fahraufgabe wurde literaturbasiert und mit Hilfe eines Experten-

Workshops erarbeitet. Dadurch ist die Grundlage für weitere Forschungsarbeit auf diesem Gebiet gelegt, wobei mit Hilfe empirischer Daten die Ergebnisse für die beschriebenen Fahraufgaben bestätigt werden müssen.

In einem nächsten Schritt werden dazu geeignete Gestaltungsvarianten prototypisch umgesetzt, um Aussagen bezüglich der Wirksamkeit der Adaption in Bezug auf die Erfüllung der Fahraufgabe und der subjektiven Bewertung durch den Fahrer treffen zu können. Hierzu ist ein Experiment im Fahrsimulator in Planung.

6. Literatur

- Akyol, S., Libuda, L., Kraiss, K.-F. (2001). Multimodale Benutzung adaptiver Kfz-Bordsysteme. In: Jürgensohn, T., Timpe, K.-P. (Hrsg.), *Kraftfahrzeugführung*. (S. 137 – 154). Berlin: Springer-Verlag
- Bubb, H. (2003). Fahrerassistenz – primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit?. VDI-Bericht Nr. 1768. S. 257-268, Düsseldorf: VDI Verlag,
- Dettmann, A., Jentsch, M., Thieme, C., Lindner, P., Wanielik, G. & Bullinger, A. C. (2014). Wirksamkeit räumlich gerichteter Warnungen unter Anwendung eines LED Head-Up-Displays. In: VDI-Berichte 2223. S. 9 - 22. Düsseldorf: VDI Verlag
- Donges, E. (1982). Aspekte der Aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. *Automobil-Industrie* 2/82. S. 183-190
- Fink, J., Kobsa, A., Nill, A. (1998). Adaptable and adaptive information provision for all user, including disabled and elderly people. In: *New Review of Hypermedia and Multimedia* 4. S. 163 – 188. London: Taylor & Francis
- Fischer, G. (2001). User Modeling in Human-Computer Interaction. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11. S. 65 – 86. Kluwer Academic Publishers
- Geiser, G. (1985). Mensch-Maschine-Kommunikation im Kraftfahrzeug. In: *ATZ -Automobiltechnische Zeitschrift* 2. S. 77– 84. Wiesbaden: Springer
- Hameed, S., Sarter, N. (2009). Context-Sensitive Information Presentation: Integrating Adaptive and Adaptable Approaches to Display Design. In: *Tagungsband HFES Annual Meeting*. S. 1694 – 1698. SAGE Publications
- Jentsch, M. (2014) Eignung von objektiven und subjektiven Daten im Fahrsimulator am Beispiel der Aktiven Gefahrenbremsung - eine vergleichende Untersuchung. *Universitätsverlag Chemnitz*
- Jentsch, M. & Bullinger, A. C. (2014). Is simulation (not) enough? Results of a validation study of an autonomous emergency braking system on a test track and in a static driving simulator. *Tagungsband HFES Europe Chapter Conference*. Lissabon
- König, W., Weiß, K. E., Gehrke, H., & Haller, R. (2000). S.A.N.T.O.S Situationsangepasste und Nutzer-Typ-zentrierte Optimierung von Systemen zur Fahrerunterstützung. In H. Bubb (Ed.). *Dokumentation der Herbstkonferenz der GfA, 12-13.10.2000*. S. 107–113. München: Utz.
- Krogsæter, M., Thomas, C. (1994). Adaptivity: System-Initiated Individualization. In: Oppermann, R. (Ed). *Adaptive user support: Ergonomic design of manually and automatically adaptable software*. S. 67 – 96. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates
- Lavie, T., Meyer, J. (2010). Benefits and costs of adaptive user interfaces. In: *International Journal of Human-Computer Studies*. S. 508 – 524. Duluth: Academic Press
- Oppermann, R. (1994). Introduction. In: Oppermann, R. (Ed), *Adaptive user support: Ergonomic design of manually and automatically adaptable software*. (S. 1 – 13). Hillsdale: Lawrence Erlbaum
- Oppermann, R., Simm, H. (1994). Adaptability: User-Initiated Individualization. In: Oppermann, R. (Ed), *Adaptive user support: Ergonomic design of manually and automatically adaptable software*. (S. 14 – 66). Hillsdale: Lawrence Erlbaum
- Roßner, P., Dettmann, A., Jentsch, M. & Bullinger, A. C. (2013). Visuelle Fahrerassistenz im Head-up-Display - Ein besonderer Sicherheitsgewinn für ältere Fahrzeugführer?. In: VDI-Berichte 2205. S. 175 - 188. VDI Verlag, Düsseldorf
- Simon, K., Spanner-Ulmer, B. & Bullinger, A.C. (2014). Erfassung subjektiven Fahrerlebens zur Ableitung von Unterstützungsbedürfnissen jüngerer und älterer Autofahrer. In: VDI-Berichte 2223. S. 31 - 44. Düsseldorf: VDI Verlag,
- Zimmermann, G., Vanderheiden, G., Strobbe, C. (2014). Towards Deep Adaptivity – A Framework for the Development of Fully Context-Sensitive User Interfaces. In: Stephanidis, C., Antona, M. (Eds), *Universal Access in Human-Computer Interaction: Design and Development Methods for Universal Access*. Springer International Publishing