

# Der Mensch als Einflussfaktor beim manuellen Fahren

Tobias Peuschke-Bischof

Fachbereich Ingenieur- und  
Naturwissenschaften

Technische Hochschule Wildau  
Hochschulring 1  
15745 Wildau

E-Mail: [peuschke-bischof@th-wildau.de](mailto:peuschke-bischof@th-wildau.de)

## ABSTRACT

Dieser Ausschnitt aus einer Masterarbeit dient der Betrachtung der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen durch den Menschen im Straßenverkehr. Dazu werden unter anderem die Prozesse der *Informationsaufnahme*, *Informationsverarbeitung* und die *Überführung der Informationen in eine Handlung* genauer betrachtet, um erkennen zu können, welchen Nutzen Fahrerassistenzsysteme erzielen können, indem sie dem Menschen die Fahraufgabe entweder teilweise oder sogar vollständig abnehmen.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Informationsverarbeitung, manuelles Fahren, Fahrerassistenzsysteme, Expectancy-Value-Model, Extended Control Model, Informationsverarbeitung, autonomes Fahren, Wahrnehmung, Saliency-Effort-Expectancy-Value-Model, Situationsbewusstsein

## Der Mensch als Fahrer

Wird ein Fahrzeug ausschließlich vom Fahrzeugführer bedient, obliegt diesem die vollkommene Verantwortung für jedes auszuführende Verkehrsmanöver. Hierbei spricht man von dem sogenannten manuellen Fahren. Dabei spielen die Einflussfaktoren, die auf den Fahrzeugführer einwirken, eine sehr viel größere Rolle, als bei dem unterstützten oder autonomen Fahren, das durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen realisiert wird. Aus diesem Grund werden nachfolgend die *visuellen*, *kognitiven* und *motorischen* Prozesse, die ein Fahrer beim manuellen Fahren realisiert, näher betrachtet, um die positiven Effekte, die durch das assistierte Fahren erreicht werden können, herauszustellen.

Die drei wichtigsten Einflussfaktoren, die auf einen Fahrer wirken, sind die *Informationsaufnahme*, die *Informationsverarbeitung* und die *Umwandlung* der aufgenommenen und verarbeiteten Informationen in eine Handlung.

## Informationsaufnahme

Informationen innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs werden hauptsächlich *audiovisuell* durch den Fahrer wahrgenommen, wobei der *visuellen* Wahrnehmung von Informationen eine noch größere Bedeutung zuzumessen

ist, als der *auditiven* Wahrnehmung [1]. Diese Tatsache beruht darauf, dass die meisten Verkehrsinformationen die visuelle Wahrnehmung voraussetzen.

Als Beispiel hierfür sollen Verkehrszeichen dienen. Diese bieten bei der manuellen Fahrt ausschließlich visuelle Informationen, die durch den Fahrer aufgenommen werden müssen. Da jedoch nicht nur Verkehrszeichen die visuelle Wahrnehmung des Fahrers voraussetzen, sondern auch andere Informationsquellen außerhalb und auch innerhalb eines Fahrzeugs deren Wahrnehmung erfordern, wird deutlich, dass ein erheblicher Überschuss an Informationsquellen vorhanden ist. Da das Erfassungsvermögen eines Menschen jedoch begrenzt ist und deshalb nicht alle gegebenen Informationen gleichzeitig verarbeitet werden können, muss die Informationsaufnahme gesteuert werden.

Das *Saliency-Effort-Expectancy-Value-Model* [2] beschäftigt sich mit genau dieser Steuerung der Aufnahme von visuellen Informationen. Dabei beschreibt dieses Modell die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Mensch auf ein bestimmtes visuelles Ereignis reagiert, wenn er durch mehrere gleichzeitig vorhandene Ereignisse unterschiedliche Optionen besitzt.

Innerhalb des Modells werden zwei Kategorien bearbeitet: *Bottom-up-Prozesse* und *Topdown-Prozesse*. Erstere beschreiben dabei die Erwartung des Menschen an einen Reiz und dessen Bedeutung, während die zweite Kategorie die Auffälligkeiten eines Reizes und die Anstrengungen, die mit der Wahrnehmung dieses Reizes zusammenhängen, beschreibt.

### Bottum-up:

*Saliency (Auffälligkeit)* – Die Aufmerksamkeit eines Menschen wird unbewusst auf den Reiz gelenkt, der sich am meisten von der Umgebung abhebt.

Beispiel: Eine rote Warnleuchte in der Multifunktionsanzeige im Fahrzeug erzeugt eine größere Aufmerksamkeit, als eine gelbe Warnleuchte. [2][3]

*Effort (Anstrengung)* – Die Anstrengung beschreibt den Aufwand, der durch eine Person aufzubringen ist, um ein Ereignis wahrzunehmen. Je geringer der aufzubringende Aufwand ist, umso eher wird ein Ereignis wahrgenommen. Aus diesem Grund sollten wichtige Informationen stets so positioniert werden, dass sie möglichst nahe an der für die Situation wichtigsten Blickrichtung sind.

Beispiel: Ein Fahrzeug, das sich einem Verkehrszeichen nähert, das die aktuell einzuhaltende Geschwindigkeit vorgibt. Dieses kann zwar bereits aus einer gewissen Ferne wahrgenommen werden. Zum Zeitpunkt des Inkrafttretens ist die Anstrengung, dieses Verkehrszeichen zu lesen jedoch am geringsten. Deshalb wird die Aufmerksamkeit oft erst in diesem Moment auf das Verkehrszeichen gelenkt. [2][3]

### Top-down:

*Expectancy (Erwartung)* – Beschreibt die Erwartung an das Vorfinden einer bestimmten Information (bzw. eines Reizes) an einem bestimmten Ort. Je größer die Erwartung ist, eine bestimmte Information an einem bestimmten Ort zu finden, desto mehr wird auch die Aufmerksamkeit auf diese Position gelenkt.

Beispiel: Die Erwartung an das Vorfinden der Geschwindigkeitsanzeige in der Multifunktionsanzeige im Fahrzeug. [2][3]

*Value (Relevanz)* – Beschreibt die Wichtigkeit einer Information. Je relevanter eine Information für die Erfüllung der Fahraufgabe scheint, desto eher wird die Aufmerksamkeit dorthin gelenkt.

Beispiel: Kinder, die in der unmittelbaren Nähe zum Fahrbahnrand spielen. [2][3]

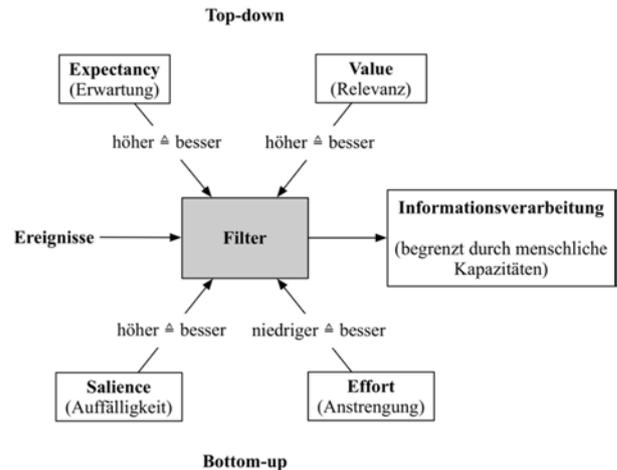


Abbildung 1: Saliency-Effort-Expectancy-Value-Model

Wie in der oben stehenden Abbildung zu erkennen ist, setzt die Informationsaufnahme sowohl die *Top-down* als auch die *Bottom-up*-Prozesse voraus. Die Erwartungen an einen Reiz und dessen Bedeutung steuern dabei aktiv die Aufmerksamkeit eines Menschen, während die Auffälligkeit eines Reizes und die damit zusammenhängende Anstrengung, diesen Reiz wahrzunehmen unterbewusst die Aufmerksamkeit eines Menschen steuern.

Die aktive Steuerung der Aufmerksamkeit kann durch bestimmte Beobachtungsstrategien durch den Menschen gesteuert werden, wodurch er in der Lage ist, seine Aufmerksamkeit positiv zu beeinflussen, indem er mehr auf wesentliche Reize während der Fahrt achtet.

Die unbewusste Steuerung der Aufmerksamkeit eines Menschen durch die Auffälligkeit eines Reizes kann jedoch nicht gesteuert werden, wodurch eine potentiell negative Beeinflussung der Aufmerksamkeit durch das falsche Setzen eines Reizes oder durch das Setzen eines zu unauffälligen Reizes, der keine unbewusste Steuerung der Aufmerksamkeit auslöst, erfolgen kann. [4]

Wie weiterhin in der Abbildung zu erkennen ist, stellt die Informationsaufnahme den ersten Schritt der Informationsverarbeitung dar.

### **Informationsverarbeitung**

Neben der Aufnahme von Informationen sind auch das Verstehen und eine korrekte Antizipation der aufgenommenen Informationen ein elementarer Bestandteil für die sichere und korrekte Ausführung der Fahraufgabe. Die Prozesse der Aufnahme, des Verstehens und der Antizipation von Informationen werden unter dem Begriff des *Situationsbewusstseins* zusammengefasst. In diesem Zusammenhang sind viele Modelle entstanden, die das Situationsbewusstsein beschreiben.

Das wohl bekannteste Modell stellt das *Modell des Situationsbewusstseins im Fällen von dynamischen Entscheidungen* (original: *Model of situation awareness in dynamic decision making*) [5][6] dar, welches die drei hierarchisch aufgebauten Stufen des Situationsbewusstseins beschreibt. Dabei wird dieses

von den Faktoren der Aufgabe, des Systems und des Individuums an sich stark beeinflusst. Als Ergebnis dieses Modells erfolgt eine Entscheidung, die wiederum zu einer durch die Person auszuführenden Handlung führt.

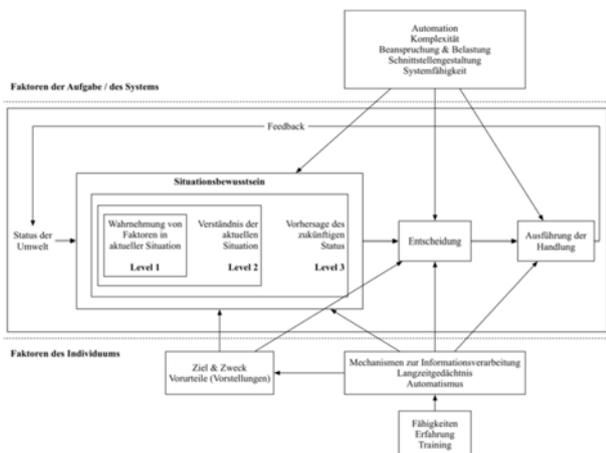


Abbildung 2: Modell des Situationsbewusstseins (in Anlehnung an M. R. Endsley [5][6])

Da Menschen Informationen aus der Umwelt individuell unterschiedlich aufnehmen, können innerhalb jeder der drei abgebildeten Stufen (Level 1 bis Level 3) Fehler auftreten. Dabei potenziert sich ein Fehler, der bereits innerhalb der ersten Stufe begangen wurde, in den folgenden Stufen [7].

Als Beispiel hierfür kann das Übersehen eines anderen Verkehrsteilnehmers, der die Fahrbahn wechselt, in der Stufe 1 genommen werden. Da der Fahrer den anderen Verkehrsteilnehmer schon in Stufe 1 nicht wahrnimmt, kann in Stufe 2 nicht verstanden werden, dass eine Anpassung an die aktuelle Situation vorgenommen werden muss. Dies hat zur Folge, dass der Fahrer den zukünftigen Status in der Stufe 3 fälschlicherweise als nicht anpassungswürdig empfindet.

In der Folge entscheidet der Fahrer also, dass kein Handlungsbedarf entsteht, wodurch eine Kollision mit dem anderen Verkehrsteilnehmer das Ergebnis darstellt. In einer solchen Situation können auch Faktoren, wie beispielsweise bereits gesammelte Erfahrungen durch die jeweilige Person, die vorliegende Situation nicht mehr positiv beeinflussen.

Wie in den Faktoren, die sich auf das Individuum beziehen, zu sehen ist, besitzt ein Mensch beim Führen eines Fahrzeugs in den meisten Fällen bereits Erfahrungen und ist im Umgang mit dem Fahrzeug „trainiert“. Der Fahrer besitzt somit also bereits ein Grundlagenwissen im Umgang mit dem Fahrzeug, das im Langzeitgedächtnis abgespeichert ist. Das bereits erworbene Wissen sorgt in der Kombination mit den aufgenommenen und verarbeiteten Informationen dafür, dass eine adäquate Handlung ausgeführt werden kann.

## Umwandlung der Informationen in eine Handlung

Die Überführung der vorher aufgenommenen und durch den Fahrer verarbeiteten Informationen in eine Handlung gibt vor, wie der Fahrer mit dem Fahrzeug interagiert. Ein Modell, das die Interaktion eines Fahrers mit dem Fahrzeug beschreibt, wurde von Hollnagel entworfen. Das *Extended Control Model (ECOM)* [8][9] geht davon aus, dass ein Fahrer bei der Fahrt vier verschiedene Ziele synchron verfolgt. Diese vier Ziele bauen dabei aufeinander auf und werden von dem Fahrer entweder reaktiv oder proaktiv durchlaufen. Eine Beschreibung dieser Ziele kann wie folgt vorgenommen werden:

*Tracking (Kursverfolgung)* – Hollnagel definiert das Tracking formal als „die Reaktion eines Betreibers oder Steuersystems, die die Auswirkungen äußerer Störungen aufheben soll“ [9].

Auf das Führen eines Fahrzeugs bezogen, bedeutet diese Definition, dass der Fahrer über die gesamte Fahrzeit beispielsweise die vorgesehene Geschwindigkeit und den vorgesehenen Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug überwachen muss. Diese Tätigkeiten werden laut Hollnagel durch einen erfahrenen Fahrer automatisch ausgeführt, ohne diesen eine hohe Aufmerksamkeit zukommen lassen zu müssen. Neben der Überwachung fällt jedoch auch die Einleitung einer eventuell notwendigen Korrektur in diese Kategorie, die für das Einhalten der „Soll-Werte“ notwendig ist. Die Ziele und Kriterien für das Tracking werden von der Ebene der *Regulierung* abgeleitet und mit ihnen verglichen.

*Regulating (Regulierung)* – Das Regulating basiert auf der Ebene des Trackings, wobei die durch das Tracking hervorgerufenen Aktivitäten durch Einflussgrößen, die innerhalb des Regulatings hinzukommen können, abgeändert werden können.

So gelten auch in dieser Ebene beispielsweise die Ziele des Haltens der aktuellen Spur und der Einhaltung der vorgeschriebenen Geschwindigkeit. Erfolgt jedoch eine Änderung der Situation, wie beispielsweise ein durchzuführendes Überholmanöver, so kann innerhalb dieser Ebene entschieden werden, die Ziele, die beim Tracking aufgestellt wurden, für einen kurzen Zeitraum oder vollständig entsprechend abzuändern.

*Monitoring (Überwachung)* – Das Monitoring dient der Sammlung von Informationen. Der Fahrer sammelt auf dieser Ebene dabei nicht nur Informationen über das eigene Fahrzeug und dessen Zustand, sondern auch darüber, was in seiner Umwelt passiert.

Dazu gehören die Positionen der anderen Verkehrsteilnehmer, die Lokalisierung der eigenen Position auf der Straße, Wetterbedingungen, Verkehrszeichen und weitere verkehrsrelevante Daten. Da das Sammeln dieser Informationen regelmäßig geschieht, benötigt diese Aktivität nur einen geringen Teil der Aufmerksamkeit des Fahrers.

*Targeting (Zielsetzung)* – Auf dieser Ebene werden die Ziele, die während einer Fahrt verfolgt werden, gesetzt. Hollnagel beschreibt dabei, dass die Ziele von nachgeordneten Zielen mitbestimmt werden können. So kann ein Fahrer, der nur wenig Zeit hat, um einen bestimmten Zielort zu erreichen, neben dem Hauptziel der Erreichung des Zielorts das nachgeordnete Ziel haben, seine Geschwindigkeit während des Fahrens entsprechend zu erhöhen, woraus im Umkehrschluss eine wesentlich risikohafte Fahrweise resultiert. Es erfolgt somit automatisch eine Anpassung innerhalb der Ebene des Regulatings.

mit der anschließenden Überführung dieser Informationen in eine adäquate Handlung vollständig bei dem Führer eines Fahrzeugs. Da die visuelle Aufnahme von Informationen, die im Bereich der Fahrzeugführung hauptsächlich benötigt wird, um Informationen aus der Umwelt wahrzunehmen, durch das limitierte Erfassungsvermögen des Menschen jedoch begrenzt ist und weiterhin eine parallele Aufnahme von Informationen nur sehr schwer erfolgen kann, können Fahrerassistenzsysteme die Ausführung der Fahraufgabe erheblich qualifizieren.

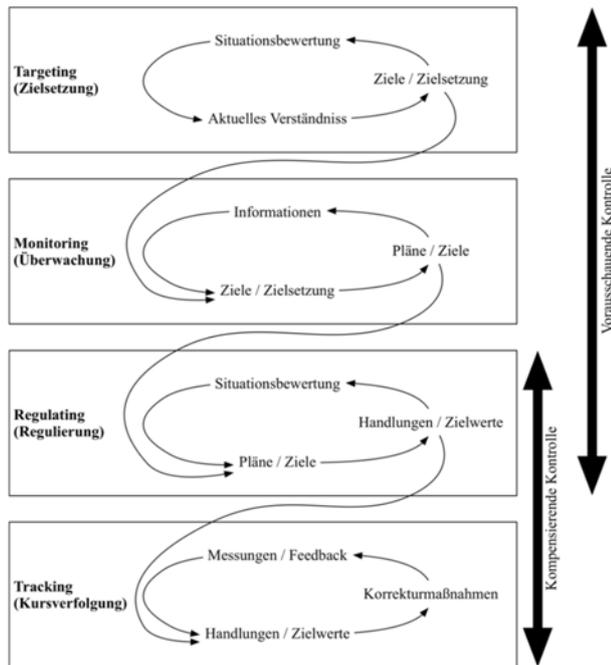


Abbildung 3: *Extended Control Model (ECOM) nach Hollnagel [8][9]*

Wie in der Abbildung zu sehen ist, erfolgt die Abarbeitung der unterschiedlichen Ebenen synchron, da eine Veränderung oder eine Aufnahme einer Information immer dazu führt, dass alle Ebenen durchlaufen werden müssen, bevor eine Änderung am Fahrverhalten erfolgt. Dabei spielen vor allem die Ebenen Tracking und Regulating eine wesentliche Rolle, da innerhalb dieser Ebenen Informationen aufgenommen werden, die nicht vorausgeplant, sondern spontan während der Fahrt aufgenommen wurden.

Abschließend wird erkenntlich, dass für ein adäquates Fahrverhalten und eine effizientere und sichere Fahrzeugführung in jedem Fall ein allumfängliches Wissen über die aktuelle Verkehrssituation und das eigene Fahrzeug vorhanden sein muss. Da Fahrer beim manuellen Fahren keine oder nur wenig Unterstützung von Fahrerassistenzsystemen erhalten, liegt die Verantwortung über die vollständige Informationsaufnahme und die korrekte Verarbeitung der Information

## LITERATUR – J-Überschrift 1

- Cordeau, Laporte, et. al. "Vehicle Routing", aus Barnhart, Laporte (Eds.), Handb. in Operations Research & Management Science, Vol. 14, Chapter 6, Elsevier 2007
- Toth, Vigo, "An Overview of Vehicle Routing Problems" aus Toth, Vigo (Ed.) The Vehicle Routing Problem, Siam, 2002
- [1] Vollrath, M. & Krems, J. *Verkehrspsychologie: Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker*. 1. Aufl. W. Kohlhammer GmbH, 2011. ISBN: 978-3-17-020846-9
- [2] Wickens, C. D., Helleberg, J., Goh, J., Xu, X. & Horrey, W. J. *Pilot Task Management: Testing an Attentional Expected Value Model of Visual Scanning*. November 2001. Zugegriffen am 28.04.2018 über <http://apps.usd.edu/coglab/schieber/psyc792/workload/Wickens-et-al-2001.pdf>
- [3] Othersen, I. *Vom Fahrer zum Denker und Teilzeitlenker: Einflussfaktoren und Gestaltungsmerkmale nutzerorientierter Interaktionskonzepte für die Überwachungsaufgabe des Fahrers im teilautomatisierten Modus*. 1. Aufl. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2016. S. 7-14. ISBN: 978-3-658-15086-0
- [4] Regan, M. A., Lee, J. D., Young, K. L. *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. Taylor & Francis Group LLC, 2009. S. 57-69. ISBN: 978-0-8493-7426-5
- [5] Endsley, M. R. *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*. Texas Tech University, März 1995. S. 35. DOI: 10.1518/001872095779049543
- [6] Endsley, M. R. *Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement*. Northrop Aircraft – Proceedings of the Human factors society – 32nd annual meeting, 1988. S. 98. DOI: 10.1177/154193128803200221
- [7] Endsley, M. R. *Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review*. Lawrence Erlbaum Associates, 2000
- [8] Hollnagel, E., Woods, D. D. *Joint cognitive systems: Foundations of Cognitive Systems Engineering*. CRC Press / Taylor & Francis Group LLC, 2005
- [9] Erik Hollnagel. Extended Control Model (ECOM). Zugegriffen am 27.04.2018 über <http://erikhollnagel.com/ideas/ecom.html>