

Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Strecken- beeinflussungsanlagen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 267

bast

Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Strecken- beeinflussungsanlagen

von

Birgit Hartz
Assadollah Saighani

FH Münster
Fachbereich Bauingenieurwesen
Lehrgebiet Verkehrswesen, Verkehrstechnik

Barbara Deml

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)

Katharina Barby
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung
und Fabrikbetrieb (IAF)

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 267

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 03.0502/2012/IRB
Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlage

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-219-3

Bergisch Gladbach, Februar 2016

Kurzfassung – Abstract

Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen

Auf deutschen Bundesfernstraßen werden kollektive Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen unter Verwendung von Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) und Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) betrieben. SBA sind ein wichtiger Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur auf Bundesautobahnen in Deutschland. Sie warnen die Verkehrsteilnehmer vor Gefahren und harmonisieren den Verkehrsfluss durch veränderbare, der jeweiligen Verkehrs- und Gefahrensituation angepassten (dynamischen) Anzeigen. Als Anzeigen werden Verkehrszeichen gemäß StVO wie zulässige Höchstgeschwindigkeiten und Gefahrenzeichen verwendet. Voraussetzungen für die Wirksamkeit dieser Anlagen für die Verkehrssicherheit und für die Verbesserung des Verkehrsablaufs sind die Wahrnehmbarkeit, die Verständlichkeit und die Akzeptanz der Anzeigen durch die Verkehrsteilnehmer.

In den entsprechenden Richtlinien wurden dazu für SBA ein bestimmter Vorrat an anzeigbaren Verkehrszeichen und einheitliche Anzeigen für verschiedene Gefahren- und Verkehrssituationen definiert. In jüngster Zeit wurden Ideen für die Weitergabe von zusätzlichen Informationen in Textform entwickelt, die u. a. gleichzeitig mit den dynamischen Verkehrszeichen gezeigt werden sollen. Dazu gehören zusätzliche Textanzeigen, die als sogenannte Zeichen „D“ unter den Wechselverkehrsanzeigen (WVZ) im Bereich von SBA angebracht werden sollen.

Bei der Gestaltung der dynamischen Anzeigen und deren Inhalte ist zu berücksichtigen, dass das menschliche Gehirn eine begrenzte Anzahl an Informationen gleichzeitig aufnehmen und verarbeiten kann. Die Fahrzeuglenker müssen die angezeigten Informationen in einem relativ kurzen Zeitraum zusätzlich zu der eigentlichen Fahraufgabe vollständig erfassen, begreifen und die richtige Entscheidung treffen.

Die Auswirkungen von zusätzlich angebrachten Textanzeigen auf den Anzeigequerschnitten von SBA wurden in diesem Projekt wahrnehmungspsychologisch, verkehrstechnisch und -rechtlich untersucht. Dabei wurde analysiert, ob die Fahrzeugführer mit den zusätzlichen Informationen überlastet oder verunsichert werden und dies zu ungewollten und gefährlichen Fahr- und Bremsmanövern bzw. zu Nichtbeachtung von StVO – verbindlichen WVZ führen kann. Neben der Betrachtung möglicher Gefahrenpotentiale wurde auch der Einfluss auf die Wirksamkeit von SBA betrachtet.

Nach einer Darstellung der Ergebnisse der Literaturanalyse wurden verschiedene Laboruntersuchungen durchgeführt. Dazu gehörte eine Befragung, eine Experimentalfahrt im Fahrsimulator auf einer Autobahn mit integrierten SBA- und D-Zeilen an den Anzeigequerschnitten sowie einem wahrnehmungspsychologischen Posttest mit 60 Probanden. Die Auswahl der Probanden und Interpretation der Ergebnisse wurde auch hinsichtlich der unterschiedlichen Voraussetzungen der Verkehrsteilnehmer („Pendler“, Fernfahrer, nicht-deutschsprachige Fahrer etc.) ausgerichtet, welche Einfluss auf die Begreifbarkeit der Anzeigen und das damit verbundene Verhalten der Verkehrsteilnehmer hat.

Die Literaturstudie hat gezeigt, dass die begrenzte menschliche Informationsverarbeitung, zu negativen Folgen im Fahr- und Blickverhalten führen kann.

Die Folgen sind:

- deutlich längere Lesezeit und dadurch längere Abwendung vom Straßenverkehr,
- erhöhter Anteil von Geschwindigkeitsreduktionen, Bremsmanövern und Spurwechsellvorgängen,
- gleichzeitige Abnahme der Blickdauer für die WVZ A, B und C,
- fehlerhafte Identifikation des Textes kann zu Fehlverhalten führen.

Sowohl die Blickdaten aus der Simulation, als auch die Ergebnisse aus dem Posttest stützen die Erkenntnisse aus der Literatur. Je mehr Zeichen präsentiert und je länger die Texte der D-Zeile werden, desto fehlerhafter ist die Informationsverarbeitung, insbesondere für die D-Zeile.

Eine eindeutige Zuordnung der Zeichen als Zusatzzeichen oder Richtzeichen gelingt nicht. Sie stehen zudem den derzeitigen Gestaltungsgrundsätzen der durch das BMVBS eingeführten entsprechenden Richtlinien entgegen. Mit der Einführung der D-Zeile würde darüber hinaus eine Vermischung der bisher in Deutschland bewährten und bekannten, getrennten Systeme der Streckenbeeinflussung und der Netzbeeinflussung entstehen.

Aus Sicht der wahrnehmungspsychologischen, der verkehrstechnischen und -rechtlichen Ergebnisse und Erkenntnisse kann eine D-Zeile für Bundesfernstraßen in Deutschland nicht empfohlen werden.

Der vorliegende Bericht enthält zusätzlich einen Anhang und liegt der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und ist dort einsehbar bzw. abrufbar. Zur Information des Lesers sind die Verweise auf den Anhang in den folgenden Texten beibehalten worden.

Analysis of the influence of additional text announcements in the area of distance influencing arrangements

Collective traffic management measures are operated on German Federal highways using lane control systems (LCS) and network control systems (NCS). LCS are an important part of the traffic infrastructure on Federal highways in Germany. They warn the road users about risks and hazards, and harmonise the traffic flow by means of modifiable ("dynamic") signs that can be adapted to the traffic or hazard situation in question. The signs used are traffic signs according to the StVO (German Road Traffic Regulations) such as the permissible maximum speed and warning signs. The pre-requisites for the effectiveness of such systems for traffic safety and for improving the traffic flow are to what extent the road users perceive, understand and accept the signs.

For this purpose a certain number of displayable traffic signs and standardized signs for various risk and traffic situations are defined for LCS in the corresponding guidelines. Recently ideas have been developed for providing additional information in text form that should also be displayed at the same time with dynamic traffic signs. This includes additional text signs that are to be installed as a so-called character "D" under the variable message signs (VMS) in the area of LCS.

When dynamic signs and their content are designed it should be taken into consideration that the human brain can only absorb and process a limited amount of information at any one time. In addition to the actual task of driving, a vehicle driver must fully register and understand the information displayed within a relatively short period of time and then must make the correct decision.

The impacts of additionally installed text signs on the display gantries of LCS were examined in this project from a perception psychological, traffic law and traffic technology point of view. In this connection it was analysed whether the vehicle drivers are overburdened or made uncertain by the additional information and whether this can lead to unintentional or dangerous driving and braking manoeuvres, or to mandatory StVO (German Road Traffic Regulations) variable message signs being ignored. Beside the consideration of possible risk potentials the impact on the effectiveness of the LCS was also analyzed.

After a presentation of the results of the literature analysis, various experiments were carried out in the laboratory including an interview, an experimental drive in the driving simulator on a highway with

integrated LCS and D-lines at the display gantries as well as a perception psychology post test with 60 test participants. The selection of the test participants and interpretation of the results was also oriented with regard to the various different road user requirements (commuters, frequent drivers and drivers whose native language is not German, etc.), that have an impact on how the signs are recognized and understood, and on the corresponding behavior of the road users.

Literature studies have shown that limited human information processing can lead to negative consequences in driving and visual behaviour.

The consequences are:

- Drivers take considerably longer to read the sign and as a result also take their eyes off the road traffic for longer.
- Higher proportion of speed reductions, braking manoeuvres and lane changes.
- At the same time a decrease in the time spent looking at the variable message signs A, B and C.
- Incorrect or faulty identification of the text can lead to faulty behaviour.

Both the eye tracking data from the simulation and also the results from the post-test support the findings from literature. The higher the number of characters presented and the longer the texts of the D-line are, the more inaccurate the information processing is, in particular for the D-line.

It is not possible to clearly and unambiguously classify these D-lines as additional panels or prohibitory or restrictive signs. In addition they are in conflict with the present design principles of the corresponding guidelines introduced by BMVBS. Furthermore the introduction of the D-line would lead to a mixture of the separate systems of section management and network management that have proved successful and are well-known in Germany.

From the point of view of the results and findings from perception psychological, traffic law and traffic experiments and testing, a D-line cannot be recommended for Federal highways in Germany.

This report also contains an appendix and they can be consulted at the Federal Highway Research Institute. For the readers Information, the references to this appendix has been retained in the report text.

Summary

Analysis of the influence of additional text announcements in the area of distance influencing arrangements

In Germany the variable message signs (VMS) on highways (Federal highways) are divided into lane control systems (LCS) and network control systems (NCS). Lane control systems are an important part of the traffic infrastructure on Federal highways in Germany. They give the road users advance warnings about the risks and hazards on the route ahead, and harmonise the traffic flow by means of modifiable "dynamic" signs that are adapted in accordance with the traffic and risk situations. The signs used are traffic signs according to the StVO (German Highway Code), such as the permissible maximum speed and warning signs. The information is predominantly presented in the form of pictograms, possibly with additional signs such as e.g. "Accident", "Wet Road", "Flooding", etc. The pre-requisites for the effectiveness of the LCS with regard to traffic safety and improvement of the traffic flow are how the road users perceive, understand and accept the signs. The latter factor, acceptance, is influenced by how motorists perceive the signs and by the comprehensibility and the plausibility of the information currently displayed.

On the display gantries of LCS the variable traffic signs according to the RWVZ (Guidelines for variable traffic signs) (1997) and RWVA (Guidelines for variable traffic sign installations) (1997) are differentiated according to the groups Type A, Type B and Type C. Furthermore a certain number of displayable traffic signs and standardized signs are defined for various risk and traffic situations. Recently ideas have been developed to install a freely programmable single text line sign (so-called D-line) in a central position under the variable message signs on the display gantries of the LCS, with which additional information should be provided for the motorist. The text in the D-line can either complete the information of the variable traffic signs A to C (redundant); irrespective of this, present further new information, even information that does not relate to the route (non redundant) or only provide information for particular groups of motorists (partly relevant). The aim of the study was to examine the potential impact of these additional

text displays (D-line) on the display gantries of LCS. Beside literature research, empirical studies were also carried out in the traffic psychology laboratory which comprised:

- an interview,
- an experimental drive in the driving simulator on a highway with integrated LCS and D-lines at display gantries as well as
- a perception psychology post test.

In total data was collected from 60 test participants. The test participants were divided into various different road user groups (commuters, frequent drivers and drivers whose native language is not German). During the testing in the traffic psychology laboratory the test participants were first of all interviewed, after that there was a test drive in the driving simulator during which data could be collected for analysis of the driver's visual behaviour as well as for analysis of their driving behaviour. Finally the post-test took place, in which the test participants were presented with 30 different display gantries each for 4.2 seconds.

From the point of view of traffic law, additional freely programmable lines of text that are installed below the variable message signs Types A, B or C, are problematical. In accordance with traffic law they can only be regarded as additional panels that always refer to a traffic sign, or depending on the content, are regarded as prohibitory or restrictive signs, in particular here as direction signs (cf. dWiSta – dynamic direction signs with integrated tailback information). Otherwise it would not be possible to install these additional signs at points where they could have an impact on the traffic (§36 StVO). Supplementary signs should, as far as possible, not display text but symbols (pictograms). Road traffic should flow with as few traffic signs as possible, traffic sign redundancies are to be avoided. Not only is this demanded by German legislation, but this principle has also been expressed at an international level. If, however, text signs are required, e.g. in supplementary signs, then the information should be restricted to just a few words or characters. Supplementary signs should, as far as possible, not display text but symbols (pictograms). This is also the result of the analysis of international studies which showed that traffic signs with pictograms are much easier to remember than signs without symbols or pictograms.

The supreme principle for traffic management systems is that they are designed, constructed and operated according to uniform regulations and specifications and that the signs of the traffic management systems are of a standard design for the same purpose. The planned D-lines are in conflict with this principle. The fundamental requirements of traffic signs are that they are recognizable, legible, perceivable, comprehensible and easy to understand. The LCS and NCS used to date in Germany in the form of dWiSta (dynamic direction signs with integrated tailback information) comply with these requirements and moreover with the Deployment Guideline DG01 formulated in EasyWay. The goal of the EasyWay partners is commonly usable, internationally understandable variable message signs that are predominantly based on pictograms and little text, e.g. such as the place and length of a tailback (cf. dWiSta), and the same signalling strategies. A D-line in addition to the variable message signs A, B and C, that predominantly contains text, would oppose these European plans. Furthermore it should be noted that contradictory information on one panel is not envisaged in the Deployment Guidelines and that redundant information is to be avoided. Campaigns are treated very restrictively on the part of the EasyWay Group.

The findings from the interview and from the analysis of the eye movement data show that the test participants are in general familiar with LCS on Federal highways. The D-line was not immediately recognised as an innovation; if anything when the test participants were questioned directly they were unsure as to whether the D-line is not already integrated in current display gantries of LCS on the Federal highways. The test participants said that they did not feel unsettled or uncertain as a result of the D-line. Furthermore the test participants stated that the variable message signs A to C were registered quicker and were more easily understandable than the D-line on its own. According to subjective statements by the test participants an additional D-line alongside the variable message signs A to C significantly reduces how well the display gantry is registered and understood. This was also revealed in the statements regarding subjective stress; here too the D-line significantly increases the subjective stress perception. The findings of the post-test support the subjective feelings of the test participants. Here it became clear that the test

participants could recall less information from a display gantry when all four variable message signs A, B, C and D-line were contained in one display gantry. In addition the longer the D-lines are, the less correctly their content can be repeated. Information processing problems become particularly obvious when a long D-line is presented in addition to all other variable message signs (A to C).

The same result is shown for D-lines that display non-redundant information. If there is non-redundant information in the display gantry, then the D-line is processed least in comparison to the variable message signs A to C. This level of D-line processing is even lower when the number of variable message signs A, B and C increases.

Furthermore the eye tracking data from the driving simulation show that an additional D-line does not influence fixation on the other variable message signs. The drivers fixate on variable message signs A, B and C just as often, regardless of whether there is an additional D-line or not. However when the variable message signs A, B and C and the D-line are displayed at the same time, the information contained in the D-line is processed less. In comparison to the other variable message signs A, B and C, the test participants fixate significantly less on the D-line. The variable message signs A, B and C have priority and are also equally fixated to the same extent. The variable message signs A to C are therefore perceived as more important and consequently also fixated more frequently than the D-line. The priority of the other variable message signs is also reflected in the subjective statements. Fixation on the variable message signs A to C and the D-line does not decrease when there are successive display gantries in the area of LCS that state the same risk situation. All variable message signs are accordingly fixated each time. The only exception is the D-line that displays the information that the restriction sign "No Lorries Allowed Diversion Route 2" has been lifted, where eye fixation decreases. This could be due to the relevance of the D-line for the test participants in this study in their role as car drivers. Consequently when the words "No Lorries" are read on the first display gantry the perceived importance may sink for subsequent D-lines. With reference to the different groups there was a clear deficit among the non-native German speakers, as is to be expected. Due to their limited linguistic proficiency this group process the information in a D-line significantly less

correctly as compared to the commuters or frequent drivers.

However the fixation frequency is the same between all groups, that means that the non-native speakers look at all variable message signs and the D-lines just as frequently as the commuters and frequent drivers do.

The results of perception psychology experiments show that the quantity of information in the display gantry of an LCS affects visual stress. Consequently the information density of the display of an LCS should be reduced to a minimum.

In spite of the preceding findings that the D-line is regarded and processed less in comparison to the other variable message signs, the question arises as to whether this leads to unintentional, dangerous driving and braking manoeuvres which consequently have a negative impact on traffic safety. Taking all test participants into consideration, the analysis of the driving behaviour data (speed, brake pressure, lane-keeping performance and use of accelerator pedals) in the area 100m before the display gantries of the LCS, revealed little significant differences between comparable modules. There were also no differences between the groups. These analyses merely say something about the test participants' behaviour as a whole and not about the driving manoeuvres of individual persons. However relating to the tested scenarios that included relevant D-lines for the motorist (modules 2 and 4), it became clear that all test participants drive (significantly) slower on a road section 100m before the display gantry when a D-line is integrated in the display gantry of the LCS. When traffic flows normally drivers seldom use the brake pedals on the highway, even before the display gantries of an LCS. However precisely such braking manoeuvres can have a considerable impact on the traffic situation. The braking manoeuvre of one individual driver can lead to dangerous situations or to congestion for apparently no reason whatsoever. Analyses show that drivers tend to brake somewhat more often and harder at places with display gantries with D-lines, whereby a correlation to the D-line cannot be clearly established. A negative effect on the motorist's driving and braking behaviour when a D-line is installed cannot be ruled out. In order to create a uniform data basis the test participants were instructed to keep to the recommended speed limit on highways. At the

beginning of each module the test participants drive through two display gantries which display a speed limit of 120 km/h. This is also reflected in the fairly uniform speed behaviour before the first display gantry of the LCS.

D-lines are to be considered critical from both a traffic law and a perception psychology point of view. It is not possible to clearly and unambiguously classify signs as additional panels or prohibitory or restrictive signs. In addition they are in conflict with the design principles of the guidelines (RWVA – Guidelines for variable traffic sign installations, RWVZ – Guidelines for variable traffic signs, dWiSta – dynamic direction signs with integrated congestion information) introduced by BMVBS.

Depending on the type of sign, D-lines should present content that can be displayed in the same or similar form by the variable message signs A, B or C. They should show content that is targeted at the motorist's route selection behaviour and that is normally displayed via dWiSta, or campaigns should be presented. Furthermore it is proposed to display texts referring to the secondary network which may be of importance for just a small proportion of the motorists. The introduction of the D-line would mean a mixture of the separate systems of section management and network management that have so far proved successful in Germany. If this is what is desired in Germany then the matter should be discussed by a body of experts and common design principles should be specified, into which the harmonisation efforts of the EU should also be incorporated. Individual solutions should not be implemented before common results have been achieved.

Campaigns are to be treated in a highly restrictive way on Federal highways. Billboard or poster campaigns, to which strict positioning criteria apply, are limited on German highways with very few exceptions (e.g. German Road Safety Council (DVR)). Signs for campaigns (e.g. speed limit to reduce congestion, high traffic volume / traffic harmonisation) should be avoided.

Literature studies have shown that limited human information processing can lead to negative consequences in driving and visual behaviour:

The consequences are:

- Drivers take considerably longer to read the sign and as a result also take their eyes off the road traffic for longer.

- Higher proportion of speed reductions, braking manoeuvres and lane changes.
- At the same time a decrease in the time spent looking at the variable message signs A, B and C.
- Incorrect or faulty identification of the text can lead to faulty behaviour.

Both the eye tracking data from the simulation and the results of the post-test support the findings from literature. The higher the number of characters that are presented and the longer the texts of the D-line are, the more inaccurate the information processing is, in particular for the D-line.

It is not possible to clearly and unambiguously classify signs as additional panels or prohibitory or restrictive signs. In addition they are in conflict with the present design principles of the guidelines (RWVA – Guidelines for variable traffic sign installations, RWVZ – Guidelines for variable traffic signs, dWiSta – dynamic direction signs with integrated tailback information) introduced by BMVBS. Furthermore the introduction of the D-line would lead to a mixture of the separate systems of section management and network management that have proved successful and are well-known in Germany.

From the point of view of the results and findings from perception psychological, traffic law and traffic experiments and testing, a D-line cannot be recommended for Federal highways in Germany.

Inhalt

Abkürzungen	11	4 Visuelle Wahrnehmung und Informationsverarbeitung	30
1 Einleitung	13	4.1 Blickbewegungen	31
1.1 Ausgangslage	13	4.1.1 Studien zu Blickbewegungen	31
1.2 Aufgabenstellung	14	4.2 Blickverhalten bei Verkehrszeichen ...	33
2 Methodisches Vorgehen und Arbeitsprogramm	14	4.3 Visuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung	34
3 Literaturanalyse	15	4.3.1 Studien zur visuellen Informationsverarbeitung	34
3.1 Verkehrsrechtliche Aspekte	16	4.4 Fazit	38
3.1.1 D-Zeile – Verkehrszeichen oder -einrichtung?	16	5 Ableitung möglicher positiver und negativer Auswirkungen durch die zusätzlich angebrachte Textanzeige an Streckenbeeinflussungsanlagen	38
3.1.2 D-Zeile kein Verkehrszeichen oder -einrichtung?	17	6 Methoden	39
3.1.3 Gerichtsurteile	17	6.1 Stichprobe	39
3.2 Verkehrstechnik	18	6.2 Hardware	40
3.2.1 Stand der Wissenschaft und Technik	18	6.3 Software	40
3.2.2 Bisherige Studien	21	6.4 Simulation	41
3.3 Gestaltungsanforderungen	21	6.5 Durchführung	44
3.4 Akzeptanz von Verkehrsbeeinflussungsanlagen	22	7 Ergebnisse	45
3.5 Internationale Studien und Empfehlungen	22	7.1 Ergebnisse Posttest-Fragebogen	45
3.5.1 Österreich	23	7.1.1 Vertrautheit mit der SBA und deren WVZ	45
3.5.2 Niederlande	24	7.1.2 Verständlichkeit der WVZ	45
3.5.3 Großbritannien	25	7.1.3 Beanspruchung durch die SBA	46
3.5.4 Frankreich	25	7.1.4 Verunsicherung durch die WVZ	46
3.5.5 Australien	26	7.1.5 Akzeptanz	47
3.5.6 USA	26	7.1.6 Informationsaufnahme	47
3.5.7 Norwegen	27	7.2 Ergebnisse der Fahrsimulation	54
3.6 EasyWay und ESG4	28	7.2.1 Blickregistrierungsdaten	54
3.6.1 Gestaltungsrichtlinien (Deployment Guidelines)	28	7.2.2 Fahrdynamische Daten	57
3.6.2 ESG 4 – Wechselverkehrszeichen (Variable Message Signs, VMS)	28	7.3 Fazit	63
3.7 Fazit	30		

8	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	63	Anhang	
8.1	Ergebnisse der Literaturrecherche	64	Anhang 1:	Pretestfragebogen
8.2	Ergebnisse der Befragung und der Auswertung der Blickbewegungs- daten	64	Anhang 2:	Posttestfragebogen
8.3	Auswertung der Daten des Fahrsimulators	65	Anhang 3:	Anordnung und Anzeige der Module im Fahrsimulator
8.4	Zusammenfassung der Ergebnisse . . .	65	Anhang 4:	Reihenfolge der einzelnen Module pro Strecke bzw. Experiment
9	Empfehlung	66	Anhang 5:	Gaspedal-, Bremsdruck- und Geschwindigkeitstrajektorien
10	Literatur	67	Anhang 6:	Geschwindigkeitsverteilung am Anzei- gequerschnitt
			Anhang 7:	Summenhäufigkeiten der Geschwin- digkeitsklassen an den jeweiligen AQ
			Anhang 8:	Geschwindigkeiten am Anzeigequer- schnitt ohne D-Zeile und mit D-Zeile
			Anhang 9:	Geschwindigkeiten 100 m vor dem AQ und am AQ
			Anhang 10:	Anzahl der Bremsungen 200 m bzw. 100 m vor den AQ
			Anhang 11:	Maximal betätigter Bremsdruck auf einer Strecke von 100 m vor dem AQ

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen
BAST-Archiv ELBA unter:

<http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar

Abkürzungen

AQ	Anzeigequerschnitt	RWVZ	Richtlinien für Wechselverkehrszeichen an Bundesfernstraßen
ARS	Allgemeines Rundschreiben	SBA	Streckenbeeinflussungsanlagen
AS	Anschlussstelle	StVG	Straßenverkehrsgesetz
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (Österreich)	StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
ASTRA	Bundesamt für Strassen (Schweiz)	TEN	Transeuropäische Netze
BayObLG	Bayerisches Oberstes Landesgericht	TROPIC	Traffic Optimisation by the Integration of Information and Control
BGBI.	Bundesgesetzblatt	UFOV	Useful Field Of View
BGH	Bundegerichtshof	V ₁₅	15. Perzentil (die höchste Geschwindigkeit der 15 % langsamsten aller gemessenen Fahrzeuge im Messzeitraum bzw. 15 % der gemessenen Fahrzeuge haben diese Geschwindigkeit nicht überschritten)
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	V ₅₀	50. Perzentil (die höchste Geschwindigkeit der 50 % langsamsten aller gemessenen Fahrzeuge im Messzeitraum, Median bzw. 50 % der gemessenen Fahrzeuge haben diese Geschwindigkeit nicht überschritten)
DG	Deployment Guidelines	V ₈₅	85. Perzentil (die höchste Geschwindigkeit der 85 % langsamsten aller gemessenen Fahrzeuge im Messzeitraum bzw. 85 % der gemessenen Fahrzeuge haben diese Geschwindigkeit nicht überschritten)
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.	VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlagen
dWiSta	dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen	V _M	Mittelwert aller gemessenen Geschwindigkeiten im Messzeitraum
EN	Europäische Norm	VMS	Variable Message Signs
ESG	Experten- und Studiengruppen	VwV-StVO	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung
EU	Europäische Union	VzKat	amtlicher Verkehrszeichenkatalog
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	WSDOT	Washington State, Department of Transportation (USA)
FHWA	Federal Highway Administration (USA)	WTA	Wechseltexthanzeigen
ITS	Intelligent Transport Systems	WVA	Wechselverkehrszeichenanlagen
IVS	Intelligente-Verkehrssysteme	WVZ	Wechselverkehrszeichen
IZ	Identifikationszeit	WWW	Wechselwegweisungsanlage
KBA	Knotenbeeinflussungsanlagen	WZA	Wechselzeichenanlage
LG	Landgericht	WZG	Wechselzeichengeber
NBA	Netzbeeinflussungsanlagen		
OLG	Oberlandesgericht		
QBA	Querschnittsbezogen wirksame Anlagen		
RAA	Richtlinien für die Anlage von Autobahnen		
RQ	Regelquerschnitt		
RWBA	Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Bundesautobahnen		
RWVA	Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen auf Bundesfernstraßen		

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

In Deutschland werden die Wechselzeichenanlagen (WZA) auf Autobahnen unterteilt in Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) und Netzbeeinflussungsanlagen (NBA). Seit 2005 gibt es zusätzlich dynamische Wegweiser (dWiSta), auf denen neben dem Staupiktogramm auch Text angezeigt werden kann. Über SBA werden den Verkehrsteilnehmern derzeit Informationen über Verkehrsbehinderungen vermittelt, die sich im weiteren Verlauf der Strecke ergeben. Diese Information wird überwiegend per Piktogramm und evtl. Zusatzzeichen, z. B. „Unfall“, „Nässe“ gegeben. Befindet sich die Verkehrsbehinderung nicht im weiteren Verlauf der Strecke, sondern auf einer anderen Strecke, so wird die Information derzeit vor entscheidungsrelevanten Knotenpunkten über dWiSta (dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen) angezeigt. Im Hinblick auf eine einheitliche Gestaltung der Textanzeigen in Deutschland wurden in dem entsprechenden Hinweispapier die Gestaltung der Anzeigen und deren Inhalt genau festgelegt.

In anderen Ländern gibt es die klare Trennung von SBA und NBA nicht. Hier werden auf dynamischen Texttafeln sowohl Verbots- als auch Gebotszeichen, Informationen zur Routenwahl und darüber hinaus ganze Sätze oder auch Hinweise bezüglich sicherer Autofahrt, Staulängen oder Grenzübergangswartezeiten angezeigt. Dass die Anzeige längerer Texte in lokalen Sprachen dem immer weiter zunehmenden transeuropäischen Verkehr nicht förderlich ist, wurde international bereits erkannt.

Man ist sich international einig darüber, dass möglichst wenig Textanzeigen verwendet werden sollten.

Darüber hinaus gibt es auf europäischer Ebene Bestrebungen, die unterschiedlichen Formen der Anzeigen zu harmonisieren und die Informationen auf wenige Worte oder Zeichen zu beschränken. Dabei sollen sie verständlich, zuverlässig, korrekt und nützlich sein. Streckenbeeinflussungsanlagen sind ein wichtiger Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur auf Bundesfernstraßen in Deutschland. Sie warnen die Verkehrsteilnehmer vor Gefahren und harmonisieren den Verkehrsfluss durch veränderbare, den jeweiligen Verkehrs- und Gefahrensituationen angepasste „dynamische“ Anzeigen. Als Anzeigen werden Verkehrszeichen gemäß StVO wie zulässige Höchstgeschwindigkeiten und Gefahrzeichen verwendet. Voraussetzungen für die Wirksamkeit der SBA in Hinblick auf die Verkehrssicherheit und die Verbesserung des Verkehrsablaufes sind die Wahrnehmbarkeit, die Verständlichkeit und die Akzeptanz der Anzeigen durch die Verkehrsteilnehmer.

Letztgenannter Faktor, die Akzeptanz, wird durch die Wahrnehmbarkeit der Zeichen, deren Verständlichkeit und die Nachvollziehbarkeit der aktuell geschalteten Anzeigen beeinflusst. In den RWVZ (1997, Richtlinien für Wechselverkehrszeichen an Bundesfernstraßen) und den RWVA (1997, Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen auf Bundesfernstraßen) wird ein bestimmter Vorrat an anzeigbaren Verkehrszeichen und einheitlichen Anzeigen für verschiedene Gefahr- und Verkehrssituationen definiert.

In jüngster Zeit wurde eine Idee für die Weitergabe von zusätzlichen Informationen in Textform entwickelt, die gleichzeitig mit den dynamischen Verkehrszeichen gezeigt werden sollen. Dies ist eine zusätzliche Textanzeige, die als sogenanntes Zeichen „D“ unter den Wechselverkehrsanzeigen im Bereich von SBA angebracht werden soll (siehe Bild 1.1).

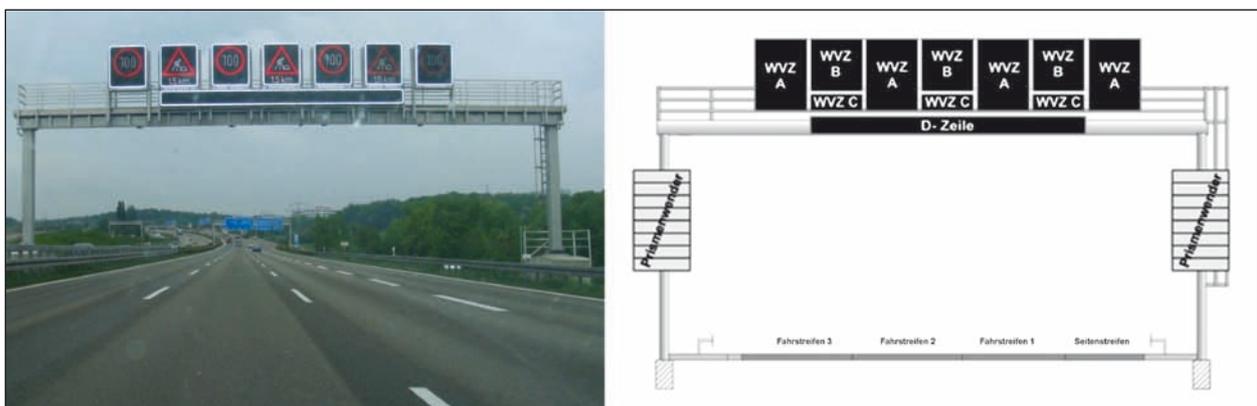


Bild 1.1: Zusätzlich angebrachte „D-Zeile“ an einem AQ im Bereich von SBA (rechts entnommen SVZ-BW, 2012)

1.2 Aufgabenstellung

Die Auswirkungen von zusätzlich angebrachten Textanzeigen auf den Anzeigenquerschnitten (AQ) von SBA werden im Rahmen dieser Arbeit verkehrstechnisch, -rechtlich und wahrnehmungspsychologisch untersucht. Es wird u. a. untersucht, welche Auswirkungen die zusätzlichen Informationen auf die Fahrzeugführer haben und dies zu einem geänderten Fahr- und Bremsverhalten oder zur Fehlinterpretation von StVO-verbindlichen Wechselverkehrszeichen (in dem Anzeigenquerschnitt folgenden Streckenabschnitt) führen kann. Neben der Betrachtung eines möglichen geänderten Fahrverhaltens soll auch der Einfluss auf die Wirksamkeit von SBA analysiert werden. Beigefügte beispielhafte Textinhalte (siehe Tabelle 1.1),

Nr.	Zeilentext
1	Xx km Stau hinter Ax A-Dorf
2	Uxx überlastet
3	Stau A/Bxx Ri. A-Dorf
4	Vollsperrung hinter A-Dorf
5	Lkw Blockabfertigung ab AS Kirchheim
6	Lkw-Verbot Uxx aufgehoben
7	Fahrbahntemperatur +/- xx °C
8	Aquaplaning
9	Sturmböen
10	Tempolimit zur Stauvermeidung
11	Tempolimit für Ihre Verkehrssicherheit
12	Seitenstreifen im Baustellenbereich mit benutzen
13	Verkehrskontrolle in xx km
14	Seitenstreifenfreigabe nach xx m
15	Stau in (8)
16	Stau auf (B10/B27) Richtung Stuttgart
17	Unfall hinter (8)
18	Vollsperrung hinter (8)
19	Engelbergbasistunnel gesperrt
20	Hohes Verkehrsaufkommen/Harmonisierung Verkehr
21	Straßenschäden
22	Arbeiten am Mittelstreifen/Seitenstreifen
23	Markierungsarbeiten
24	U (Nr.) ab (8) fahren
25	Testbetrieb/Anlagenbetrieb ab (Datum)
26	Anlage aus wegen Wartung
27	Aktuelle Fahrbahntemperatur: x °C

Tab. 1.1: Zu untersuchende Textinhalte der D-Zeile

die gemeinsam mit den in der RWVZ (1997) und RWVA (1997) vorgesehenen Anzeigehalten gezeigt werden, werden in die Untersuchung einbezogen. Zusätzlich wird die Auswirkung der Wechselverkehrszeichen, mit und ohne D-Zeile auf die Verständlichkeit und Wahrnehmbarkeit der Zeicheninhalte untersucht.

Bei der Auswahl der Probanden und Interpretation der Ergebnisse werden u. a. unterschiedliche Voraussetzungen der Verkehrsteilnehmergruppen („Pendler“, Fernfahrer, Nicht-Muttersprachler) beachtet. Dabei wird untersucht, welche Faktoren die Begreifbarkeit der Anzeigen und das damit verbundene Verhalten der Verkehrsteilnehmer beeinflussen können.

Weiterhin wird der Aspekt der Einflüsse auf die Harmonisierungsbestrebungen der EU, die im Rahmen des EasyWay-Projektes aktuell durchgeführt werden, analysiert.

2 Methodisches Vorgehen und Arbeitsprogramm

Die methodische Vorgehensweise und das sich hieraus ergebende Arbeitsprogramm sahen sechs, zum Teil aufeinander aufbauende Arbeitsschritte vor (siehe Bild 2.1). Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurden Untersuchungen auf der Grundlage wahrnehmungspsychologischer Studien durchgeführt. Diese werden nachfolgend erläutert.

In einem ersten Schritt wurde vorhandenes Wissen (national und international) soweit wie möglich gesammelt, strukturiert und dokumentiert. Ziel war es, einen Überblick über den aktuellen Stand des Wissens zu den Fragen der Anzeige von Textzeilen auf Verkehrsbeeinflussungsanlagen sowohl aus Sicht der Verkehrstechnik als auch aus Sicht der Psychologie zu erhalten.

In einem zweiten Schritt wurden mögliche Konflikte und Probleme (z. B. Wahrnehmbarkeit, Verständnis, Akzeptanz, Entscheidungen, Auswirkungen auf das Fahrverhalten), die sich aus der gleichzeitigen Anzeige mehrerer Inhalte ergeben können, zusammengetragen.

Im dritten Schritt wurden das Untersuchungsdesign und der Probandenkreis für die empirische Studie festgelegt, sodass belastbare Ergebnisse erzielt werden können.

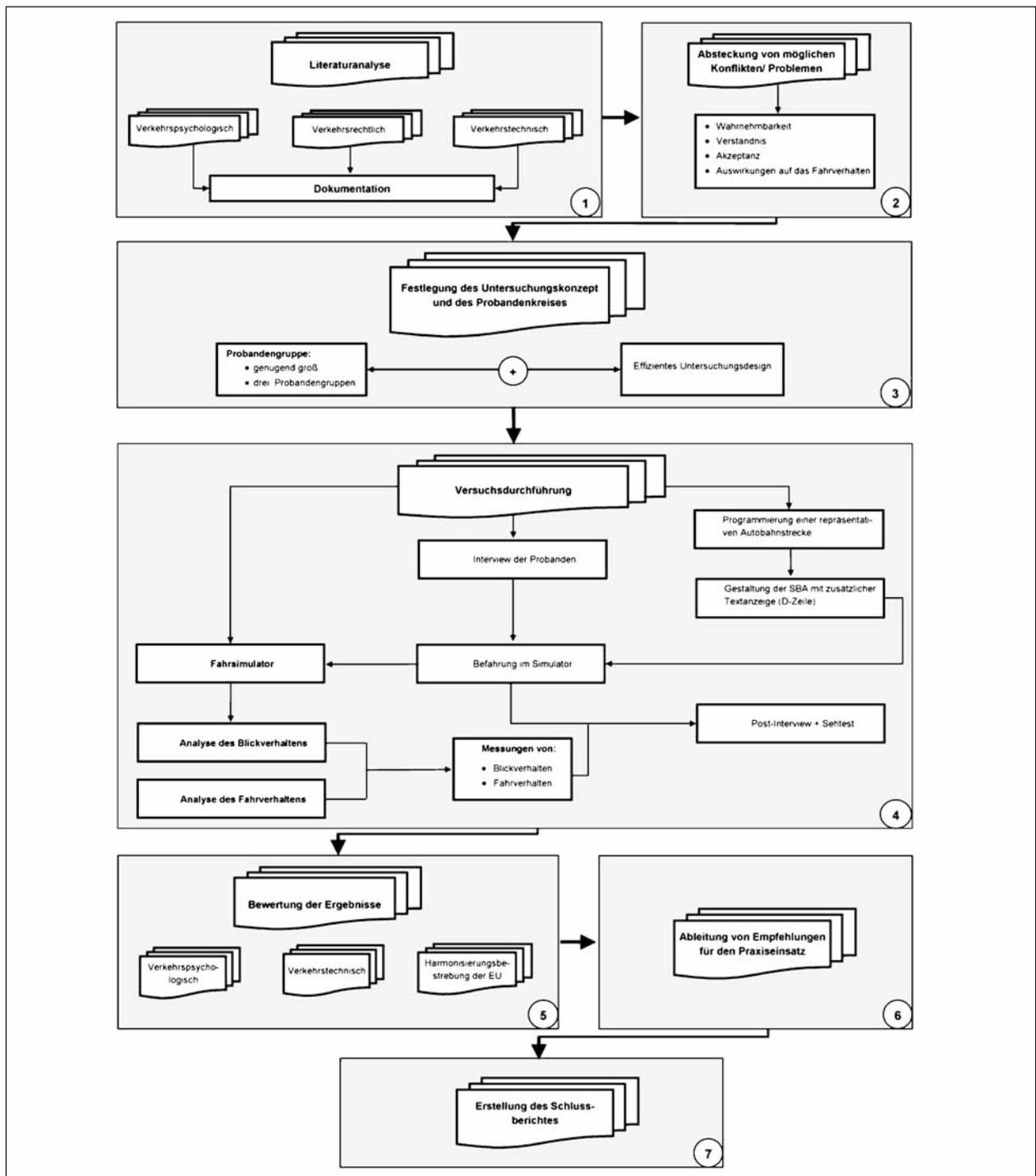


Bild 2.1: Methodisches Vorgehen/Ablauf der Untersuchungen

Nach der Festlegung des Experimentalaufbaus wurde in einem vierten Schritt die empirische Studie durchgeführt.

Auf Grundlage der in den vorgegangenen Arbeitsschritten gewonnenen Erkenntnisse wurde in einem fünften Schritt die Untersuchung mithilfe statistischer Verfahren ausgewertet und in geeigneter Form dargestellt.

In einem sechsten Schritt wurden schließlich Empfehlungen für den Praxiseinsatz abgeleitet.

3 Literaturanalyse

In diesem Kapitel werden zunächst verkehrsrechtliche Aspekte untersucht, anschließend werden verkehrstechnische Erfahrungen dargestellt und

schließlich Gestaltungsanforderungen beschrieben. Darüber hinaus wird der Aspekt der Akzeptanz analysiert. Abschließend werden Erfahrungen aus internationalen Studien und dem europäischen Projekt EasyWay wiedergegeben. Das Kapitel schließt mit einem Fazit.

3.1 Verkehrsrechtliche Aspekte

Um die Frage, ob es sich bei den hier zu untersuchenden D-Zeilen an den AQ im Bereich von SBA um Verkehrszeichen oder -einrichtungen handelt, bzw. die Frage der Eingruppierung der D-Zeilen zu beleuchten, werden im Folgenden relevante Gesetze, Richtlinien und Hinweisen angeführt.

Neben dem Straßenverkehrsgesetz (StVG) bildet die Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) die Grundlage aller in Deutschland zulässigen Verkehrszeichen und Wegweisungen. Zahlreiche Verordnungen und Richtlinien ergänzen dieses Gesetz, wie z. B. die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO), die Richtlinie für Wechselverkehrszeichen an Bundesfernstraßen (RWVZ), die Richtlinie für Wechselverkehrszeichenanlagen (RWVA) und die Richtlinie für die wegweisende Beschilderung auf Bundesautobahnen (RWBA). Darüber hinaus sind Normblätter des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN), europäische Normen (EN) sowie Veröffentlichungen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) wie Hinweise und Merkblätter zu beachten.

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich in verbindlicher Form verpflichtet, mit möglichst wenig Verkehrszeichen im Straßenverkehr auszukommen (Wiener Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen vom 08.11.1968, BGBl.II, 1977, S. 809 ff.).

3.1.1 D-Zeile – Verkehrszeichen oder -einrichtung?

Handelt es sich bei den D-Zeilen um Verkehrszeichen oder -einrichtungen, so gelten die im Folgenden aufgeführten rechtlichen Grundlagen.

Straßenverkehrs-Ordnung – StVO

In den §§ 39 ff. der StVO sind die Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen beschrieben. Hierbei wird im § 39 StVO unterschieden zwischen: Gefahrzeichen, Vorschriftzeichen und Richtzeichen. Zusätzlich kennt sie Zusatzzeichen, die unmittelbar

unter dem Verkehrszeichen angebracht sind, auf das sie sich beziehen. Zusatzzeichen zeigen Sinnbilder, Zeichnungen oder Aufschriften.

Mit den D-Zeilen soll zusätzlich zu den üblichen Wechselverkehrszeichen Text angezeigt werden. Sie sind weder Gefahrzeichen noch Vorschriftzeichen. Sie können aufgrund ihres textlichen Inhaltes als auch ihrer Anordnung unter den Verkehrszeichen als Zusatzzeichen angesehen werden. Hierbei ist zu beachten, dass sich Zusatzzeichen stets auf ein Verkehrszeichen beziehen. D. h. werden D-Zeilen als Zusatzzeichen angezeigt, so muss dies in Kombination mit einem Verkehrszeichen geschehen. Je nach Inhalt könnten sie allerdings ebenso als Richtzeichen, hier insbesondere als Wegweiser (vgl. dWiSta), eingestuft werden.

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur StVO – VwV-StVO

In der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (VwV) zur Straßenverkehrs-Ordnung sind die Anwendung und der Einsatz der Verkehrszeichen geregelt.

In der Verwaltungsvorschrift wird insbesondere darauf verwiesen, dass zum einen so wenig wie nötig und zum anderen nur die in der StVO genannten Verkehrszeichen verwendet werden dürfen. Redundante Verkehrszeichen sind zu vermeiden. Des Weiteren regelt die Verwaltungsvorschrift die Maße und Ausführungsvarianten von Verkehrszeichen sowie Anbringungsweise und Anbringungsort. Auch zur Häufung der Verkehrszeichen enthält die Verwaltungsvorschrift konkrete Hinweise. So dürfen nicht mehr als drei Verkehrszeichen an einem Pfosten oder sonst unmittelbar über- oder nebeneinander angebracht werden. Gefahrzeichen stehen in der Regel allein. Sie können, wie es an AQ im Bereich von SBA regelmäßig geschieht, mit Verkehrsverboten (Lkw-Überholverbot oder zul. Höchstgeschwindigkeit) kombiniert werden, wenn durch das Gefahrzeichen vor der Gefahr gewarnt wird, wegen der die Verbote ausgesprochen werden.

Gleichzeitig gibt die Verwaltungsvorschrift eine Reihe von Empfehlungen, welche Verkehrszeichen mit welchen anderen Schildern zusammen angebracht sein dürfen, teilweise werden auch konkrete Verbote über die Kombination von Schildern ausgesprochen. So untersagt die Verwaltungsvorschrift u. a., dass mit der Aufhebung von Strecken-

verboten (z. B. Aufhebung von Überholverbot oder Geschwindigkeitsbegrenzungen) andere Zeichen kombiniert werden dürfen.

Für Verkehrszeichen gilt allgemein: „Es dürfen nur die in der StVO abgebildeten Verkehrszeichen verwendet werden oder solche, die das für Verkehr zuständige Bundesministerium nach Anhörung der zuständigen obersten Landesbehörden durch Verlautbarung im Verkehrsblatt zulässt. Die Formen der Verkehrszeichen müssen den Mustern der StVO entsprechen.“ Auch wie Zusatzzeichen auszugestalten sind, gibt das für Verkehr zuständige Bundesministerium nach Anhörung der zuständigen obersten Landesbehörden im amtlichen Katalog der Verkehrszeichen (VzKat) im Verkehrsblatt bekannt. Abweichungen von dem in diesem Verzeichnis aufgeführten Zusatzzeichen sind nicht zulässig.

Andere Zusatzzeichen bedürfen der Zustimmung der obersten Landesbehörde. Zusatzzeichen sollen laut VwV-StVO wenn möglich nicht beschriftet sein, d. h. keinen Text, sondern Sinnbilder (Piktogramme) zeigen. Mehr als zwei Zusatzzeichen sollten laut VwV-StVO an einem Pfosten, auch zu verschiedenen Verkehrszeichen, nicht angebracht werden. Die Zuordnung der Zusatzzeichen zu den Verkehrszeichen muss eindeutig erkennbar sein.

Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen – RWVA

Die RWVA enthalten die bautechnischen Grundsätze für Bau und Betrieb von Verkehrsbeeinflussungsanlagen. In der VwV-StVO zu §§ 39 bis 43 erfolgt der Verweis auf diese Richtlinie.

Die Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen schreiben vor: „Wechselverkehrszeichenanlagen müssen nach einheitlichen Richtlinien und Vorgaben konzipiert, errichtet und betrieben werden. WZG in Verkehrsbeeinflussungsanlagen sollen für gleiche Einsatzzwecke wegen des erforderlichen einheitlichen Erscheinungsbildes für die Kraftfahrer einheitlich ausgeführt werden.“

3.1.2 D-Zeile kein Verkehrszeichen oder -einrichtung?

Werden die D-Zeilen jedoch nicht als Verkehrszeichen oder -einrichtungen angesehen, so gelten die im Folgenden aufgeführten rechtlichen Grundlagen.

Straßenverkehrs-Ordnung – StVO

Wird die D-Zeile nicht in die Kategorie der Verkehrszeichen eingruppiert, so ist der Paragraph der Verkehrsbeeinträchtigung (§ 33 StVO) zu beachten, der besagt, dass Einrichtungen, die Zeichen oder Verkehrseinrichtungen (§§ 36 bis 43 StVO) gleichen, mit ihnen verwechselt werden können oder deren Wirkung beeinträchtigen können, nicht dort angebracht werden dürfen oder sonst verwendet werden, wo sie sich auf den Verkehr auswirken können. D. h. eine gleichzeitige Anzeige der D-Zeile während des Einsatzes der SBA wäre demnach nicht zulässig.

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur StVO – VwV-StVO

Die Verwaltungsvorschrift führt zu § 33 StVO zusätzlich aus, dass schon bei nur oberflächlicher Betrachtung eine Einrichtung nicht den Eindruck erwecken darf, dass es sich um ein amtliches oder sonstiges zugelassenes Verkehrszeichen oder eine amtliche Verkehrseinrichtung handelt.

3.1.3 Gerichtsurteile

Die Analyse verschiedener Gerichtsurteile zeigt, dass der Einsatz von Verkehrszeichen sorgfältig geplant werden muss. So stellt der Bundesgerichtshof (BGH) z. B. fest: „Die Verantwortung für das Anbringen vorschriftsmäßiger Verkehrszeichen trägt grundsätzlich allein die Straßenverkehrsbehörde. Dennoch kann im Einzelfall auch der Träger der Straßenbaulast als Verkehrssicherungspflichtiger verpflichtet sein, bei der Straßenverkehrsbehörde auf eine Änderung der Verkehrsregelung hinzuwirken, wenn er die von einer unzulänglichen Beschilderung ausgehenden Gefahren erkennt oder eine derartige Verkehrsgefährdung so offensichtlich ist, dass sich die Notwendigkeit alsbaldiger Maßnahmen geradezu aufdrängen“ (BGH, Urteil vom 15.6.2000 – III ZR 302/99; OLG Brandenburg; LG Cottbus).

Ein weiteres Urteil des BGH besagt: „Verkehrseinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass ihre Anordnung bei zumutbarer Aufmerksamkeit im Fahren durch einen beiläufigen Blick erfasst, verstanden und befolgt werden können; sie dürfen nicht in einem auch nur optischen Widerspruch zu einer anderen Verkehrslenkungsmaßnahme stehen“ (BGH, NJW 66, 1456).

In diesem Sinne urteilte auch das Oberlandesgericht Jena: „Verkehrseinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass sie für einen Verkehrsteilnehmer mit durchschnittlicher Aufmerksamkeit durch einen beiläufigen Blick deutlich erkennbar sind und eine möglichst gefahrlose Abwicklung des Verkehrs ermöglichen; sie dürfen weder irreführend noch undeutlich sein. Verkehrszeichen müssen deshalb so angebracht und – bei Schilderkombinationen – gestaltet sein, dass auch ein ortsunkundiger Verkehrsteilnehmer Sinn und Tragweite der getroffenen Regelung ohne Weiteres erkennen kann, ohne nähere Überlegungen hierüber anstellen zu müssen“ (OLG Jena v. 06.05.2010).

Das Bayerische Oberlandesgericht befasste sich mit Zeichen, die nicht im Verkehrszeichenkatalog aufgeführt waren: „Verkehrszeichen sind nur die im amtlichen Verkehrszeichenkatalog durch den Bundesminister für Verkehr zugelassenen Gefahr-, Vorschrift-, Richt- und Zusatzzeichen. Auch Verkehrseinrichtungen und Lichtzeichenanlagen zählen dazu. Eigenentwicklungen, sogenannte 'Phantasiezeichen' sind regelmäßig nichtig und daher unbeachtlich“ (BayObLG VRS 40, 379).

3.2 Verkehrstechnik

3.2.1 Stand der Wissenschaft und Technik

In Deutschland werden Anlagen zur Verkehrsbeeinflussung auf den Bundesfernstraßen in Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) und in Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) unterschieden. Beide gehören zu den Wechselverkehrszeichenanlagen (WVA). SBA werden auf stark belasteten Autobahnen zur Harmonisierung des Verkehrsflusses sowie zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Unfallschwerpunkten eingesetzt. Durch den Einsatz von geeigneten, der jeweiligen Verkehrs- und/oder Witterungssituation angepassten Geboten, Verboten oder Warnungen soll die Verkehrssicherheit erhöht und der Verkehrsablauf verbessert werden, sodass die Stau- und Unfallgefahr reduziert und die Streckenkapazität erhöht werden kann.

Das Routenwahlverhalten wird in Deutschland mithilfe von Netzbeeinflussungsanlagen (NBA), die in Form von additiven und/oder substitutiven Wechselwegweisern (WWW) oder auch als dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) gestaltet sind, beeinflusst. Darüber hinaus gehören zu den Verkehrsbeeinflussungsanlagen

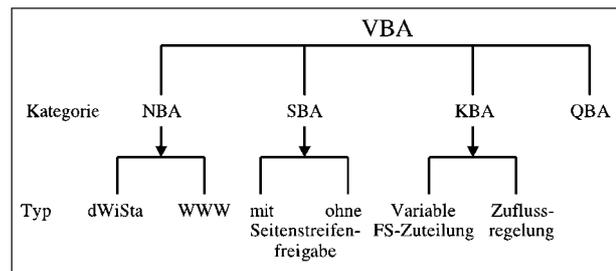


Bild 3.1: Kategorien und Typen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) (entnommen FGSV, 2007)

(VBA) auch Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA) sowie punktuell querschnittsbezogen wirksame Anlagen (QBA) (siehe Bild 3.1).

Die Anforderungen an die WVZ sind in den „Richtlinien für Wechselverkehrszeichen an Bundesfernstraßen“ (RWVZ, 1997) geregelt, die das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Einvernehmen mit den zuständigen obersten Landesbehörden im Verkehrsblatt gegeben hat.

Ein wichtiges Prinzip dieses Regelwerkes ist die Einheitlichkeit der Anzeigen hinsichtlich der Konzeption, der Errichtung und des Betriebes. Grundlage aller Verkehrszeichen und -einrichtungen sind die Regeln der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und die Festlegung der zugehörigen Verwaltungsvorschriften (VwV-StVO).

Die prinzipielle Entwicklung der SBA ist im Wesentlichen abgeschlossen. Durch die Investitionen des BMVBS für Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) bestehen bereits heute zahlreiche SBA auf Bundesfernstraßen. Viele von ihnen werden im Dauerbetrieb betrieben.

Bereits für die ersten SBA, bedingt durch die frühere Technologie (Prismenwender), wurden die noch heute üblichen Staffelungen der Anzeigen in 20 km/h Schritten verwendet. ZACKOR und SCHWENZER (1988) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, dass mit der fortgeschrittenen Technologie der Anzeigen zwar eine feinere Staffelung der Geschwindigkeitsbegrenzungen möglich wäre, diese jedoch zu Einbußen in der Akzeptanz der Anlagen sowie einer Überforderung der Verkehrsteilnehmer führen würde.

Bestrebungen zur Erhöhung der Kapazität von Streckenabschnitten haben dazu geführt, dass neben der Geschwindigkeitsbeeinflussung als weitere verkehrsrechtliche Anordnung der Erlass von Lkw-Überholverböten eingeführt wurde. Für die

Erhöhung der Verkehrssicherheit wurde in den vergangenen Jahren die Palette der anzeigbaren Warn- und Hinweistafeln stetig weiterentwickelt. Warnung vor Gefahr bringenden Fahrbahnbedingungen wie z. B. Schleudergefahr, Glätte oder Sichtbedingungen wie z. B. Nebel werden neben Verkehrszuständen (Stau, Staugefahr, Unfallwarnung, Baustellenwarnung, allgemeine Warnung) zusammen mit dem Überholverbot mit nur einem WVZ und einem textlichen Zusatzzeichen angezeigt.

Davon ausgehend werden in Deutschland an Streckenbeeinflussungsanlagen die Wechselverkehrszeichen Typ A, Typ B und Typ C unterschieden. Das fahrstreifenbezogene WVZ Typ A ist dabei über jeden Fahrstreifen der Fahrbahn installiert und zeigt Geschwindigkeitsbegrenzungen und Dauerlichtzeichen wie z. B. Fahrstreifensperrung bzw. Fahrstreifenräumung an. Das mittig zwischen den WVZ Typ A angeordnete WVZ Typ B zeigt Warnhinweise wie Stausymbol, Baustellensymbol etc. an. Das WVZ Typ C befindet sich unterhalb des WVZ Typ B und zeigt einzeilige kurze Zusatztexte wie z. B. „Nebel“, „Unfall“ etc. sowie Entfernungsangaben. Bild 3.2 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau einer SBA gemäß den aktuellen „Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen“ (RWVA, 1997). Dabei sind die drei Gruppen von WVZ und deren Anordnung an einem dreistreifigen Querschnitt dargestellt.

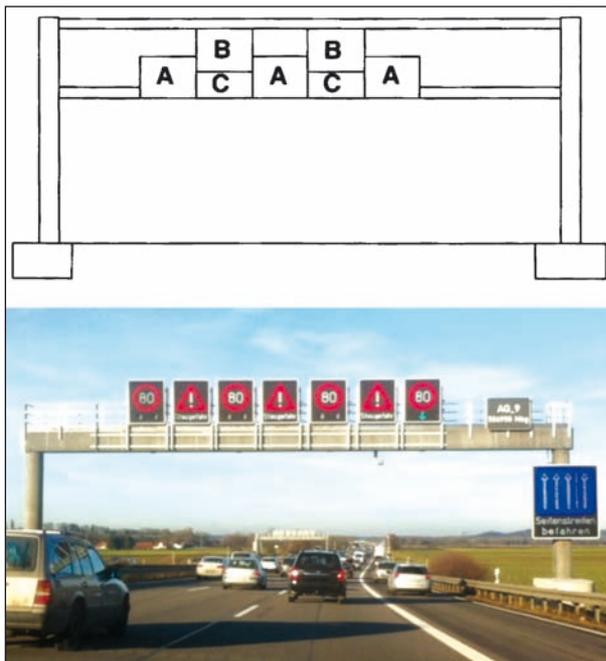


Bild 3.2: WVZ an Verkehrszeichenbrücke über dreistreifigen-Richtungsfahrbahnen (oben) (Schema entnommen RWVA, 1997); Beispiel für eine moderne SBA in Deutschland (unten)

Eine Erhöhung der Verkehrssicherheit wurde in Untersuchungen u. a. von SIEGENER et al. (2000) sowie NAGL et al. (2008) nachgewiesen (vgl. auch KLIJNHOUT, 1984; de ROSS & WALL, 2006; RĂMĂ & SCHIROKOFF, 2004). SIEGENER et al. (2000) stellten nach der Installation einer SBA einen Rückgang der Gesamtzahl an Unfällen von etwa 25 % fest. Ferner berichten die Autoren einen Rückgang der Nebelunfälle um 80 % sowie einen Rückgang der Unfallzahlen bei Massenunfällen mit mehr als fünf Beteiligten um 54 %.

ZACKOR (1972) konnte bereits früh in seinen empirischen Untersuchungen den allgemein gültigen Einfluss von Geschwindigkeitsbeschränkungen durch SBA auf die Erhöhung der maximalen Verkehrsstärke einer Strecke feststellen. Auch CREMER (1979) führt an, dass eine Geschwindigkeit von 80 km/h durch das Angleichen im Geschwindigkeitsverhalten und dem damit verbundenen Abstandsverhalten zu einer maximalen Verkehrsstärke einer Strecke führt. Dieser Zusammenhang wird im Fundamentaldiagramm deutlich.

SCHICK (2003) und PISCHNER et al. (2003) konnten in ihren Untersuchungen keine signifikante Auswirkung der SBA auf die Kapazität nachweisen. Daneben stellen SCHICK (2003) und PISCHNER et al. (2003) fest, dass die Wirkung einer SBA eine Stabilisierung und Harmonisierung des Verkehrsflusses bei hohen Verkehrsstärken bewirkt.

Aus Bild 3.3 wird deutlich, dass sich im instabilen Bereich mithilfe von Verkehrsbeeinflussung höhere mittlere Geschwindigkeiten mit einer geringeren

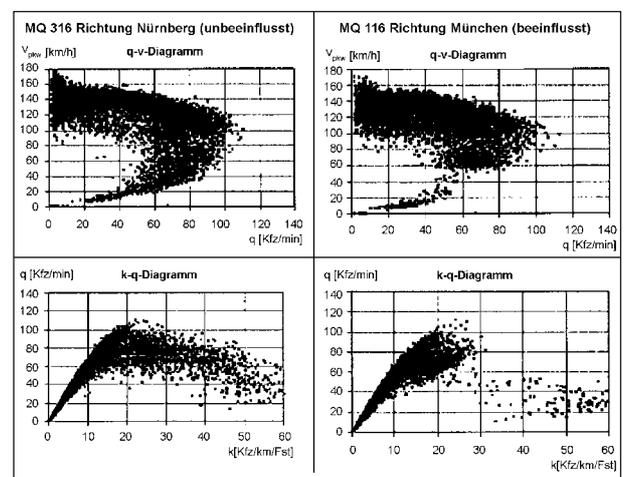


Bild 3.3: Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit, Dichte und Verkehrsstärke unter unbeeinflussten (links) und beeinflussten (rechts) Bedingungen, dargestellt im Fundamentaldiagramm (entnommen PISCHNER et al., 2003)

Streuung erreichen lassen (vgl. u. a. SMULDERS, 1994; RÄMÄ, 2001; SCHICK, 2003; MEEKUMS & WHITE, 2006). Der Vorteil zeigt sich darin, dass auch bei hohem Verkehrsaufkommen eine geringere Wahrscheinlichkeit eines Zusammenbruchs des Verkehrsflusses gewährleistet werden kann. Eine Erhöhung der mittleren Geschwindigkeiten um 10 % bzw. 10 bis 15 km/h wurde von PISCHNER et al. (2003) festgestellt.

GEISTEFELD und LOHOFF (2011) berichten, dass eine Harmonisierung des Verkehrsflusses in starkem Maße von der Akzeptanz der Anlage seitens der Verkehrsteilnehmer abhängt. Ferner halten sie fest, dass eine Erhöhung dieser Akzeptanz nicht durch lokale Geschwindigkeitsüberwachungen erreicht werden kann. Vielmehr würde sich dadurch die Reaktion der Verkehrsteilnehmer durch abruptes Abbremsen störend im lokalen Verkehrsfluss auswirken.

Traffic optimisation by the integration of information and control (TROPIC)

Die im Jahr 1999 veröffentlichte Studie „Traffic Optimisation by the Integration of Information and Control“ (TROPIC, 1999) machte sich zum Ziel, Wissen über variable Informationsanzeigen in Europa zu untersuchen. HARTZ und SCHMIDT (2005) schreiben, dass zu den praktischen Ergebnissen u. a. die Entwicklung neuer Piktogramme, die Empfehlung für die Entwicklung von Textanzeigen, eine Richtlinie für die notwendige Infrastrukturausstattung für variable Hinweistafeln (Variable Message Signs, VMS), Richtlinien für VMS-Betreiber über die Länge der Nachrichten, bilinguale Anzeigen und die Anzeige redundanter Piktogramme gehören.

Ferner geben HARTZ und SCHMIDT (2005) folgende wichtige Ergebnisse der Studie wieder:

- Bei Geschwindigkeiten über 130 km/h verlangsamten die Verkehrsteilnehmer ihre Fahrt, um die Informationen lesen zu können.
- Anschlussstellen- oder Knotenpunktnummern sollten in Textinformationen vermieden werden, da eine signifikante Anzahl der Verkehrsteilnehmer damit nicht vertraut ist. Ortsnamen sollten bevorzugt werden, um eine bessere geographische Zuordnung zu gewährleisten.
- Eine Information sollte nicht mehr als drei bis vier Informationseinheiten enthalten, d. h. ca. fünf bis sieben Worte, inklusive Symbolik.
- Abkürzungen und Präpositionen sollten vermieden werden.
- Textnachrichten sollten, sofern möglich, durch Piktogramme ergänzt werden, möglichst kurz sein oder besser vermieden werden.

Europäische Norm EN 12966

Die europäische Norm EN 12966 (2007) für Wechselverkehrszeichen verbindet den Wunsch und Anspruch einer Angleichung nationaler Verkehrsregelungen auf europäische Verhältnisse. Die Norm, die aus dem Teil 1: Wechselverkehrszeichen (Variable Message Signs VMS), Teil 2: Erstprüfung (Initial type testing) sowie Teil 3: Werkseigene Produktionskontrolle (Factory production control) besteht, ist für die Anwendung von Straßenbauämtern und privaten Baurägern gedacht, die WVZ verwenden wollen (vgl. HARTZ und SCHMIDT, 2005). Die Anforderungen der europäischen Norm werden im Wesentlichen durch die physikalischen Eigenschaften der WVZ ausgedrückt. Es wird beispielsweise ausgedrückt, welche Größe Ronden, Dreiecke und Schriften haben dürfen (siehe Bild 3.4 und Bild 3.5). Darüber hinaus werden die konstruktive Beschaf-

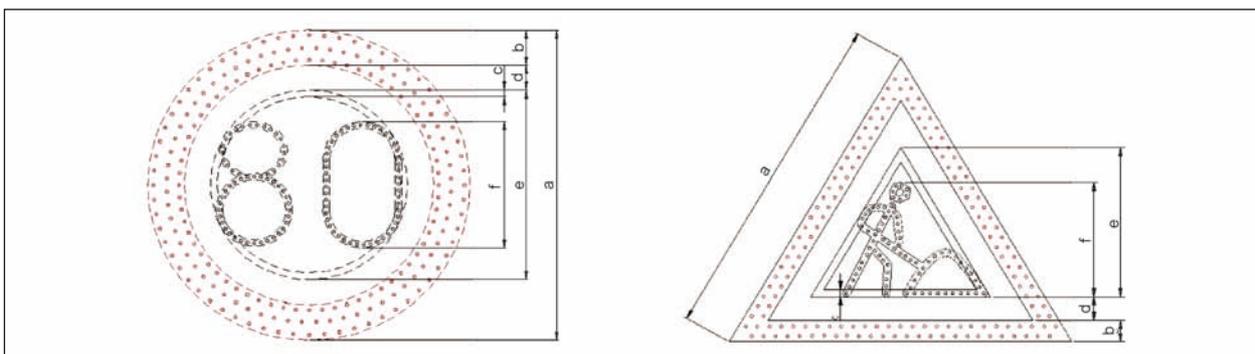


Bild 3.4: Beispiel einer kreisförmigen Geschwindigkeitsbegrenzung als WVZ (links) und einem dreieckigen Warndreieck als WVZ (rechts) mit den jeweiligen Parametern, die in relativem Bezug zur Gesamtgröße der Zeichen stehen (entnommen EN 12966, 2007)

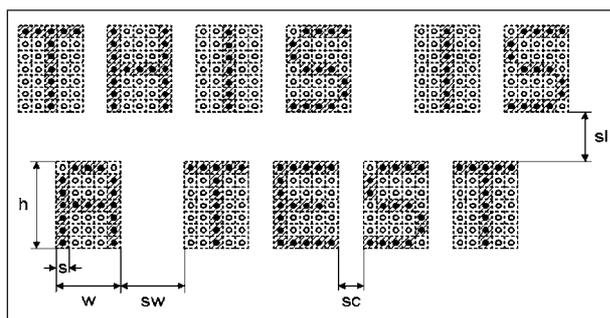


Bild 3.5: Textanzeigen mit normierten Elementen zur Vereinheitlichung (entnommen EN 12966, 2007)

fenheit von WVZ, die statischen Anforderungen sowie zu verwendenden Prüf- und Messverfahren definiert.

Zur klaren Lesbarkeit stehen genormte Abstände und Größen zwischen den Elementen, die in relativem Bezug zur Gesamtgröße der Zeichen stehen (siehe Bild 3.4). Gleichmaßen unterliegen textliche Informationen den normativen Anforderungen einer textlichen Darstellung. So werden hier u. a. die Schriftzeichenhöhe, Schriftzeichenabstand, Wortabstand sowie Zeilenabstand als Elemente zur Vereinheitlichung normiert (siehe Bild 3.5).

3.2.2 Bisherige Studien

Bisherige Studien beschäftigten sich mit dynamischen Wegweisern mit integrierten Stauinformationen (dWiSta, FÄRBER et al., 2005), der Aufnahme von Wegweisungsinformationen im Straßenverkehr (AWewiS, FÄRBER et al., 2007), der verkehrspsychologischen Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen (ASTRA, 2008) sowie ergänzenden Reisezeitinformationen neben der Angabe von Staulängen (KREMS et al., 2009). Die Ergebnisse dieser und weiterer Studien werden im Kapitel 4 in Zusammenhang zu wahrnehmungspsychologischen und informationsverarbeitenden Prozessen erläutert.

3.3 Gestaltungsanforderungen

Als wesentliche Anforderungen an die Gestaltung von statischen und dynamischen Beschilderungen bzw. Anzeigen werden in der Literatur die Erkennbarkeit, die Lesbarkeit, die Wahrnehmbarkeit, die Begreifbarkeit sowie die Verständlichkeit genannt. ZACKOR et al. (2000) schreiben, dass die Verständlichkeit von Anzeigen von deren Informationsstruktur, deren Anzeigeumfang sowie den Sprachkenntnissen der Verkehrsteilnehmer abhängt.

KRONBORG (2001) hält fest, dass für das Anzeigen von Wechselverkehrszeichen folgende Aspekte zu beachten sind:

- Weniger Informationen oder gar keine Information ist besser als eine schlecht begründete bzw. überflüssige Information.
- Keine Textanzeige ist besser als eine geratene bzw. spekulierte Information.
- Es sollen keine Informationen angezeigt werden, welche die Kraftfahrer für nicht sinnvoll bzw. nicht angebracht halten.

In den aktuell geltenden Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen (RWBA, 2000) aus dem Jahr 2000 wird u. a. gefordert:

- begreifbar und leicht verständlich zu sein; den Anforderungen im internationalen Verkehr zu entsprechen,
- eindeutig zu sein und einen sicheren sowie flüssigen Verkehrsablauf zu gewährleisten,
- ausreichend erkennbar und lesbar zu sein; im fließenden Verkehr bei den vorherrschenden Geschwindigkeiten schnell erfasst und verstanden zu werden,
- Informationen auf die wesentlichen Inhalte zu beschränken,
- neben der Einheitlichkeit der wegweisenden Beschilderung ist auch die übrige Beschilderung auf Autobahnen, die der Verkehrsführung und Verkehrsregelung dient, hinsichtlich Gestaltung, Größe und Aufstellung einheitlich festzulegen.

In den RWVA (1997) werden Wechselverkehrszeichenanlagen, die zur Verkehrsbeeinflussung dienen, geregelt. Es werden einheitliche Richtlinien und Vorgaben in Bezug auf Konzeption, Errichtung und Betrieb von Wechselverkehrszeichenanlagen gefordert (vgl. RWVA, 1997, Kapitel 1.2). Nach den RWVA (1997) sollen Streckenbeeinflussungsanlagen das Verhalten der Kraftfahrer durch Gefahr- und Vorschriftzeichen, die auf der Strecke zu erwartenden Verkehrs- und Umfeldsituationen betreffen, beeinflussen (vgl. RWVA, 1997, Kapitel 2.3.2). Ferner wird festgehalten, dass Kraftfahrer WVZ rechtzeitig erkennen bzw. lesen können müssen, um ihre Fahrweise in angemessener Weise darauf einstellen zu können (vgl. RWVA, 1997, Kapitel 3.3.1).

3.4 Akzeptanz von Verkehrsbeeinflussungsanlagen

In den RWVA (1997) wird darauf hingewiesen, dass ein dauerhaft erfolgreicher Anlagenbetrieb nur mit der Voraussetzung einer hohen Akzeptanz sowie hoher Zuverlässigkeit bezüglich der angezeigten Informationen in Form von WVZ gewährleistet werden kann. Es ist daher von besonderer Bedeutung, die wesentlichen Faktoren zur Akzeptanz sowie zur Zuverlässigkeit zu kennen und diese effektiv einzusetzen.

Nach STEINHOFF et al. (2002) stellen Verkehrsbeeinflussungsanlagen ein komplexes Konstrukt dar, welches von einem rückgekoppelten System aus heterogenen Komponenten (Mensch, Fahrzeug, technische Anlage etc.) sowie Schnittstellen wie z. B. Fahrer-Fahrzeug, Beeinflussungsanlage-Fahrer gebildet wird. Hierbei sind sowohl technische als auch menschliche Aspekte zur Akzeptanz von Wechselverkehrszeichen zu betrachten (vgl. SIEGENER und TRÄGER, 2005) (Bild 3.6).

Die Akzeptanz einer Maßnahme wird bestimmt durch den Befolgungsgrad des Zusammenspiels der genannten Faktoren. Dabei stellt der Mensch

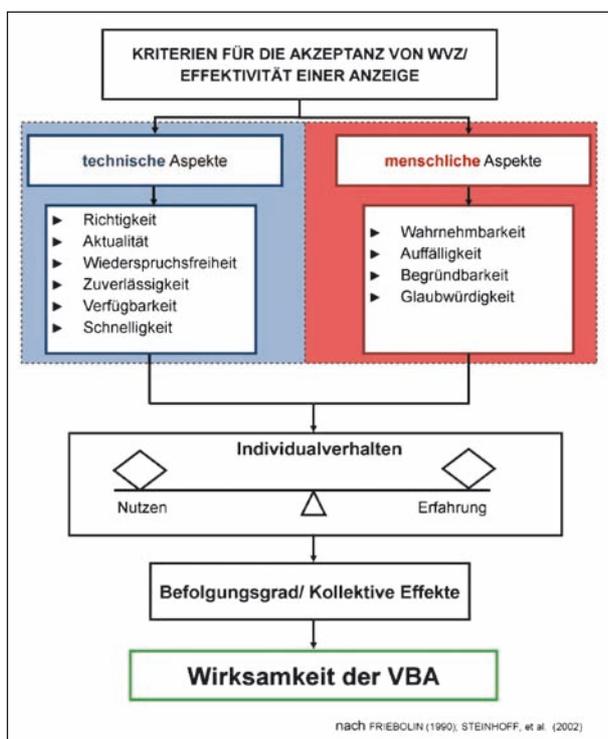


Bild 3.6: Akzeptanz und Wirksamkeit von Wechselverkehrszeichen/Streckenbeeinflussungsanlage (nach FRIEBOLIN 1990, STEINHOFF et al. 2002)

die wichtigste Komponente in der Reihe dar. Die Kriterien für die Akzeptanz (siehe Bild 3.6) beschreiben zwar nachvollziehbare technische und menschliche Aspekte, jedoch sind diese nicht unmittelbar messbar (vgl. KAPPICH et al., 2010).

Das Individualverhalten bzw. die Bereitschaft, sich beeinflussen zu lassen, hängt zudem stark von persönlichen Erfahrungswerten ab. Dabei verringert sich der Befolgungsgrad einer Maßnahme bzw. Anzeige (Zeichen oder Zeichenkombination) mit der Zeit, wenn der Kraftfahrer durch die Maßnahme keinen erkennbaren Nutzen erfährt oder er den Sinn der angeordneten Maßnahme nicht nachvollziehen kann. Sinkt die Akzeptanz der Anlagen durch eine geringe Befolgungsrate¹ des Kollektivs zu stark, verfehlen sie ihre beabsichtigte Wirkung. Eine erkennbare Übereinstimmung für den Kraftfahrer zwischen der angezeigten Information und der aktuellen Verkehrssituation hängt mit der Akzeptanz der Anlage zusammen.

3.5 Internationale Studien und Empfehlungen

Der Einsatz von SBA dient in Deutschland neben der Geschwindigkeitsbeeinflussung zur Verkehrsflussoptimierung vorwiegend dem Sicherheitsgewinn auf Bundesfernstraßen. In den meisten anderen Ländern gibt es die klare Trennung von SBA und NBA, welche in Deutschland bislang angewendet wird, nicht. In ausländischen Richtlinien werden lichttechnisch veränderbare Anzeigen meist insgesamt behandelt, d. h. es findet oftmals keine klare Unterscheidung zwischen reinen Textanzeigen und Wechselverkehrszeichen statt (vgl. HARTZ und SCHMIDT, 2005). Vielmehr wird im Ausland mit den Anlagen Verkehrsmanagement betrieben. Es existieren eine Reihe von Empfehlungen zur Gestal-

¹ Nach KAPPICH et al. (2010) erscheint es sinnvoll, bei einem Geschwindigkeitsgebot den Befolgungsgrad über den Anteil der Pkw zu beschreiben, die diese Geschwindigkeit innerhalb sinnvoller Geschwindigkeitsgrenzen einhalten. Ferner halten sie fest, dass bei einem hohen Anteil von Fahrzeugen, welche die Geschwindigkeit nicht beachten und langsamer fahren als angezeigt, die Angemessenheit der Schaltung der SBA in Bezug auf die Verkehrssituation überprüft werden sollte. Schwieriger erscheint die Wirkung von Geschwindigkeitsanzeigen in Kombination mit weiteren Zusatzzeichen wie Gefahrstelle (Z 101 StVO), Baustelle (Z 124 StVO) bzw. Stau (Z 125 StVO).

tung und Anwendung solcher Tafeln, die nur zum Teil auf Untersuchungen oder Praxistests beruhen (u. a. SETRA, 1994; ITS, 1995; AUSTRROADS, 2007; RTA, 2008; CEDR, 2009; FISCHER & LEWIS, 2008, NCHRP, 2010; FHWA, 2007; FHWA, 2010; NYGARDHS & HELMERS, 2007). Einig ist man sich international darüber, dass möglichst wenig Textanzeigen verwendet werden sollen. Werden dennoch Textanzeigen benötigt, so sollen die Informationen auf wenige Worte oder Zeichen beschränkt werden. Dabei sollen sie verständlich, zuverlässig, korrekt und nützlich sein. Werbung ist nicht zulässig.

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über ausgewählte internationale Empfehlungen gegeben, in der Systeme betrachtet werden, die den deutschen Streckenbeeinflussungsanlagen ähneln und verkehrsrechtliche Anordnungen mittels WVZ erlassen. Information hierzu lagen aus den Ländern Österreich, Niederlande, Großbritannien, Australien und den USA vor. Dabei ist zu beachten, dass in diesen Ländern eine generelle Geschwindigkeitsbegrenzung auf Autobahnen gilt. Aufgenommen wurden weiterhin Erfahrungen aus Frankreich, wo neben der verkehrsrechtlichen Anordnung mittels WVZ ein dreizeiliger Text gezeigt wird, sowie eine Untersuchung aus Norwegen, bei der in einem groß angelegten Feldversuch die Auswirkungen einer dreizeiligen Textanzeige untersucht wurde

3.5.1 Österreich

Im Planungshandbuch der ASFINAG (2007) „Standardisierung für Anzeigen- und Aufstellereinrichtungen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen“ werden Planungsgrundsätze zu Planung, Bau und Betrieb von VBA auf Autobahnen und Schnellstraßen geregelt. Dort werden Einrichtungen u. a. wie Wechselverkehrszeichen, Informationstafeln, Wechselwegweiser sowie Verkehrszeichenbrücken, Seitenauf-

steller zur Umfelddatenerfassung und Lichtsignalen zur Zuflussregelung behandelt. Im Einzelnen werden für Wechselverkehrszeichen bzw. Informationsanzeigen Forderungen u. a. an die Anordnung, an lichttechnischen Eigenschaften sowie Zeichen- und Schriftgröße festgehalten. Die Richtlinie sieht für den Inhalt von Wechselverkehrszeichen fünf Typen vor, die sich grundsätzlich nicht von den Standardverkehrszeichen nach StVO unterscheiden (siehe Bild 3.7):

- Wechselverkehrszeichen A (fahrstreifenbezogen),
- Wechselverkehrszeichen B (richtungsbezogen),
- Wechselverkehrszeichen C (unter WVZ B),
- Wechselverkehrszeichen ZA (fahrstreifenbezogen unter WVZ A) sowie
- Wechselverkehrszeichen F (Prismenwender für die Aufstellung überkopf bzw. seitlich bei Geschwindigkeitsbegrenzung für den Lkw-Verkehr).

Die Anordnung sowie die Zeicheninhalte von WVZ an AQ im Bereich von SBA in Österreich sind nahezu identisch mit denen in Deutschland. Als Besonderheit ist das frei programmierbare Wechselverkehrszeichen ZA (WVZ ZA) zu erwähnen. Dieses befindet sich fahrstreifenbezogen unter dem WVZ A. Die Richtlinie weist darauf hin, dass es im Sinne der Verkehrssicherheit zu keinen widersprüchlichen oder verwirrenden Anzeigen von WVZ ZA und der wichtigeren WVZ C kommen darf (Beispiel: Entfernungsangabe zu Baustelle WVZ C 500 m und Gültigkeitsbereich Tempo 80 WVZ A auf 1.500 m).

Eine weitere Besonderheit der SBA in Österreich ergibt sich aus dem Projekt „Immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussung“ (vgl. BRUNNER und

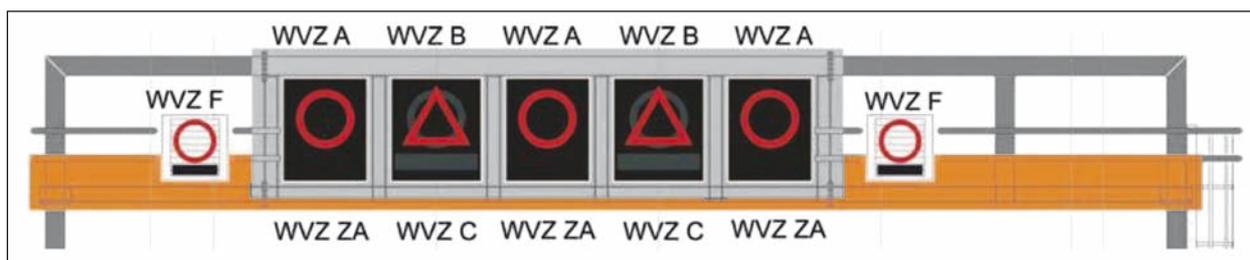


Bild 3.7: Anordnung von WVZ in Österreich (entnommen ASFINAG, 2007)



Bild 3.8: AQ im Bereich von SBA in Österreich (entnommen FORSTER, 2012)

TIEFENTHALER, 2000), in der Geschwindigkeitsbeschränkungen erlassen werden, um so eine Reduktion der Lärmemissionen und Schadstoffemissionen zu bewirken (siehe Bild 3.8). Durch die flexible Geschwindigkeitssteuerung soll eine örtlich und zeitlich situationsgerechte, angepasste und für den Kraftfahrer einsichtige sowie nachvollziehbare Reduktion der Geschwindigkeit erzielt werden.

3.5.2 Niederlande

Ähnlich wie in Deutschland wurden in den Niederlanden Streckenbeeinflussungsanlagen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, zur Steigerung der Kapazität sowie zur Harmonisierung des Verkehrsflusses errichtet. Dabei können Geschwindigkeitsbegrenzungen von der generellen Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 km/h in Abhängigkeit der Verkehrsdichte auf 90 km/h bzw. 70 km/h und bei einem Unfall auf 50 km/h reduziert werden (siehe Bild 3.9).



Bild 3.9: Variable Geschwindigkeitsbegrenzungen in den Niederlanden (oben entnommen RIJKSOVERHEID, 2012; unten entnommen WARREN, 2000)

3.5.3 Großbritannien

Aufbauend auf den Erfolgen der bestehenden Anlagen auf der Motorway M25 (Londoner Ringautobahn) seit 1995 werden weitere Anlagen entlang der Ringautobahn in London geplant. Die Wechselverkehrszeichen können die verbindlichen Höchstgeschwindigkeiten von 40 mph, 50 mph oder 60 mph anzeigen (vgl. Highways Agency, 2009). Mithilfe der Anlagen wird versucht, den Verkehrsfluss zu harmonisieren, Staus zu reduzieren, zuverlässige Fahrtzeiten anzuzeigen, Häufigkeit und Schwere von Unfällen zu minimieren sowie Kohlendioxidemissionen zu verringern. Die Wechselverkehrszeichen stehen überkopf für jeden Fahrstreifen separat zur Verfügung. Zu den Piktogrammen der WVZ werden ergänzend an einer seitlich angebrachten zweizeiligen Tafel Textinformationen angezeigt (siehe Bild 3.10)

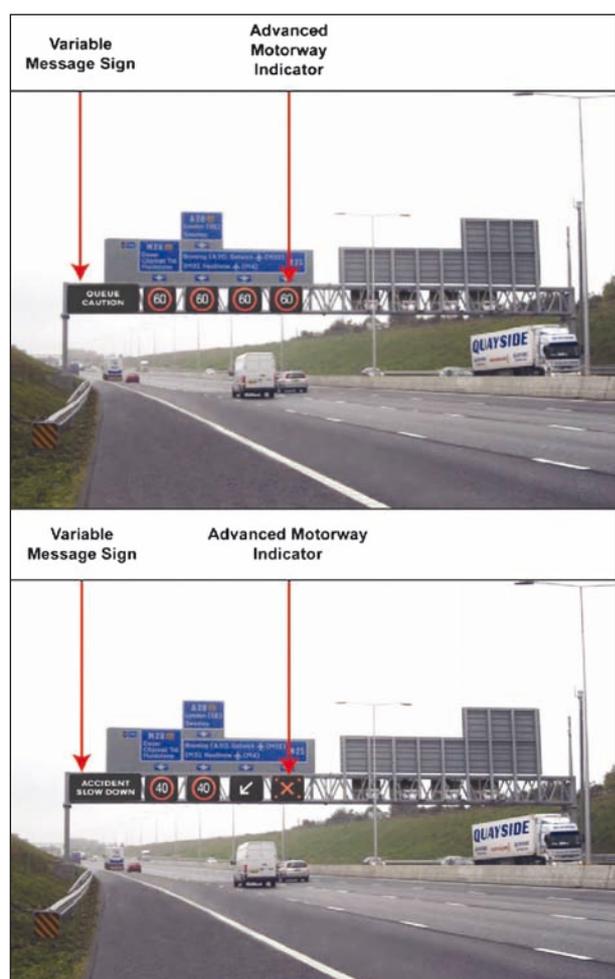


Bild 3.10: Variable Geschwindigkeitsbegrenzung mit Textanzeige (oben); Steuerung eines Unfalls mit einer variablen Geschwindigkeitsbegrenzung, Sperrung eines Fahrstreifens sowie Linkspfeil (unten) (entnommen Highways Agency, 2009)

3.5.4 Frankreich

Seit 1970 werden in Frankreich „Panneaux à messages variables (PMV)“ zur Verbesserung des Verkehrsflusses und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit eingesetzt. Sie sind das Kommunikationselement zwischen dem Verkehrsteilnehmer und dem Verkehrsmanager. Es werden z. B. Informationen über Reisezeiten oder Informationen über einen im kommenden Streckenabschnitt liegenden Unfall angezeigt. In Frankreich existieren z. Zt. zwei Hinweisplakate, SETRA (1994) und CERTU (2009), die an den Verkehrsmanager gewandt Anwendungshinweise und Empfehlungen für PMV geben. In den technischen Hinweisen sind die Ereignisse wann die Tafeln verwendet werden sowie die Inhalte und die Gestaltung der Texte und Zeichen mit denen auf Ereignisse hingewiesen wird, klar dargelegt.

Der Vorteil der Tafeln wird darin gesehen, dass sie ihre Informationen punktuell dort liefern, wo sie benötigt werden und so alle sie passierenden Verkehrsteilnehmer erreichen. Als Fortschritt wird beschrieben, dass im Falle der Verwendung der Piktogramme, es keine Probleme mit der Sprache gibt.

Die überwiegend positiven Rückmeldungen zu den Systemen durch die Nutzer wurde u. a. damit begründet, dass die Nutzer im Laufe der Zeit gelernt hätten, die Syntax welche die Verkehrsmanager benutzen, zu verstehen. Diese guten Resultate wurden u. a. auch auf die strikte Einhaltung der Managementregeln zurückgeführt. Für die Auswahl der Worte und die Verwendung der Verkehrszeichen in Kombination mit den Texten werden klare Hinweise gegeben. Sofern Zeichen und Text gemeinsam gezeigt werden, sollen sie sich auch auf dieselbe Nachricht beziehen. Um gelesen, verstanden und während einer normalen Fahrsituation verarbeitet zu werden, soll der Text aus maximal sieben Worten oder drei Informationseinheiten bestehen. Das Piktogramm liefert die Hauptinformation.

In dem Hinweispapier wird u. a. darauf hingewiesen, dass es zu bestimmten Zeiten in einigen Regionen Frankreichs dazu kommen kann, dass sehr viele ausländische Fahrer die Straßen nutzen. Als Hauptlösung dieses Problem wird vorgeschlagen, universell verständliche Zeichen/Piktogramme zu verwenden, die sich auf keine spezifische Sprache beziehen.

3.5.5 Australien

Um die Anzahl der Auffahrunfälle bei Nebel zu verringern, wurden 1993 in New South Wales die ersten Streckenbeeinflussungsanlagen gebaut (vgl. AUSTRROADS, 2009). Darauf aufbauend wurden anlässlich der Olympiade 2000 auf einigen Autobahnen Verkehrsbeeinflussungsanlagen installiert, welche an mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen Wechselverkehrszeichen mit variablen Geschwindigkeitsbegrenzungen steuern (siehe Bild 3.11). Die Wechselverkehrszeichen werden überkopf für jeden Fahrstreifen angezeigt. An dreizeiligen Tafeln, welche nicht gemeinsam mit den Wechselverkehrszeichen installiert sind, werden Textinformationen angezeigt.



Bild 3.11: Variable Speed Limits and Lane Control Signs in Queensland Australien (entnommen QUEENSLAND GOVERNMENT, 2012)

3.5.6 USA

Basierend auf Wechseltextanzeigen (Variable Message Signs VMS) gibt es zahlreiche Aktivitäten zum Verkehrsmanagement auf Highways in den USA. Seit den frühen 60iger Jahren werden sie in einigen Staaten eingesetzt (FHWA, 2006). Im August 2010 wurde das I-5-„Active Traffic Management“ vom Washington State, Department of Transportation (WSDOT), eröffnet. Das System reagiert automatisch auf wechselnde Verkehrsbedingungen und teilt dem Kraftfahrer Echtzeitinformationen mit (WSDOT, 2012). Das System basiert auf bewährten Systemen, die in Europa in den vergangenen zwei Jahrzehnten entwickelt wurden (WSDOT, 2012). Die Inhalte der Wechseltextanzeigen (VMS) können, vergleichbar mit den WVZ in Deutschland, z. B. Gefahren- und Unfallwarnungen („REDUCE SPEED“, „PREPARE TO STOP“ etc.), Fahrstreifenzuweisungen („LANE CLOSED“, „LANE OPEN“ etc.), sowie gefährliche Umfeldbedingungen anzeigen (siehe Bild 3.12).

An seitlich angebrachten Tafeln werden ergänzend Textinformationen angezeigt. Die Staffelung der Geschwindigkeitsbegrenzungen wird in 10-mph-Schritten geschaltet. Anders als in Deutschland wird die Staffelung der Geschwindigkeit fahrstreifenbezogen angezeigt² (siehe Bild 3.13).

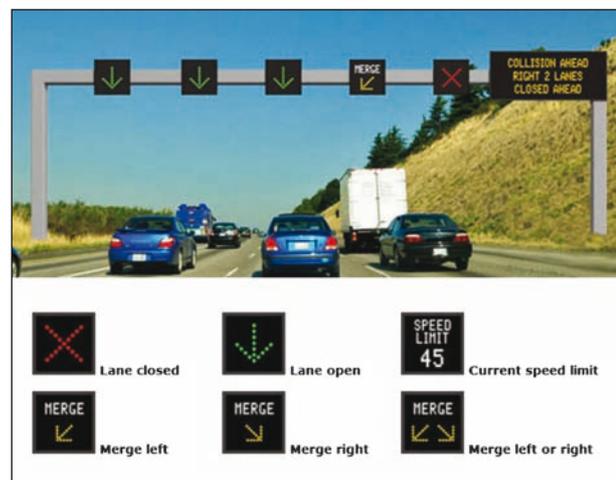


Bild 3.12: Anordnung und Inhalt der VMS (Variable Message Signs) bzw. VSL (Variable Speed Limit) an Washington State Highways (entnommen WSDOT, 2012)



Bild 3.13: Prinzipielle Darstellung einer variablen Geschwindigkeitsbegrenzung an Washington State Highways (entnommen WSDOT, 2012)

² ZACKOR und SCHWENZER (1988) untersuchten den Gedanken von unterschiedlichen Geschwindigkeitsanzeigen an Fahrstreifen an der A 8 bei Stuttgart. Sie konstatierten negative Effekte wie die Zunahme der Spurwechselfrequenz sowie ein ungleichmäßigeres Geschwindigkeitsniveau.

3.5.7 Norwegen

ERKE et al. (2007) untersuchten in einem Feldversuch die Auswirkungen der Routenführung einer VMS hinsichtlich Geschwindigkeit und Routenwahl. An zwei Standorten von zweistreifigen Richtungsfahrbahnen auf Autobahnen wurden den Verkehrsteilnehmern Informationen über eine Sperrung der stromaufwärts liegenden Strecke sowie der Hinweis auf eine Umleitung auf einer dreizeiligen Textanzeige gegeben. Es handelte sich somit um eine Information, die zum einen Großteil der Verkehrsteilnehmer betraf und zum anderen eine Reaktion (Verlassen der Autobahn und Wahl einer Umleitungsstrecke) erforderte. Die Verkehrsbelastungen der Strecken lagen bei einem DTV von 40.000 auf Strecke 1 und 88.000 auf Strecke 2. Während der Untersuchung wurde die stündliche Verkehrsstärke mit 380 Fz/h an Strecke 1 und 950 Fz/h an Strecke 2 gemessen. Es herrschten gute Sichtbedingungen und es lagen keine Stauzustände vor. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit betrug an beiden Strecken 80 km/h.

Ausgewertet wurden die Auswahl der Routen, die Geschwindigkeiten und das Bremsverhalten bei

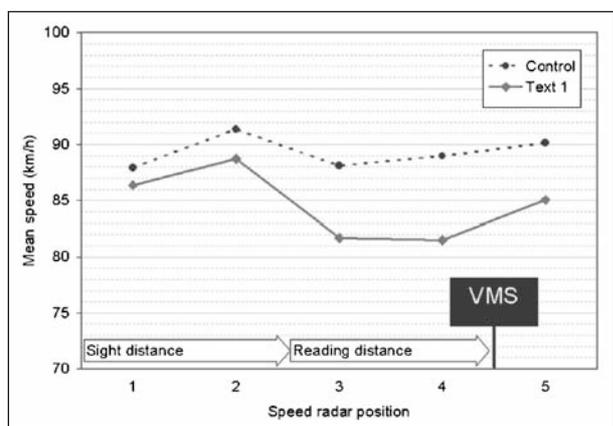


Bild 3.14: Geschwindigkeitsprofil Strecke 1 (entnommen ERKE et al., 2007)

Anzeige der Information, diese Ergebnisse wurden verglichen mit den Werten ohne Anzeige. Es zeigte sich, dass ca. jeder fünfte Verkehrsteilnehmer die Routenwahl entsprechend der Umleitungsempfehlung änderte. Die anderen Verkehrsteilnehmer verließen ebenfalls die Autobahn und umfuhren die Sperrung allerdings auf einem anderen als den empfohlenen Weg. Die Geschwindigkeitsmessungen der 488 Fahrzeuge der Strecke 1 und der 2.854 Fahrzeuge der Strecke 2 zeigten deutliche Geschwindigkeitsreduktionen. Auf beiden Strecken lagen die ersten vier Geschwindigkeitsmessstellen in Sichtentfernung zur VMS (300, 200, 100 und 5 m vor der VMS), wobei Messstelle 3 und 4 innerhalb der Lesbarkeitsentfernung lagen. Messstelle 5 lag 50 m hinter dem Anzeigequerschnitt. Bei Anzeige der Texte wurde eine signifikante Geschwindigkeitsreduktion festgestellt. Bild 3.14 und Bild 3.15 zeigen die gemessenen Geschwindigkeiten an den Messstellen 1 bis 5 der zwei Versuchsstrecken.

Die Anzahl der bremsenden Fahrzeuge wurde anhand aufleuchtender Bremslichter mittels Video-Beobachtungen ausgewertet (siehe Tabelle 3.1). Die Ergebnisse zeigen, dass ein großer Anteil der

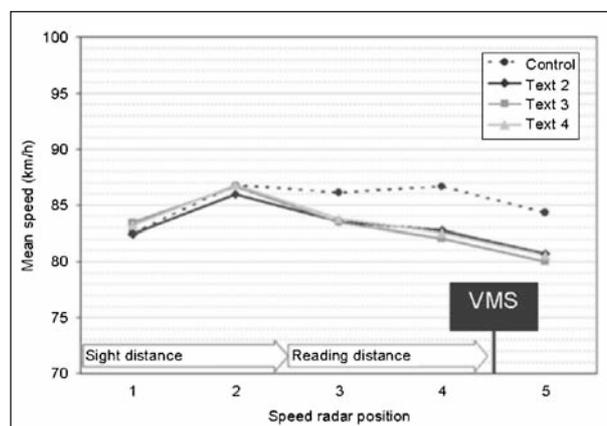


Bild 3.15: Geschwindigkeitsprofil Strecke 2 (entnommen ERKE et al., 2007)

Numbers and proportions of braking vehicles				
		Number of braking vehicles	Number of vehicles	Proportion of braking vehicles (%)
Site 1	Control	0	288	0
	Text 1	14	200	7
Site 2	Control	40	1 522	3
	Text 2 "E18 ..."	69	422	16
	Text 3 "Europaveg 18 ..."	113	493	23
	Text 4 "E18 ... is now ..."	77	428	18
	Text (sum)	259	1 343	19

Tab. 3.1: Anzahl und Prozentsatz der bremsenden Fahrzeuge (entnommen ERKE et al., 2007)

Fahrzeuge in Annäherung auf die Textanzeige gebremst wurden.

Die Videobeobachtungen zeigten auch, dass die folgenden Fahrzeuge durch abrupte Bremsmanöver gezwungen wurden entweder ebenfalls zu bremsen oder auf den anderen Fahrstreifen auszuweichen, was wiederum zu Reaktionen bei anderen Fahrzeugführern führte.

In der Zusammenfassung der Studie wird konstatiert, dass Geschwindigkeitsreduktionen an sich kein Problem darstellen, aber abrupte Geschwindigkeitsreduktionen, evtl. damit verbundene Fahrstreifenwechsel und geringe Fahrzeugabstände zu potenzielle Sicherheitsprobleme führen können. Die Geschwindigkeitsreduktionen und Bremsmanöver wurden teilweise auf eine Überlastung der Fahrer bzw. Ablenkung aufgrund der Informationen der VMS zurückgeführt. ERKE et al. (2007) folgern daraus, dass Sicherheitsprobleme unmittelbar oder indirekt aus den Reaktionen der Fahrer resultieren können.

3.6 EasyWay und ESG4

EasyWay ist ein europaweites Programm zur Stärkung des koordinierten Einsatzes von ITS (Intelligent Transport Systems) an dem z. Zt. 23 Länder beteiligt sind. Finanziert wird EasyWay durch Mittel aus dem Programm für Transeuropäische Netze (TEN). Das Ziel des Projektes, das aufgrund des IVS (Intelligente-Verkehrssysteme) Aktionsplans der EU (Europäische Union) und des mehrjährigen Programms des TEN-Fonds entstanden ist, ist der koordinierte Einsatz von IVS-Diensten. Ziel der Aktivitäten der EasyWay Arbeitsgruppe ESG4 ist eine weitestgehende Harmonisierung der Wechselverkehrszeichen. Damit soll die Sicherheit auf europäischen Straßen verbessert und die Effizienz des Straßennetzes, insbesondere für den Fernverkehr, erhöht werden. Derzeit wird daran gearbeitet, spezifische informative Elemente wie z. B. Piktogramme, alphanumerische Codes für verkehrsrelevante Informationen zu identifizieren und zu entwickeln, die völlig unabhängig von lokalen Sprachen sind (vgl. Harmonisierung der Wechselverkehrszeichen, Grundsätze der WVZ-Gestaltung). Darüber hinaus gibt es auf europäischer Ebene den Wunsch und die Empfehlung, Textinformationen so weit wie möglich zu reduzieren.

3.6.1 Gestaltungsrichtlinien (Deployment Guidelines)

Als Unterstützung bei der Umsetzung der Aktivitäten wurden sechs Experten- und Studiengruppen (ESG) ins Leben gerufen, deren Aufgabe die Entwicklung von detaillierten Deployment Guidelines („Empfehlungen zur Einführung von Intelligenten Verkehrssystemen“ bzw. Einsatzempfehlungen) war, um den Einsatz von IVS-Diensten in Europa voranzutreiben.

Die erste Generation der EasyWay Deployment Guidelines ist mit dem Ziel entstanden, die vielen Beispiele und Erfahrungen aus Projekten in ganz Europa zu sammeln und in konzentrierter Form bereitzustellen.

Die neue Generation der Deployment Guidelines enthält eine Reihe von Anforderungen und Empfehlungen für die Bereitstellung der Dienste und adressiert in erster Linie die Interoperabilität, Kontinuität, ein einheitliches Erscheinungsbild sowie europaweit akzeptierte Bewertungskriterien als entscheidende Erfolgsfaktoren zur Stärkung und Beschleunigung des IVS-Harmonisierungsprozesses

3.6.2 ESG 4 – Wechselverkehrszeichen (Variable Message Signs, VMS)

Über Wechselverkehrszeichen verbreiten Verkehrszentralen wichtige Informationen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Verbesserung des Verkehrsflusses. In einigen europäischen Ländern werden die Informationen einer Meldung in der jeweiligen Landessprache angezeigt. Diese Tatsache entspricht nicht dem Wunsch von übergreifender Integration und Funktionalität innerhalb des TEN (und darüber hinaus). Einig sind sich die Mitglieder der ESG4 (Experten- und Studiengruppe 4), dass nicht die Landessprache im Vordergrund stehen sollte, sondern die internationalen graphischen Verkehrszeichen. Sie beziehen sich mit ihrer Forderung auf frühere Untersuchungen. Piktogramme, abstrakte alphanumerische bzw. internationale Abkürzungen sollten primär Bestandteil der Anzeigen sein. Dies ist das Hauptanliegen der ESG4.

ESG4 hat zwei Gestaltungsrichtlinien (Deployment Guidelines) verfasst. In DG01 werden die allgemeinen Gestaltungsgrundsätze beschrieben, in DG02 werden für eine Reihe von WVZ beispielhaft Empfehlungen für Anzeigen gegeben.

ESG4 DG01 – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze

In 33 Grundsätzen wurden die wichtigsten Gestaltungselemente sowie die allgemeine Struktur für die Zusammensetzung der Meldungen beschrieben. Die Gründe, die zu den Gestaltungsgrundsätzen geführt haben, sind durch wissenschaftliche Feststellungen, z. B. die Fähigkeiten des Menschen wie Erinnerung oder Sehschärfe betreffend, gestützt. DG01 gibt Regeln für die Anwendung von Piktogrammen, Abkürzungen, alphanumerischen Darstellungen, Texten und setzt Prioritäten für eine Auswahl, Strukturierung, Kombination und Anwendung.

Im Folgenden sind die wichtigsten Grundsätze der DG01 wiedergegeben, die den hier vorliegenden Untersuchungsgegenstand der D-Zeile betreffen könnten.

- 1.1 WVZ sollten nur eingesetzt werden, wenn dauerhafte Verkehrszeichen für befristete nützliche Zeicheninhalte nicht eingesetzt werden können.
 - 1.2 WVZ sollten nur eingesetzt werden, um wichtige Straßen-/Verkehrsinformationen anzuzeigen.
 - 1.3 Meldungen zu Kampagnen sollen eindeutig unterscheidbar sein.
 - a. Meldungen zu Kampagnen sollten zentrierten Text und kein Piktogramm zeigen.
 - b. Die Aufmachung von Meldungen zu Kampagnen sollte verdeutlichen, dass die Meldung von geringerer Wichtigkeit ist.
 - 1.4 Meldungen zu Kampagnen haben immer niedrigste Priorität.
 - 1.5 Meldungen zu Kampagnen auf WVZ sollten vermieden werden, wenn es Informationen gibt, die sich auf kritische Verkehrslagen beziehen und unverzüglich angezeigt werden müssen.
 - 1.6 Meldungen zu Kampagnen sollten sich an bestimmte Einschränkungen halten: nicht in Gefahrenkontext (z. B. geringe Sicht, Spitzenzeiten) und innerhalb eines optimalen Zeitrahmens.
 - 1.7 Meldungen zu Kampagnen sollten immer parallel zu einer besonderen Straßensicherheitskampagne, die auch in anderen Medien präsent ist, angezeigt werden. Anzahl der Informationseinheiten je Meldung begrenzen.
 - 1.8 WVZ an Schnellstraßen sollten nicht mehr als 4 Informationseinheiten je Meldung anzeigen.
 - 1.9 Überflüssige Informationen in derselben Meldung (Text-Text, Piktogramm-Text, oder Piktogramm-Piktogramm) sollten vermieden werden.
 - 2.1 Ein Piktogramm sollte, wenn möglich, das Hauptelement der Meldung sein.
 - 2.4 Es gibt eine zweckmäßige Hierarchie bei WVZ-Zeicheninhalten: zuerst die Vorschriftszeichen, dann Gefahrenwarnung, dann Informativ-Anzeigen – Piktogramme sollten entsprechend ausgewählt werden.
 - 3.1 Es gibt eine empfohlene Reihenfolge, um Informationseinheiten auf WVZ zu platzieren, abhängig vom Typ der Meldung z. B.: 1 – Störungsursache, 2 – Standort, 3 – Hinweis, 4 – Grund.
 - 3.4 Benutzung so viel wie möglicher grafischer Elemente (z. B.: Piktogramme, Symbole).
- Bezogen auf die in dieser Studie zu untersuchenden Textvarianten ist festzuhalten:
- Unterschiedlich lautende Informationen auf einer Anzeigetafel, sind in den Deployment Guidelines nicht vorgesehen.
 - Redundante Informationen sollen vermieden werden.
 - Bei einigen der möglichen Textzeilen (vgl. Kapitel 1.2) handelt es sich um Kampagnen (Nr. 10, 11, 20, 25). Kampagnen sind in Deutschland auf wenige Ausnahmen (DVR) beschränkt.
 - Für Begriffe wie „Stau“, „Nässe“, „Sturmböen“, „Lkw-Verbot“, „Tempolimit“, „Seitenstreifen mit benutzen“, „Arbeiten“, gibt es international akzeptierte Piktogramme, deren Verwendung vor der Verwendung von Text Vorrang hat. Dies betrifft einen überwiegenden Teil der Textzeilen (vgl. Kapitel 1.2; Nr. 1, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23).

3.7 Fazit

Die Analyse der verkehrsrechtlichen Aspekte hat gezeigt, dass zusätzliche Textzeilen, die unterhalb der Wechselverkehrszeichen Typ A, B oder C angebracht werden, als Zusatzzeichen, die sich allerdings stets auf ein Verkehrszeichen beziehen, oder je nach Inhalt ebenso als Richtzeichen, hier insbesondere als Wegweiser (vgl. dWiSta), angesehen werden können. Ansonsten dürfen diese zusätzlichen Anzeigen nicht dort angebracht werden, wo sie sich auf den Verkehr auswirken. Für Verkehrszeichen gelten zahlreiche Gesetze. Sowohl im Wiener Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen als auch der StVO, VwV-StVO und weiteren Regelwerken wird darauf hingewiesen, mit möglichst wenig Verkehrszeichen auszukommen, redundante Verkehrszeichen sind zu vermeiden. Zusatzzeichen sollen laut VwV-StVO, wenn möglich, nicht beschriftet sein, d. h. keinen Text, sondern Sinnbilder (Piktogramme) zeigen. Dies entspricht auch den Bestrebungen, die EasyWay zur Harmonisierung der Wechselverkehrszeichen (vgl. Kapitel 3.6) durchführt. Darüber hinaus sollen WVA nach einheitlichen Richtlinien und Vorgaben konzipiert, errichtet und betrieben werden und die Anzeigen an WVA sollen laut RWVA (1997) für gleiche Einsatzzwecke einheitlich ausgeführt werden. Auch in den RWBA (2000) wird auf die Bedeutung der Einheitlichkeit der Anzeigen, hinsichtlich Gestaltung, Größe und Aufstellung, hingewiesen. Den Gerichtsurteilen ist zu entnehmen, dass die Gestaltung der Verkehrseinrichtungen sorgfältig geprüft werden muss, und dass von den Verkehrszeichen keinerlei Gefahren ausgehen dürfen. Wesentliche Anforderungen an die Verkehrszeichen sind ihre Erkennbarkeit, die Lesbarkeit, die Wahrnehmbarkeit, die Begreifbarkeit sowie die Verständlichkeit.

Die Verkehrsteilnehmer lassen sich durch die Anzeigen beeinflussen und begrüßen die zusätzlichen Informationen. Diese zusätzlichen Informationen können jedoch zu Geschwindigkeitsreduktionen, Bremsmanövern und ungewollten Fahrstreifenwechseln führen, die je nach Verkehrsbelastung ein Sicherheitsproblem darstellen können.

Eine Auswertung internationaler Studien hat gezeigt, dass Einigkeit darüber besteht, möglichst wenig Textanzeigen zu verwenden. Werden dennoch Textanzeigen benötigt, so sollen die Informationen auf wenige Worte oder Zeichen beschränkt werden. Dabei sollen sie verständlich, zuverlässig,

korrekt und nützlich sein. Werbung ist nicht zulässig. Dieses Ziel strebt auch die Expertengruppe ESG4 unter EasyWay an. Das oberste Ziel der ESG4 ist eine weitestgehende Harmonisierung der Wechselverkehrszeichen. Derzeit wird daran gearbeitet, spezifische Elemente wie z. B. Piktogramme zu identifizieren und zu entwickeln, die völlig unabhängig von lokalen Sprachen sind.

Ein dauerhaft erfolgreicher Anlagenbetrieb erfordert eine hohe Akzeptanz der angezeigten Informationen. Die Bereitschaft des Verkehrsteilnehmers, sich beeinflussen zu lassen, hängt von persönlichen Erfahrungswerten ab – schlechte Erfahrungen bzw. kein erkennbarer Nutzen für den Verkehrsteilnehmer führt zu einer geringeren Befolgungsrate und einer schlechteren Akzeptanz der Anlage. Sinkt die Akzeptanz der Anlagen durch eine geringe Befolgungsrate des Kollektivs zu stark, verfehlen sie ihre beabsichtigte Wirkung.

4 Visuelle Wahrnehmung und Informationsverarbeitung

Dieses Kapitel beginnt mit der Untersuchung der Blickbewegungen und dem Blickverhalten bei Verkehrszeichen. Anschließend wird die visuelle Informationsaufnahme beschrieben. In einem Fazit werden die Ergebnisse zusammengefasst.

Das Ziel von Streckenbeeinflussungsanlagen ist zum einen die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch eine frühzeitige Warnung vor Gefahrensituationen, wie z. B. Unfall, Nebel, Stau, Regen sowie Glätte und zum anderen eine Verbesserung des Verkehrsablaufes, durch Harmonisierung des Verkehrsflusses wie z. B. Geschwindigkeitsbegrenzung oder Überholverbote. Um diese Ziele zu erreichen, ist es besonders wichtig, dass die dargebotenen Informationen vom Kraftfahrer möglichst frühzeitig erkannt und verarbeitet werden können und diese zu richtigen Handlungsentscheidungen beim Fahrzeugführer führen. Dabei ist zu beachten, dass der Fahrer in der Lage ist, nur eine begrenzte Anzahl an Informationen gleichzeitig aufzunehmen und zu verarbeiten.

SCHMOTZER (2000) fordert bei der Gestaltung von Verkehrszeichenanlagen mehr Rücksicht auf die Möglichkeiten und Bedürfnisse der Autofahrer zu nehmen, diese Informationen auch zu verarbeiten. Ferner hält SCHMOTZER (2000) fest,

dass ein erhöhtes Angebot an Informationen, bedingt durch die begrenzte menschliche Informationsverarbeitung sowie einer Vielzahl anderer psychologischer Phänomene, nicht gleichzeitig positive Effekte mit sich ziehe. Er schreibt, dass diese Informationsflut als problematisch anzusehen sei und diese negative Effekte mit sich tragen würden, die eine sichere Verkehrsteilnahme beeinträchtigen.

Um Empfehlungen bzw. Hinweise zu geben, wie Informationen gestaltet bzw. in welchem Umfang sie angeboten werden, sind grundlegende Funktionsweisen der visuellen Wahrnehmung und Informationsverarbeitung zum Verständnis notwendig.

4.1 Blickbewegungen

Das Blickverhalten beschreibt die Augenbewegungen des Fahrers, die er während des Fahrens durchführt. Es ist ein Wechselspiel zwischen Fixationen und Sakkaden. Die Fixation wird nach der Europäischen Norm als eine „Ausrichtung der Augen, sodass das Bild des fixierten Zieles für eine bestimmte Zeit auf die Fovea fällt.“ definiert (EN ISO 15007-1:2002, S. 5). Sakkaden werden als schnelle Blicksprünge zwischen den Fixationen beschrieben (RÖTTING, 2001). Die Dauer einer Fixation ist abhängig von der Anforderung der jeweiligen Sehaufgabe und wird im Allgemeinen mit der Dauer der Informationsverarbeitung in Beziehung gebracht. Bei der Auswertung des Blickverhaltens ist nach GARDER (1975) in BERGER (1993) zu beachten, dass Probleme bei der Auswertung entstehen, indem die Frage aufkommt, ob der Proband die Stelle, die er gerade fixiert, verarbeitet oder ob er seine Aufmerksamkeit dem peripheren Bereich zuwendet.

Für das Blickverhalten während einer Autofahrt kann davon ausgegangen werden, dass etwa drei Objekte pro Sekunde fixiert werden können, wobei die mittlere Fixationsdauer etwa 300 ms andauert (nach COHEN, 1987b). SCHULZ (2012) schreibt, dass die Aufnahme und Selektion relevanter Informationen durch die Zusammenarbeit vom zentralen und peripheren Sehen, erfolgt. Dabei handelt es sich um zentrales bzw. foveales Sehen, wenn Objekte auf der Fovea centralis, einem etwa 2° durchmessenden Bereich der Netzhaut mit der höchsten Auflösung abgebildet werden. Vom peripheren Sehen wird gesprochen, wenn ein Objekt außerhalb der Fovea zur Abbildung gelangt. Beide wer-

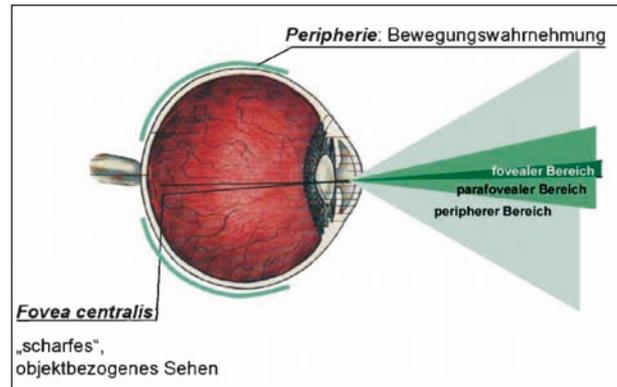


Bild 4.1: Querschnitt durch das menschliche Auge (entnommen SCHWEIGERT, 2003)

den beim Führen eines Kraftfahrzeuges benötigt, während das foveale Sehen die schnelle und präzise Aufnahme von Informationen aus einem sehr engen Bereich sichert, gibt das periphere Sehen, durch Sakkaden, Informationen innerhalb des gesamten, für den Fahrer relevanten Umfelds, wieder (siehe Bild 4.1).

4.1.1 Studien zu Blickbewegungen

PANNASCH (2003) unterscheidet zwischen statischen und dynamischen Umfeldern. Nach ihm besteht der Unterschied zwischen dem Blickverhalten darin, dass in dynamischen Umfeldern neben den Sakkaden und Fixationen auch Folgebewegungen der Augen zu verzeichnen sind. Eine Beeinflussung der Verkehrsstärke auf das Blickverhalten besteht darin, dass sich ein Kraftfahrer an andere Fahrzeuge im Straßenraum, insbesondere an den vorausfahrenden Fahrzeugen orientiert, und eine hohe Korrelation zwischen der Verkehrsstärke und der Informationsdichte im Straßenraum existiert.

Das bedeutet, je höher die Verkehrsstärke ist, desto höher ist die Informationsdichte der jeweiligen Fahrsituation und dementsprechend steigt die visuelle Belastung des Kraftfahrers mit zunehmender Verkehrsstärke (vgl. DIEM, 2004).

DIEM (2004) konnte in seiner Arbeit feststellen, dass das gesteuerte Blickverhalten von der Verkehrsstärke beeinflusst wird. Er schreibt, dass auf Autobahnen bzw. autobahnähnlichen Straßen mit hoher Verkehrsstärke sich der fixierte Bereich vergrößert und sich mehrere Fixationsbereiche ausbilden. Hingegen bei geringer Verkehrsstärke die Fixationen der entsprechenden Bereiche entfallen und nur ein kleiner Fixationsbereich in der Mitte des eigenen Fahrstreifens, nahe des Horizonts,

entsteht (siehe Bild 4.2). Aufgrund der hohen Informationsdichte verringert sich die mittlere Fixationsdauer um bis zu 50 %, das bedeutet: je mehr relevante Informationen vorhanden sind, desto mehr Objekte müssen zur gleichen Zeit fixiert werden.

Der Teilbereich des Blickfeldes, aus dem der Hauptanteil der Informationsaufnahme erfolgt, der auch kognitiv verarbeitet wird, wird als nutzbares Sehfeld (Useful Field Of View, UFOV; nach SANDERS, 1970; BALL und OWSLEY, 1993) bezeichnet.

Untersuchungen von HIRSCHBERGER und MIEDEL (1980) sowie BABKOV (1973) (beide in BAGL et al., 1999) haben ergeben, dass sich die Größe des Sehfeldes mit zunehmender Geschwindigkeit deutlich verringert (siehe Bild 4.3). MIURA (1986) und COHEN (1987) berichten, dass nicht die hohen Geschwindigkeiten, sondern komplexe Verkehrssituationen zu einer Verengung des nutzbaren Sehfeldes führen. KAYSER et al. (1989) schreiben, dass sich bei höherer Beanspruchung nicht das Sehfeld verkleinert, sondern sich die Aufmerksamkeitsverteilung innerhalb desselben verlagert.

Auch MUSIL (1977), zitiert nach COHEN (1984), beschreibt einen Zusammenhang zwischen der Größe des Sehfeldes und der Fahrgeschwindigkeit.

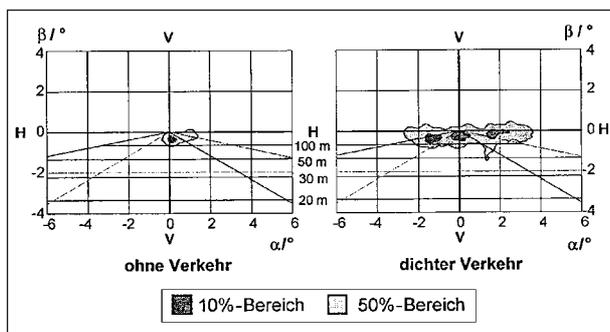


Bild 4.2: Grafische Darstellung der Fixationsverteilungen bei einer Autobahnfahrt ohne Verkehr und mit dichtem Verkehr bei einer Tagfahrt (entnommen DIEM, 2004)

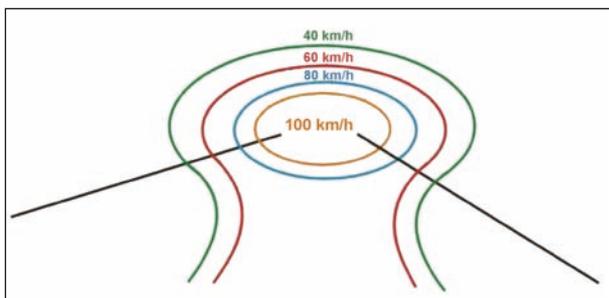


Bild 4.3: Abhängigkeit des Sehfeldes von der gefahrenen Geschwindigkeit (entnommen BAGL et al., 1999)

Er hält fest, dass bei einer Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h sich die „Sehleistung“, verglichen mit dem Stillstand des Fahrzeugs, um die Hälfte vermindert. Dabei ändert sich neben der Größe des jeweiligen Sehfeldes auch die Form des Sehbereiches. KABA und KLEMENJAK (1993) ergänzen, dass die Einengung des genutzten Sehfeldes nicht allein auf den Parameter „Fahrgeschwindigkeit“ zurückzuführen sei. Sie berichten, dass die Tendenz zur verstärkten Wahrnehmungskonzentration zur Sehfeldmitte hin vielmehr von der zur Verfügung stehenden Zeit für die Wahrnehmung subjektiv wichtiger Informationen (Informationsdichte) abhängt.

In einem Untersuchungsabschnitt der Schweizer Studie des Bundesamts für Straßen (ASTRA, 2008) erprobten die Wissenschaftler die Veränderung der Blickbewegungen bei Auftauchen einer Wechseltextanzeige (WTA) im Blickfeld. Dabei untersuchten sie u. a. Veränderungen des Blickverhaltens bei Vorhandensein einer WTA als Überkopfsignal und stellten ihre Ergebnisse anhand von prozentualen Veränderungen der Anzahl an Sakkaden pro Sekunde dar. Je mehr die Zahl der Sakkaden – der Blicksprünge zurückgeht, umso länger waren die Fixationsperioden und umso größer war die Ablenkung vom übrigen Verkehrsgeschehen. Es konnte eine deutliche Beziehung zwischen der Länge der Fixationsperioden und der Länge der Identifikationszeit (IZ) festgestellt werden.

Die Forscher stellten außerdem fest, dass die Aufnahme von Informationen aus verbalen Texten gegenüber einfachen, bekannten nonverbalen Symbolen deutlich länger dauert. Darüber hinaus halten sie fest: je komplexer der Text ist, umso häufiger erfolgt die Identifizierung fehlerhaft. Die Untersuchungen in der Schweiz haben gezeigt, dass bei den einfacheren WTA, also jenen, die kurze Identifikationszeiten (IZ) haben und nur zu geringfügigen Veränderungen der Blickbewegungen bzw. der Fixationsperioden führen, auch während der Fahrt die signalisierte Botschaft genügend rasch und richtig wahrgenommen wird, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch allzu große Ablenkung kommt.

Je komplexer jedoch der Inhalt der WTA ist, umso mehr verlängern sich die Identifikationszeiten und die Fixationsperioden, was zu einer stärkeren Ablenkung und damit zu einem mehr oder weniger stark erhöhten Unfallrisiko führt. Dabei kommt es laut der Studie nicht so sehr auf die Zahl der in der WTA enthaltenen Zeichen an, sondern vor allem

auf die Verständlichkeit und Bekanntheit des Textes. Denn davon hängt die Raschheit der Informationsverarbeitung ab. Als besonderes Problem bezeichneten sie die dargebotenen Zeitangaben in bestimmten Wechseltextanzeigen, diese wurden oft falsch interpretiert.

4.2 Blickverhalten bei Verkehrszeichen

Unter verschiedenen Testbedingungen wurden in der Vergangenheit wahrnehmungspsychologische Untersuchungen zum Erkennen von Verkehrszeichen durchgeführt. In seiner Untersuchung über das genaue Fixations- und Wahrnehmungsverhalten von Verkehrszeichen im realen Straßenverkehr schlussfolgert COHEN (1994), die Anzahl von Verkehrszeichen pro Ort auf zwei Zeichen zu begrenzen sowie vor der Errichtung eines neuen Zeichens diese genau auf deren Notwendigkeit zu überprüfen.

Studien zeigen, dass sich eine erhöhte visuelle Beanspruchung in Form einer größeren Verkehrsschilderdichte auf das Fahrverhalten ausübt. So konnten ENGSTRÖM, JOHANSSON und ÖSTLUND (2005) in einer Fahrsimulatorstudie demonstrieren, dass sich die Geschwindigkeit reduziert und vermehrt abrupte, starke Lenkbewegungen zu verzeichnen sind. Ebenfalls untersuchten ERKE et al. (2007) den Einfluss von WVZ auf das Fahrverhalten in einer Feldstudie. Es zeigte sich, dass die Fahrer ihre Geschwindigkeit im Bereich der WVZ stark verlangsamten. Es stellt sich weiterhin die Frage, inwieweit eine zusätzlich Informationsanzeige an den AQ in Bereich von SBA (D-Zeile) die Blickzuwendungsdauer auf die WVZ A, B und C minimiert oder auch die Blickabwendung von der Straße erhöht.

WVZ weisen im Unterschied zu statischen Beschilderungen eine signifikant höhere Fixationsrate auf und sind somit auch beanspruchender (ANTTILA et al., 2000). Piktografische Symbole auf Straßenschildern benötigen eine Blickdauer von mindestens 300 ms, Verkehrszeichen mit Schrift hingegen 500 bis 800 ms, um richtig erkannt und verarbeitet zu werden (KOYUNCU & AMADO, 2008). JACOBS und COLE (1979) geben eine Formel an, mit der die benötigte Lesezeit zur korrekten Textinformationswiedergabe, auf der Grundlage der Anzahl der enthaltenen Wörter berechnet wird: $t = 0,32 \cdot (\text{Anzahl der Wörter}) - 0,21 \text{ Sek.}$ Nach SPRENGER

et al. (1999) ist eine Blickdauer von bis zu einer Sekunde angemessen, wenn die Textinformation sehr beanspruchend ist.

LIU, SUN und RONG (2011) untersuchten Probanden im Fahrsimulator beim Lesen von Verkehrsschildern mit verschiedenen Informationsmengen. Die Ergebnisse zeigten, dass der prozentuale Anteil der Fixierhäufigkeit und der Dauer zunimmt, wenn die Informationsmenge der Verkehrsschilder steigt. Zudem stellten sie fest, dass die Dauer eines Blickes eines Fahrers zu einem Objekt nicht länger als ca. 1,6 bis 2,0 Sekunden ist. WIERWILLE (1993) gibt an, dass Kraftfahrer unbewusst einen zeitlichen Sicherheitsmechanismus entwickeln, wenn sie neben dem Straßenverkehr viele andere visuelle Informationen, wie zum Beispiel Verkehrsschilder, verarbeiten müssen. Solch ein Sicherheitsmechanismus stellt ein maximales Zeitfenster von insgesamt ca. 1,6 Sekunden dar, in dem der Kraftfahrer von der Straße wegblickt.

Nach DINGUS et al. (1989) werden bei vielen Verkehrsschildern häufigere Blicke beobachtet, die aber in ihrer Dauer kürzer sind, wodurch die gesamte Dauer des Abwendungsblickes kompensiert wird. Solch ein Blickverhalten wird „zurück-und-vor-Strategie“ genannt (DINGUS et al., 1989; CHAPMAN & UNDERWOOD, 1998). Nach CHAPMAN und UNDERWOOD (1998) führen vor allem erfahrene Fahrer diese Suchstrategie aus, um so die Information aller Verkehrsschilder zu erfassen. ZWAHLEN et al. (1988) gibt an, dass solche wiederholten Abwendungsblicke maximal vier Mal gemacht werden sollten, um den Verkehr auf der Straße im Blick zu halten. Im Vergleich dazu gibt es die „fixierte-Informations-Strategie“, bei der ein längerer Blick die Information aufnimmt; die Strategie wird nach LIU (2005) primär von unerfahrenen Fahrern angewandt. BHISE et al. (1988) und DONMEZ, BOYLE und LEE (2007) geben an, dass ein Abwendungsblick von der Straße 2,5 Sekunden nicht überschreiten darf. JACOBS und COLE (1979) hingegen unterstützen einen maximalen Abwendungsblick von 1,6 Sekunden.

Daraus ergibt sich für den AQ, dass die Blickdauer (Lesezeit) für die D-Zeile, im Vergleich zu den WVZ A, B und C länger ist. Die gesamte Blickdauer auf den AQ steigt bei einer Hinzunahme der D-Zeile an, wobei in der Summe ein Abwendungsblick ein Sicherheitsniveau von maximal ca. 1,6 Sekunden nicht übersteigen sollte. Nach KOYUNCU und AMADO (2008) beträgt die Lesezeit für drei Picto-

gramme und einem Text (vgl. AQ mit den WVZ A, B und C und der D-Zeile) ca. 1,7 Sekunden ($3 \cdot 300 \text{ ms} + 800 \text{ ms}$), wenn diese statisch beschil­dert sind. Da WVZ eine höhere visuelle Beanspruchung im Vergleich zu statischen Beschil­derungen aufweisen (ANTTILA et al., 2000), ist insge­sam eine längere Abwendung als 1,7 Sekunden zu erwarten. Reicht der Sicherheitspuffer von 1,6 Sekunden nicht aus, um alle Informationen auf dem AQ zu erfassen, ist anzunehmen, dass innerhalb dieser verfügbaren Zeit verschiedene Suchstrategien angewandt werden: Erfahrene Fahrer dürften demnach den Blick öfter zwischen der Fahrbahn und dem AQ wechseln, wobei der einzelne Blick pro WVZ bzw. D-Zeile von kürzerer Dauer ist. Bei unerfahrenen Fahrern hingegen ist zu vermuten, dass sie mit einem längeren Blick alle Informationen des AQ zu erfassen versuchen.

Festzuhalten ist auch, dass die Menge an Informationen innerhalb eines AQ die visuelle Beanspruchung beeinflusst. Demnach sollte die SBA in ihrer Informationsdichte auf ein Minimum reduziert werden.

4.3 Visuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung

Zu psychologischen Fragestellungen, wie viele und welche Informationen der Verkehrsteilnehmer während der Fahrt aufnehmen kann, wird bereits seit einem halben Jahrhundert geforscht (u. a. BROWN, I., POULTON, E., 1961; GRAMBERG-DANIELSEN, 1967; HILLS, B. L., 1980; COHEN, A., 1985; COHEN, A., 1986; COHEN, A. 1987; LEUTZBACH, W., 1984; LEUTZBACH, W. 1987). In der Literatur ist man sich einig, dass die Informationsaufnahme sowohl bewusst als auch unbewusst geschieht und sich dieser Prozess auf die Fahraufgabe auswirkt.

Die visuelle Informationsaufnahme wird durch zwei Verarbeitungsrichtungen, dem Informationsstrom „von unten nach oben“ (bottom-up) und dem Informationsstrom „von oben nach unten“ (top-down), bestimmt. Der „bottom-up“ Prozess setzt bei dem Sinnesorgan an, welches Informationen aus der Umwelt aufnimmt, wobei hier die reizgetriebene Stimulation an den Rezeptoren der Retina gemeint ist. Dies sind im Einzelnen externe Umweltbedingungen, wie z. B. das Vorhandensein von Verkehrszeichen, die Straßenführung, andere Verkehrsteilnehmer und ihr

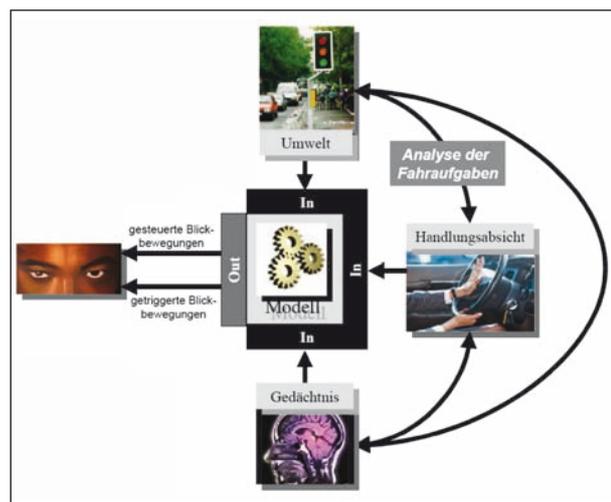


Bild 4.4: Einflussfaktoren auf das Blickverhalten (entnommen SCHWEIGERT, 2003)

Verhalten. Der „top-down“ Prozess beschreibt die von kognitiven Prozessen (verwandtes und relevantes Wissen, die Handlungsabsicht des Fahrers) geleitete Informationsverarbeitung. Die Wahrnehmung wird dabei als eine Interaktion zwischen den beiden Informationsströmen verstanden (COHEN, A., 2009; SCHWEIGERT, 2003). In Bild 4.4 ist diese Interaktion am Beispiel des Fahrens veranschaulicht.

4.3.1 Studien zur visuellen Informationsverarbeitung

In Deutschland wurden im Jahr 2004 Untersuchungen durchgeführt, die zu dem Hinweispapier „Hinweise zur Gestaltung von dynamischen Wegweisern mit integrierten Stauinformationen“ (dWiSta) führten, die durch das BMVBS per Allgemeines Rundschreiben (ARS-Nr. 20/2004) verbindlich eingeführt wurden. Während sich das Hinweispapier auf die Einsatzfelder, den Textinhalt und die Abmessungen der Tafeln beschränkt, wurden mit einem weiteren Papier „Technische Anforderungen an dWiSta“ Grenzwerte für lichttechnische Parameter sowie Anforderungen an Schriftgröße und -form entsprechend der europäischen Norm festgelegt.

Grundlage für das Hinweispapier waren u. a. wahrnehmungspsychologische Erkenntnisse aus den Untersuchungen von FÄRBER et al. (2005) zu dynamischen Verkehrsinformationstafeln. Im Teil 2 des Berichtes: „Nutzerbedürfnisse und wahrnehmungspsychologische Gestaltung“ erarbeiteten FÄRBER et al. (2005) Vorschläge zur Gestaltung von dWiSta-Tafeln.

Eine wichtige Erkenntnis der Studie von FÄRBER et al. (2005) ist, dass eine sparsame Verwendung von Text (Textinformationen) erfolgen sollte.

Weitere Ergebnisse der Studie von FÄRBER et al. (2005) lauten:

- Verkehrszeichen mit Sinnbildern (Piktogramme) sind einprägsamer als Zeichen ohne Sinnbilder,
- werden in den Anzeigen nicht nur Sinnbilder, sondern auch Texte verwendet, steigt die Blickzuwendungszeit erheblich.

In einer Schweizer Studie des Bundesamts für Straßen ASTRA (2008) wurde eine „Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen (WTA)“ durchgeführt. Bei der Untersuchung wurden Tafeln, mit Gefahrenzeichen oder Piktogrammen sowie Worte mit bis zu insgesamt 45 oder 51 Zeichen, die beim Vorbeifahren gelesen werden mussten, präsentiert.

Sie enthielten Angaben über den Ort einer Störung, zu einer Fahrzeugkategorie oder einen Umleitungshinweis. In der Studie wurde geprüft, welchen Einfluss solche WTA aus verkehrspsychologischer Sicht im System des heutigen Straßenverkehrs haben und welcher Einfluss das Lebensalter des Kraftfahrers dabei spielt. Die Autoren der Studie haben sich die Frage gestellt: „Ist die Ablenkung beim Lesen der Texte so groß, dass dadurch die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird?“.

Bei den wahrnehmungspsychologischen Untersuchungen wurden folgende Aspekte geprüft:

- Reicht die Zeit, die verstreicht vom ersten Wahrnehmen einer WTA bis zum Passieren des Signals aus, um während der Fahrt den Inhalt des Textes zu identifizieren (werden sie verstanden)?
- Messung/Testung der Identifikationszeit (IZ).
- Beeinträchtigen WTA die Verkehrssicherheit durch die kognitive Befassung mit dem Inhalt der WTA (Informationsaufnahme und Informa-

tionsverarbeitung) und lenken die Aufmerksamkeit der Kraftfahrer zu lange vom Verkehrsgeschehen ab?

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei den einfacheren WTA, also jenen, die kurze Identifikationszeiten haben und nur zu geringfügige Veränderungen der Blickbewegungen bzw. der Fixationsperioden führen, auch während der Fahrt die signalisierte Botschaft genügend rasch und richtig wahrgenommen wird, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch allzu große Ablenkung kommt.

Die Untersuchungsergebnisse nach der Länge der IZ in Sekunden sowie der umgerechnete Weg in Metern, bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h auf Autobahn haben ergeben, dass ältere Fahrzeugführer deutlich längere IZ aufweisen als jüngere (siehe Bild 4.5), dementsprechend sind auch die Wege länger, bis die Information identifiziert wird.

Bei der Analyse der fehlerhaften Identifikationen konnte eine Korrelation zwischen langen Identifikationszeiten und eine Häufung von falschen Antworten festgestellt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen (siehe Tabelle 4.1), dass es bei komplexeren Texten nicht nur zu einer das Unfallrisiko steigernden längeren Ablenkung (Dauer bis zur Identifizierung des Textes), sondern auch zu einer fehlerhaften Identifikation des Textes (Informationsinhalt wird falsch erfasst) kommt.

HÜLSEMANN, KREMS, HENNING, THIEMER (2009) untersuchten in einem Forschungsvorhaben ergänzende Reisezeitinformationen, neben der Angabe von Staulängen, zur Unterstützung der in dWiSta gegebenen Umleitungsempfehlungen.

Ziel des wahrnehmungspsychologischen Labor-experimentes war es, eine Empfehlung zur Gestaltung für die Einbettung von Reisezeitangaben in die dWiSta-Tafeln zu geben.

KREMS et al. (2009) schreiben, dass die mögliche Beeinflussung eines Verkehrsteilnehmers mithilfe

Probanden aus der Gruppe der	Gesamtzahl der Signale	Anzahl der falschen Antworten
kurzen Identifikationszeiten	9	4
mittleren Identifikationszeiten	8	49
langen Identifikationszeiten	5	106

Tab. 4.1: Korrelation IZ zu falschen Antworten (entnommen ASTRA, 2008)

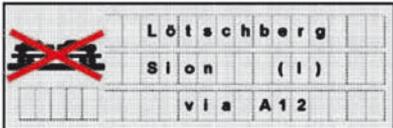
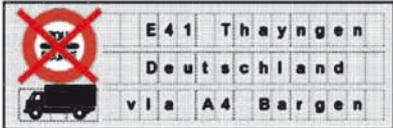
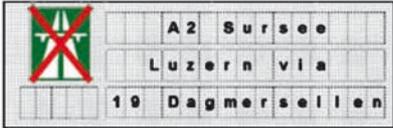
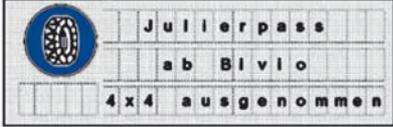
Lange IZ						
Altersgruppe	20-30	20-30	50-60	50-60		
Zeichen	IZ in Sekunden	Strecke in Meter	IZ in Sekunden	Strecke in Meter	Anzahl falsche Identifikation	Bedeutung der Uhrzeit
	8,51	283	9,63	321	21	
	10,71	357	12,64	421	19	
	9,09	303	10,69	356	8	
	7,72	257	8,05	268	28	
	7,78	259	8,57	286	30	

Bild 4.5: Falsche Antworten bei langer IZ (entnommen ASTRA, 2008)

von dWiSta-Tafeln sich durch zwei psychologische Prozesse kennzeichnen lässt. Zum einen die vollständige Informationsaufnahme und zum anderen die Entscheidung zur weiteren Routenwahl. In diesem Zusammenhang wurde in einem Teil des Experimentes die benötigte Zeit untersucht, um alle Informationen auf der dWiSta-Tafel aufzunehmen.

Dabei wurden die Probanden angeleitet, die dWiSta-Tafeln so schnell, aber auch so genau wie möglich und vollständig zu lesen. Zur Kontrolle wurden in unregelmäßiger Reihenfolge Abfragen zu einzelnen Schildelementen durchgeführt. Nach acht Übungsdurchgängen, in der die Probanden lernten die Aufgabe korrekt durchzuführen, wurde eine deutliche Senkung der Entscheidungszeiten pro Übungsdurchgang festgestellt.

Die Ergebnisse der Entscheidungszeiten ergaben, dass die Gruppe der 18- bis 30-Jährigen im Durchschnitt 1,84 s für eine Entscheidung benötigte. Die Gruppe der 40- bis 65 Jährigen hingegen benötigte im Durchschnitt 2,50 s. Einen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Entscheidungszeit konstatierten sie in der Darstellung der Reisezeit

(„Variante der Reisezeitdarstellung“). Die Untersuchungen in Bezug auf die vollständige Informationsaufnahme ergaben, dass weder der Faktor „Alter“ noch eine Interaktion von „Alter“ und „Variante“ signifikante Unterschiede bewirken. KREMS et al. (2009) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass der Faktor „Variante“ als signifikanter Haupteffekt in Bezug auf die Betrachtungszeit wirkt.

Sie stellen einen negativen Zusammenhang zwischen Informationsgehalt und Lesbarkeit fest. KREMS et al. (2009) schreiben, dass aus Sicht des Fahrers die Darstellung der Reisezeiten eine optimale Aufnahme und Verarbeitung ermöglichen sollte. Ferner merken sie an, dass die Referenzvariante (bestehende Variante, ohne Zeitangabe) positive Ergebnisse hinsichtlich Lesbarkeit, Verständlichkeit und schneller Interpretation erzielte.

Die folgenden Studien untersuchten den Einfluss der Länge der Textnachricht bzw. Informationsmenge.

HOFFMANN und LEICHTER (1999) befragten Autofahrer nach dem Passieren von Textanzeigen nach den Inhalten auf diesen Tafeln. Sie stellten u. a. fest,

dass neben dem Problem der Abkürzungen und Eigennamen sich auch Schwierigkeiten beim vollständigen Erfassen einer dreizeiligen Textanzeige herausstellten. Als besondere Schwierigkeit stellen sie das Lesen von nur einer einzigen Wechseltextanzeige ohne Wiederholungsanzeige heraus. Als einen entscheidenden Grund dafür nennen sie die angezeigte Textmenge. Ferner berichten sie, dass eine Ablenkung der Verkehrsteilnehmer, die von der Information nicht betroffen sind, ein Sicherheitsrisiko vor allem bei hohen Verkehrsbelastungen darstellt. In „Changeable Message Sign Operation and Messaging“ FHWA (2004) wird die Anzahl an Informationseinheiten als kritischer Faktor gesehen. Da in den meisten Fällen Kraftfahrer ihre Fahrgeschwindigkeit reduzieren, um die Nachricht zu lesen, sind der Studie zu Folge längere Textnachrichten zu vermeiden. Die Richtlinie legt eine maximale Textmenge für verschiedene Geschwindigkeiten und Umfeldbedingungen fest.

Bild 4.6 illustriert den erforderlichen Leseweg, den ein Kraftfahrer benötigt um eine Nachricht in Abhängigkeit der dargebotenen Informationen und der gefahrenen Geschwindigkeit zu lesen.

Kraftfahrer trennen, wie ELLINGHAUS (1987) beschreibt, im Alltagsverständnis zunächst einmal zwischen verkehrsregelnden Zeichen und solchen Schildern und Zeichen, die der Wegweisung dienen. Eine zeitgleiche Anordnung von verkehrsregelnden und wegweisenden Inhalten kann zur Verwirrung der Verkehrsteilnehmer führen. In einer anderen Studie untersuchten FÄRBER et al. (2007) die Informationsaufnahme und Verarbeitung wegweisender Beschilderung für die Gestaltung von Wegweisern im Autobahn- und Sekundärnetz (Aufnahme von Wegweisungsinformationen im Straßenverkehr, AWewiS). Zu Anfang der empirischen Untersuchung wurde anhand eines Feldversuches abgeklärt, wie viel freie zeitliche Kapazität (Nettolesezeit) dem Fahrer im Straßenverkehr neben seiner Fahraufgabe zum Lesen von Wegweisern zur Verfügung steht. Für hohe Verkehrsstärken sowie Geschwindigkeiten von 130 km/h auf Autobahnen, 70 km/h auf Landstraßen und 50 km/h Innerorts wurden die in Tabelle 4.2 aufgeführten Nettolesezeiten ermittelt.

Die Nettolesezeiten wurden aus dem Mittelwert bei mittlerer bis hoher Verkehrsstärke über alle Personen ermittelt. FÄRBER et al. (2007) weisen darauf hin, dass es sich hier um eine sehr optimistische Schätzung der verfügbaren Zeit, die zum Lesen der Schilder zur Verfügung steht, handelt. Die Zeiten

dienten als Darbietungszeiten für drei Laborversuche, in denen für das Autobahn- und Sekundärnetz die Auswirkungen:

- der Schilderart (seitlich versus überkopf angebrachte Tabellen- bzw. Pfeildarstellung),
- die Anzahl von Zielen,
- die Wirkungen von Farbsätzen systematisch,
- sowie Piktogramme vereinzelt untersucht wurden.

Die Untersuchung führte für Verkehrsschilder auf Autobahnen zu folgenden Ergebnissen:

- auf überkopf angebrachten Schildern (einteilig oder mehrteilig) sind max. sieben Ziele mit max. drei Zielen in Geradeaus- und max. fünf Zielen in Ausfahrtrichtung wahrnehmbar,
- auf seitlich aufgestellten Schildern für Anschlussstellen sollten max. sechs Ziele, davon drei in Geradeaus und max. vier in Ausfahrt Richtung dargestellt werden,
- bei seitlich aufgestellten Schildern an Autobahnkreuzen (Doppelausfahrten) können max. fünf

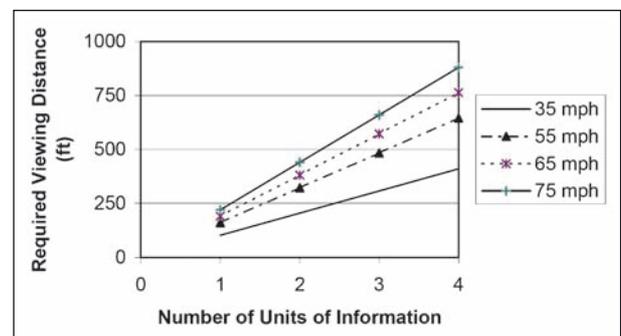


Bild 4.6: Darstellung des erforderlichen Leseweges in Abhängigkeit von der Menge an Informationen und der gefahrenen Geschwindigkeit (entnommen FHWA, 2004)

Straßentyp	Nettolesezeit [s] (freie zeitliche Kapazität)	
	überkopf angezeigtes Schild (Schriftgröße 420 mm)	seitlich angebrachtes Schild (Schriftgröße 350 mm)
Autobahn	5,4	4,2
Landstraße	-	3,0
Innerorts	-	3,0

Tab. 4.2: Nettolesezeit für Überkopf angezeigtes Schild und seitlich angebrachtes Schild in Abhängigkeit des Straßentyps (nach FÄRBER et al. 2007)

Ziele, mit beliebiger Aufteilung, in der zur Verfügung stehenden Zeit erfasst und verarbeitet werden.

4.4 Fazit

Die Literaturstudie zur visuellen Wahrnehmung und Informationsverarbeitung hat gezeigt, dass Textinformationen an Verkehrsinformationstafeln sparsam verwendet werden sollten. Darüber hinaus kann festgehalten werden, dass Verkehrszeichen mit Piktogrammen einprägsamer sind als Zeichen ohne Symbole bzw. Piktogramme. Untersuchungen in der Schweiz (vgl. ASTRA, 2008) haben gezeigt, dass es bei komplexeren Texten nicht nur zu einer das Unfallrisiko steigernden längeren Ablenkung, sondern auch zu fehlerhaften Identifikationen des Textes kommen kann. Im wahrnehmungspsychologischen Teil der Untersuchung zur Einbettung von Reisezeitinformationen in dWiSta konstatiert KREMS et al. (2009) einen negativen Zusammenhang zwischen Informationsgehalt und Lesbarkeit. KAYSER et al. (1989) schreiben, dass eine qualitativ und quantitativ nicht ausreichende Informationsaufnahme als Ursache für Fehleinschätzungen und daraus resultierenden Verkehrsunfällen angesehen werden kann. Weitere Untersuchungen zeigten, dass es nicht sinnvoll ist, mehr als zwei Verkehrszeichen gleichzeitig anzugeben, da dies wahrnehmungspsychologisch die individuellen Fähigkeiten zur Erfassung der Verkehrszeichen deutlich überfordert (vgl. HARTZ und SCHMIDT, 2005). Durch die fortgeschrittene Technologie ist es möglich, viele Informationen in Form von „dynamischen Anzeigen“ darzustellen. Dabei ist zu beachten, dass man schnell an die Grenzen der visuellen Informationsverarbeitungskapazität gelangt und so möglicherweise die Verkehrssicherheit durch gefährliche Fahrmanöver beeinträchtigt werden kann. Daher ist es von großer Bedeutung, Verkehrszeichen nach physiologischen, psychologischen, optischen, lichttechnischen und verkehrstechnischen Aspekten richtig zu bemessen bzw. zu gestalten und die Möglichkeiten der „dynamischen Anzeigen“ sinnvoll einzugrenzen.

5 Ableitung möglicher positiver und negativer Auswirkungen durch die zusätzlich angebrachte Textanzeige an Streckenbeeinflussungsanlagen

Im Folgenden werden zum einen mögliche Konflikte und Probleme sowie zum anderen positive Auswirkungen thematisiert, die in Folge von zusätzlich angebrachten Textzeilen (D-Zeile) an den AQ im Bereich von SBA auftreten können. Dabei werden mögliche Konflikte und Probleme in Abhängigkeit von redundanten und nicht redundanten Schaltungen differenziert. Die Literaturquellen (u. a. FÄRBER, 2005; TROPIC, 1999 etc.) ergaben eine Übereinstimmung darin, dass Piktogramme, sog. Sinnbilder, einprägsamer sind als Textinformationen. Zudem wird u. a. in TROPIC (1999) gefordert, dass Informationen und Hinweise möglichst mit standardisierten Piktogrammen geschaltet werden sollen und unter Umständen textliche Informationen anhand von Schlüsselwörtern die Anlagen ergänzen können.

Von großer Bedeutung in Bezug auf die Wirksamkeit und Akzeptanz von SBA wird untersucht, ob die geschalteten Textinformationen die StVO-verbindlichen WVZ überblenden und diese in Folge an Bedeutung verlieren. Zusätzlich ist dabei ist zu beachten, dass die Kraftfahrer neben der eigentlichen Fahraufgabe die StVO-verbindlichen Wechselverkehrszeichen der SBA sowie die Textzeile der D-Zeile wahrnehmen und eine Entscheidung treffen müssen, ob diese für sie relevant sind oder nicht und ggf. eine Handlung vornehmen.

Ein Problem bzw. Konflikt könnte sich bei der Gestaltung und Anordnung der Informationen ergeben, in dem die übermittelten Informationen den Kraftfahrer nicht erreichen und diese zu nicht richtigen Handlungsentscheidungen führen. Hierbei wird untersucht, ob die Inhalte der übermittelten Informationen in einem relativ kurzen Zeitraum und einer relativ hohen Geschwindigkeit wahrgenommen werden können oder ob diese zu einer Informationsflut der Fahrer führt. Ferner werden die Einflüsse der Textmenge sowie der Inhalt der Textinformationen (redundant, nicht redundant) auf das Fahrverhalten der Kraftfahrer untersucht. „Redundant“ bedeutet in diesem Fall, dass die WVZ A bis C und die D-Zeile die gleiche Information enthalten. „Nicht redundant“ meint, dass die WVZ A bis C und die D-Zeile unterschiedliche Hinweise darstellen.

Innerhalb der nicht redundanten Szenarien gibt es Informationen in der D-Zeile, die nicht für den Probanden in der Rolle des Pkw-Fahrers auf der Autobahn relevant sind. Weitere Randbedingungen für die Untersuchung sind äußere Einflüsse, wie Verkehrsdichte, starker Niederschlag (Orientierungssichtweiten) und deren Auswirkungen auf das Fahrverhalten der Kraftfahrer.

Fragen, die mit dieser Untersuchung beantwortet werden sollen, sind im Folgenden aufgelistet:

- Werden die Verkehrsteilnehmer durch eine zusätzliche Textanzeige (D-Zeile) verunsichert?
- Werden die Verkehrsteilnehmer durch die D-Zeile zusätzlich beansprucht?
- Beeinflusst die zusätzliche Textzeile die Verständlichkeit und Erfassbarkeit der SBA?
- Spielt die Länge der Information in der D-Zeile bei der Erfassbarkeit und der korrekten Wiedergabe des Inhalts eine wesentliche Rolle?
- Welche Effekte haben die getesteten Anzeigen?
- Gibt es Unterschiede zwischen redundanten und nicht-redundanten Anzeigen?
- Können „Nicht-Muttersprachler“ die Anzeige verstehen?
- Welche WVZ werden während der Fahrt gelesen und welche nicht?
- Wird durch die zusätzlich angebrachte D-Zeile, die Anlage hinsichtlich ihrer Akzeptanz aufgewertet?
- Erhöht diese zusätzliche Anzeige den Befolgungsgrad der SBA?
- Welche Relevanz hat die zusätzliche Information (D-Zeile) für die Verkehrsteilnehmer?
- Eignet sich die SBA für die Anzeige zusätzlicher Textinformationen?
- Welchen Stellenwert hat die D-Zeile?

6 Methoden

6.1 Stichprobe

An der Untersuchung haben 60 Probanden (43 Männer, 17 Frauen) teilgenommen, die drei verschiedenen Gruppen zugeordnet wurden: „Pendler“

(10 Männer, 10 Frauen), Vielfahrer (18 Männer, 3 Frauen) und einer Gruppe, deren Muttersprache nicht deutsch ist (hier Nicht-Muttersprachler genannt, 15 Männer, 4 Frauen). Zwei weitere Probanden, die zur Gruppe der Nicht-Muttersprachler gehörten, nahmen an der Studie teil, aufgrund ihres sehr ungewöhnlichen Fahrverhaltens (durchgehend unangepasste Geschwindigkeit bzw. vollständiges Abkommen von der Fahrbahn) wurden deren Daten jedoch nicht ausgewertet.

Die Vielfahrer zeichnen sich durch ihre jährliche Fahrleistung von mehr als 20.000 Kilometer aus. Die Nicht-Muttersprachler wurden zudem nach Selbsteinschätzung ihrer Deutschkenntnisse in vier Untergruppen gegliedert. So ergab sich eine Stichprobe zu je fünf Probanden mit grundlegenden, sehr guten und verhandlungssicheren Kenntnissen der deutschen Sprache; die vierte Gruppe mit guten Deutschkenntnissen bestand aus vier Personen. Probanden der Gruppen „Vielfahrer“ und „Nicht-Muttersprachler“ mussten lediglich einmal zum Experiment erscheinen. Die Mitglieder der Gruppe „Pendler“ durchliefen die Studie mit veränderter Modalität; sie mussten die Teststrecke vor dem aufgezeichneten Experiment bereits zuvor zweimal abfahren. Auf diese Weise sollte eine Probandengruppe geschaffen werden, welcher die Strecke zum Zeitpunkt der Datenerhebung bei der dritten Fahrt bereits bekannt war. 63,3 % der Probanden benötigten eine Sehkorrektur und trugen während des Experiments eine Sehhilfe. 95 % aller Probanden konnte im Sehtest die kleinste Buchstabenzeile lesen, die restlichen drei Probanden konnten die zweitkleinste Zeile lesen.

Diese drei Probanden gehörten zur Gruppe „Nicht-Muttersprachler“. Der Altersdurchschnitt über alle Gruppen hinweg lag bei 32,9 Jahren, mit einem Minimum von 19 und einem Maximum von 66 Jahren. Bei der „Pendler“-Gruppe lag der Altersdurchschnitt bei 27,0 Jahren (Minimum 19, Maximum 66 Jahre). Die Vielfahrer waren im Mittel 43,4 Jahre alt (Minimum 21, Maximum 60). Die Gruppe der Nicht-Muttersprachler wies einen Altersdurchschnitt von 27,4 auf (Minimum 22, Maximum 37). Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung der Probanden in der Vielfahrer-Gruppe betrug 39.558 km, die der „Pendler“ 5.914 km und die der Nicht-Muttersprachler 9.759 km. Vielfahrer-Probanden besaßen im Durchschnitt seit rund 26 Jahren ihren Führerschein, „Pendler“ und Nicht-Muttersprachler seit neun bzw. acht Jahren. Aufgrund des durchschnittlich höheren Alters der Vielfahrer lässt sich die

Diskrepanz der Jahre des Führerscheinbesitzes zwischen den Gruppen erklären. Die Gruppe der Nicht-Muttersprachler lebte durchschnittlich seit drei Jahren in Deutschland und lernte im Mittel seit fünf Jahren die deutsche Sprache.

Bild 6.1 zeigt die Verteilung, der von den Probanden angegebenen Häufigkeit ihrer Autobahnfahrten. Dabei wird deutlich, dass 75 % der Probanden der „Pendler“-Gruppe alle zwei bis drei Monate oder seltener auf der Autobahn fahren. 50 % der Vielfahrer benutzen mindestens einmal pro Woche oder häufiger die Autobahn. Die Gruppe der Nicht-Muttersprachler teilt sich in Probanden, die seltener als alle zwei, drei Monate Autobahn fahren (53 %) und Probanden, die mindestens einmal pro Woche die Autobahn benutzen (32 %).

Zudem zeigt sich in Bild 6.2, dass die Gruppen „Pendler“ (65,0 %) und Vielfahrer (52,4 %) eine Rei-

segeschwindigkeit von 130 km/h auf der Autobahn bevorzugen. Die Nicht-Muttersprachler bevorzugen entweder eine ähnliche Fahrgeschwindigkeit (42,1 %) oder ein langsames Tempo (47,4 %).

Rekrutiert wurden die Probanden anhand von Flyern und Aushängen sowie durch Anzeigen in einer regionalen Tageszeitung (Magdeburger Volksstimme) und einem Eventmagazin (Urbanite). Außerdem wurden Personen kontaktiert, die an vergangenen Studien im Fahrsimulator teilgenommen hatten.

6.2 Hardware

Der Fahrsimulationsaufbau besteht aus einem 31 cm hohen Podest, auf dem ein Autositz angebracht ist. Dieser ist, gleich einem Fahrersitz in einem Pkw, in zwei Dimensionen verstellbar, sodass der Abstand zwischen der Leinwand und dem Kopf des Probanden 250 bis 270 cm betrug. Die Leinwand hat eine Abmessung von 270 x 200 cm. Lenkrad und Pedalerie bestanden aus dem System G27 der Firma Logitech. Das Lenkrad war vor dem Autositz an einer Tischplatte in 74 cm Höhe (gemessen ab Podest) befestigt. Bild 6.3 zeigt den Versuchsaufbau während der Durchführung.

Zur Projektion der Simulation wurde ein Beamer der Marke Canon (Modell WUX10 Mark 2) mit einer Auflösung von 1.920 x 1.200 Pixeln verwendet. Zur Blickerfassung wurde das Dikablis System der Ergoneers GmbH eingesetzt.

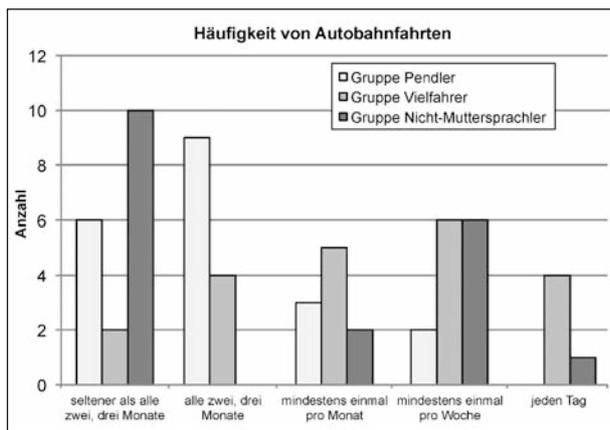


Bild 6.1: Verteilung der Gruppen bezüglich deren Häufigkeiten von Autobahnfahrten im Alltag

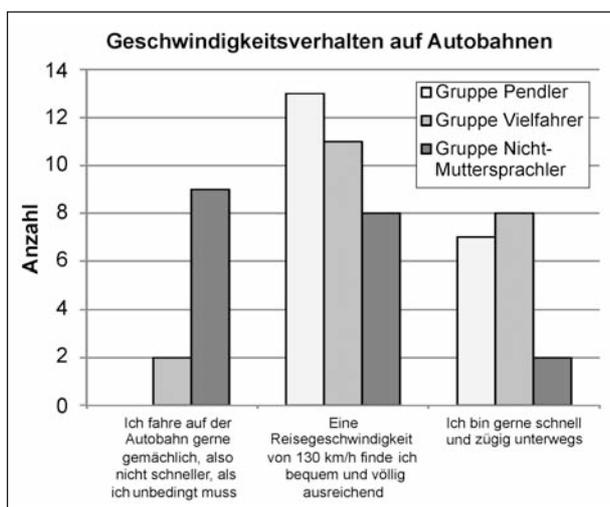


Bild 6.2: Verteilung der Gruppen bezüglich deren Fahrverhalten auf Autobahnen

6.3 Software

Zur Umsetzung der Streckensimulation und Aufzeichnung der fahrdynamischen Daten wurde die

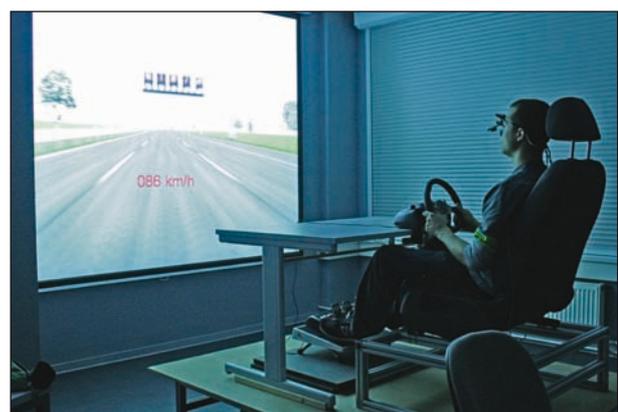


Bild 6.3: Fahrsimulationsaufbau

Software SILAB in der Version 3.0 von der WIVW GmbH genutzt.

Die Eyetracking-Daten wurden anhand des Dikablis Eyetracking Programmes der Ergoneers GmbH in der Version 2.0 aufgezeichnet, ein System, welches bereits mehrfach evaluiert wurde (LANGE, 2006, 2007; BREUNINGER, 2011; ZHANG, 2011).

6.4 Simulation

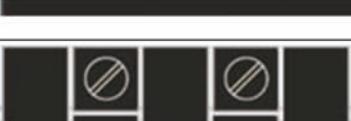
Die simulierte Autobahnstrecke wurde entsprechend den Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA, 2008) mit dem Regelquerschnitt RQ 36 entworfen und weist somit drei Fahrstreifen und einen Seitenstreifen je Richtungsfahrbahn auf. Die darauf platzierten SBA und deren WVZ wurden den Richtlinien RWVA (1997) und RWVZ (1997) entsprechend simuliert. Die Streckengeometrie wurde nach RAA konform großzügig trassiert, die Radien lagen zwischen 1.000 m und 9.000 m.

Die frei programmierbare D-Zeile ist einzeilig mit einer Schrifthöhe von 350 mm (inkl. Unter- und Überlängen) in die simulierte SBA unterhalb der

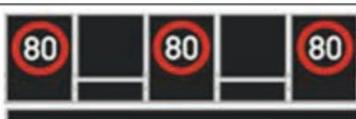
WVZ und mittig über den Hauptfahrstreifen der Richtungsfahrbahn angeordnet worden. Um den Einfluss der D-Zeile auf das Fahrverhalten zu untersuchen, wurden in der Simulation vier Module jeweils mit und ohne D-Zeile umgesetzt, um diese später untereinander vergleichen zu können. Demnach durchfuhren die Probanden insgesamt acht Module in einer Strecke. In Tabelle 6.1 sind die einzelnen Module in ihrem Verlauf mit dem Anzeigequerschnitt der einzelnen SBA dargestellt. Innerhalb der Module, die eine D-Zeile beinhalteten, wurde außerdem zwischen redundanten (Modul 2) und nicht redundanten Modulen (Modul 4; 6 und 8) unterschieden.

Die insgesamt acht Module wurden von jedem Probanden durchfahren. Um Übungseffekte und Effekte nachlassender Konzentration oder zunehmender Müdigkeit auszuschließen, wurde die Reihenfolge der acht Situationen variiert. Somit wurden insgesamt acht Strecken von durchschnittlich 72,6 Kilometern Länge programmiert.

Bild 6.4 zeigt Ausschnitte aus der Simulation; die Geschwindigkeit wurde in der Simulation entsprechend eines Head-up-Displays zusätzlich präsentiert.

AQ	Modul 1	Modul 2	Relevanz der D-Zeile in der Rolle des Pkw-Fahrers	Redundanz von der D-Zeile mit WVZ A-C
AQ 1			-	-
AQ 2			gegeben	redundant
AQ 3			gegeben	redundant
AQ 4			-	-
AQ 5			-	-

Tab. 6.1: Beschreibung der acht simulierten Module in der Autobahnsimulation

AQ	Modul 3	Modul 4	Relevanz der D-Zeile in der Rolle des Pkw-Fahrers	Redundanz von der D-Zeile mit WVZ A-C
AQ 1			gegeben	nicht redundant
AQ 2			gegeben	nicht redundant
AQ 3			gegeben	nicht redundant
AQ 4			-	-
AQ 5			-	-
AQ	Modul 5	Modul 6	Relevanz der D-Zeile in der Rolle des Pkw-Fahrers	Redundanz von der D-Zeile mit WVZ A-C
AQ 1			nicht gegeben	nicht redundant
AQ 2			nicht gegeben	nicht redundant
AQ 3			nicht gegeben	nicht redundant
AQ 4			nicht gegeben	nicht redundant
AQ 5			-	-

Tab. 6.1: Fortsetzung

AQ	Modul 7	Modul 8	Relevanz der D-Zeile in der Rolle des Pkw-Fahrers	Redundanz von der D-Zeile mit WVZ A-C
AQ 1		 LKW-Verbot auf U2 aufgehoben „Lkw – Verbot auf U2 aufgehoben“	nicht gegeben	nicht redundant
AQ 2		 LKW-Verbot auf U2 aufgehoben „Lkw – Verbot auf U2 aufgehoben“	nicht gegeben	nicht redundant
AQ 3		 LKW-Verbot auf U2 aufgehoben „Lkw – Verbot auf U2 aufgehoben“	nicht gegeben	nicht redundant
AQ 4			-	-
AQ 5			-	-

Tab. 6.1: Fortsetzung



Bild 6.4: Simulationsausschnitte von der Experimentalstrecke

6.5 Durchführung

Der Proband wurde zuerst gebeten, eine Einverständniserklärung zum Experiment zu unterschreiben und den Pretestfragebogen auszufüllen (siehe Anhang 1). Dieser bestand aus 18 Items und lag in deutscher und englischer Fassung vor, damit auch alle Nicht-Muttersprachler die Fragen beantworten konnten. In diesem Fragebogen sollte der Proband Angaben zu seiner Person (z. B. Geschlecht, Alter, Jahre des Führerscheinbesitzes) und zu seinem Fahrverhalten (z. B. Jahreskilometeranzahl, Führerscheinbesitz) machen. Danach wurde er gebeten, im Simulator Platz zu nehmen und den Sitz an seine individuellen Fahrgewohnheiten anzupassen. Schließlich erhielt jeder Proband die gleiche Instruktion: Er wurde darüber informiert, dass er zunächst eine rund fünfminütige Probefahrt machen würde, um sich an das Fahren im Simulator zu gewöhnen, bevor er die eigentliche Teststrecke befahren würde. Darüber hinaus wurde er gebeten, sich in der Simulation so zu verhalten, wie er es im Straßenverkehr auch tun würde. Weitere Informationen über das Ziel der Studie wurden dem Probanden nicht mitgeteilt; ebenfalls wurde nicht explizit auf den AQ im Bereich von SBA bzw. die D-Zeilen hingewiesen, um die Probanden nicht in ihrem Fahr- und Blickverhalten zu beeinflussen.

Die Probestrecke verfügte über schmalere Fahrspuren und einen kurvenreicheren Straßenverlauf, damit der Proband das Fahren in der Fahrsimulation gut üben konnte. Die Probestrecke enthielt gegenüber der richtigen Experimentalstrecke keine SBA.

Probanden der „Pendler“-Gruppe wurden vor der eigentlichen Testung zu zwei Übungsdurchgängen eingeladen. Sie fuhren im ersten Übungsdurchgang zunächst fünf Minuten lang die Probestrecke, dann begannen sie direkt im Anschluss mit der ihnen zugewiesenen Teststrecke. Im zweiten Übungsdurchgang fuhren sie nur die Teststrecke. Zwischen dem ersten und dem zweiten Übungsdurchgang und dem eigentlichen Testdurchgang lag in der Regel jeweils ein Tag. Die Probanden der „Pendler“-Gruppe haben während des Experiments zu keinem Zeitpunkt den Zweck der Übungsdurchgänge erfahren. Sie hatten keine Kenntnis darüber, dass die beiden Übungsdurchgänge nicht der Datenerhebung dienen.

Die eigentliche Testung unterschied sich zwischen den einzelnen Stichprobengruppen nur dahin-



Bild 6.5: Proband mit Blickfassungssystem Dikablis (Ergoneers GmbH) im Fahrsimulator

gehend, dass die „Pendler“ vorher nicht die Probefahrt antreten mussten, da sie durch die Übungsdurchgänge bereits mit der Fahrmechanik vertraut waren. Der übrige Ablauf war für alle Probanden identisch.

Im Anschluss an die Probefahrt wurde dem Probanden der Eyetracker angelegt und eine Kalibrierung vorgenommen (siehe Bild 6.5). Dabei wurde er gebeten, nach der Kalibrierung die Position des Eyetrackers am Kopf nicht mehr zu verändern.

Nachdem der Proband noch einmal seine Sitzposition überprüft hatte, wurde sowohl die Teststrecke als auch die Aufzeichnung durch den Eyetracker gestartet. Bei der Zuordnung der Strecken zu den Probanden wurde darauf geachtet, dass jede Strecke gleich häufig unter den einzelnen Gruppen vergeben wird, um eine Verfälschung der Daten durch sich eventuell ergebende Reihenfolgeeffekte auszuschließen.

Nach Beendigung der Testfahrt absolvierte der Proband einen Sehtest, wobei die unterste vorzulesende Zeile mit einem Sehwinkel von $1,1^\circ$ präsentiert wurde. Im Anschluss an den Sehtest wurde die Aufzeichnung durch den Eyetracker beendet und das Gerät abgenommen. Mit dem Probanden wurde dann die Posttest-Befragung (Anhang 2) durchgeführt, in der u. a. ermittelt wurde, ob dem Probanden an der simulierten Autobahn etwas aufgefallen sei und in welchem Ausmaß er die Anweisungen der SBA verstanden, akzeptiert und befolgt hatte. Ein Teil des Fragebogens (Abschnitte 7 und 8, Anhang 12.2) war vom Probanden nach Instruktion eigenständig auszufüllen, ein Teil (Abschnitte 5a bis 5c, Anhang 2) wurde vom Versuchsleiter erfragt. Abschnitt 6 (Anhang 2) bildete einen interaktiven Befragungsteil. Hier betrachtete der Proband auf

einem Laptop eine von vier Präsentationen mit 30 verschiedenen Anzeigequerschnitten. Die Präsentationen unterschieden sich nur durch die Reihenfolge der AQ voneinander, womit sichergestellt werden sollte, dass eventuell eintretende Lerneffekte keine Auswirkung auf die Validität der Daten haben würden. Jeder Anzeigequerschnitt beinhaltete eine D-Zeile. Diese D-Zeile war entweder mit den gleichzeitig präsentierten WVZ redundant oder nicht redundant.

Jeder AQ wurde für exakt 4,2 Sekunden präsentiert, was laut einer Studie von FÄRBER et al. (2007) der Nettolesezeit eines Verkehrsschildes am Fahrbahnrand bei einer Geschwindigkeit von 130 km/h entspricht. In dieser Zeit würde bei realer Fahrt eine Strecke von 151 m zurückgelegt werden. Diese Zeitangabe bezieht sich auf Verkehrsschilder mit einer Schrifthöhe von 350 mm, wie dies auch bei der D-Zeile in den AQ der Fall ist. Nach 4,2 Sekunden wurde der Bildschirm weiß und der Proband hatte die Aufgabe, dem Versuchsleiter die Inhalte des Anzeigequerschnittes mitzuteilen und darüber hinaus zu erläutern, welche Verhaltensreaktionen in dieser Situation von einem Autofahrer erwartet werden würden. Der Aufbau eines AQ in der Präsentation wird auszugsweise in Bild 6.6 veranschaulicht. Durch diesen Test sollte die Informationsaufnahme und Verarbeitung für mehrere D-Zeilen in Abhängigkeit von der präsentierten Menge an WVZ und redundanten bzw. nicht redundanten Informationen getestet werden.

Nach der Präsentation aller 30 Anzeigequerschnitte (s. Anhang 2) wurde der Proband abschließend gefragt, ob er sich im Ausland durch fremdsprachige Textzeilen verunsichert fühlen würde, und wie er persönlich zur Standardisierung von SBA in Europa stünde (Fragen 9 und 10, Anhang 2).



Bild 6.5: Beispiel eines Anzeigequerschnitts aus der Präsentation zu Item 6 in der Posttest-Befragung

Fragen zum Inhalt der Studie und zur Verarbeitung der gewonnenen Daten wurden im Anschluss daran beantwortet.

7 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse des Posttest Fragebogen wiedergegeben. Anschließend werden die Ergebnisse der Fahrsimulation dargestellt. Das Kapitel schließt mit einem Fazit.

7.1 Ergebnisse Posttest-Fragebogen

7.1.1 Vertrautheit mit der SBA und deren WVZ

Die offene Frage (Item 5a, siehe Anhang 2), ob den Probanden an der Autobahnsimulation Unterschiede zu realen Autobahnumwelten aufgefallen waren, zielte auf die Neuheit der D-Zeile am AQ im Bereich von SBA. Keiner der Probanden erwähnte bei Beantwortung dieser Frage die D-Zeile.

Die Frage (Item 5c), ob die Streckenbeeinflussungsanlage den Probanden bereits vor der Experimentalfahrt vertraut war, bejahten 96,7 %. Der überwiegende Teil (68,3 %) dieser Probanden gab an, die SBA von deutschen Autobahnen zu kennen, weitere 26,7 % gaben an, die SBA sowohl von deutschen als auch von ausländischen Autobahnen zu kennen. Die Frage (Item 5c), ob den Probanden explizit die Wechselverkehrszeichen A bis C vertraut waren, beantworteten 91,7 % aller Probanden mit „ja“. Die Frage (Item 5c) nach der Vertrautheit der D-Zeile in den AQ im Bereich von SBA in der Simulation verneinten 56,7 %. 31,7 % der Probanden gaben an, mit der D-Zeile durch ihre Fahrten auf deutschen Autobahnen vertraut zu sein.

7.1.2 Verständlichkeit der WVZ

80,0 % aller Probanden konnten alle Verkehrszeichen auf der Strecke gut erkennen und lesen (Item 5b). Die Nicht-Muttersprachler konnten zwar weniger Schilder gut lesen (21,7 % im Vergleich zu „Pendlern“ mit 28,3 % und Vielfahrern mit 30 %); dieser Unterschied ist aber nicht signifikant ($p > 0,05$).

In Item 6 wurde die Erfassbarkeit und die Verständlichkeit der WVZ A bis C, der D-Zeile und der Kombination von allen WVZ A bis C und die D-Zeile auf

Mittelwerte* (Standardabweichung) für N = 60				
	WVZ A bis C	D-Zeile	Kombi WVZ A bis C und D-Zeile	Signifikanz Greenhouse-Geisser Korrektur
Ich konnte die WVZ auf einen Blick erfassen.	4,6 (0,78)	3,68 (1,21)	3,6 (1,19)	F(1,784, 58) = 31,872, p = 0,000
Die WVZ waren für mich verständlich.	4,75 (0,79)	4,05 (1,17)	4,11 (1,07)	F(1,537, 58) = 17,205, p = 0,000
* Wertebereich von 1 bis 5; 5 entspricht „voller Zustimmung“; 1 entspricht „voller Ablehnung“				

Tab. 7.1: Mittelwertverteilungen für die einzelnen Gruppen bezüglich der Erfassbarkeit und Verständlichkeit in Bezug auf SBA, D-Zeile und der Kombination von WVZ und D-Zeile

einer 5-stufigen Zustimmungsskala (1 – „trifft nicht zu“ bis 5 – „trifft zu“) erfragt. In Tabelle 7.1 sind die Mittelwerte für die Zustimmung pro Aussage für alle 60 Probanden dargestellt. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Erfassbarkeit und Verständlichkeit zwischen WVZ A bis C und der D-Zeile allein, sowie deren Kombination. Bezüglich der Häufigkeitsverteilung der Antworten zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

7.1.3 Beanspruchung durch die SBA

Item 7 misst die subjektive Beanspruchung der Probanden durch das Lesen der einzelnen WVZ auf einer Skala von 0 bis 100. Tabelle 7.2 gibt die Mittelwerte über alle Probanden und jeweils für die einzelnen Gruppen an. Die Varianzanalyse mit Messwiederholung (mixed design) ergibt einen signifikanten Haupteffekt [$F(1,58, 88,44) = 24,08, p = 0,000$; Greenhouse-Geisser Korrektur] für die drei AQ-Varianten (WVZ A – C; D-Zeile; Kombination beider). Es ist ebenfalls ein signifikanter Interaktionseffekt (AQ-Variante und Gruppe) zu beobachten [$F(3,16, 88,44) = 3,59, p = 0,015$]. D. h. die subjektiven Beanspruchungswerte sind für die drei AQ-Varianten verschieden und dabei unterschiedlich in

ihrer Ausprägung für die drei Gruppen. Der Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit war dabei aber nicht signifikant [$F(2, 56) = 1,55, p = 0,220$]. D. h. die D-Zeile erhöht signifikant das subjektive Beanspruchungsempfinden der Probanden.

7.1.4 Verunsicherung durch die WVZ

In Item 6 wurde die Verunsicherung der Probanden durch die WVZ A bis C, der D-Zeile und der Kombination von allen WVZ A bis D-Zeile auf einer 5-stufigen Zustimmungsskala (1 – „trifft nicht zu“ bis 5 – „trifft zu“) erfragt. Bezüglich der Häufigkeitsverteilung der Antworten zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). In Tabelle 7.3 sind die Mittelwerte hinsichtlich der Verunsicherung für alle 60 Probanden dargestellt.

Item 9 fragt nach der Verunsicherung durch fremdsprachige D-Zeilen. 78,9 % aller Befragten gaben an, sich durch fremdsprachige Textzeilen im Ausland verunsichert zu fühlen. Die Häufigkeitsverteilungen zwischen den Gruppen zeigen hier keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$), sodass der Großteil jeder Gruppe durch fremdsprachige D-Zeilen im Ausland verunsichert fühlen würde (siehe Bild 7.1).

Mittelwerte (Standardabweichung) für N = 60			
	WVZ A bis C	D-Zeile	Kombination WVZ A bis D-Zeile
N = 60	34,00 (32,15)	44,30 (26,10)	54,45 (28,26)
„Pendler“	20,85 (22,99)	40,00 (28,00)	51,95 (28,96)
Vielfahrer	39,95 (31,33)	52,09 (22,75)	62,57 (27,57)
Nicht-Muttersprachler	41,66 (38,38)	40,00 (22,75)	47,77 (27,50)

Tab. 7.2: Darstellung der Mittelwerte der subjektiven Beanspruchung (auf einer Skala von 0 – „Minimum“ bis 100 – „Maximum“) jeweils für die WVZ A, B und C, für die D-Zeile sowie für die Kombination aus WVZ A, B, C und D-Zeile

Mittelwerte* (Standardabweichung) für N = 60	
Wechselverkehrszeichen (WVZ A bis C)	
Ich habe mich durch die WVZ verunsichern lassen.	1,78 (1,05)
D-Zeile	
Ich habe mich durch die D-Zeile verunsichern lassen.	1,7 (0,88)
Kombination WVZ A bis D-Zeile	
Ich habe mich durch die Kombination verunsichern lassen.	1,65 (0,84)
* Wertebereich von 1 bis 5; 5 entspricht „voller Zustimmung, also hoher Verunsicherung“; 1 entspricht „voller Ablehnung, also niedriger Verunsicherung“	

Tab. 7.3: Mittelwertverteilungen der Verunsicherung über alle Probanden in Bezug auf SBA, D-Zeile und der Kombination von WVZ und D-Zeile

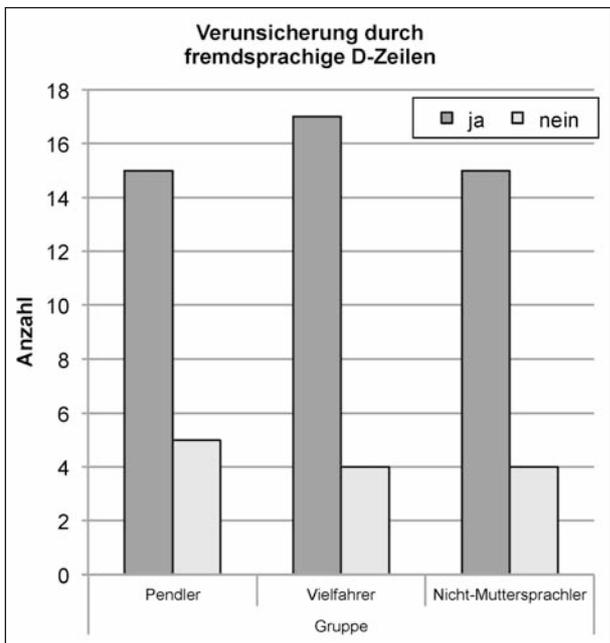


Bild 7.1: Häufigkeitsverteilung pro Gruppe auf die Frage „Stellen Sie sich vor, Sie fahren im Ausland. Würden Sie sich durch fremdsprachige D-Zeilen verunsichert fühlen?“

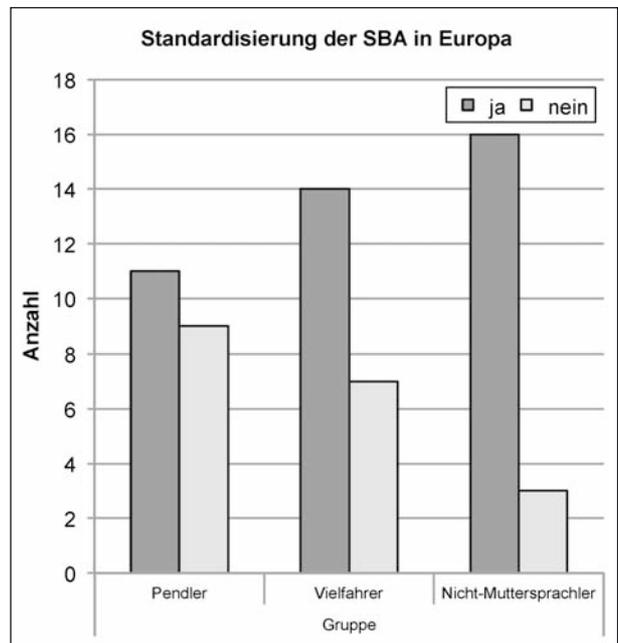


Bild 7.2: Häufigkeitsverteilung pro Gruppe auf die Frage „Sollten Ihrer Meinung nach die SBA in Europa standardisiert werden?“

7.1.5 Akzeptanz

In Item 6 wurde der Befolgungsgrad von Tempolimits durch die WVZ A bis C auf einer 5-stufigen Zustimmungsskala (1 – „trifft nicht zu“ bis 5 – „trifft zu“) erfragt. In Tabelle 7.4 ist der Mittelwert für die Zustimmung zum Folgegrad für alle 60 Probanden dargestellt.

Item 10 fragt die Probanden nach der Harmonisierung der SBA in Europa. 68,3 % aller Probanden befürworteten die Standardisierung. Die Häufigkeitsverteilungen zwischen den Gruppen zu dieser Frage zeigen keine signifikant verschiedenen Ergebnisse ($p > 0,05$), der Großteil jeder Gruppe ist für eine Standardisierung der SBA in Europa (siehe Bild 7.2).

Mittelwerte* (Standardabweichung) für N = 60	
Wechselverkehrszeichen (WVZ A bis C)	
Ich habe die Aufforderung der WVZ befolgt.	3,9 (0,93)
* Wertebereich von 1 bis 5; 5 entspricht „voller Zustimmung“; 1 entspricht „voller Ablehnung“	

Tab. 7.4: Mittelwert der Zustimmung für alle Probanden bezüglich des Folgegrades der WVZ A, B und C einer SBA

7.1.6 Informationsaufnahme

Im Folgenden sind die Ergebnisse des Posttests (Item 8) dargestellt, bei dem den Probanden 30 verschiedene Anzeigequerschnitte (siehe Bild 6.6), für jeweils 4,2 s präsentiert wurden.

In der Tabelle 7.5 sind die einzelnen Anzeigenquerschnitte nach ihrem Informationsgehalt geordnet. Der Informationsgehalt gibt die Anzahl an Wechselverkehrszeichen an A, B, C und D-Zeile wieder. Ein AQ, der die WVZ A und die D-Zeile beinhaltet, besitzt somit einen Informationsgehalt von „2“. In Bild 7.3 sind die gemittelten prozentualen Werte der richtigen Antworten pro Informationsgehalt über alle 60 Probanden und in Bild 7.4 pro Gruppe dargestellt.

Der Informationsgehalt „3“ wird dabei nicht betrachtet, da dieser nur auf den Ergebnissen von drei getesteten Anzeigenquerschnitten basiert. Ab einem Informationsgehalt von „4“ lässt sich eine Abnahme der richtigen Antworten erkennen.

Angesichts gegenwärtiger wahrnehmungspsychologischer Untersuchungen (u. a. EASY WAY, 2010; FÄRBER et al., 2005) von WVZ, wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht erneut getestet, wie viele Probanden die WVZ A, B oder C an sich ohne eine zusätzliche D-Zeile erkennen „Informationsgehalt 0“. Dieser Wert liegt bei über 90 %. So wurde z. B. im Rahmen der EasyWay Untersuchungen (vgl. EASY WAY, 2010) festgestellt, dass über 93 % der insgesamt 1.260 befragten Personen Gefahrenzeichen, wie z. B. Stau (94,4 %), Baustelle (99 %), Wind (96,8 %) und Glätte (93,4 %) richtig erkannten. FÄRBER et al. (2005) stellten fest, dass 97 % der Probanden das Gefahrenzeichen Stau erkannten.

Tabelle 7.5 zeigt, dass mit zunehmendem Informationsgehalt die Anzahl der richtigen Antworten sinkt.

Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „1“ (D-Zeile)	richtige Antworten			
			alle % von N = 60	„Pendler“ % von N = 20	Vielfahrer % von N = 21	Nicht-Muttersprachler % von N = 19
1	-		88,3 %	100 %	95,2 %	68,4 %
2	-		85,0 %	100 %	100 %	52,6 %
6	-		73,3 %	100 %	95,2 %	21,0 %
24	-		85,0 %	100 %	85,7 %	68,4 %
4	-		71,7 %	95,0 %	85,7 %	31,6 %
26	-		76,7 %	100 %	95,2 %	31,6 %

Tab. 7.5: Prozentuale Ergebnisse der richtigen Antworten über alle 60 Probanden und pro Gruppe

Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „2“ (D-Zeile und ein WVZ aus A bis C)	richtige Antworten			
			alle % von N = 60	„Pendler“ % von N = 20	Vielfahrer % von N = 21	Nicht-Muttersprachler % von N = 19
7	redundant		98,1 % *N = 54	94,4 % *N = 18	100 % *N = 20	100 % *N = 19
9	nicht redundant		84,7 % *N = 59	100 %	100 %	50,0 %
5	nicht redundant		65,0 %	90,0 %	76,2 %	26,3 %
10	redundant		85,0 % *N = 59	100 %	90,5 %	66,7 % *N = 18
11	redundant		90,0 %	100 %	100 %	68,4 %
16	nicht redundant		85,0 %	95,0 %	95,2 %	63,2 %
10	nicht redundant		78,3 %	95,0 %	76,2 %	63,2 %
11	nicht redundant		81,7 %	100 %	95,2 %	47,4 %
20	nicht redundant		76,7 %	85,0 %	95,2 %	47,4 %
		Informationsgehalt „3“ (D-Zeile und zwei WVZ aus A bis C)				
8	redundant		91,7 %	100 %	100 %	73,7 %
12	nicht redundant		66,7 %	70,0 %	76,2 %	52,6 %
23	nicht redundant		88,3 %	100 %	90,5 %	73,7 %

Tab. 7.5: Fortsetzung

Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „4“ (D-Zeile und alle drei WVZ A bis C)	richtige Antworten			
			alle % von N = 60	„Pendler“ % von N = 20	Vielfahrer % von N = 21	Nicht-Mutter- sprachler % von N = 19
3	nicht redundant		83,3 %	95,0 %	76,2 %	78,9 %
1	nicht redundant		61,7 %	75,0 %	61,9 %	47,4 %
3	nicht redundant		61,7 %	70,0 %	76,2 %	36,8 %
2	nicht redundant		66,7 %	85,0 %	66,7 %	47,4 %
6	nicht redundant		53,3 % *N = 59	65,0 %	71,4 %	22,2 %
7	nicht redundant		75,0 %	85,0 %	76,2 %	63,1 %
8	nicht redundant		73,3 %	95,0 %	71,4 %	52,6 %
9	nicht redundant		71,7 %	90,0 %	81,0 %	42,1 %
4	nicht redundant		51,7 %	75,0 %	57,1 %	21,1 %
5	nicht redundant		46,7 %	65,0 %	66,7 %	5,3 %
12	nicht redundant		61,7 %	80,0 %	76,2 %	26,3 %
14	nicht redundant		51,7 %	70,0 %	71,4 %	10,5 %

Tab. 7.5: Fortsetzung

Die Einzelberechnungen der Häufigkeitsverteilungen pro Anzeigenquerschnitt zeigen signifikante Gruppenunterschiede: Die Nicht-Muttersprachler konnten im Vergleich zu den „Pendlern“ und Vielfahrern signifikant weniger richtige Informationen in 23 von 30 Anzeigenquerschnitten wiedergeben ($p < 0,05$).

Innerhalb der nicht-redundanten Anzeigenquerschnitte wurde bezüglich der falschen Antworten noch danach unterschieden, ob die D-Zeile, die WVZ oder beides falsch genannt wurden. Über alle 60 Probanden hinweg, die richtig oder falsch antworteten, wurde nur die D-Zeile in 23,3 % der Fälle,

nur die WVZ in 7,0 % und beides in 4,2 % aller Fälle falsch bzw. nicht wiedergegeben. Dieser Häufigkeitsunterschied zeigt sich unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit. Zieht man den Informationsgehalt in Betracht, so wird die D-Zeile in 25,8 % nicht genannt, wenn alle WVZ A bis C vorlagen und in 16,6 % der Fälle nicht wiedergegeben, wenn ein WVZ von A bis C vorlag.

Ein Vergleich zwischen redundanten und nicht redundanten Anzeigenquerschnitten wäre aufgrund einer unterschiedlichen Anzahl an getesteten Anzeigenquerschnitten (4:20) nicht aussagekräftig. Daher werden an dieser Stelle nur die nicht redundanten Anzeigenquerschnitte betrachtet.

Da in der nicht-redundanten Bedingung kein Informationsgehalt „1“ und für Informationsgehalt „3“ (D-Zeile plus ein WVZ) lediglich an zwei AQ getestet wurden, ist in Bild 7.5 die Verteilung der richtigen Antworten nur auf der Grundlage von den Informationsgehalten „2“ und „4“ abgebildet.

In der nicht redundanten Bedingung zeigt sich für Informationsgehalt „4“ ein Abfall in den richtigen Antworten von 78,6 % auf 63,2 %. Von denjenigen, die falsche Antworten gaben, nannten 67,4 % der Fälle die D-Zeile nicht, 20,3 % die WVZ nicht und in 12,3 % wurde beides nicht genannt.

In Tabelle 7.6 sind pro Informationsgehalt die prozentualen falschen Antworten für die nicht redundanten AQ angegeben. Es zeigt sich, dass in allen AQ (bis auf die Nr. 7) die D-Zeile am häufigsten nicht genannt wurde.

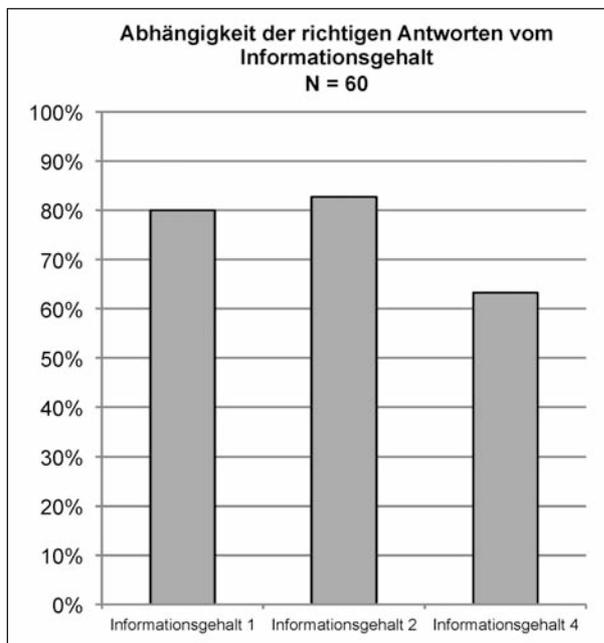


Bild 7.3: Prozentuale Mittelwerte der richtigen Aussagen pro Informationsgehalt in den AQ im Posttest für alle 60 Probanden

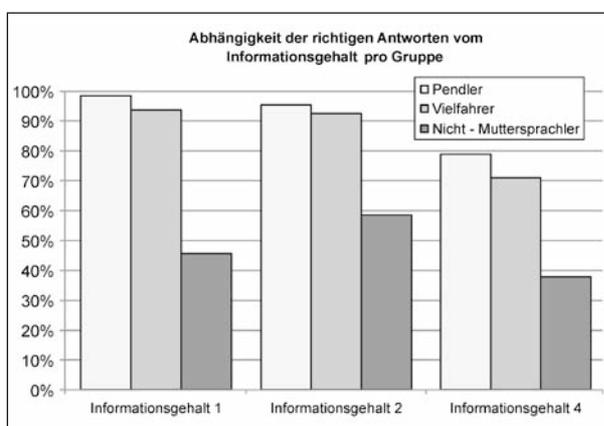


Bild 7.4: Prozentuale Mittelwerte der richtigen Aussagen pro Informationsgehalt in den AQ im Posttest pro Gruppe

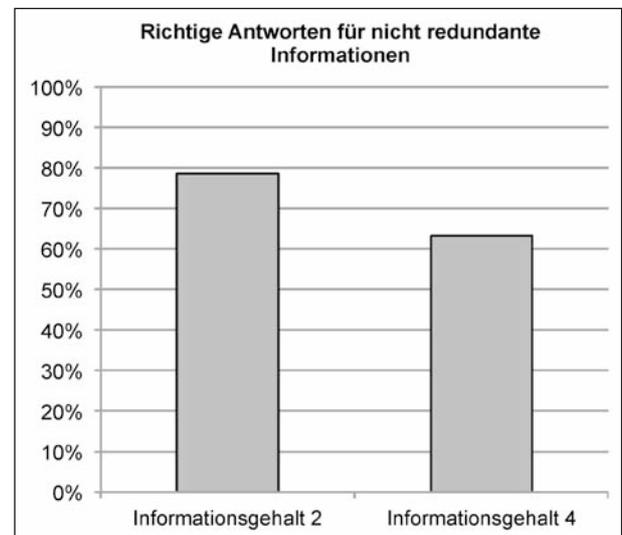
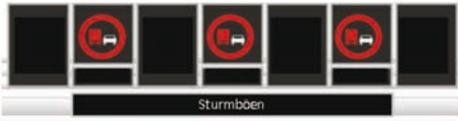


Bild 7.5: Prozentuale Mittelwerte der richtigen Aussagen für nicht-redundante AQ im Posttest

Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „2“ (D-Zeile und ein WVZ aus A bis C)	falsche bzw. nicht genannte Antworten		
			D-Zeile nicht genannt % von N = 60	WVZ nicht genannt % von < N = 60	beides falsch % von << N = 60
9	nicht redundant	 Sturmbeben	k. A.	k. A.	k. A.
5	nicht redundant	 LKW Blockabfertigung ab AS Kirchheim	35,0 %	8,3 %	10,0 %
16	nicht redundant	 Stau auf B10 Richtung Stuttgart	11,7 %	3,3 %	0,0 %
10	nicht redundant	 Tempolimit zur Stauvermeidung	20,0 %	0,0 %	1,7 %
11	nicht redundant	 Tempolimit für Ihre Verkehrssicherheit	11,7 %	0,0 %	6,7 %
20	nicht redundant	 Hohes Verkehrsaufkommen	21,7 %	1,7 %	0,0 %
Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „3“ (D-Zeile und zwei WVZ aus A bis C)	falsche bzw. nicht genannte Antworten		
			D-Zeile nicht genannt % von N = 60	WVZ nicht genannt % von < N = 60	beides falsch % von << N = 60
12	nicht redundant	 Seitenstreifen im Baustellenbereich mit benutzen	28,3 %	5,0 %	5,0 %
23	nicht redundant	 Markierungsarbeiten	k. A.	k. A.	k. A.

Tab. 7.6: Gibt die prozentuale Verteilung der falschen bzw. nicht genannten Antworten für die nicht redundanten AQ im Posttest an, je nachdem ob die D-Zeile, die WVZ oder beide falsch bzw. nicht wiedergegeben wurden. Der falsche Antwortinhalt der AQ Nr. 9, 23, 3, 5 und 12 wurde nicht erfasst

Nr. der D-Zeile	Redundanz	Informationsgehalt „4“ (D-Zeile und alle drei WVZ A bis C)	falsche bzw. nicht genannte Antworten		
			D-Zeile nicht genannt % von N = 60	WVZ nicht genannt % von < N = 60	beides falsch % von << N = 60
3	nicht redundant		k. A.	k. A.	k. A.
1	nicht redundant		26,7 %	8,3 %	3,3 %
3	nicht redundant		18,3 %	10,0 %	10,0 %
2	nicht redundant		23,3 %	8,3 %	1,7 %
6	nicht redundant		30,5 %	10,2 %	5,1 %
7	nicht redundant		10,0 %	11,7 %	3,3 %
8	nicht redundant		15,0 %	11,7 %	0,0 %
9	nicht redundant		18,3 %	8,3 %	1,7 %
4	nicht redundant		35,0 %	6,7 %	6,7 %
5	nicht redundant		k. A.	k. A.	k. A.
12	nicht redundant		k. A.	k. A.	k. A.
14	nicht redundant		30,0 %	11,7 %	6,7 %

Tab. 7.6: Fortsetzung

Anzahl der WVZ	Zusammenhang der richtigen Antworten mit der Zeichenlänge der D-Zeile (Rangkorrelationskoeffizient Spearman – r_s)
Nur D-Zeile 	$r_s = -0,142$, $p = 0,509$
D-Zeile + 1 WVZ 	$r_s = -0,183$, $p = 0,258$
D-Zeile + 2 WVZ 	$r_s = -0,764$, $p = 0,027^*$
D-Zeile + 3 WVZ 	$r_s = -0,357$, $p = 0,013^*$

Tab. 7.7: Korrelationen zwischen der Anzahl richtiger Antworten und der Zeichenlänge der D-Zeile pro Anzahl der WVZ im Posttest, wobei ein signifikantes Ergebnis durch * angezeigt wird

Ebenfalls wurden die Ergebnisse der richtigen Antworten im Posttest hinsichtlich der Zeichenlänge der D-Zeile untersucht. In Tabelle 7.7 sind die Zusammenhänge der richtigen Antworten mit der Zeichenlänge der D-Zeile pro Anzahl der WVZ aufgelistet. Es zeigen sich signifikante Zusammenhänge ($p < 0,05$), wenn zusätzlich zur D-Zeile mindestens zwei weitere WVZ (A, B, oder C) dargeboten wurden. Die negativen Zusammenhänge (r_s) lassen sich dahingehend interpretieren, dass die Anzahl richtiger Antworten abnahm, je länger die Zeichenlänge war.

7.2 Ergebnisse der Fahrsimulation

7.2.1 Blickregistrierungsdaten

Die Blickbewegungsdaten von fünf Probanden waren aufgrund von technischen Fehlern im System nicht auswertbar. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich daher nur auf die verbleibenden

55 Probanden (19 „Pendler“, 18 Vielfahrer und 18 Nicht-Muttersprachler).

Im Folgenden werden die Blickdaten der AQ verglichen, die in vergleichbaren Modulen eine D-Zeile besitzen. Die Module 1 und 2 sind hinsichtlich der Anzeigen in WVZ A, B und C identisch. Sie unterscheiden sich lediglich durch die zusätzliche Anzeige der D-Zeile in Modul 2. Dies gilt ebenso für Modul 3 und 4, 5 und 6 sowie 7 und 8. Daten der Kategorie „nicht zuordenbar“ wurden ausgeschlossen, woraufhin pro WVZ nur der prozentuale Anteil an den auswertbaren Daten angegeben wird.

Modul 1 vs. Modul 2

In Bild 7.7 und Bild 7.8 sind die prozentualen Mittelwerte pro WVZ am zweiten und dritten AQ der Module 1 und 2 dargestellt. Die D-Zeile wird in Modul 2 pro AQ im Vergleich zu den anderen WVZ signifikant weniger fixiert ($p < 0,01$). Die restlichen

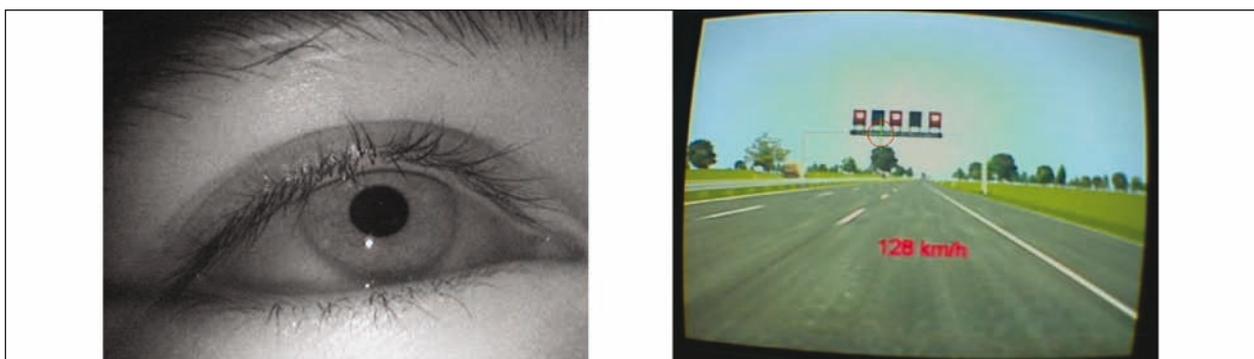


Bild 7.6: Blickregistrierung (links: Aufnahme des Auges, rechts: Fixierungskreuz während der Fahrsimulation)

WVZ sind in ihrer Fixierhäufigkeit untereinander nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$). Signifikante Unterschiede in der Fixierhäufigkeit innerhalb eines WVZ zwischen den Modulen sind nicht vorhanden ($p > 0,05$).

Innerhalb der Module 1 und 2 liegt keine signifikante Ab- oder Zunahme der Fixationshäufigkeit der WVZ über die einzelnen aufeinanderfolgenden AQ vor ($p > 0,05$).

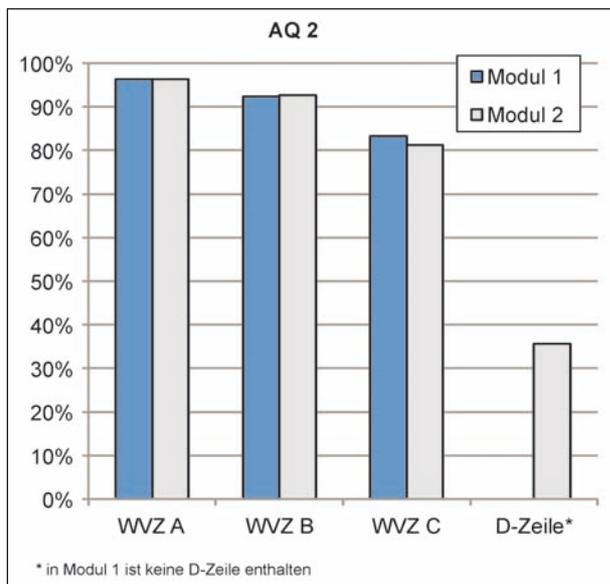


Bild 7.7: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am zweiten AQ in Modul 1 und 2 fixiert haben

Modul 3 vs. Modul 4

In Bild 7.9, Bild 7.10 und Bild 7.11 sind die prozentualen Mittelwerte pro WVZ am ersten, zweiten und dritten AQ der Module 3 und 4 dargestellt. Die D-Zeile wird in Modul 4 pro AQ im Vergleich zu den anderen WVZ signifikant seltener fixiert ($p < 0,01$). Die restlichen WVZ sind in ihrer Fixierhäufigkeit untereinander nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$). Signifikante Unterschiede in der Fixierhäufigkeit innerhalb eines WVZ zwischen den Modulen sind nicht vorhanden ($p > 0,05$).

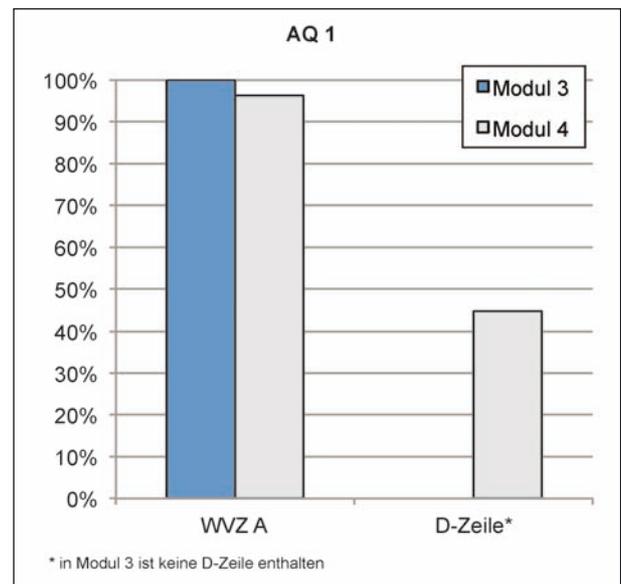


Bild 7.9: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am ersten AQ in Modul 3 und 4 fixiert haben

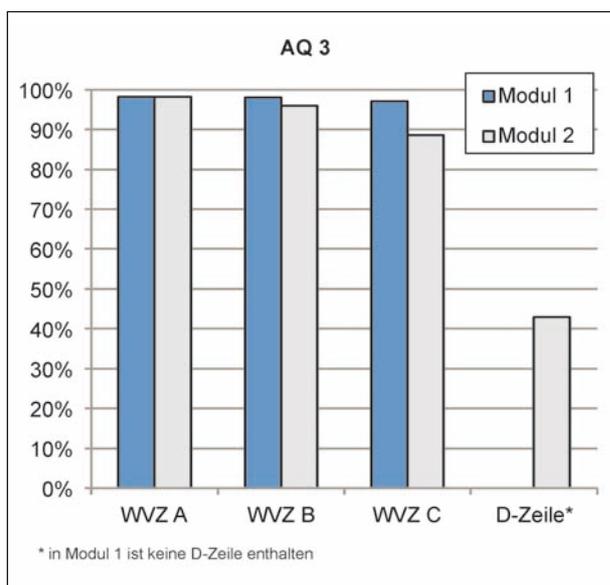


Bild 7.8: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am dritten AQ in Modul 1 und 2 fixiert haben

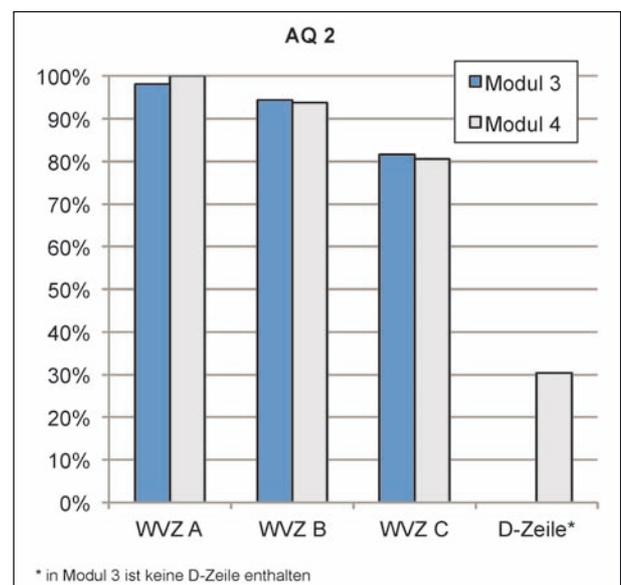


Bild 7.10: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am zweiten AQ in Modul 3 und 4 fixiert haben

Innerhalb der Module 3 und 4 liegt keine signifikante Ab- oder Zunahme der Fixierhäufigkeit der WVZ über die einzelnen aufeinanderfolgenden AQ vor ($p > 0,05$).

In Bild 7.12, Bild 7.13 und Bild 7.14 sind die prozentualen Mittelwerte pro WVZ am ersten, zweiten und dritten AQ der Module 5 und 6 dargestellt. Die D-Zeile wird in Modul 6 pro AQ im Vergleich zu den anderen WVZ signifikant weniger fixiert ($p < 0,01$).

Die restlichen WVZ sind in ihrer Fixierhäufigkeit untereinander nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$). Signifikante Unterschiede in der Fixierhäufigkeit innerhalb eines WVZ zwischen den Modulen sind nicht vorhanden ($p > 0,05$).

Innerhalb der Module 5 und 6 liegt keine signifikante Ab- oder Zunahme der Fixierhäufigkeit der WVZ über die einzelnen aufeinanderfolgenden AQ vor ($p > 0,05$).

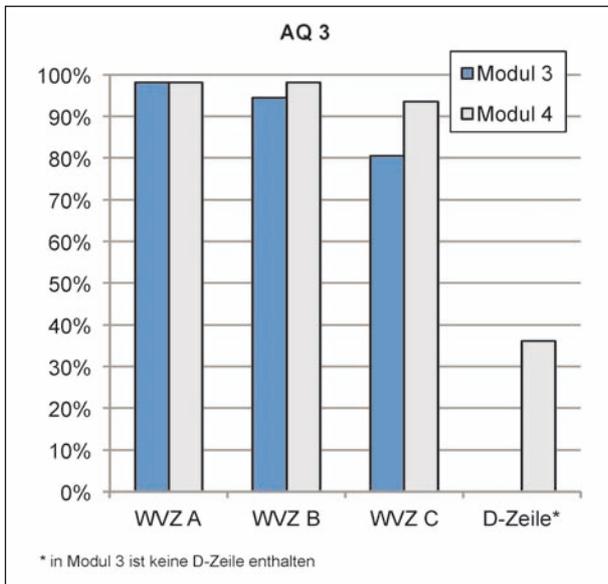


Bild 7.11: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am dritten AQ in Modul 3 und 4 fixiert haben

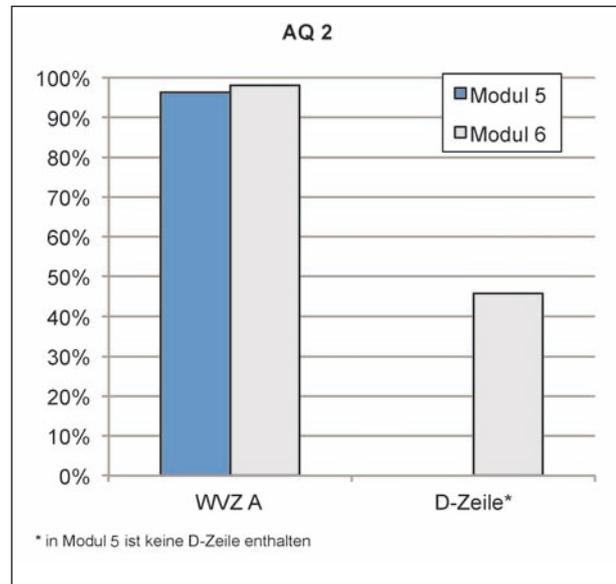


Bild 7.13: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am zweiten AQ in Modul 5 und 6 fixiert haben

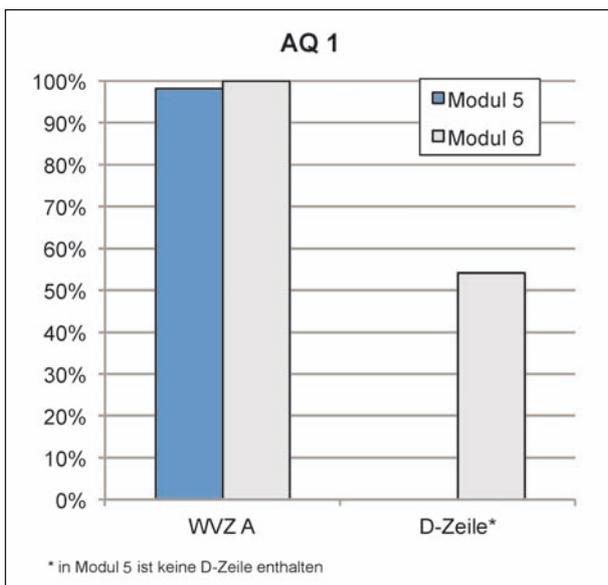


Bild 7.12: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am ersten AQ in Modul 5 und 6 fixiert haben

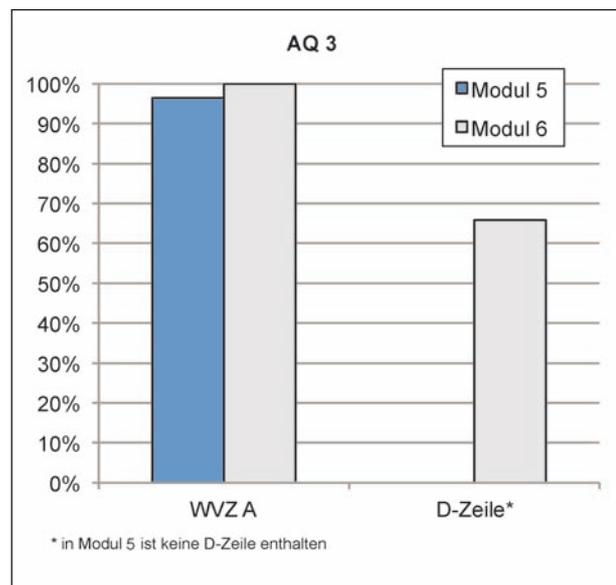


Bild 7.14: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am dritten AQ in Modul 5 und 6 fixiert haben

Modul 7 vs. Modul 8

In Bild 7.15, Bild 7.16 und Bild 7.17 sind die prozentualen Mittelwerte pro WVZ am ersten, zweiten und dritten AQ der Module 7 und 8 dargestellt. Die D-Zeile wird in Modul 8 pro AQ im Vergleich zu den anderen WVZ signifikant weniger fixiert ($p < 0,01$). Die restlichen WVZ sind in ihrer Fixierhäufigkeit untereinander nicht signifikant verschieden ($p > 0,05$). Signifikante Unterschiede in der Fixierhäufigkeit innerhalb eines WVZ zwischen den Modulen sind nicht vorhanden ($p > 0,05$).

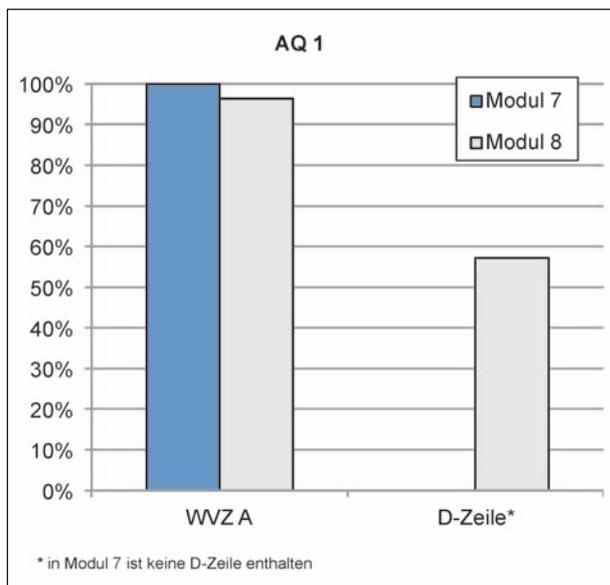


Bild 7.15: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am ersten AQ in Modul 7 und 8 fixiert haben

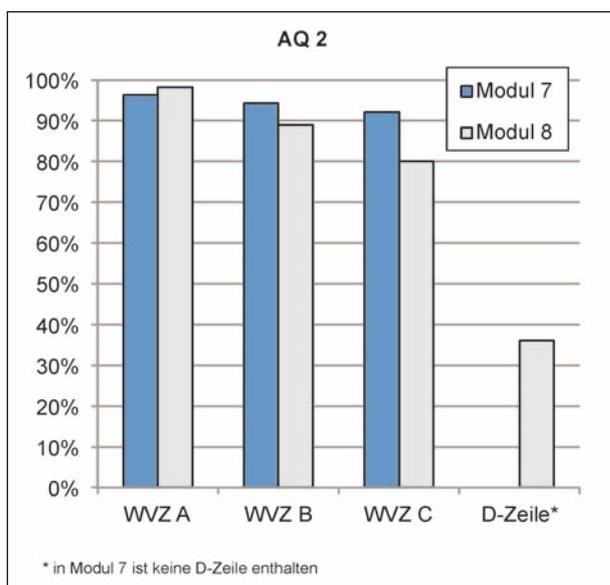


Bild 7.16: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am zweiten AQ in Modul 7 und 8 fixiert haben

Innerhalb der Module 7 und 8 liegt keine signifikante Ab- oder Zunahme der Fixierhäufigkeit der WVZ über die einzelnen aufeinanderfolgenden AQ vor ($p > 0,05$).

Für die kumulierten Fixierungen der WVZ über alle Module hinweg ergeben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede ($p > 0,05$).

Des Weiteren wurden Zusammenhänge zwischen der gefahrenen Geschwindigkeit 100 m vor dem AQ und den Fixierungen der D-Zeile berechnet. Für alle AQ mit D-Zeilen ergaben sich über alle Module hinweg nicht signifikante Zusammenhänge (punkt-biseriale Korrelation, $p > 0,05$). Auch innerhalb der einzelnen Gruppen waren keine signifikanten Zusammenhänge zu beobachten (punkt-biseriale Korrelation, $p > 0,05$).

7.2.2 Fahrdynamische Daten

In den folgenden Ergebnissen werden die Fahrverhaltensdaten der Probanden aus der Simulation betrachtet. Diese beinhalten Daten über die Geschwindigkeit (in km/h), die Bremspedalstellung (Wertebereich 0 bis 3,5 bzw. umgerechnet als Bremsdruck von 0 bis 175 bar), die Spurhalte-güte (entspricht der Standardabweichung des Abstandes in Meter zur Idealspur auf dem jeweiligen Fahrstreifen) und die Gaspedalstellung (Wertebereich 0 – „keine Betätigung“ bis 1 – „Vollgas“).

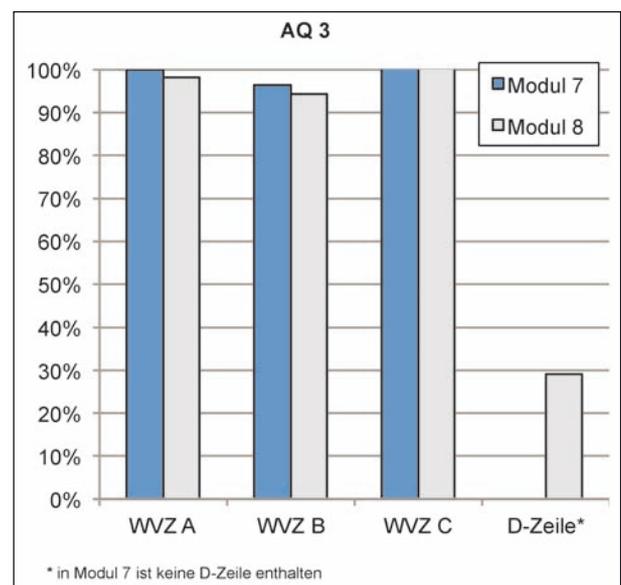


Bild 7.17: Prozentualer Anteil aller 55 Probanden, die die einzelnen WVZ am dritten AQ in Modul 7 und 8 fixiert haben

Einfluss der D-Zeile auf das Fahrverhalten 100 m vor dem AQ

Über alle 60 Probanden hinweg wurden Unterschiedstests (t-Tests) bezüglich der Fahrverhaltensdaten 100 m vor vergleichbaren AQ zweier Module gerechnet. Das heißt diese Tests sagen etwas über die Gesamtheit des Verhaltens der Probanden aus und nicht über die Fahrmanöver einzelner Personen. In Tabelle 7.8 sind die Teststatistiken pro fahrdynamischer Variable und des zu vergleichendem AQs angegeben. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Probanden vor jedem Modul angehalten waren, 120 km/h zu fahren.

In Modul 1 und 2 (siehe Tabelle 7.8) zeigen sich 100 m vor den AQ im Bereich von SBA signifikante Unterschiede. Die Probanden fahren 100 m vor dem zweiten AQ in Modul 2 (mit D-Zeile) signifikant langsamer, bremsen signifikant stärker und betätigten das Gaspedal signifikant weniger im Vergleich zu Modul 1 (ohne D-Zeile). Des Weiteren ist die Spurhaltegüte signifikant verschieden. In Modul 2 ist die Standardabweichung des Abstandes von der Idealspur vor dem ersten AQ signifikant höher.

In Modul 3 und 4 (siehe Tabelle 7.8) führen die Probanden 100 m vor allen drei zu vergleichenden AQ in Modul 4 (mit D-Zeile) langsamer als in Modul 3 (ohne D-Zeile).

In Modul 5 und 6 (siehe Tabelle 7.8) wird der dritte AQ nicht in die Ergebnisse eingeschlossen, da hier aufgrund unterschiedlicher Verkehrsdichten in der Simulation kein Vergleich möglich ist. Ein signifikanter Unterschied lag vor dem AQ1 vor, hier wurde in Modul 5 signifikant stärker gebremst, wobei die Geschwindigkeit in Modul 5 auch höher ist, aber nicht signifikant.

In Modul 7 und 8 (siehe Tabelle 7.8) liegen signifikante Ergebnisse bezüglich der Parameter vor dem ersten AQ vor. Vor diesem AQ in Modul 8 (mit D-Zeile) wurde das Gaspedal signifikant stärker durchgetreten. Dies zeigt sich ebenfalls in einer höheren Geschwindigkeit, die aber nicht signifikant von Modul 7 verschieden ist. Ebenfalls ist die Spurhaltegüte signifikant verschieden. In Modul 8 ist die Standardabweichung des Abstandes von der Idealspur vor dem ersten AQ signifikant höher.

AQ 2	Modul 1	Modul 2	Teststatistik
			
Geschwindigkeit	120,98	114,68	$t(59) = 3,23$, $p = 0,002^{**}$
Bremspedal	0,01	0,11	$t(59) = -4,23$, $p = 0,000^{**}$
Spurhaltegüte	0,09	0,15	$t(59) = -2,03$, $p = 0,046^*$
Gaspedal	0,10	0,04	$t(59) = 3,29$, $p = 0,002^{**}$
AQ 3	Modul 1	Modul 2	Teststatistik
			
Geschwindigkeit	81,81	80,40	$t(59) = 0,757$, $p = 0,452$
Bremspedal	0,06	0,09	$t(59) = -0,61$, $p = 0,543$
Spurhaltegüte	0,16	0,15	$t(59) = 0,135$, $p = 0,893$
Gaspedal	0,05	0,06	$t(59) = -0,677$, $p = 0,501$

Tab. 7.8: Angabe der Teststatistik von Unterschiedstests bezüglich der Fahrverhaltensvariablen 100 m vor vergleichbaren AQ zweier Module jeweils mit und ohne D-Zeile (Die Teststatistik gibt an, ob signifikante Unterschiede vorliegen: * signifikant; ** hoch signifikant)

AQ 1	Modul 3		Modul 4		Teststatistik
					
Geschwindigkeit	127,59	122,09	$t(59) = 3,44,$ $p = 0,001^{**}$		
Bremspedal	0,01	0,00	$t(59) = -1,29,$ $p = 0,201$		
Spurhaltegröße	0,12	0,14	$t(59) = -0,72,$ $p = 0,469$		
Gaspedal	0,33	0,22	$t(59) = 2,82,$ $p = 0,006^{**}$		
AQ 2	Modul 3		Modul 4		Teststatistik
					
Geschwindigkeit	116,25	103,26	$t(59) = 7,09,$ $p = 0,000^{**}$		
Bremspedal	0,01	0,00	$t(59) = 1,16,$ $p = 0,249$		
Spurhaltegröße	0,13	0,11	$t(59) = 0,957,$ $p = 0,343$		
Gaspedal	0,14	0,17	$t(59) = -1,14,$ $p = 0,259$		
AQ 3	Modul 3		Modul 4		Teststatistik
					
Geschwindigkeit	95,28	91,55	$t(59) = 2,14,$ $p = 0,036^*$		
Bremspedal	0,01	0,01	$t(59) = -0,31,$ $p = 0,752$		
Spurhaltegröße	0,10	0,16	$t(59) = -1,2,$ $p = 0,235$		
Gaspedal	0,14	0,10	$t(59) = 1,68,$ $p = 0,098$		
AQ 1	Modul 5		Modul 6		Teststatistik
					
Geschwindigkeit	125,73	123,76	$t(59) = 0,96,$ $p = 0,339$		
Bremspedal	0,03	0,00	$t(59) = 2,26,$ $p = 0,027^*$		
Spurhaltegröße	0,11	0,09	$t(59) = 1,50,$ $p = 0,138$		
Gaspedal	0,31	0,28	$t(59) = 0,91,$ $p = 0,366$		

Tab. 7.8: Fortsetzung

AQ 2					Teststatistik
	Geschwindigkeit	111,11	110,23	$t(59) = 0,45$, $p = 0,655$	
	Bremspedal	0,07	0,12	$t(59) = -1,58$, $p = 0,118$	
	Spurhaltegüte	0,14	0,16	$t(59) = -0,38$, $p = 0,701$	
	Gaspedal	0,05	0,06	$t(59) = -0,47$, $p = 0,639$	
AQ 1					Teststatistik
	Geschwindigkeit	122,49	125,50	$t(59) = -1,49$ $p = 0,139$	
	Bremspedal	0,00	0,00	$t(59) = 1,00$ $p = 0,321$	
	Spurhaltegüte	0,07	0,13	$t(59) = -2,04$ $p = 0,046^*$	
	Gaspedal	0,32	0,38	$t(59) = -2,21$ $p = 0,031^*$	
AQ 2					Teststatistik
	Geschwindigkeit	110,28	112,43	$t(59) = -1,11$ $p = 0,271$	
	Bremspedal	0,01	0,03	$t(59) = -1,26$ $p = 0,210$	
	Spurhaltegüte	0,18	0,18	$t(59) = 0,00$ $p = 0,998$	
	Gaspedal	0,11	0,08	$t(59) = 1,54$ $p = 0,128$	
AQ 3					Teststatistik
	Geschwindigkeit	93,66	93,86	$t(59) = -0,10$ $p = 0,918$	
	Bremspedal	0,01	0,03	$t(59) = -0,76$ $p = 0,447$	
	Spurhaltegüte	0,13	0,14	$t(59) = -0,26$ $p = 0,795$	
	Gaspedal	0,14	0,14	$t(59) = -0,00$ $p = 0,994$	

Tab. 7.8: Fortsetzung

Einfluss der D-Zeile auf das Geschwindigkeitsverhalten 100 m nach dem AQ

Im Folgenden werden die Geschwindigkeitsdifferenzen 100 m vor und 100 m nach einem AQ im Vergleich von AQ mit und ohne D-Zeilen über alle 60 Probanden getestet. Unter allen zehn interessierenden AQ (dritter AQ von Modul 5 und 6 ausgenommen; siehe Tabelle 7.8) zeigen sich lediglich drei signifikante Unterschiede. Die Geschwindigkeitsabnahme am ersten AQ in Modul 4 (mit D-Zeile) ist signifikant höher [$t(59) = -3,02$, $p = 0,004$], hingegen beim zweiten AQ signifikant niedriger [$t(59) = 3,48$, $p = 0,001$]. Der dritte signifikante Unterschied zeigt sich in Modul 8 (mit D-Zeile) am zweiten AQ; auch hier liegt eine signifikant höhere Geschwindigkeitsabnahme vor [$t(59) = -2,78$, $p = 0,007$].

Betrachtet man pro Person dessen minimalen Geschwindigkeitswert im 100 m Bereich nach jedem AQ mit und ohne D-Zeile, so zeigen sich die folgenden signifikanten Unterschiede. Im Mittel ist diese minimale Geschwindigkeit bei vier AQ mit D-Zeilen signifikant langsamer (bis zu 10 km/h) als bei den vergleichbaren AQ ohne D-Zeilen (siehe Tabelle 7.9).

Auswertung der Bremstrajektorien

Das Bremsen vor einem AQ im Bereich von SBA kann zu einer Gefährdung der anderen Verkehrsteilnehmer führen. Aus diesem Grund wurden in der folgenden Analyse die Bremsmanöver in einer Entfernung von 100 m vor den einzelnen AQ näher analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass die Unterschiede der verschiedenen Module (ohne/mit D-Zeile) am zweiten AQ am deutlichsten waren.

In den Bildern 7.18 bis 7.23 ist das Bremsverhalten der einzelnen Probanden, der Median und der Mittelwert derer, die gebremst haben, über die Strecke von 100 m vor einem AQ dargestellt. Die Schwere spiegelt sich in der Summe der Bremsdrücke (Sekundärachse) wieder.

Bild 7.18 zeigt das Bremsverhalten vor dem zweiten AQ in Modul 1 (ohne D-Zeile), Bild 7.19 zeigt das Bremsverhalten in Modul 2 (mit D-Zeile).

Vor dem AQ ohne D-Zeile bremsen ca. 27 % der Probanden leicht ab. Es sind keine starken Bremsdrücke auf den 100 m vor der SBA zu verzeichnen.

Vor dem AQ mit D-Zeile sind mehrere zum Teil sehr hohe Bremsdrücke (einige bis zum vollen Anschlag des Bremspedals bei 175 bar) zu erkennen. Die

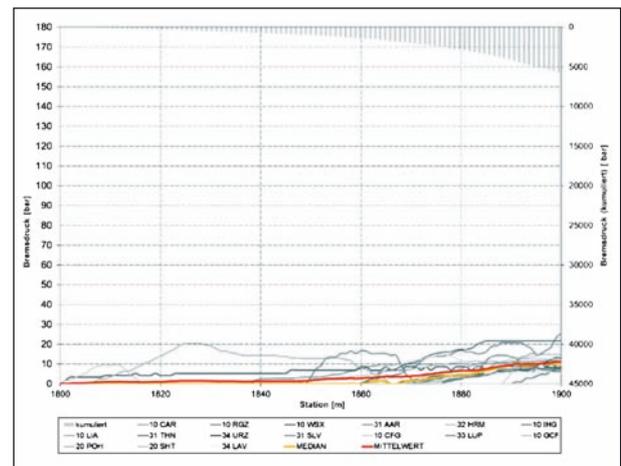


Bild 7.18: Bremsverhalten der Probanden in Modul 1 (100 m) vor dem zweiten AQ (ohne D-Zeile)

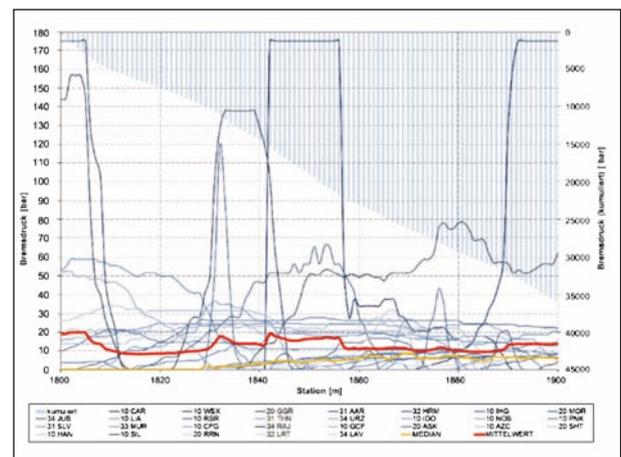


Bild 7.19: Bremsverhalten der Probanden in Modul 2 (100 m) vor dem zweiten AQ (mit D-Zeile)

Module	AQ	t	df	p
1 vs. 2	AQ2	2,442	59	0,018
3 vs. 4	AQ1	4,994	59	0,000
3 vs. 4	AQ2	5,541	59	0,000
3 vs. 4	AQ3	2,441	59	0,018

Tab. 7.9: Angabe der aller signifikanten Unterschiede in der minimalen Geschwindigkeit 100 m nach einem AQ

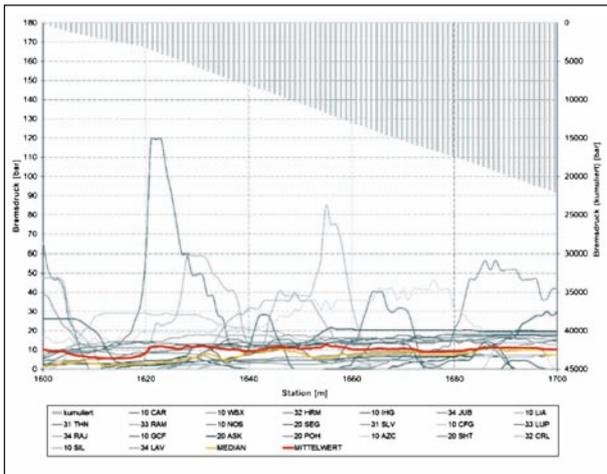


Bild 7.20: Bremsverhalten der Probanden in Modul 5 (100 m) vor dem zweiten AQ (ohne D-Zeile)

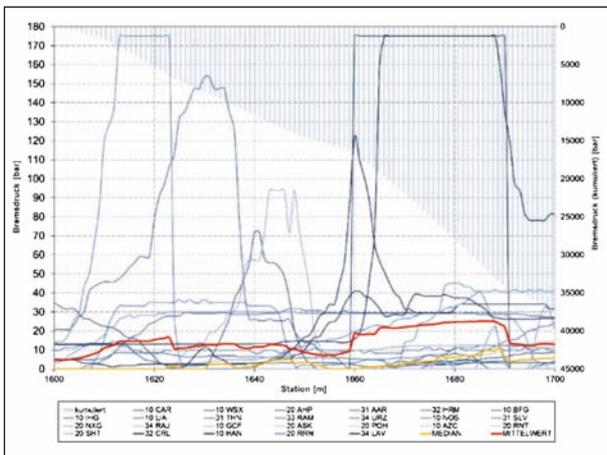


Bild 7.21: Bremsverhalten der Probanden in Modul 6 (100 m) vor dem zweiten AQ (mit D-Zeile)

Schwere, ausgedrückt in der Summenhäufigkeit, spiegelt dies wieder. Es haben vor dem AQ mit D-Zeile ca. 47 % der Probanden gebremst.

Eine vergleichbare Tendenz des Bremsverhaltens ist auch in Modul 5 und 6, zweiter AQ zu erkennen (Bild 7.20 und Bild 7.21). Auch hier zeigen sich zum Teil hohe Bremsdrücke. Vor dem AQ ohne D-Zeile bremsten ca. 37 % der Probanden, vor dem AQ mit D-Zeile bremsten ca. 42 % der Probanden.

Bild 7.22 zeigt das Bremsverhalten vor dem zweiten AQ in Modul 7 (ohne D-Zeile), Bild 7.23 zeigt das Bremsverhalten in Modul 8 (mit D-Zeile). Auch hier ist die Tendenz zu beobachten, dass vor dem AQ mit D-Zeile mehr Probanden bremsten (20 % zu 13 %) und dies auch in stärkerem Maße als vor dem AQ ohne D-Zeile.

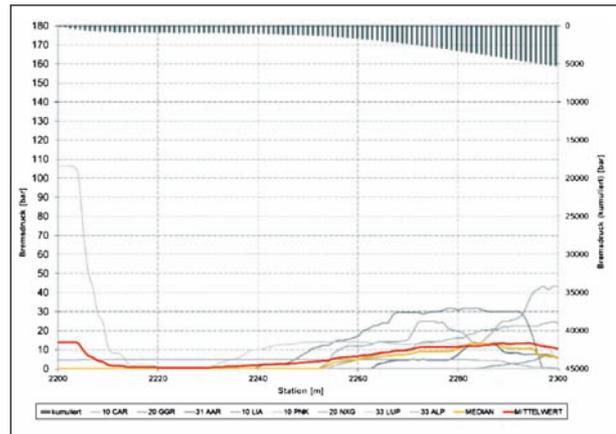


Bild 7.22: Bremsverhalten der Probanden in Modul 7 (100 m) vor dem zweiten AQ (ohne D-Zeile)

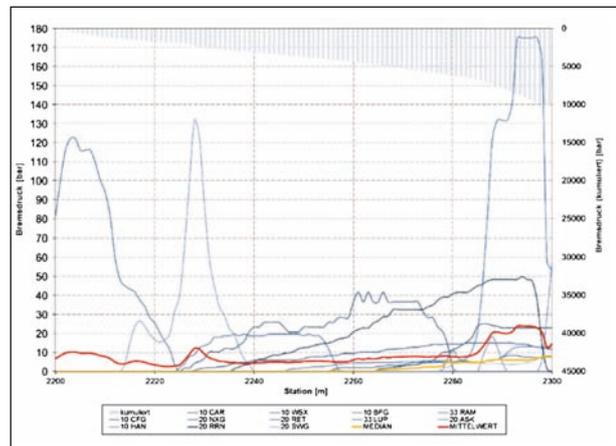


Bild 7.23: Bremsverhalten der Probanden in Modul 8 (100 m) vor dem zweiten AQ (mit D-Zeile)

Auswirkungen von Bremsmanövern

Untersuchungen von KERNER (1997) befassen sich mit dem Phänomen der spontanen Staubilddung dem sog. „Stau aus dem Nichts“. Das Phänomen wird als Resultat einer linearen Instabilität interpretiert. Für nahezu alle Staus sind drei Faktoren verantwortlich: Ein hohes Verkehrsaufkommen, etwas, das einen gleichmäßigen Verkehrsfluss stört oder eine kurze, örtliche Störung. Der Verkehrsfluss kann durch vielerlei Vorfälle ins Stocken geraten. Dann kann schon eine kleine lokale Störung, etwa ein abruptes Bremsmanöver oder der plötzliche Spurwechsel eines Fahrers einen Stau auslösen.

Die Auswertung der vorliegenden Simulatordaten, hier insbesondere der Bremspedalstellungen bzw. der Bremsdrücke, zeigte im Mittel über alle Proban-

den kaum signifikante Unterschiede zwischen den Modulen mit oder ohne D-Zeile. Die Betrachtung der einzelnen Fahrlinien zeigt dennoch einzelne, zum Teil sehr starke Bremsmanöver bis hin zu einer vollständigen Betätigung des Bremspedals.

Der Verdacht, dass bei Vorhandensein einer D-Zeile auf den letzten 100 m vor den AQ vereinzelt nicht nur heftiger sondern möglicherweise auch insgesamt mehr gebremst wird, als bei einem AQ ohne D-Zeile, lässt sich bei Betrachtung der Brems-trajektorien an einigen AQ-Standorten stützen.

Ob die häufigeren und heftigeren Bremsmanöver mit dem Vorhandensein der D-Zeile zusammenhängen, lässt sich mit den vorliegenden Messergebnissen nicht eindeutig feststellen. Ein negativer Effekt auf das Fahr- bzw. Bremsverhalten lässt sich bei Vorhandensein einer D-Zeile aber nicht ausschließen. Das Ziel der Verkehrsbeeinflussung ist eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten. Durch Bremsmanöver wird der gleichmäßige Verkehrsfluss gestört.

7.3 Fazit

Die Ergebnisse des Posttests, indem den Probanden für jeweils 4,2 Sekunden 30 verschiedene Anzeigequerschnitte einer SBA präsentiert wurden, zeigen, dass die Informationsverarbeitung sinkt, wenn an einem AQ alle WVZ A, B, C und die D-Zeile geschaltet sind. Dabei wird die D-Zeile im Vergleich zu den WVZ am häufigsten nicht verarbeitet. AQ mit langen D-Zeilen können im Vergleich zu AQ mit kurzen D-Zeilen weniger gut erfasst werden, insbesondere wenn dazu WVZ A, B und C präsentiert werden. Insbesondere die Gruppe der Nicht-Muttersprachler konnte, wie zu erwarten ist, die Information der WVZ und der D-Zeile am schlechtesten wiedergeben.

Bei der Studie im Fahr Simulator wurden sowohl Blickregistrierungs- als auch Fahrverhaltensdaten aufgezeichnet: Die Blickdaten zeigen, dass die D-Zeile im Vergleich zu den anderen WVZ signifikant weniger fixiert wird. Die Fixierhäufigkeit zwischen den WVZ A, B und C unterscheidet sich nicht. Vergleicht man AQ, die sich in vergleichbaren Modulen bis auf die D-Zeile nicht unterscheiden, so zeigt sich, dass die D-Zeile keinen Einfluss auf die Fixierhäufigkeit der WVZ A, B und C hat. Unterschiede zwischen den Probandengruppen (Vielfah-

rer, „Pendler“, Nicht-Muttersprachler) sind hinsichtlich der Fixierhäufigkeiten nicht festzustellen.

Betrachtet man die Fahrverhaltensdaten über alle 60 Probanden hinweg, so zeigen sich signifikante Unterschiede in Szenarien, die relevante D-Zeilen für den Fahrer beinhalteten. Wertet man das Fahrverhalten 100 m vor einem AQ aus, so zeigt sich, dass die Probanden signifikant langsamer fahren, wenn eine D-Zeile am AQ integriert ist. In einzelnen Szenarien mit relevanten D-Zeilen fahren die Probanden 100 m nach dem AQ ebenfalls bedeutend langsamer. Die Spurhaltegüte zeigt keine signifikanten Verschlechterungen vor den AQ mit D-Zeilen, Ausnahme bildet Modul 2 vor dem AQ 2. Darüber hinaus zeigt sich, dass vor einem AQ im Bereich von SBA eher selten gebremst wird und die Bremsmanöver in keinem systematischen Zusammenhang zum Vorhandensein einer D-Zeile oder der Fixierung dieser stehen.

Fragt man die Probanden direkt, so halten sie AQ ohne D-Zeile für verständlicher und leichter erfassbar. Ebenfalls geben die Probanden an, durch die D-Zeile stärker beansprucht zu sein. Darüber hinaus würde sich ein Großteil der Befragten durch fremdsprachige D-Zeilen verunsichert fühlen, wobei die Mehrheit einer Harmonisierung der SBA und WVZ in Europa positiv gegenüber steht.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Obwohl die Probanden von alleine priorisierten und der D-Zeile weniger Beachtung als anderen WVZ schenken, führte das Vorhandensein einer D-Zeile zu einem langsameren Fahrverhalten in Modulen mit relevanten D-Zeilen. Verstärkte Bremsvorgänge bei Vorhandensein einer D-Zeile waren in Einzelfällen ebenso sichtbar. Die D-Zeile konnte aber nicht immer korrekt verarbeitet werden – vor allem, wenn alle WVZ geschaltet waren, die Information lang war und es sich um Nicht-Muttersprachler handelte.

8 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen untersucht. Streckenbeeinflussungsanlagen beinhalten die Wechselver-

verkehrszeichen Typ A, B und C, um die Kraftfahrer vor Gefahren zu warnen und den Verkehrsfluss zu harmonisieren. In jüngster Zeit wurden Ideen entwickelt, an den Verkehrszeichenbrücken der SBA eine frei programmierbare, einzeilige Textanzeige mittig unter dem AQ im Bereich von SBA anzubringen (D-Zeile). Hiermit sollen zusätzlich Informationen an den Kraftfahrer übermittelt werden. Die Texte der D-Zeile können entweder die Information der WVZ A bis C vervollständigen (redundant), davon unabhängig, weitere auch nicht streckenbezogene, neue Informationen präsentieren (nicht redundant) oder nur speziellen Kraftfahrergruppen Informationen liefern (bedingt relevant).

Ziel der Studie war es, mögliche Auswirkungen dieser zusätzlich angebrachten D-Zeilen zu untersuchen. Neben einer Literaturrecherche wurden empirische Untersuchungen im verkehrspsychologischen Labor durchgeführt, diese bestanden aus:

- einer Befragung,
- einer Experimentalfahrt im Fahrsimulator auf einer Autobahn mit integrierten SBA und D-Zeilen an den AQ sowie
- einem wahrnehmungspsychologischen Posttest.

Die Ergebnisse wurden in Bezug auf unterschiedliche Verkehrsteilnehmergruppen (Pendler, Vielfahrer und Nicht-Muttersprachler) ausgewertet.

8.1 Ergebnisse der Literaturrecherche

Aus verkehrsrechtlicher Sicht sind zusätzliche freiprogrammierbare Textzeilen, die unterhalb der Wechselverkehrszeichen Typ A, B oder C angebracht werden, problematisch. Verkehrsrechtlich können sie lediglich als Zusatzzeichen, die sich allerdings stets auf ein Verkehrszeichen beziehen, oder je nach Inhalt als Richtzeichen, hier insbesondere als Wegweiser (vgl. dWiSta), angesehen werden. Ansonsten dürfen diese zusätzlichen Anzeigen nicht dort angebracht werden, wo sie sich auf den Verkehr auswirken können (§ 33 StVO). Zusatzzeichen sollen, wenn möglich, keinen Text, sondern Sinnbilder (Piktogramme) zeigen. Der Straßenverkehr soll mit möglichst wenig Verkehrszeichen auskommen, Redundanzen der Verkehrszeichen sind zu vermeiden. Dies ist nicht nur eine

Forderung der deutschen Gesetzgebung, auch auf internationaler Ebene hat man diesen Grundsatz formuliert.

8.2 Ergebnisse der Befragung und der Auswertung der Blickbewegungsdaten

Die Ergebnisse zeigen, dass die Probanden generell mit SBA auf Bundesfernstraßen vertraut sind. Die D-Zeile wurde nicht direkt als Neuheit erkannt; eher waren sich die Probanden nach direktem Befragen unsicher, ob diese bereits an aktuellen Anzeigequerschnitten von SBA auf den Bundesfernstraßen integriert sind oder nicht. Die Probanden erklärten, dass sie sich durch die D-Zeile nicht verunsichert fühlten.

Die Probanden geben an, dass die WVZ A bis C schneller erfassbar und verständlicher sind als die D-Zeile alleine. Eine Hinzunahme der D-Zeile zu den WVZ A bis C mindert nach subjektiven Angaben der Probanden signifikant die Verständlichkeit und Erfassbarkeit des Anzeigequerschnitts. Dies zeigt sich ebenfalls in den Angaben der subjektiven Beanspruchung; auch hier erhöht die D-Zeile signifikant das subjektive Beanspruchungsempfinden.

Die Ergebnisse des Posttests unterstützen das subjektive Empfinden der Probanden. Hier zeigt sich, dass weniger Informationen des Anzeigequerschnittes wiedergegeben werden können, wenn alle vier WVZ A, B, C und D-Zeile in einem AQ enthalten sind. Des Weiteren können D-Zeilen umso weniger korrekt wiedergegeben werden, je länger diese sind. Informationsverarbeitungsprobleme zeigen sich vor allem dann, wenn eine lange D-Zeile zusätzlich mit allen anderen WVZ (A bis C) präsentiert wird. Gleiches Ergebnis zeigt sich für D-Zeilen, die nicht-redundante Informationen wiedergeben.

Wenn nicht-redundante Informationen in der SBA vorliegen, wird die D-Zeile im Vergleich zu den WVZ A bis C am wenigsten verarbeitet. Diese geringere Verarbeitung der D-Zeile ist umso größer, wenn die Anzahl an WVZ A, B und C steigt. Die Blickdaten zeigen, dass eine zusätzliche D-Zeile die Fixierung der anderen WVZ nicht

beeinflusst. WVZ A, B und C werden, unabhängig davon, ob eine D-Zeile zusätzlich präsentiert wird oder nicht, genauso häufig fixiert. Bei gleichzeitiger Anzeige von WVZ A, B und C sowie D-Zeile wird der Informationsgehalt der D-Zeile weniger verarbeitet.

Die D-Zeile wird im Vergleich zu den anderen WVZ A, B und C signifikant weniger fixiert. Priorität haben die WVZ A, B und C; diese werden auch gleich häufig fixiert. Die WVZ A bis C werden demnach als wichtiger wahrgenommen.

Die Priorität der anderen WVZ spiegelt sich ebenso in den subjektiven Angaben wieder. Bei aufeinanderfolgenden Anzeigequerschnitten im Bereich von SBA, welche die gleiche Gefahrensituation angeben, nimmt die Fixierung von den WVZ A bis C sowie D-Zeile nicht ab. Alle WVZ werden demnach jedes Mal fixiert. Einzige Ausnahme bildete die D-Zeile, welche die Information „Lkw-Verbot U2 aufgehoben“ anzeigte. Hier zeichnete sich eine Abnahme der Fixierungen ab. Zurückführen kann man dies auf die Relevanz der D-Zeile für die Probanden in dieser Studie in der Rolle als Pkw-Fahrer. So kann das Lesen der Worte „Lkw-Verbot“ am ersten AQ die wahrgenommene Wichtigkeit der D-Zeile für darauffolgende senken.

In Bezug auf Gruppenunterschiede zeigt sich in der Informationsverarbeitung ein klares, zu erwartendes Defizit bei den Nicht-Muttersprachlern. Diese können die Informationen einer D-Zeile, aufgrund der geringeren Sprachkenntnisse, signifikant weniger richtig verarbeiten als die „Pendler“ oder Vielfahrer. Die Fixierhäufigkeit ist zwischen den Gruppen dennoch gleich, das heißt Nicht-Muttersprachler schauen genauso häufig auf alle WVZ und die D-Zeile wie „Pendler“ und Vielfahrer.

8.3 Auswertung der Daten des Fahrsimulators

Trotz der vorherigen Ergebnisse, dass die D-Zeile im Vergleich zu den anderen WVZ weniger betrachtet und verarbeitet wird, stellt sich die Frage, ob diese zu ungewollten, gefährlichen Fahr- und Bremsmanövern führt und somit die Verkehrssicherheit beeinträchtigt.

Über alle Probanden betrachtet, ergaben die Auswertungen der Fahrverhaltensdaten im Bereich 100 m vor den AQ wenig signifikante Unterschiede der vergleichbaren Module. Es zeigten sich auch keine Gruppenunterschiede. Wie unter Kapitel 7.2.2 bereits erwähnt, sagen diese Auswertungen lediglich etwas über die Gesamtheit des Verhaltens der Probanden aus und nicht über die Fahrmanöver einzelner Personen.

In Bezug auf die getesteten Szenarien, die relevante D-Zeilen für den Fahrer beinhalteten (Modul 2 und 4), zeigte sich aber, dass die Gesamtheit der Probanden auf dem Streckenabschnitt 100 m vor den AQ im Bereich von SBA langsamer fahren, wenn eine D-Zeile in den AQ integriert ist.

Bremspedalbetätigungen sind seltene Ereignisse auf der Autobahn und auch vor den AQ im Bereich von SBA im normalen Verkehrsfluss. Doch gerade diese Bremsmanöver können einen erheblichen Einfluss auf das Verkehrsgeschehen mit sich bringen. Das Bremsmanöver eines Einzelnen kann zum „Stau aus dem Nichts“ oder zu gefährlichen Situationen führen. Die Auswertungen zeigen tendenziell etwas mehr und heftigere Bremsungen an Standorten mit D-Zeilen, wobei ein Zusammenhang mit der D-Zeile jedoch nicht eindeutig festzustellen ist. Ein negativer Effekt auf das Fahr- bzw. Bremsverhalten lässt sich bei Vorhandensein einer D-Zeile jedoch nicht ausschließen.

8.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Tabelle 8.1 zeigt eine Zusammenfassung der erhobenen Erkenntnisse.

	Positiv bzw. zu empfehlen	Neutral	Negativ bzw. nicht zu empfehlen
Verkehrsrechtliche Aspekte			x
Einheitlichkeit der WVA			x
EasyWay			x
Wahrnehmbarkeit			x
Verständlichkeit (subjektiv)			x
Verunsicherung (subjektiv)		x	
Erfassbarkeit (subjektiv)			x
Informationsumfang			x
Zusätzl. Beanspruchung			x
Nicht Beachtung der anderen WVZ			
Fahrverhalten		x	x*
Bremsmanöver		x	x*
Spurhaltung		x	x*
Geschwindigkeit		x	
Nicht Beachtung der anderen WVZ (Fahrsimulation)		x	
* Einzelfallbetrachtungen			

Tab. 8.1: Zusammenfassung der Ergebnisse

9 Empfehlung

D-Zeilen sind aus verkehrspsychologischer, verkehrsrechtlicher als auch verkehrstechnischer Sicht kritisch zu betrachten.

Die Literaturstudie hat gezeigt, dass die begrenzte menschliche Informationsverarbeitung zu negativen Folgen im Fahr- und Blickverhalten führen kann:

Die Folgen sind:

- deutlich längere Lesezeit und dadurch längere Abwendung vom Straßenverkehr,
- erhöhter Anteil von Geschwindigkeitsreduktionen, Bremsmanövern und Spurwechsellvorgängen,
- gleichzeitige Abnahme der Blickdauer für die WVZ A, B und C,
- fehlerhafte Identifikation des Textes und dadurch bedingtes Fehlverhalten.

Sowohl die Blickdaten aus der Simulation, als auch die Ergebnisse aus dem Posttest stützen die Erkenntnisse aus der Literatur. Je mehr Zeichen präsentiert und je länger die Texte der D-Zeile werden, desto fehlerhafter ist die Informationsverarbeitung, insbesondere für die D-Zeile.

Eine eindeutige Zuordnung der Zeichen als Zusatzzeichen oder Richtzeichen gelingt nach den heute geltenden Gesetzen nicht. Sie stehen zudem den derzeitigen Gestaltungsgrundsätzen der durch das BMVBS eingeführten Richtlinien (RWVA, RWVZ, dWiSta) entgegen. Mit der Einführung der D-Zeile würde darüber hinaus eine Vermischung der bisher in Deutschland bewährten und bekannten, getrennten Systeme der Streckenbeeinflussung und der Netzbeeinflussung entstehen.

Aus Sicht der wahrnehmungspsychologischen, der verkehrsrechtlichen und -technischen Ergebnisse und Erkenntnisse kann eine D-Zeile für Bundesfernstraßen in Deutschland nicht empfohlen werden.

10 Literatur

- ANTILLA, V.; LUOMA, J.; RÄMA, P. (2000): Visual demand of bilingual message signs displaying alternating text messages. *Transportation Research Part F*, 3, 65-74
- ASFINAG (2007): Standardisierung für Anzeige- und Aufstellrichtungen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen; allgemeine Richtlinie; Planungshandbuch der ASFINAG, Wien 2007
- ASTRA (2008): Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen WTA; Dokumentation Bundesamt für Strassen ASTRA; Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW; Institut für Angewandte Psychologie IAP, Bern 2008
- AUSTROADS (2007): Tools that Impact Network Performance: Dynamic Traffic Management Tools, Austroad Publication No. AP-R312/07, Sydney 2007
- AUSTROADS (2009): Best Practice for Variable Speed Limits: Literature Review, Austroad Publication No. NS1378, Sydney 2007
- BAGL, M.; KABA, A.; MUCK, B.; SCHMOTZER, Ch.; STEINBAUER, J. (1999): Visuelle Orientierung im Straßenverkehr – Optimierung von Verkehrsinformationseinrichtungen, Teil B: Metaanalyse; Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen; Band 96; Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr; Wien 1999
- BALL, K.; OWSLEY, C. (1993): The useful field of view test: A new technique for evaluating age-related declines in visual function; *Journal of the American Optometric Association*; Nr. 64
- BERGER, W. J. (1993): Informationsaufnahme und Wahrnehmungsverhalten im Straßenverkehr; Informationsaufnahme und Informationssysteme im Straßenverkehr; Lebensraum Verkehr – Kleine Fachbuchreihe des KFV; Band 29; Wien 1999
- BREUNINGER, J.; LANGE, C.; BENGLER, K. (2011): Implementing gaze control for peripheral devices. *Proc. of the 1st. International Workshop on Pervasive Eye Tracking and Mobile Eye-Based Interaction*, PETMEI. ACM
- BROWN, I.; POULTON, E. (1961): Measuring the spare, mental capacity' of drivers by a subsidiary task; *Ergonomics*
- Bundesministerium für Verkehr (BMV) (1997a): Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen RWVZ, Bonn 1997
- Bundesministerium für Verkehr (BMV) (1997b): Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen RWVA, Bonn 1997
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBS) (2000): Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen RWBA, Bonn 2000
- CEDR (2009): Conference Europeene des Directeurs des Routes (Conference of European Directors of Roads), Paris 2009
- CERTU (2009): Les Panneaux à Messages Variables en milieu urbain et périurbain, Guide technique, ISBN 978-2-11-098222-3, Lyon 2009
- CHAPMAN, P.; UNDERWOOD, G. (1998): Eye Guidance in Healing, Driving, and Scene Perception. UNDERWOOD, G.; ELSEVIER, Ch.: Visual search of dynamic scenes: event types and the role of experience in viewing driving situations, 369-393
- COHEN, A. (1984): Einflussgrößen auf das nutzbare Sehfeld; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bereich Unfallforschung; Heft 100, Bergisch Gladbach 1984
- COHEN, A. (1985a): Das nutzbare Sehfeld erfahrener Automobilisten; Fortschritte der Verkehrspsychologie (1); TÜV-Rheinland, Köln 1985
- COHEN, A. (1985b): Visuelle Informationsaufnahme während der Fahrzeugsteuerung in Abhängigkeit der Umweltmerkmale und der Fahrpraxis; Schweizerische Zeitschrift für Psychologie; 44/4
- COHEN, A. (1986): Möglichkeiten und Grenzen visueller Wahrnehmung im Straßenverkehr; Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr; Heft 57, Bergisch Gladbach 1986
- COHEN, A. (1987a): Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern; Bericht zum Forschungsprojekt 8306/3 der Bundesanstalt für Straßenwesen; Bereich Unfallforschung, Bergisch Gladbach 1987
- COHEN, A. (1987b): Experimentelle Analyse des Informationsaufnahme und -verarbeitung beim Autofahren; Vortrag im Bericht über das

7. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC; Wahrnehmung und Verkehrssicherheit; Schriftenreihe Straßenverkehr 32; München 1987
- COHEN, A. (1994): Verkehrszeichen, Zeitschrift für Verkehrszeichen 40, S. 57 bis 67, TÜV-Verlag, 1994
- COHEN, A. (2009): Informationsaufnahme beim Kraftfahrer; Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion; Springer Verlag, Wiesbaden 2009
- CREMER, M. (1979): Der Verkehrsfluss auf Schnellstraßen; Fachberichte Messen- Steuern-Regeln, Springer-Verlag
- de ROSS, M.; WALL, J. P. (2006): The Development of a wet weather speed limit trial on a NSW freeway; Australasian Road Safety Research Policing Education Conference; Queensland, Australia 2006
- DIEM, C. (2004): Blickverhalten von Kraftfahrern im dynamischen Straßenverkehr; Dissertation der TU Darmstadt; Fachgebiet Lichttechnik; Darmstädter Lichttechnik, Darmstadt 2004
- DINGUS, T. A.; HULSE, M. C.; ANTIN, J. F.; et al. (1989): Attention demand requirements of an automobile moving-map navigation system. Transportation Research Part A: General, Volume 23, Issue 4, July 1989, Page 301-315
- DONMEZ, B.; BOYLE, L. N.; LEE, J. D. (2007): Safety implications of providing real-time feedback to distracted drivers. Accident Analysis & Prevention. 39 (3) (2007), S. 581-590
- EASYWAY (2010): EasyWay Annual Forum 2010, Shortcut to the future. Lisbon November 16th-18th. ESG4 – Mare Nostrum: 3 main gears
- ELLINGHAUS, D. (1987): Verloren im Schilderwald; Eine Untersuchung über das Zustandekommen und die Auswirkungen der Beschilderung im Straßenverkehr (1987); Uniroyal-Englebert Reifen GmbH; Aachen 1987
- ENGSTRÖM, J.; JOHANSSON, E.; ÖSTLUND, J. (2005): Effects of visual and cognitive load in real and simulated driving. Transportation Research Part F, 8, 97-120
- EN 12966 (2007): Europäische Norm 1296; Ortsfeste vertikale Verkehrszeichen, Teil 1: Wechselverkehrszeichen; European Standard (CEN), Vertical road signs-Part 1: Variable Message Signs, Brüssel 2007
- EN ISO 15007-1 (2002): Road vehicles – Measurement of Driver Visual Behavior with Respect to Transport Information and Control Systems – Part 1: Definitions and Parameters
- ERKE, A.; SAGBERG, F.; HAGMAN, R. (2007): Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 10 (6), 447-457
- FÄRBER, B. et al. (2005): Dynamische Informationstafeln, Teil 1: Verkehrstechnik; Teil 2: Nutzerbedürfnisse und wahrnehmungspsychologische Gestaltung; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 916, Bonn 2005
- FÄRBER, B.; FÄRBER, B.; SIEGENER, W.; SÜTHER, B. (2007): Aufnahme von Wegweisungsinformationen im Straßenverkehr – AWewiS; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 979, Bonn 2007
- FGSV (2007): Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Köln 2008
- FGSV (2008): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- FHWA (2004): U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; Changeable Message Sign Operation and Messaging, Washington 2004
- FHWA (2006): U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; Freeway management and operations handbook – chapter 8 updated 2006, Federal Highway Administration; Link: http://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter8_01.htm#sec8257; aufgerufen am 01.11.2012
- FHWA (2007): U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management; Alexandria 2007
- FHWA (2010): U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; Variable Speed Limit System for Elk Mountain Corridor, Wyoming 2010

- FISCHER, E.; LEWIS, R. (2008): Guidelines for the Operation of Variable Message Signs on State Highways; Oregon Department of Transportation, 2008
- FORSTER (2012): Link: <http://www.forster.at/index.php?id=207&L=>; aufgerufen am 26.08.2012
- FRIEBOLIN (1990): Akzeptanz von Wechselverkehrszeichen; Kolloquium Verkehrsbeeinflussung; Tagungsberichte der Forschungsgesellschaft für Straßenverkehrswesen; Heft 002/39
- GRAMBERG-DANIELSEN, B. (1984): Das Sehen in der Dämmerung; Vortrag im Kongressbericht 1984 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V.; Unfall und Sicherheitsforschung Straßenverkehr; Heft 47; Bundesanstalt für Straßenwesen; Bergisch Gladbach 1984
- GEISTEFELDT, J.; LOHOFF, J. (2011): Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen; Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen; Ruhruniversität Bochum; Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Management, Bochum 2011
- HARTZ, B.; SCHMIDT, M. (2005): Dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta); Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 924, Bonn 2005
- HIERSCHKE, E. U. (1968): Die Bedeutung und Ermittlung der Sichtweiten von Straßen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 67; Bonn-Bad Godesberg 1968
- Highways Agency (2009): Controlled Motorway, M25 Junctions 7 to 10 Consultation Paper; An Executive Agency of the Department for Transport, London 2009
- HILLS, B. L. (1980): Vision, visibility, and perception in driving; Perception, 9; 183-216
- HIRSCHBERGER, H. G.; MIEDEL, H. (1980): Sicht- und Sehprobleme in der Fahrerausbildung; Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 26, 65-70
- HOFFMANN; LEICHTER (1999): Wirkungsweise und Einsatzkriterien von Wechseltexthanlagen; FE 03.300/1995 im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Wohnen; Bundesanstalt für Straßenwesen
- HÜLSEMANN, U.; KREMS, J. F.; HENNING M. J.; THIEMER, U. (2009): Voraussetzung für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik Heft V 181, Bergisch Gladbach 2009
- ITS (1995): Variable Message Signage Content: Survey Test of Meaning and Simulation Test of Usability, ITS Institute, Minneapolis 1995
- JACOBS, R. J.; COLE, B. L. (1979): Acquisition of information from alphanumeric road signs. Proceedings of the 9th Australian Road Research Conference, 1978, Brisbane, 9 (5), pp. 390-395 (Australian Road Research Board: Melbourne)
- KABA, A.; KLEMENJAK, W. (1993): Informationsaufnahme und Informationssysteme im Straßenverkehr; Kuratorium für Verkehrssicherheit; Kleine Fachbuchreihe des KfV Band 29; Wien 1993
- KAPPICH, G. et al. (2010): Echtzeitbeurteilung und -optimierung der Wirksamkeit von Streckenbeeinflussungsanlagen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1040, Bonn 2010
- KAYSER et al. (1989): Das Wahrnehmungsverhalten des Kraftfahrers in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit und der Straßenraumgestaltung; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 557; Bonn-Bad Godesberg 1989
- KLIJNHOUT, J. J. (1984): Motorway Control and Signaling: The Test of Time; Traffic Engineering and Control; Vol. 25; No. 4
- KOYUNCU, M.; AMADO, S. (2008): Effects of stimulus type, duration and location on priming of road signs: Implications for driving. Transportation Research Part F, 11, 108-125
- KREMS, J. F.; HENNING, M. J.; THIEMER, U. (2009): Voraussetzung für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen; Teil: „Wahrnehmungspsychologische Aspekte der Einbettung von Reisezeitinformationen“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 181, Bergisch Gladbach 2009

- KRONBORG, P. (2001): VMS för omledning, Movea Trafikkonsult AB, Stockholm 2001
- LANGE, C.; YOO, J.-W.; WOHLFARTER, M.; BUBB, H. (2006): Dikablis – Operation mode and evaluation of the human-machine interaction Spring Conference of Ergonomics Society of Korea, Seoul
- LANGE, C.; WOHLFARTER, M.; BUBB, H. (2009): Automated Analysis of Eye-Tracking data for the Evaluation of Driver Information Systems according to ISO/TS 15007-2:2001. In: Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction, San Diego
- LEUTZBACH, W. (1984): Wahrnehmung und Verkehrsablauf; Kongressbericht der deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V., Unfall und Sicherheitsforschung Straßenverkehr
- LEUTZBACH, W. (1987): Wahrnehmung und Fahrverhalten; Wahrnehmung und Verkehrssicherheit; ADAC, München 1987
- LIU, Y. (2005): A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance. *Int. J. Ind. Ergon.* 35, 1147-1158
- MEEKUMS, R.; WHITE, J. (2006): Active traffic management: interim results of the before and after monitoring project; Paper 1170; 13th IST World Congress; London 2006
- MIURA, T. (1986): Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision performance; In: A. G. GALE et al. (Hrsg.) *Vision in Vehicles I*; Amsterdam: Elsevier 1986
- NAGL, P.; KUMMER, S.; DEWEIS, N.; SCHWIETERING, C. (2008): Ökonomische Aspekte von Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) am Beispiel der VBA Tirol der ASFINAG; *Straßenverkehrstechnik*; Heft 3
- NCHRP (2010): Human Factors Guidelines for Road Systems, National Cooperative Highway Research Program, Report 600C Transportation Research Board, Washington D.C. 2010
- NYGARDHS, S.; HELMERS, G. (2007): VMS – Variable Message Sign; A literature review, VTI rapport 570A, Linköping 2007
- PANNASCH, S. (2003): Beeinflussung von Blickstrategien durch räumlich/verbale Nebenaufgaben beim Autofahren; Diplomarbeit Fachrichtung Psychologie an der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Dresden; Dresden 2003
- PISCHNER, T.; HANGLEITER, S.; LAMBACHER, U.; TRUPAT, S.; KÜHNE, R.; SCHICK, P. (2003): Ermittlung und Bewertung von Nutzenkomponenten von Streckenbeeinflussungsanlagen im Hinblick auf den Verkehrsablauf; *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*; Heft 866; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Bonn 2003
- Queensland Government (2012): Link: <http://www.smartermotorways.qld.gov.au/GoingPlaces/media/TMR/PDF/Variable-Speed-Limits.pdf?ext=.pdf>; aufgerufen am 27.08.2012
- RIJKSOVERHEID (2012): Link: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/wegen/verhogen-maximumsnelheid>; aufgerufen am 1.11.2012
- RÄMÄ, P. (2001): Effects of weather-controlled variable message signing on driver behavior; Dissertation; Transport and Logistics; Technical Research Centre of Finland, Espoo 2001
- RÄMÄ, P.; SCHIROKOFF, A. (2004): Effects of wet weather controlled variable speed limits on injury accidents; Europe Congress on Intelligent Transport System
- RÖTTING, M. (2001): Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen; Shaker, Aachen 2001
- RTA (2008): Guidelines for the Location and Placement of Variable Message Signs, Technical direction, RTA Guidelines: PN028/G, 2008
- SANDERS, A. F. (1970): The selective process in the functional visual field; *Ergonomics*
- SCHICK, P. (2003): Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses; Institut für Straßen- und Verkehrswesen; Dissertation Universität Stuttgart, Stuttgart 2003

- SCHMOTZER, Ch. (2000): Wahrnehmungsgerechte Gestaltung von Verkehrszeichen; Zeitschrift für Verkehrsrecht; ZVR; 5/2000; Wien 2000
- SCHULZ, R. (2012): Blickverhalten und Orientierung von Kraftfahrern auf Landstraßen; Dissertation an der Technischen Universität Dresden; Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“; Dresden 2012
- SCHWEIGERT, M. (2003): Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben; Dissertation an der Technischen Universität München; Fakultät für Maschinenwesen, München 2003
- SETRA (1994): Service d'études techniques des Routes et Autoroutes; Panneaux de signalisation à Messages Variables, Guide technique
- SIEGENER, W. et al. (2000): Unfallgeschehen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsbelastung; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 787; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Bonn 2000
- SMULDERS, S. (1994): Control by variable speed signs- the Dutch experiment; Proceedings Seventh International Conference in Road Traffic Monitoring and Control; London 1994
- SPRENGER, A.; SCHNEIDER, W.; DERKUM, H. (1999): Traffic signs, visibility and recognition. In: A. G. GALE (ed.), Vision in vehicles VII (pp. 421-425). Oxford: Elsevier Science Ltd
- STEINHOFF, C.; KATES, R.; KELLER, H.; FÄRBER, B.; FÄRBER, B. (2002): Problematik präventiver Schaltung von Streckenbeeinflussungsanlagen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 853, Bonn 2002
- Straßenverkehrszentrale Baden-Württemberg (SVZ-BW) (2012): [Http://www.svz-bw.de/sba_technik.html](http://www.svz-bw.de/sba_technik.html) aufgerufen: 24.08.2012
- TIEFENTHALER, H.; BRUNNER, P. (2000): Verkehrslautstärke beeinflusst erlaubte Höchstgeschwindigkeit. Lärmgesteuerte Verkehrsbeeinflussungsanlage; Zeitschrift Internationales Verkehrswesen
- TROPIC (1999): Traffic Optimisation by the Integration of Information and Control
- WARREN, D. (2000): Variable Speed Limits; Presented in the FHWA Speed Management Workshop; Dallas; Texas 2000
- WIERWILLE, W. (1993): Automotive Ergonomics. B. PEACOCK and W. KARWOWSKI; TAYLOR and FRANCIS, Ch.: Visual and manual demands of in-car controls and displays, 299-320
- WSDOT (2012): Washington State Department of Transportation Link: <http://www.wsdot.wa.gov/smarterhighways/aufgerufen> am 20.10.2012
- ZACKOR, H. (1972): Beurteilung verkehrsabhängiger Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 128; Bundesverkehrsministerium; Bonn 1972
- ZACKOR, H.; SCHWENZER, G. (1988): Beurteilung einer situationsabhängigen Geschwindigkeitsbeeinflussung auf Autobahnen; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 532; Bundesverkehrsministerium; Bonn 1988
- ZACKOR, H.; BECKMANN, A.; LISTL, G. (2000): Verkehrsbeeinflussung durch Verkehrsinformationstafeln mit Wechseltexanzeige; Kassel 2000
- ZHANG, Y.; BULLING, A.; GELLERSEN, H. (2011): Discrimination of gaze directions using low-level eye image features. In: Proceedings of PETMEI, ACM, 9-14
- StVG: Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 118 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist
- StVO: Straßenverkehrs-Ordnung vom 16. November 1970 (BGBl. I S. 1565), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1737) geändert worden ist
- VwV-StVO: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung VwV-StVO. Vom 22. Oktober 1998 in der Fassung vom 17. Juli 2009
- BGB: Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das zuletzt durch

Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012
(BGBl. I S. 2749) geändert worden ist

VzKat: Amtlicher Verkehrszeichenkatalog vom
19.3.1992 (BAnz. Beil. Nr. 66a). Zuletzt geän-
dert durch Art. 1a Allgemeine Verwaltungsvor-
schrift zur Änderung der VwV-StVO und der
VerwarnVwV vom 7.8.1997 (BAnz. Nr. 151)

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädelungstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jährig € 17,50

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50

V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen
Hausmann € 16,00

V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Messsystemen
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse
Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik
Lensing € 17,50

2014

V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

V 242: Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00

V 243: Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50

V 244: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013
Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 246: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 247: Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 248: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

V 249: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 251: Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen
Baier, Kemper
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw
Wellner, Uhlig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw
Zimmermann, Riffel, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 256: Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagen-

teile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements
Zander, Birbaum, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 257: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen
Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier Hantschel, Otto € 18,00

V 258: Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten
Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufole € 18,00

V 259: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten
Geistefeldt, Sievers
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 260: Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst
Hausmann € 15,50

V 261: Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50

V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten
Maier, Pohle, Schmotz, Knote, Nirschl, Erbsmehl € 16,00

V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung

V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung

V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen
Baier, Hartkopf € 14,50

2016

V 267: Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen
Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.