

# **Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Real- verkehr entwickelt am Begleiteten Fahren**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 235**



**bast**

# Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Real- verkehr entwickelt am Begleiteten Fahren

von

Wilhelm R. Glaser

Universität Tübingen

Horst Waschulewski

Margrit O. Glaser

Dorothee Schmid

MTO Psychologische Forschung und Beratung GmbH, Tübingen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 235**

**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 BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/benutzung.php?la=de>

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 92.363/2009:**  
Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr  
entwickelt am Begleiteten Fahren

### **Fachbetreuung**

Markus Schumacher, Eike A. Schmidt

### **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](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9315  
ISBN 978-3-95606-305-3

Bergisch Gladbach, Juni 2013

## Kurzfassung – Abstract

### Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr entwickelt am Begleiteten Fahren

Im modernen Kraftfahrzeug werden die Fahr- und Bedienungsdaten elektronisch gemessen und über Bus-Systeme (z. B. CAN – Controller Area Network) Effektoren und Rechneinheiten zugeführt. Mit geeigneten Datengrabern können sie entnommen und gespeichert werden. Mit einem entsprechend ausgestatteten Messfahrzeug können damit auf Versuchsfahrten elektronische Daten zur Messung der Verkehrssicherheit gewonnen werden.

Die Aufgabe des vorliegenden Projekts war es, die Auswirkungen des Begleiteten Fahrens auf die Fahrsicherheit der Fahranfänger standardisiert zu bewerten. Sie bestand aus drei Teilen: der Festlegung und Dokumentation einer standardisierten Fahrstrecke im öffentlichen Straßenverkehr, der Gewinnung eines Referenzdatensatzes für die Fahrprobe mit 40 Personen und der Entwicklung eines psychometrischen Tests für Fahrsicherheit anhand dieser Fahrprobe.

Im ersten Teil wurde eine Fahrstrecke ausgewählt, die folgende Anforderungen erfüllte: Fahrdauer ungefähr 90 Minuten, Fahrzeit und Streckenlänge mit etwa gleichen Zeitanteilen innerorts, Landstraße und Autobahn und mit für die Zielgruppe repräsentativen Fahraufgaben in ausreichender Anzahl (z. B. Linksabbiegen, „Rechts vor links“-Regelung).

Im zweiten Teil wurde mit einer Fahrprobe an 40 Vpn<sup>1</sup> ein Referenzdatensatz für die standardisierte Strecke gewonnen. Von den Vpn waren 26 zwischen 18 und 22 Jahren alt, davon 17 mit und 9 ohne früheres Begleitetes Fahren. Das Alter der übrigen 14 Vpn lag zwischen 23 und 50 Jahren, alle ohne Erfahrung mit Begleitetem Fahren.

Der dritte Teil galt der Zusammenstellung schon bekannter Bausteine zu einem Test zur Erfassung der Fahrsicherheit anhand einer Fahrprobe. Elektronisch gemessen wurden 11 Variablen (z. B. Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit, Abstand zum Vorfahrzeug, Zeit bis Kollision) sowie mit VI-Tastendruck registrierte Fahrfehler. Die Vp bearbeitete die Rating Scale for Mental Effort (RSME; EILERS, NACHREINER und HÄNECKE, 1986). Einfache statistische Auswertungen dieser Variablen liefern noch kein psychodiagnostisches Messinstrument für Fahrsicherheit. Deshalb wurde das von den Auftragnehmern bereits früher publizierte System I-TSA (INVENT – Traffic

Safety Assessment; W. R. GLASER, WASCHULEWSKI und SCHMID, 2005) aufgegriffen, verbessert und in der Software anwendungsfreundlicher gestaltet. Mittels einer Faktorenanalyse wurden acht durch Häufigkeitstransformation normalisierte, auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 10 standardisierte Skalen für Komponenten der Fahrsicherheit gefunden: 1 Geschwindigkeit, 2 Fahrbeschleunigung, 3 Längsabstand, 4 Spurhaltung, 5 Blinker, 6 Lenkbewegungen, 7 Mentale Beanspruchung (RSME), 8 Fahrfehler Versuchsleiter-Tasten.

Neben elektronisch gewonnenen Daten wurden Papier-Bleistift-Tests eingesetzt, um auf herkömmliche Weise erhobene Resultate mit den elektronischen vergleichen und bei Fehlen eines Messfahrzeugs auch bisherige Methoden auf die standardisierte Fahrstrecke anwenden zu können. Die Vp füllte einen aus 47 Items bestehenden Fragebogen zum Fahrerleben aus, der auch die 20 Items des Technik-/Risiko-Fragebogens von Br. FÄRBER und Be. FÄRBER (2003) enthielt. Eine Faktorenanalyse lieferte die fünf Skalen „Ängstlichkeit und Furcht vor Überlastung oder Überforderung“, „Freude am Fahren“, „Begeisterung für die Technik“, „Selbstbewusstsein und Selbstsicherheit als Fahrer(in)“ sowie „Norm- und Regelorientierung“.

Nach Ende der Fahrprobe beurteilte der Versuchsleiter anhand einer gängigen Fahrfehlerliste mit 33 Items die Beeinträchtigung der Fahrsicherheit. Die 33 Bewertungen wurden zu einem einzigen Sicherheitsscore zusammengezogen. Es folgte ein Sicherheitsrating für 9 eher allgemeine, charakteristische Verhaltensweisen wie Geschwindigkeitswahl oder Überholen. Diese 9 Sicherheitsratings lieferten in einer Faktorenanalyse zwei gut als Fehler (Error) und als Schnitzer (Lapse) im Sinne des DBQ (Driver Behaviour Questionnaire; REASON, MANSTEAD, STRADLING, BAXTER und CAMPBELL, 1990) interpretierbare Skalen. Schließlich beurteilte der VI den Fahrstil in einem semantischen Differential mit 11 Adjektivpaaren wie rücksichtsvoll – rücksichtslos oder aggressiv – defensiv. Dieses ergab ebenfalls zwei faktorenanalytisch begründbare Skalen: „Anspannung“ und „Angepasstheit“ beim Fahren. Insgesamt wurden also 8 I-TSA-, 5 Fahrerlebens- und 5 Versuchsleiter-Beurteilungsskalen aufgestellt. Diese 18 Skalen bilden zusammen einen standardisierten Test, der ein aussagekräftiges Profil der Fahrsicherheit für jeden Pbn liefert. Die meisten davon sind mit Cronbachs  $\alpha > 0,8$  sehr reliabel.

Die Faktorenanalyse über die 18 Skalen des gesamten Tests erklärt 75,8 % der Gesamtvarianz mit zwei starken und vier mäßig ausgeprägten Faktoren. Der Test misst also ein sechsdimensionales Konstrukt der Fahrsicherheit. Faktor 1 fasst alle beobachteten und beurteilten Fahrfehler zusammen. Faktor 2 konzentriert sich auf den Fahrerlebensbogen, ergänzt um die mit der RSME selbst eingeschätzte mentale Beanspruchung. Faktor 3 gibt die elektronisch erfassten Fahrdynamikskalen I-TSA 1 bis 3 wieder. Die weiteren drei Faktoren bleiben Einzelrestfaktoren für „Norm- und Regelorientierung und Blinken“,

„Spurhaltung und Lenkbewegungen“ sowie „Begeisterung für die Technik“.

Ein Planversuch für Gruppenunterschiede war nicht intendiert und wäre auch über den Rahmen dieses Projektes hinausgegangen. Die Daten ließen sich jedoch als Ex-Post-facto-Experiment für die gegebene Stichprobe auswerten. Dabei zeigte sich, dass der Test zwar nicht zwischen den Geschlechtern und den hier einbezogenen Altersgruppen diskriminierte. Vpn mit und ohne Begleitetes Fahren konnte er aber in der logistischen Regression fehlerfrei unterscheiden, der F-Test auf multivariate Mittelwertsunterschiede erreichte die einseitige Signifikanzgrenze.

### **A method to assess the safety in actual driving developed on accompanied driving**

In modern cars, driving and operating data are automatically acquired and transmitted to effectors and processors by bus systems (e.g. CAN – Controller Area Network). By reading out these data and saving them on an on-board storage device, the car becomes an experimental vehicle for test runs. Measures of driving safety can then be derived from these data.

The project at hand aimed at standardizing the use of such an experimental vehicle to assess the driving safety of participants of the program “Accompanied Driving“. The project consisted of three parts: (1) selection and documentation of an appropriate course on public roads, (2) collection of reference data for 40 subjects, and (3) construction of a psychometric driving-safety test.

In Part 1, a 78 km course was selected. It covered all three major road types: 15 km (28 min) on urban road, 24 km (25 min) on rural road and 39 km (23 min) on highways. Furthermore, the course was selected to cover a predefined set of driving tasks (e.g. left turn on rural roads). The detailed documentation of the course comprised speed limits and road type.

In Part 2, experimental runs of 40 subjects provided a reference data set. The sample consisted of two subsamples: 26 younger subjects (aged between 18 and 22 years), 17 of which with and 9 without former “Accompanied Driving“; 14 older subjects (aged between 23 and 50 years), all without experience in “Accompanied Driving“.

In Part 3, a psychometric test for traffic safety was developed. Eleven variables (e.g., ‘violation of speed limit’, ‘heading time’) were recorded electronically. Simple statistical calculations of these variables do not suffice as psychometric measures of driving safety. In earlier projects, the authors have developed the system I-TSA (INVENT – Traffic Safety Assessment; W. R. GLASER, WASCHULEWSKI, and SCHMID, 2005). It was taken up, improved and designed more user centered. Through factor analysis, eight scales were found as components of

driving safety. They were normalized and standardized by frequency transformation at a mean of 100 and a standard deviation of 10. The scales were ‘1 speed’, ‘2 acceleration’, ‘3 heading time’, ‘4 lane keeping’, ‘5 turn indicator’, ‘6 steering-wheel movements’ (steering entropy), ‘7 mental effort’ (RSME = Rating Scale of Mental Effort, German version by EILERS, NACHREINER, and HÄNECKE, 1986), and ‘8 electronically recorded driving errors’.

The electronic measures were complemented by paper-pencil tests for the subjects and the experimenter to compare conventional safety and electronic data. The subjects completed a questionnaire for driving experience which contained 47 items, among them all 20 items of the technology/risk questionnaire by Br. FÄRBER and Be. FÄRBER (2003). By factor analysis, five scales were extracted: ‘timidity, fear of overload or excessive demand’, ‘joy of driving’, ‘enthusiasm for technology’, ‘self-confidence as driver’, and ‘observing of norms and rules’.

After each driving test, the experimenter completed a form with three rating scales for driver’s behavior: First, he rated the impairment of driving by 33 items of an error list. These ratings were condensed to a single mean. Second, he rated driving safety of 9 more general driving habits (e.g. choice of speed or surpassing). A factor analysis of the 9 general habits provided the two factors “errors” and “lapses” according to the DBQ (Driver Behaviour Questionnaire; REASON, MANSTEAD, STRADLING, BAXTER, and CAMPBELL, 1990). Third, he characterized the driving style by a semantic differential with 11 adjective pairs (e.g. considerate – inconsiderate or aggressive – defensive). By factor analysis, the semantic differential yielded two scales, ‘stress’ and ‘adjustment’.

Thus, there were 8 I-TSA, 5 subject’s driving-experience, and 5 experimenter scales. Together, these 18 scales form a standardized test of driving safety, which provides a profile for each subject. Most of these scales are highly reliable with Cronbach’s  $\alpha > 0.8$ .

The factor analysis of the 18 scales explains 75.8 % of the total variance by two strong and four moderate factors. Thus, the test measures a construct of driving safety with 6 dimensions. Factor 1 comprises all driving errors as measured or rated. Factor 2 represents the driving-experience variables and mental effort. Factor 3 contains the electronically recorded variables of driving dynamics I-TSA 1 to I-TSA 3. The residual 4 variables load on the additional 3 minor factors.

There was no experimental design for differences of groups. However, a statistical analysis as an ex-post-facto experiment was possible. Although it showed no difference between the subgroups for sex and age, a logistic regression correctly assigned the subjects to the groups with and without Accompanied Driving. A multivariate F-test yielded single sided significance between these groups.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	4.3	Zahlenwerte der Messvariablen für die Fehlerstufenrechnung .....	29
1.1	Projektbestandteile .....	7	4.4	Fehlermarker im elektronischen Protokoll .....	32
<b>2</b>	<b>Das Problem der Fahrsicherheitsdiagnostik</b> .....	8	4.5	Die Zusammenfassung der Fehlerstufenvariablen .....	32
2.1	Von Fahrvariablen zu Maßen der Fahrsicherheit .....	10	4.6	Trennt der Test zwischen Personengruppen? .....	37
2.2	Das Validitätsproblem des I-TSA-Verfahrens .....	10	4.7	Der Fahrerlebensbogen .....	38
2.3	Die Logik des I-TSA-Verfahrens .....	12	4.8	Die Fahrverhaltensbeurteilung .....	42
2.4	Die Fehlerstufenrechnung .....	12	4.8.1	Die Beeinträchtigung der Fahrsicherheit .....	42
2.5	Von der Fehlerstufenrechnung zu den I-TSA-Skalen .....	14	4.8.2	Die Ratings über die generelle Fahrsicherheit .....	45
2.6	Heinrichs Dreieck .....	14	4.8.3	Das semantische Differential zum Fahrstil .....	47
<b>3</b>	<b>Methode</b> .....		4.9	Die Zusammenfassung der Papier-Bleistift-Teile des Tests .....	48
3.1	Die Definition der Fahrstrecke .....	15	4.10	Die Faktorenstruktur des Gesamttests .....	48
3.2	Das Messfahrzeug .....	22	<b>5</b>	<b>Diskussion des Gesamttests</b> .....	50
3.3	Die „Markerfahrten“ .....	22	<b>6</b>	<b>Die Wiedergabe der Testergebnisse an einem Beispiel</b> .....	51
3.4	Die Versuchspersonenstichprobe .....	23	6.1	Allgemeine Daten zu Person und Versuch .....	51
3.5	Die abhängigen Variablen .....	24	6.2	Die I-TSA-Skalen .....	52
3.5.1	Die I-TSA Variablen .....	24	6.3	Die Fragebögen für VI und Vp .....	52
3.5.2	Die Papier-Bleistift-Variablen .....	25	<b>7</b>	<b>Fahrfehlertabelle</b> .....	53
3.6	Versuchsablauf .....	25	<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	56
3.7	Die statistische Auswertung .....	27			
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	27			
4.1	Allgemeine Fahrdaten .....	27			
4.1.1	Fahrstrecke und -dauer .....	27			
4.2	Elektronisch erfasste Mess- und daraus abgeleitete Größen .....	28			
4.2.1	Geschwindigkeit .....	28			
4.2.2	Abstand zum Vorauffahrzeug (th) .....	28			
4.2.3	Zeit bis Kollision .....	28			
4.2.4	Bremsverzögerung .....	29			
4.2.5	Fahrbeschleunigung .....	29			
4.2.6	Querbeschleunigung .....	29			



# 1 Einleitung

## 1.1 Projektbestandteile

Die zentrale Aufgabe des Projektes war es, das bei der BAST seit 2008 vorhandene instrumentierte Messfahrzeug als psychodiagnostisches Messinstrument der Fahrsicherheit nutzbar zu machen. Gegenüber der herkömmlichen Fahrprobe, bei der mitfahrende Experten ein standardisiertes Beobachtungsinventar ausfüllen,<sup>2</sup> sind hier wesentlich mehr und objektiv gemessene Daten zu erwarten. Allerdings, und darauf haben die Forschungsnehmer hingewiesen, sind die physikalisch gemessenen Fahr- und Fahrerverhaltensdaten<sup>2</sup> noch keine psychometrischen Daten zur Fahrsicherheit. Sie müssen erst durch geeignete mathematisch-psychologische Verfahren in solche transformiert werden. Die Auftragnehmer haben deshalb vorgeschlagen, dazu das I-TSA-Verfahren (I-TSA = INVENT – Traffic Safety Assessment) weiterzuentwickeln und anzuwenden. Dieses wurde auf Basis einer Anregung des Fraunhofer-Institutes für Verkehrs- und Infrastruktursysteme Dresden und der Professur für Verkehrspsychologie der Technischen Universität Dresden (NIRSCHL, BÖTTCHER, SCHLAG und WELLER, 2004) in Fahrversuchen mit instrumentierten Messfahrzeugen zu Sicherheitsauswirkungen von Fahrerassistenzsystemen (INVENT und AKTIV) zur Anwendungsreife gebracht (W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005; W. R. GLASER et al., 2005; W. R. GLASER, WASCHULEWSKI, M. O. GLASER und SCHMID, 2010).<sup>4</sup>

Die grundlegenden Bestandteile für den zu entwickelnden Fahrsicherheitstest waren also das Messfahrzeug und die Logik des I-TSA-Verfahrens. Darüber hinaus musste eine Fahrstrecke im öffent-

lichen Straßenverkehr festgelegt werden, die allen Testanwendungen standardisiert zugrunde gelegt werden kann. Die Auswahl unterlag einer Reihe von Randbedingungen: Die Strecke sollte auf dem Gelände der Bundesanstalt für Straßenwesen beginnen und enden. Die Testfahrt sollte 90 bis 100 Minuten mit etwa gleichen Zeitanteilen Innerorts, Landstraße und Autobahn dauern. Eine weitere Auflage für das Projekt bestand darin, eine Fahrverhaltensbeobachtung mitzuführen, die den Vergleich zwischen elektronisch gewonnenen I-TSA-Daten und herkömmlichen Fahrdaten ermöglichen sollte. Damit kann die Fahrt auf der standardisierten Mess-Strecke notfalls auch ohne elektronische Messungen ausgewertet werden.

Daraus ergaben sich folgende Arbeitsschritte, die teilweise parallel bearbeitet wurden.

- 2 Zum Beispiel TRIP, Test Ride for Investigating Practical Fitness to Drive (de WAARD et al., 2000), Wiener Fahrprobe (RISSER und BRANDSTÄTTER, 1985) und deren Weiterentwicklungen, etwa SAF, System zur Analyse des Fahrverhaltens (SMUC und CHRIST, 2000).
- 3 Unter Fahrdaten verstehen wir den Output des Fahrzeugs wie Geschwindigkeit oder Querbeschleunigung, unter Fahrerverhaltensdaten den Input des Fahrzeugs, wie er von den Bedienelementen erfasst wird, beispielsweise Lenk- oder Gaspedalbewegungen.
- 4 Auftraggeber waren in vorwettbewerblicher Forschung die Firmen Allianz Zentrum für Technik GmbH, Ismaning; BMW Forschung und Technik GmbH, München; DaimlerChrysler AG, Stuttgart; MAN Nutzfahrzeuge AG, München; Robert Bosch GmbH, Stuttgart; Volkswagen AG, Wolfsburg.

1. Festlegung der Fahrstrecke aufgrund aller wichtigen Kriterien, insgesamt vier Iterationsschleifen, Test- und Vorversuchsfahrt mit Messfahrzeug.
2. Testfahrten mit dem Messfahrzeug, Tests der Datenqualität, Passung zwischen Datendatei vom Fahrzeug und Eingangsformat der Auswerterroutinen, Auswahl der diagnostisch notwendigen Variablen.
3. Bestimmung der Variablen Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h] und Straßentyp [innerorts, Landstraße, Autobahn] mittels zweier „Markerfahrten“, Einarbeitung der Resultate in die SPSS-Auswerterroutinen.
4. Konstruktion der Personenstichprobe für den Fahrversuch zur Testeichung mit 40 Vpn.
5. Versuchsorganisation und -vorbereitung, Versuchsfahrten.
6. Anpassung und Weiterentwicklung der I-TSA-Routinen zur Auswertung der Messdaten dieses Versuchs.
7. Zusammenstellung der Papier-Bleistift-Teile der Fahrverhaltensbeobachtung.
8. Datensicherung, Einlesen der Daten in SPSS, Datenprüfung auf Fehler, Fehlerkorrekturen soweit möglich, Auswertung in mehreren Schritten bis zu den standardisierten Fahrsicherheitscores der einzelnen Personen in den jeweiligen I-TSA- und Fahrbeobachtungsvariablen.

9. Darstellung und Interpretation der Resultate, Ermittlung der Testeigenschaften, Extremgruppenvergleiche.

## 2 Das Problem der Fahrsicherheitsdiagnostik

Die Fahrprobe wird hier als ein Persönlichkeits- oder Leistungstest im Sinne der Psychologischen Diagnostik verstanden, das heißt, sie soll die Disposition einer Person messen, einen Verkehrsunfall zu verursachen. Dazu muss zunächst einmal vorausgesetzt werden, dass es eine solche Persönlichkeitsvariable überhaupt gibt, so wie man etwa von der Disposition „zweckvoll zu handeln, vernünftig zu denken und sich mit seiner Umgebung wirkungsvoll auseinanderzusetzen“ spricht, die sich mit dem Intelligenztest messen lässt (n. WECHSLER, zit. n. AMELANG und BARTUSSEK, 1990, S. 177). Ein solcher Test muss eine Reihe von Gütekriterien erfüllen. Dazu gehört die Validität, das heißt das Ausmaß, in dem er misst, was er messen soll. Während sich beim Intelligenztest relativ unproblematische Kriterien, beispielsweise Schul- oder Berufserfolg, finden lassen, stößt man beim Fahrsicherheitstest hier auf ein Problem. Mit Hilfe des Unfallkriteriums lässt sich die Fahrsicherheit als  $1 - \text{Unfallwahrscheinlichkeit}$  definieren. Der Unfall ist aber ein so seltenes Ereignis, dass er sich im Verlauf einer normalen Testentwicklung praktisch überhaupt nicht beobachten lässt. Was aber bedeutet das für die Testentwicklung?

Tabelle 1 zeigt die Unfallwahrscheinlichkeiten in Deutschland. Die Zahlen aus dem Jahre 1994 sind nicht ganz aktuell, genügen aber zur Information über die Größenordnung. Für eine Fahrdauer von 50 Jahren ergibt sich über alle drei Straßentypen hinweg eine erwartete Häufigkeit von 0,593, bei 10 Jahren von 0,119 Unfällen. Die für eine Person in einem bestimmten Zeitintervall zu erwartende Unfallhäufigkeit folgt der Poisson-Verteilung. In Bild 1 ist diese Verteilung für die Fahrdauern von 10 und 50 Jahren aufgrund der Zahlen in Tabelle 1 wiedergegeben: Sie zeigt beispielsweise, dass in einer Stichprobe von Fahrern mit 10-jähriger Fahrpraxis die Wahrscheinlichkeit, keinen Unfall gehabt zu haben, 88,8 % und diejenige, einen Unfall gehabt zu haben, 10,6 % beträgt. Angesichts dieser stark schiefen Verteilung ist die Validierung eines Fahrsicherheitstests am Unfallkriterium ein äußerst schwieriges Unterfangen.

Es kommen begriffliche Schwierigkeiten im Verständnis der Poisson-Verteilung hinzu. Wie die Linie für  $E(x) = 0,593$  für die lebenslange Fahrpraxis zeigt, bestehen hier Wahrscheinlichkeiten von 55,3 %, keinen Unfall zu haben, und von 32,8 % und 9,7 % für einen und für zwei Unfälle. Das heißt, auch wenn alle Personen genau die gleiche Disposition haben, einen Unfall zu verursachen oder zu erleiden, muss es eine beträchtliche Anzahl von Personen mit einem oder mehreren Unfällen geben. Das zu verstehen ist selbst Psychologen lange Zeit recht schwergefallen, wie ein Zitat aus der frühen Unfallforschung zeigt: „Es gibt ‚geborene‘ Unfälle, Schaden- und Unglücksstifter, geborene Pechvögel und Glückskinder, aber auch geborene Verbrecher, geborene Praktiker, Theoretiker und Konfusionsräte. Alle diese Kategorien von Menschen lassen sich auf Grund der Erfahrung und der Wiederholungsregel ... mehr oder weniger sicher feststellen. ... Ist es mittels psychotechnischer Prüfungen nicht gelungen, im Sinne der Schadensverhütung unerwünschte Elemente aus den Stellen

Straßentyp	Wahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Personenschaden je Fahrzeughour	Mittlere Expositionsdauer [h/a] (Stunden pro Fahrzeug und Jahr)	Erwartete Häufigkeit von Unfällen mit Personenschaden in einem Fahrerleben von 50 Jahren
Innerorts	0,000039	180	0,351
Landstraße	0,000051	80	0,204
Autobahn	0,000019	40	0,038

Tab. 1: Unfallwahrscheinlichkeiten, Orientierungszahlen für Deutschland (1994; Quelle: REICHART, 2001, S. 154)

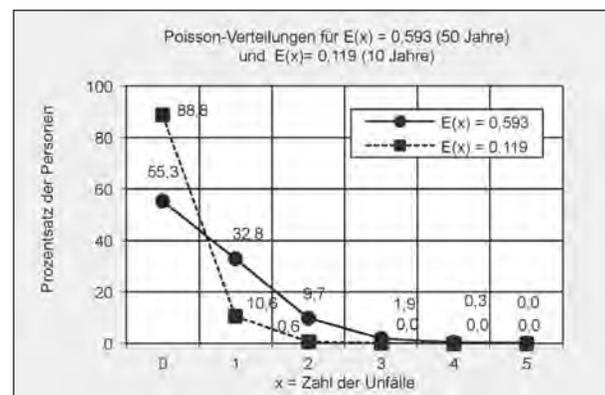


Bild 1: Prozentsatz der Personen mit  $x = 0, 1, 2, \dots$  Unfällen in einem Fahrerleben von 50 ( $E(x) = 0,593$ ) und 10 ( $E(x) = 0,119$ ) Jahren

fernzuhalten, in denen sie gefährlich sind, so können Statistiken nach Art der unsrigen über die Nul-ler, Einser und Mehrere nachträglich zur Ausscheidung von allzusehr zur Schadensstiftung neigenden Personen ... führen" (MARBE, 1926, zit. n. HACKER, 1978, S. 355). Da nach der Poisson-Verteilung die beobachtbar unterschiedlichen Unfallhäufigkeiten allein durch Zufall entstehen, sind sie als Validierungskriterium für die Fahrsicherheit natürlich unbrauchbar, ist das Konzept des „Unfällers“ damit nicht zu begründen.

Daraus hat REASON (zusammenfassend 2011, S. 107 ff.) die Konsequenz gezogen, dass sicherheitsdiagnostische Instrumente nur insoweit am Unfallkriterium zu validieren sind, als die beobachteten Unfallhäufigkeiten von der Poisson-Verteilung abweichen. In den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden in der REASON-Schule große Anstrengungen unternommen, solche Bedingungen zu finden. Der Erfolg war bescheiden. REASON (2011, S. 108, Übs. WG) selbst fasst zusammen: „Unfallneigung‘ scheint einen Verein mit ständig wechselnden Mitgliedern zu bilden. Versuche, die Disposition zum Unfall mit bestimmten Persönlichkeitsmerkmalen zu verbinden, sind weitgehend erfolglos geblieben, obwohl eine Anzahl von Studien schwache Zusammenhänge zwischen wiederholten Unfällen und emotional instabiler oder soziopathischer Extraversion (egozentrisch, zu selbstsicher, aggressiv ...) und ebenso emotional instabiler Introversion (entscheidungsschwach, gespannt, depressiv...) gefunden hat. Wahrscheinlich ist der Zusammenhang von Persönlichkeit und Unfallneigung eher indirekt und von vielen anderen Faktoren mitbestimmt.“

Die herkömmliche Fahrsicherheitsdiagnostik nimmt ihren Ausgangspunkt bei Fahrfehlern. Ihr liegen Fahrfehlerlisten wie beispielsweise die Wiener Fahrprobe (RISSER und BRANDSTÄTTER, 1985; REICHART, 2001, Tabelle 7.7) zugrunde. Ein Beispiel solcher Fahrfehlerlisten findet sich in Tabelle 18. Die hier aufgelisteten Fahrfehler müssen in geeigneter Weise erfasst werden. Gängig ist dazu eine Fahrprobe, bei der ein mitfahrender VI die beobachteten Fehler protokolliert oder skaliert. Das große Problem ist dabei, dass Fahrfehlerlisten, die die meisten Fehlerarten präzise abbilden können, meistens eine Kategoriengruppe von etwa 20 bis 40 annehmen, die jedoch im Verlaufe einer 60- bis 120-minütigen Fahrprobe zu geringe Zellenbesetzungen annehmen, um differenzierte statistische Auswertungen zu erlauben. Die statistische Abhilfe

besteht dann im Aggregieren der Daten über die Kategorien hinweg, womit deren begriffliche Auflösung wieder verloren geht. Im Papier-Bleistift-Teil des hier vorgelegten Tests versuchen wir, dem abzuhelfen, indem wir die Stärke der Beeinträchtigung skalieren, anstatt Fehlerhäufigkeiten zu registrieren.

In den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts haben Mitarbeiter von REASON versucht, die kognitionspsychologischen Erkenntnisse der Human-Error-Forschung (REASON, 1990) auch für Straßenverkehrsunfälle nutzbar zu machen. Sie gingen von den drei Steuerungsebenen der menschlichen Handlung nach RASMUSSEN (1986, S. 101; REICHART, 2001, S. 7) aus: Skill based, Rule based und Knowledge based. Sie ließen sich recht gut auf die drei Niveaus der Fahraufgabe im Kraftfahrzeug abbilden: Stabilisierung (Skill based), Führung (Rule based) und Navigation (Knowledge based). In der psychologischen Fehlerforschung hatte sich ein interessanter Methodenansatz herausgebildet: nicht auf die Fehler warten, um sie zu beobachten, sondern die Häufigkeiten der Fehler im Schnitt eines längeren Zeitraums aus dem Gedächtnis schätzen lassen. Diese Methode hatte sich als höchst brauchbar erwiesen, naheliegende Einwände einer Verzerrung der Ergebnisse durch Gedächtnisartefakte konnten ausgeräumt werden (REASON, 1993). REASON et al. (1990) wandten die Methode auf den Straßenverkehr an. Aus den Fehlerkategorien wurden dabei 50 Fragebogenitems wie z. B. „Falsches Schilderlesen“ und „Wahl der falschen Ausfahrt aus dem Kreisverkehr“ entwickelt. Die Vpn gaben die Häufigkeit, mit der sie den fraglichen Fehler in ihrer gesamten Fahrpraxis begangen hatten, auf einer sechsstufigen Skala mit Häufigkeitsadjektiven wie „Nie“ bis „Fast immer“ an. Der Bogen erhielt den Namen DBQ (Driver Behaviour Questionnaire) und wurde in PARKER, REASON, MANSTEAD und STRADLING (1995) als Kurzform mit 24 Items nochmals veröffentlicht.

Die Faktorenanalyse ergab drei Faktoren, aus denen Subskalen gebildet werden konnten (REASON et al., 1990): Slips (z. B. kein Spiegelgebrauch vor dem Anfahren oder Spurwechsel), Errors oder Mistakes (z. B. Schätze die Lücke auf einem Parkplatz falsch ein und berühre (beinahe) ein anderes Fahrzeug) und Violations (z. B. Überfahre Rotlicht auf leerer Straße bei Nacht). In PARKER et al. (1995) enthielt die Stichprobe 1.656 nach Altersklassen geschichtete Fälle, darunter etwa 200 Personen mit mindestens einem Unfall innerhalb ihrer gesamten Fahrpraxis. Die multiple

Regression der Unfallvariablen auf die Stichprobenvariablen und den Test ergab signifikante Einflüsse von Fahrleistung, Alter, Geschlecht und Violations. Die beiden anderen Testvariablen, Slips und Errors, zeigten keinen Einfluss auf das Unfallkriterium. Das ist im Einklang mit der kognitionspsychologischen Theorie: Slips und Errors sind die unvermeidlichen Handlungsfehler, die wir alle begehen und die einer bewussten, auch ethischen Handlungssteuerung nicht zugänglich sind. Sie drücken sich demnach in der Poisson-Verteilung der Unfälle aus. Violations andererseits werden wesentlich von der rationalen, sozialpsychologisch fassbaren Handlungssteuerung und damit auch von ethischen Einstellungen mitbestimmt und sind deshalb zum Teil Prädiktoren für das Unfallgeschehen.

In dem hier berichteten Versuch haben wir den DBQ nicht aufgenommen, da vor allem Daten aus dem Fahrversuch und nicht aus der Erinnerung der Vpn erhoben werden sollten.

## 2.1 Von Fahrvariablen zu Maßen der Fahrsicherheit

Instrumentierte Messfahrzeuge registrieren Fahrvariablen wie Geschwindigkeit, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, Querbeschleunigung, Längsbeschleunigung, Abstand zur Spurbegrenzung und Fahrereingaben wie Lenkwinkel, Stellung von Gas- und Lenkwinkel sowie Signalgebung (Blinker). Das Problem besteht nun darin, daraus psychometrische Maße für die Fahrsicherheit zu gewinnen, denn diese Daten sind für sich genommen dafür noch nicht geeignet. Ein Lösungsversuch ist die oben eingeführte I-TSA-Metrik. Sie wurde im vorliegenden Projekt dazu verwendet, aus den Messvariablen des Versuchsträgers einen Fahrsicherheits-test zu entwickeln. Das Kernproblem lässt sich wie folgt formulieren: Welche Schlüsse erlauben die gemessenen Fahrparameter auf die Verkehrssicherheit?

Im Alltagsdenken erscheint dies einfach, oft geradezu trivial: Hohe Geschwindigkeit oder „Unaufmerksamkeit“ bedeuten unsicheres Fahren. Diese Auffassungen sind nicht falsch, lösen das Problem aber nur scheinbar und an der Oberfläche. Einigen wissenschaftlichen Autoren ist dies durchaus bewusst. So schreiben CARSTEN und NILSSON (2001, S. 239): „It is notoriously difficult to take data about changes in driving performance or behaviour

and translate these findings into predicted changes in accident numbers“. JOHANSSON, ENGSTRÖM et al. (2004, S. 10) sehen es ähnlich: „... the precise relation between specific performance metrics and accident probability is generally not well understood“. Manche Autoren suchen Schlüsse zu ziehen wie z. B. von höherer Geschwindigkeit oder niedrigerem Vorausabstand auf verringerte Sicherheit. So schreiben FINCH, KOMPFFNER, LOCKWOOD und MAYCOCK (1994; zit. n. DRAGUTINOVIC, BROOKHUIS, HAGENZIEKER und MARCHAU, 2005, S. 274): „... an increase in speed for 1 km/h leads to a 3 % increase in the number of accidents.“ Dies dürfte in dieser Allgemeinheit nicht haltbar sein. Mit den I-TSA-Skalen versuchen wir, dem Problem präziser zu Leibe zu rücken.

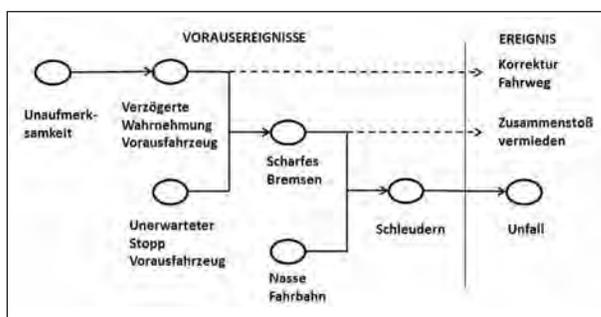
## 2.2 Das Validitätsproblem des I-TSA-Verfahrens

Eine Validierung des I-TSA-Verfahrens am Unfallkriterium wurde aufgrund der Resultate von REASON nicht versucht. Stattdessen strebten wir eine inhaltliche Validierung auf der Basis einer Theorie der Unfallentstehung an. Eine notwendige Bedingung für einen Verkehrsunfall ist der Handlungsfehler mindestens eines der Beteiligten. Diese Handlungsfehler lassen sich mit den Methoden der Human-Error-Forschung untersuchen und beispielsweise als Slips, Errors und Violations klassifizieren. SWAIN und GUTTMAN (1983) haben eine detaillierte Taxonomie mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten geliefert. Damit aber aus einem solchen Handlungsfehler ein Unfall wird, müssen mindestens drei weitere Bedingungen erfüllt sein: besondere Umstände (z. B. glatte Straße), ein Konfliktobjekt (z. B. ein Fahrzeug, das Vorfahrt hat, wenn der Fehler in einer Vorfahrtsverletzung besteht) und das Misslingen eines oder mehrerer Reparaturversuche (z. B. Bremsmanöver des vorfahrtberechtigten Fahrers). Diese Überlegungen führten zu den Fehlerbaummodellen der Unfallentstehung, wie sie seit LEPLAT (1987) zunehmend verbreiteter wurden (Bild 2).

Der Fahrfehler besteht hier in einer temporären Unaufmerksamkeit. Das vorausfahrende Fahrzeug hält dann unerwartet, sodass der kurzzeitig unaufmerksame Fahrer scharf bremsen muss. Eine glatte Straße kommt hinzu, sodass das Fahrzeug schleudert und mit einem anderen zusammenstößt. Das Diagramm verknüpft diese aufeinander folgen-

den Bedingungen zu einer Sequenz, die zunächst an vielen Stellen repariert werden könnte und in eher seltenen Fällen zum Unfall führt. REICHART (2001, Anhang A 2) stellt für einige Unfalltypen detaillierte Fehlerbäume auf und leitet Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Pfade her. Es gelingt ihm schließlich, mit dem Modell einzelne statistisch erfasste Unfallhäufigkeiten vorzusagen. Auch dieser Methode konnten wir aber hier nicht folgen, da sie zu sehr aufwändigen Analysen einzelner Unfalltypen führt und außerdem die Gefahr einer kombinatorischen Explosion besteht. Im vorliegenden Projekt wurde dagegen ein neues diagnostisches System für die Unfallneigung gesucht, das nicht bis in die Details des einzelnen Unfalls eindringt.

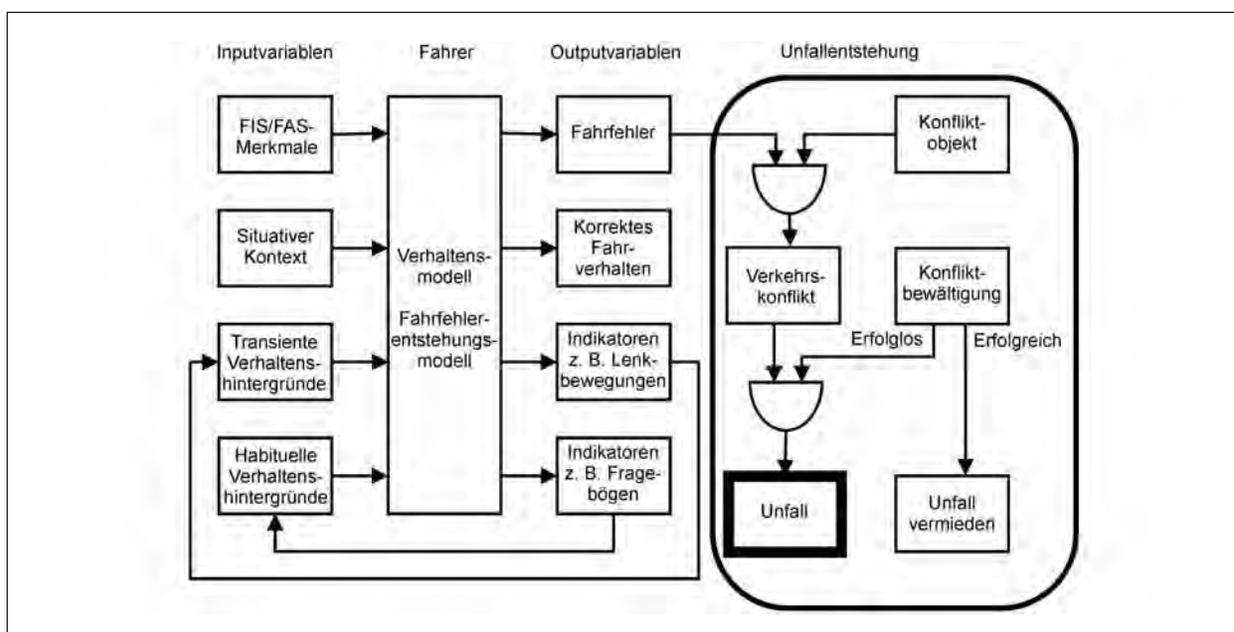
Zur Entwicklung des I-TSA-Verfahrens haben das Fraunhofer-Institut Dresden und die Professur für Verkehrspsychologie der TU Dresden ein Unfallent-



**Bild 2:** Das Fehlerbaummodell des Unfalls von LEPLAT (1987, S. 138)

stehungsmodell beigetragen (NIRSCHL et al., 2004). Von uns gezeichnet gibt es Bild 3 wieder. Die zeitliche Ereignisfolge aus dem Baumdiagramm nach LEPLAT ist jetzt in dem Block „Fahrfehler“ zusammengezogen. Dafür werden das Konfliktobjekt und die Konfliktbewältigung ausdrücklich aufgenommen. Ist zur Zeit des Fahrfehlers ein Konfliktobjekt vorhanden, etwa ein vorfahrtsberechtigtes Fahrzeug bei der Missachtung der Vorfahrt, so entsteht ein Verkehrskonflikt. In der Regel versuchen die Konfliktpartner, den Fahrfehler zu reparieren, den Konflikt also zu bewältigen. Bei einer Übergangswahrscheinlichkeit vom Verkehrskonflikt zum Unfall zwischen 10-5 und 10-2 liegt die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Konfliktbewältigung zwischen 1 bis 10-2 und 1 bis 10-5 (REICHART, 2001, S. 160).

Im Zentrum der linken Seite von Bild 3 steht das Fahrermodell. Hierher gehören die Handlungsfehler aus der psychologischen Human-Error-Forschung. Das Verhalten des Fahrers wird in vier Kategorien gefasst: Fahrfehler, korrektes Fahrverhalten und Indikatoren für transiente sowie habituelle Verhaltenshintergründe. Die Verhaltenshintergründe, wie sie vor allem mit Fragebögen in der Art des DBQ erfasst werden, gehen als Input in das Verhaltensmodell des Fahrers ein. Weitere Inputvariablen sind die Verkehrssituation und, wenn vorhanden, Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme (FIS/FAS).



**Bild 3:** Fahrermodell, Fahrfehler und Unfallentstehung (nach NIRSCHL et al., 2004, Bild 1 und Bild 3). Die halbelliptischen Scheiben bedeuten die Und-Verknüpfung der Eingangsvariablen, der Rahmen enthält die Stufen vom Fahrfehler bis zum Unfall oder seiner Vermeidung (Bild zit. n. W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005, S. 9)

Das Modell verdeutlicht sehr schön, an welcher Stelle in der Struktur des Unfallgeschehens eine Messmethode zugreift. Mit Verhaltenshintergründen sucht man den Pfad von Fragebogendaten über das Verhaltensmodell des Fahrers und den Fahrfehler bis zum Unfall zu erklären. Die Fahrprobe hingegen verfolgt in erster Linie den Weg vom Fahrfehler bis zum Unfall. Die Daten, die der instrumentierte Versuchsträger hier liefert, erhöhen vor allem die Anzahl und die Objektivität der Fahrfehlervariablen. Physiologische Maße tragen zusätzlich zu den Verhaltenshintergründen bei. Werden die Fahrfehler herkömmlicherweise mit Beobachtungsbögen erfasst, entsteht das schon diskutierte Problem der für statistische Zwecke zu geringen Häufigkeiten. Hier bietet das I-TSA-Verfahren Abhilfe. Seine Fahrfehlerdefinitionen (s. unten) liefern während einer Fahrprobe üblicher Dauer und mit einer kleinen Vpn-Anzahl statistisch gut auswertbare Daten, die zudem sachlich auf die Unfallentstehung bezogen sind und somit inhaltliche Validität aufweisen.

### 2.3 Die Logik des I-TSA-Verfahrens

Der vorliegende Bericht soll eine vollständige Beschreibung des I-TSA-Verfahrens auf seinem neuesten Stand enthalten. Da wir in den Berichten der Vorgängerprojekte bereits solche Beschreibungen

verfasst haben, lehnen wir uns an unsere eigenen früheren Formulierungen an (W. R. GLASER et al., 2010 S. 26-29), ohne wörtliche Selbstzitate in jedem Detail zu kennzeichnen.

Als Beispiel zur Erläuterung der I-TSA-Logik wählen wir die Geschwindigkeit. Hier gibt es gesetzliche oder durch Verwaltungsakt gesetzte Begrenzungen oder Richtgeschwindigkeiten. Die Fahrgeschwindigkeit und ihre Begrenzung sind für Vp xx des hier berichteten Fahrversuchs in Bild 4 eingetragen. Die Informationen, die den üblichen Statistiken wie Mittelwerten, Standardabweichungen oder Maxima abzugewinnen sind, haben im Blick auf die interessierende Fahrsicherheit nur einen begrenzten Wert, wie die obigen Zitate angedeutet haben.

### 2.4 Die Fehlerstufenrechnung

Mit folgender Überlegung lässt sich den elektronischen Daten jedoch weiterführende Sicherheitsinformation entnehmen: Die Geschwindigkeit kann ihre Begrenzung überschreiten und bedeutet dann eine Verminderung der Sicherheit. Diese geht monoton sowohl mit dem Ausmaß als auch mit der Dauer der Überschreitung zurück. Das hat zunächst physikalische Gründe: Je höher die Geschwindigkeit, desto höher ist die Schaden verursachende Deformationsenergie bei einer Kollision

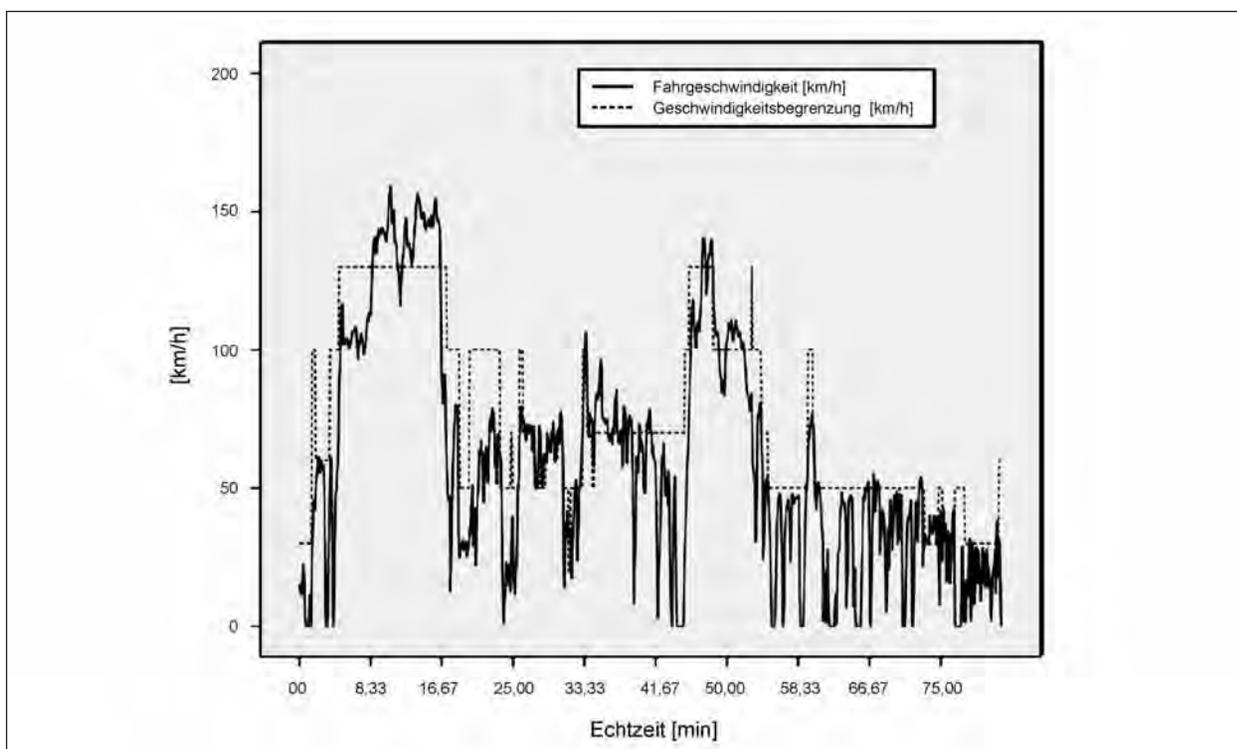
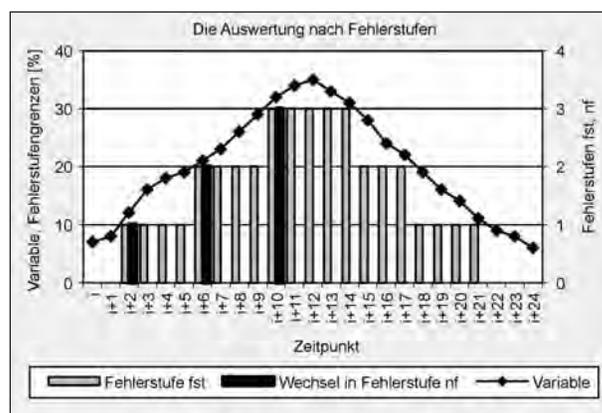


Bild 4: Fahrgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsbegrenzung gesamte Fahrt Vp xx

und desto höher ist die Kollisionswahrscheinlichkeit wegen des verlängerten Anhalteweges (OTTENSMEYER, 1985). Es hat auch verhaltenswissenschaftliche Gründe: Je höher die Geschwindigkeit, desto weniger Zeit steht dem Fahrer für die Handlungen der Fahraufgabe, etwa für die Stabilisierung, zur Verfügung. Das zwingt ihn zu einer Verschiebung seines Geschwindigkeits-Genauigkeits-Abgleichs in Richtung niedrigerer Genauigkeit, also höherer Fehlerwahrscheinlichkeit. Eine Reihe von Autoren hat aus der wissenschaftlichen Literatur Grenzwerte abgeleitet, bei deren Überschreitung das Unfallrisiko eine nicht mehr tragbare Höhe annimmt (für die Geschwindigkeit z. B. REICHART, 2001, S. 82; in diesem Buch auch für viele andere Variablen). Das legt es nahe, diese Überschreitungen als Fehler zu bezeichnen und ihnen nach wissenschaftlichen Überlegungen zahlenmäßige Stufen zuzuordnen.

Das Fraunhofer Institut und die Technische Universität Dresden haben im Projekt INVENT, AP 3100, ein Tabellenwerk mit definierten Fehlerstufen zu den einzelnen Fahrparametern zusammengetragen (IVI und TUD, 2005). Wir nutzen diese Tabellen und geben sie am Ende des Textes zusammen mit Quellenangaben für die einzelnen Grenzwerte wieder (Tabelle 24). Unsere Fehlerstufenrechnung folgt dann einem einheitlichen Grundprinzip, das wir im INVENT-Projekt, AP 3200 (W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005) entwickelt haben. Es wird in Bild 5 veranschaulicht.

Der durchgezogene Kurvenzug zeigt den angenommenen Verlauf eines Fahrparameters, etwa der Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Prozent. Jede Raute bedeutet einen der Zahlenwerte, die bei den Messungen dieses Projekts



**Bild 5:** Das Prinzip der Fehlerstufenrechnung (zit. aus W. R. GLASER, WASCHULEWSKI und SCHMID, 2005, S. 29)

einen Abstand von 10 ms haben. Das Tabellenwerk legt für diesen Fehler die Stufengrenzen bei 10 %, 20 % und 30 % fest. Die Fehlerstufenvariable  $fst\_xx$  ordnet jedem Messwert seine Fehlerstufe (0, 1, 2, 3) zu, wie es die hellgrauen Balken in Bild 5 zeigen. Bleibt der Fahrparameter unterhalb der niedrigsten Stufengrenze, ist sein Fehlerstufenwert 0. Mit einer der Zeitreihenfunktionen von SPSS werden dann die Aufwärtssprünge der Fehlerstufenvariablen  $fst\_xx$  gesucht. Für genau die Messpunkte, bei denen die Fehlerstufe höher ist als für den vorangehenden Messpunkt, wird die Änderungsvariable  $nf\_xx$  auf den Wert dieser Fehlerstufe gesetzt. Für alle anderen Messpunkte behält sie den Wert 0. Für beliebig definierbare Abschnitte der Fahrt können nun die Häufigkeitsverteilungen von  $fst\_xx$  und  $nf\_xx$  ausgezählt werden. Die Häufigkeiten von  $fst\_xx = 1$ ,  $fst\_xx = 2$  und  $fst\_xx = 3$  sind ein Maß für die Dauer, die der entsprechende Fahrfehler anhielt. Die Häufigkeitsverteilungen von  $nf\_xx = 1$ ,  $nf\_xx = 2$  und  $nf\_xx = 3$  geben die Anzahl der entsprechenden Fehlerepisoden wieder. Bild 5 zeigt dementsprechend eine Episode mit Fehlerstufe 1, die sich über 8 Messpunkte erstreckt, eine Episode mit Fehlerstufe 2 über 7 Messpunkte hinweg und eine Episode mit Fehlerstufe 3 über 5 Messpunkte. Als eine Episode zählt immer eine Folge von gleichen Fehlerstufen, die entweder überhaupt nicht unterbrochen sind oder sich nach der Unterbrechung durch eine höhere Fehlerstufe fortsetzen. In Bild 5 bilden also die vier Messpunkte in Fehlerstufe 1 vor der Fehlerstufe 2 und die vier Messpunkte nach dem letzten Messwert mit Fehlerstufe 2 zusammen eine Episode. Entsprechendes gilt für die ersten vier und letzten drei Messpunkte der Fehlerstufe 2.<sup>5</sup> Diese Definition von Episode ist einfach und zweckmäßig. Sie hat keine widersprüchlichen oder schwer überschaubaren Konsequenzen, weil bei allen Fahrfehlern, bei denen die Dauer eine Rolle spielt, Streckenabschnitte mit einer höheren Fehlerstufe naturgesetlich in Streckenabschnitte mit einer niedrigeren Fehlerstufe geschachtelt sind.

Die Berechnungen der Variablen  $fst\_xx$  und  $nf\_xx$  nach diesem Schema werden mit einem Programm in SPSS-Syntaxcode ausgeführt. Die Einzelheiten

<sup>5</sup> Um Bild 5 nicht zu unübersichtlich werden zu lassen, wurden für die einzelnen Fehlerepisoden nur unrealistisch wenige Messpunkte eingezeichnet. Fehlerstufe 1 hätte demnach eine Dauer von 80 ms, Fehlerstufe 2 von 70 ms und Fehlerstufe 3 von 50 ms. In Wirklichkeit sind diese Episoden schon aus physikalischen Gründen mindestens fünfzigfach länger.

werden unten im Ergebnisteil zusammen mit den Besonderheiten für jeden Fahrparameter angegeben. Um die Resultate mit denen anderer Versuche vergleichbar zu machen, werden die Fehlerdauern in Promille der gesamten Fahrzeit und die Fehleranzahlen in Häufigkeiten je 10 min Fahrzeit umgerechnet. Die Dateien haben bis zu diesem Stand der Auswertung das Format Zeitpunkte x Variablen. Für jede Fahrt jeder Person liegt eine eigene Datei vor. Wegen der großen Zahl gemessener Zeitpunkte auf einem dichten Zeitstrahl mit 10-ms-Abstand der einzelnen Punkte haben diese Dateien etwa 400.000 Records. Im ersten folgenden Auswertungsschritt werden die Fehlerdauern und die Fehleranzahlen für die einzelnen Personen und Fahrten ausgezählt. Das Ergebnis ist eine Personen-x-Variablen-Matrix. SPSS hat für diese Aufgabe leistungsfähige AGGREGATE DATA-Funktionen.

Diese Fehlerstufenrechnungen sind noch nahe an den Daten, bedeuten aber diesen gegenüber schon eine große Komplexitätsreduktion. Weil sie noch recht anschaulich zu interpretieren sind, werden sie im nachfolgenden Ergebnisteil vollständig wiedergegeben und kommentiert.

## 2.5 Von der Fehlerstufenrechnung zu den I-TSA-Skalen

Die Fehlerstufenrechnung ist die erste Stufe der I-TSA-Skalierung. Sie liefert für jeden Fahrparameter bei jeder Fahrt 6 Werte: für jede der drei Fehlerstufen 1, 2 und 3 die Dauer und die Episodenzahl. Die nächste Stufe der Komplexitätsreduktion besteht in der Zusammenfassung der jeweils 3 Werte für Dauer und für Episodenzahl in eine gewogene Summe. Dazu werden die Dauern und ihre Anzahlen innerhalb jeder Person mit der Fehlerstufe (1, 2, 3) multipliziert und aufsummiert. Die beiden resultierenden Werte  $x$  werden dann über alle Personen hinweg unter Verwendung der SPSS-Funktion RANK VARIABLES zu T-Werten nach McCALL, einer Normalverteilung mit  $M = 100$  und  $s = 10$ , häufigkeitstransformiert. Diese T-Werte haben die Eigenschaft, unabhängig von der Dimension von  $x$  dimensionslos zu sein und innerhalb ihrer Referenzdatenmenge die Standardabweichung 10 zu besitzen. Auch wenn die Ausgangsgrößen  $x$  wie hier unterschiedliche Dimensionen haben, Dauer als Zeitmaß oder dimensionslos als Prozentangabe, Episodenzahl als Anzahl pro Zeiteinheit, können die transformierten Größen  $T$  addiert und gemittelt werden. Wegen der gleichen Standardab-

weichungen der standardisierten Werte gehen diese in Summen und Mittelwerte stets auch mit gleichem Gewicht ein.

Im nächsten Schritt wird die so erstellte Personen-x-Variablen-Matrix einer exploratorischen R-Faktorenanalyse unterzogen. Miteinander korrelierende Fahrparameter erscheinen hier als Faktoren. Zu einem Faktor gehörende Fahrparameter werden durch Mittelung zu jeweils einer I-TSA-Rohvariablen zusammengezogen, die dann Namen wie Längsführung, Querführung usw. erhält. Für sie lassen sich die Gütekriterien der psychologischen Testtheorie (z. B. Cronbachs  $\alpha$ ) berechnen. Zum Abschluss des Verfahrens werden diese Variablen erneut über alle Personen hinweg unter Verwendung der SPSS-Funktion RANK VARIABLES zu T-Werten nach McCALL, einer Normalverteilung mit  $M = 100$  und  $s = 10$ , häufigkeitstransformiert. Das Vorzeichen wird dabei so gewählt, dass I-TSA-Werte  $> 100$  einen Sicherheitsgewinn gegenüber dem Durchschnitt anzeigen. Diese I-TSA-Werte sind wie beispielsweise Intelligenzquotienten der Psychologie zu interpretieren: Der Wert I-TSA = 100 bedeutet den Sicherheitsgrad des Durchschnitts der Eichstichprobe, I-TSA = 110 bedeutet einen Sicherheitsgewinn um eine Standardabweichung gegenüber diesem Durchschnitt. Bei der Anwendung des Verfahrens in Versuchsreihen lässt sich die Basis I-TSA = 100 verbreitern, indem neu hinzugekommene  $V_{pn}$  immer wieder der Eichstichprobe hinzugefügt werden.

## 2.6 Heinrichs Dreieck

Die Validierung eines Fahrsicherheitstests am Unfallkriterium ist mit dem oben diskutierten Problem der statistischen Seltenheit des Unfalls verbunden. Die I-TSA-Rohvariablen haben den großen Vorteil, einerseits mit der Unfallentstehung (z. B. überhöhte Geschwindigkeit, zu geringer Vorausbstand) unmittelbar zusammenzuhängen, sodass sie inhaltliche Validität aufweisen, andererseits aber trotzdem statistisch gut zu verarbeitende Häufigkeiten zu liefern. Das ruft die kritische Frage auf den Plan, ob die Validität für das Unfallkriterium wirklich behauptet werden kann.

Hier kommt ein weiteres Argument zu Hilfe. In seinem berühmten, frühen Standardwerk zur Unfallforschung in der industriellen Fertigung stellte der amerikanische Unfallforscher Herbert W. HEINRICH (1931) den Zusammenhang zwischen der



**Bild 6:** Relative Häufigkeit und Schwere von Unfällen und Beinahe-Unfällen: „Heinrichs Dreieck“ (zit. n. HOLLNAGEL, 2004, S. 24). Die relativen Häufigkeiten der drei obersten Zeilen sind Näherungen der Zahlen im deutschen Straßenverkehr 2011

Schwere von Unfällen und Beinahe-Unfällen und deren Häufigkeit dar. Das ist unter dem Namen „Heinrichs Dreieck“ bekannt geworden (Bild 6).

HEINRICHs Theorie, dass es sich bei den leichteren (Beinahe-)Unfällen um Vorformen oder Bestandteile von Fehlhandlungen handelt, die auch zu schwereren Unfällen führen, hat sich empirisch nicht halten lassen. Es konnte aber bestätigt werden, dass über Personen und Situationen hinweg zwischen den Stufen hohe Korrelationen bestehen. Wo eine höhere Anzahl von Beinahe-Unfällen auftritt, da ist auch die Anzahl der schweren Unfälle bei einem entsprechend langen Beobachtungszeitraum höher. Das ist der Schlüssel zur Interpretation von Kleingruppenexperimenten mit einer Dauer von wenigen Stunden, wie sie auch hier berichtet werden. Die Stufen von „Beinahe-Unfall, kein Schaden“ bis „Unfall, Tod“, für die man sich bei der Frage nach der Verkehrssicherheit eigentlich interessiert, sind in solchen Experimenten so unwahrscheinlich, dass sie nicht statistisch ausgewertet werden können. Man muss also auf die niedrigeren Stufen in Heinrichs Dreieck gehen, zu den häufigeren, kleineren Regelabweichungen. Diese werden bei der hier angewandten Methode als Fahrfehler bezeichnet. Wenn sich nun Unterschiede in den relativen Häufigkeiten der Fahrfehler auf den einzelnen niedrigen Stufen in Heinrichs Dreieck zeigen, wird auf Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit der höheren Stufen geschlossen. In der Tat zeigen unsere Resultate, dass die Fehlerzahlen für die einzelnen Fehlerstufen über die Personen hinweg korrelieren. Der Schluss auf die höheren, in der Fahrprobe nicht beobachtbaren Schweregrade ist damit deutlich gestützt, wenn auch noch nicht bewiesen. Erst in Naturalistic Driving Studies (z. B. NEALE, KLAUER, KNIPLIN, DINGUS, HOLBROOK und PETERSEN, 2002) werden Personenzahlen

( $n = 100$ ) und Fahrdauern (komplette Datenerfassung im Laufe eines Jahres) erreicht, bei denen zumindest die unteren Stufen von „Unfall“ in Heinrichs Dreieck mit statistisch auswertbaren Häufigkeiten vorkommen. (Dieser Absatz ist mit kleinen Änderungen zitiert aus W. R. GLASER et al., 2010, S. 23).

## 3 Methode

### 3.1 Die Definition der Fahrstrecke

Die Fahrstrecke im öffentlichen Straßenraum sollte modulartig aufgebaut sein. Eine Standardisierung der Versuchsfahrten wird erreicht, wenn möglichst bekannte und konstante Verkehrsbedingungen vorliegen und die Fahrstrecke für die Zielgruppe repräsentative Fahraufgaben enthält. Daher sollten Fahraufgaben einbezogen werden, die im Hinblick auf die Zielgruppe (in diesem Fall Fahranfänger mit und ohne Begleitetes Fahren) relevante Aspekte des Fahrverhaltens abbilden und ein möglichst hohes Maß an Vergleichbarkeit zwischen den Vpn erlauben.

Aufgrund früherer Erfahrungen sollte eine Fahrstrecke für derartige Untersuchungen eine Länge von etwa 100 km und damit eine Fahrdauer von etwa 2 Stunden besitzen. In gemeinsamen Vorgängerprojekten (INVENT, AKTIV) haben die Auftragnehmer bereits derartige Fahrstrecken entwickelt. Sie konnten damit für dieses Projekt auf Ihre Erfahrungen zurückgreifen. Zugrunde gelegt wurden eine Liste von Fahraufgaben verschiedenen Schwierigkeitsgrads und eine Liste mit Fahrbahnarten nach FASTENMEIER (1995). Randbedingung war, dass die Teststrecke auf dem Gelände der BAST beginnen und enden sollte.

Tabelle 2 enthält die für die Medizinisch-Psychologische Untersuchung obligatorischen Fahraufgaben in der bei MTO verwendeten Fassung. Sie wurden öffentlich zugänglichen Quellen (z. B. FASTENMEIER, 1995; BRENNER-HARTMANN, 2002) entnommen und dem vorliegenden Projekt zugrunde gelegt. Die Häufigkeiten der einzelnen Fahraufgaben wurden dabei mit einer gewissen Flexibilität variiert, um mit den Gegebenheiten der gewählten Strecke zurechtzukommen. So enthält die ermittelte und in einer Pilotstudie getestete Fahrstrecke jede Fahraufgabe 1.1 bis 1.8 mindestens zweimal und jede Fahraufgabe 2.2 bis 2.4, 2.6

und 3.1 bis 3.3 mindestens einmal. Die Fahraufgaben 2.1 (Befahren von Einbahnstraßen), 2.5 (Kreuzungen und Einmündungen mit abknickender Vorfahrt) und 3.6 (Überqueren eines unbeschränkten Bahnübergangs) konnten aufgrund der tatsächlichen Gegebenheiten nicht realisiert werden, die Fahraufgaben 3.4 (Wenden in Wohngebiet mit ge-

ringem Verkehrsaufkommen) und 3.5 (Aufsuchen einer Parkmöglichkeit) wurden für dieses Projekt ausgeschlossen, da Wenden und Parken nicht Gegenstand der Untersuchung sein sollten. Diese Fahrmanöver können von einem Messfahrzeug nicht automatisiert erfasst und auf Fahrfehler hin ausgewertet werden.

<b>1 Aufgaben, die mindestens zweimal vorkommen müssen</b>	
1.1	Fahrstreifenwechsel bei mehrspuriger Fahrbahn
1.2	Passieren von Fußgängerüberwegen (ohne Ampelregelung)
1.3	Befahren von Kreuzungen mit Regelung „rechts vor links“
1.4	Einfahren bzw. Einfädeln in Vorfahrtsstraßen
1.5	Befahren von Kreuzungen mit Lichtzeichenregelung
1.6	Linksabbiegen auf Fahrbahnen mit Gegenverkehr
1.7	Richtiges Einordnen/Abbiegen auf Grund der Richtungsbeschilderung an einer Kreuzung/Einmündung (Orientierungsaufgabe 1)
1.8	Eigenständiges Folgen einer ausgeschilderten Fahrtrichtung über mehr als eine Kreuzung/Einmündung (Orientierungsaufgabe 2)
<b>2 Aufgaben, die mindestens einmal vorkommen müssen</b>	
2.1	Befahren von Einbahnstraßen
2.2	Passieren von Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel
2.3	Kreuzungen mit Stoppschild, ohne Ampel
2.4	Rechts- oder Links-Abbiegen unter besonderer Berücksichtigung von Radfahrern (z.B. bei gleichlaufendem Radweg)
2.5	Kreuzungen und Einmündungen mit abknickender Vorfahrt
2.6	Befahren einer mehrspurigen Schnellstraße (maximale Geschwindigkeit höher als 100 km/h), einschließlich Auf- und Abfahrt
<b>3 Aufgaben, die wahlweise vorkommen können</b>	
3.1	Befahren einer Kreuzung mit Kreisverkehrsregelung
3.2	Befahren einer verkehrsberuhigten Zone (Spielstraße/Zone 30)
3.3	Fahrbahnverengung mit Rücksicht auf Gegenverkehr
3.4	Wenden in Wohngebiet mit geringem Verkehrsaufkommen
3.5	Aufsuchen einer Parkmöglichkeit
3.6	Überqueren eines unbeschränkten Bahnübergangs

Tab. 2: Fahraufgaben für Fahrverhaltensbeobachtungen

<b>Kennung</b>	<b>Beschreibung</b>
A 1*	Autobahn, modern ausgebaut; je Fahrbahn 3 (oder mehr) Fahrspuren; breiter Seitenstreifen: Standspur oder im Anschlussstellenbereich Beschleunigungs- oder Verzögerungsspur
A 2*	Autobahn, je Fahrbahn 2 Fahrspuren; breiter Seitenstreifen: Standspur oder im Anschlussstellenbereich Beschleunigungs- oder Verzögerungsspur
A 3	Autobahn, je Fahrbahn 3 (oder mehr) Fahrspuren; schmaler oder kein Seitenstreifen: keine Standspur oder im Anschlussstellenbereich keine Beschleunigungs- oder Verzögerungsspur
A 4	Autobahn, je Fahrbahn 2 Fahrspuren; schmaler oder kein Seitenstreifen: im Anschlussstellenbereich ohne Beschleunigungs- oder Verzögerungsspur
A 5	Park- und Serviceareale im Autobahnbereich
L 1*	Landstraße, erbaut nach modernen Längs- und Querschnittsrichtlinien: mindestens 2 Fahrspuren, Fahrbahnmarkierungen, (befestigte Bankette), weitkurviger Verlauf
L 2*	Landstraße, nach älteren Richtlinien erbaut oder Landstraße zweiter Ordnung, Nebenstrecken: schmale, runde Fahrbahn, Fahrbahnmarkierung teilweise oder ganz fehlend, engkurviger Verlauf
C1*	Alle Straßen mit 2 (oder mehr) Fahrbahnen, Fahrbahnen durch Grünstreifen o. Ä. getrennt (außer BAB): innerstädtischer Ring u. ä. Straßen
C2	Eine Fahrbahn, breit, mindestens in 4 Spuren befahrbar
C3	Wie C2, mit eingelassenen Schienen, z. B. für Straßenbahnen
C4*	Eine Fahrbahn, 2-3-spurig befahrbar
C5	Wie C4, mit eingelassenen Schienen, z. B. für Straßenbahnen
C6*	Schmale oder durch Beparken verengte Fahrbahn, enge Ortsdurchfahrten
C7*	Alle Einbahnstraßen
H1*	Weite Rechtskurve
H2*	Weite Linkskurve
* Diese Fahrbahnarten wurden in die Versuchsstrecke aufgenommen	

Tab. 3: Fahrbahnarten nach FASTENMEIER (1995)

FASTENMEIERS Klassifizierung der Fahrbahnarten (Tabelle 3) liegt den meisten Feldstudien im öffentlichen Straßenraum in Deutschland zugrunde, daher wurde sie auch hier eingesetzt. Jede mögliche Fahrbahnart wird einer Kategorie (z. B. A – Autobahn) und Subkategorie (z. B. A 1 – Autobahn, modern ausgebaut; je Fahrbahn 3 oder mehr

Fahrspuren usw.) zugeordnet. Auch die Vorgänge Rechts- und Linksabbiegen, die im eigentlichen Sinne Fahraufgaben darstellen, sind in der Klassifizierung enthalten.

Die Fahrstrecke wurde aufgrund der gewählten Fahraufgaben und Straßentypen mit Hilfe von Straßenkarten entworfen und der ausgearbeitete Vorschlag dem Auftraggeber per E-Mail zugesandt. Dieser fuhr die Strecke in der Umgebung von Bergisch Gladbach ab und übermittelte dann Verbesserungsvorschläge. So kam es zu vier Iterationsschleifen. Die Kartenbilder der endgültigen Strecke zeigen Bild 7 und Bild 8. In Tabelle 4 sind die Streckenabschnitte mit Länge und Fahrdauer wiedergegeben.

Tabelle 5 zeigt die Streckenabschnitte mit Fahraufgabe und genauem Straßentyp nach FASTENMEIER (1995), Tabelle 6 gibt die VI-Instruktionen und eine Kennzeichnung der Abschnittsgrenzen an. Der Streckenverlauf wurde dem Fahrer durch mündliche Instruktion des VI mitgeteilt. Gegenüber programmierten Vorgaben (Tonaufzeichnung, Navigationsgerät) konnte damit auf Fehler, Fragen und temporäre Wegabweichungen (z. B. Baustellen) reagiert werden.

Wie die spätere Auswertung zeigte, genügte diese Fahrstrecke allen Anforderungen an den zu entwickelnden Test.

Kennung	Beschreibung
H3*	Enge Rechtskurve
H4*	Enge Linkskurve
V1*	Steigung
V2*	Gefälle
K 1*	Ampelgeregelt Kreuzung (keine Bedarfsampeln)
K 2*	Kreuzung, Regelung Rechts-vor-Links
K 3*	Kreuzung, Regelung durch Beschilderung; Fahrer vorfahrberechtigt (auch Ein-/ Ausfahrten auf BAB aus Sicht des Fahrers, der sich auf der Autobahn befindet); auch Ein-/Ausfahrten von Parkplätzen und Kreisverkehr
K 4*	Wie K 3, aus der Sicht des Wartepflichtigen
E1*	Fahrbahnverengung (auch Blumenkübel etc.), enger Tunnel, schmale Brücke etc.
E2*	Baustellen
E3*	Hindernisse (auch Bodenschweller)
F1*	Rechtsabbiegen
F2*	Linksabbiegen

Tab. 3: Fortsetzung

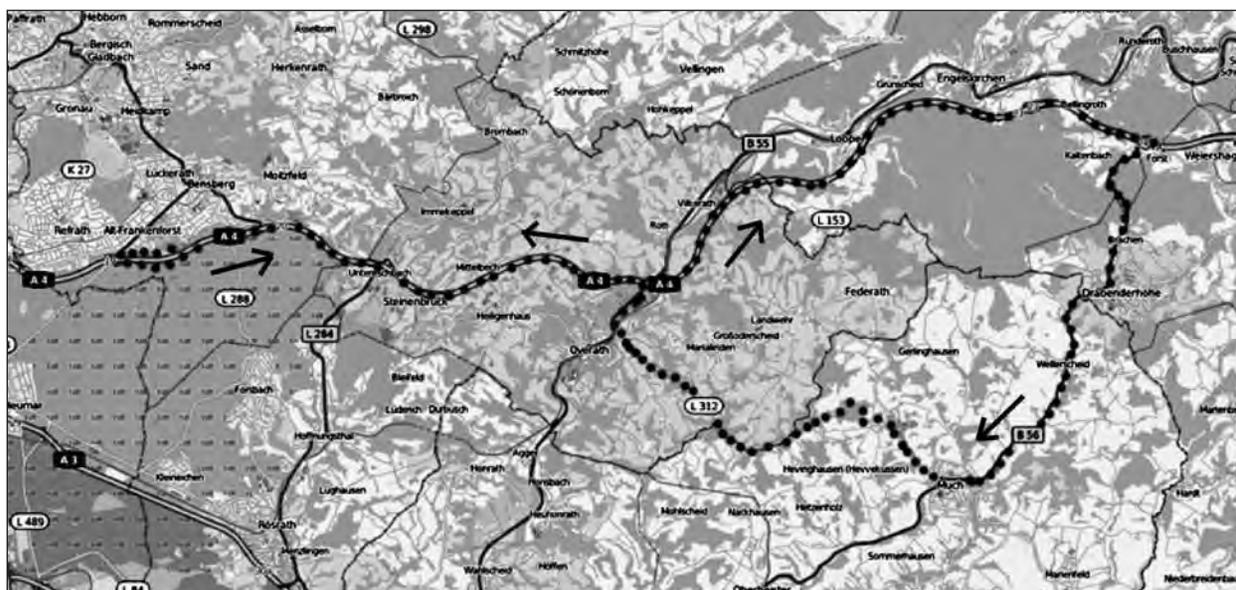


Bild 7: Fahrstrecke „Autobahn und Landstraße“. Die Fahrt führt zunächst auf der A 4 ab Einfahrt 19 Bensberg nach Osten. Der Kreis wird im Uhrzeigersinn durchfahren. Danach führt der Weg über die A 4 zurück zur Ausfahrt 19 Bensberg (© OpenStreetMap, 2012)



**Bild 8:** Fahrstrecke, Ausschnitt „Innerorts“ Bergisch Gladbach. Der Kreis wird ab Ausfahrt 19 Bensberg im Uhrzeigersinn durchfahren (© OpenStreetMap, 2012)

Abschnitt Nr.	Straße	Stadtverkehr [km]	Landstraße [km]	Autobahn [km]	Summe [km] *	kum. [km] *	Summe [min]	kum. [min]
1	Brüderstraße	1,30			1,30	1,30	2	2
2	L 358		0,75		0,75	2,05	4	6
3	A 4			26,60	26,60	28,65	15	21
4	L 302		1,20		1,20	29,85	1	22
5	Ortsstraße	0,65			0,65	30,50	1	23
6	L 302/B 56		9,90		9,90	40,40	11	34
7	Hauptstraße	1,50			1,50	41,90	3	37
8	L 312/B 484/B 55		11,80		11,80	53,70	13	50
9	A 4			13,00	13,00	66,70	8	58
10	L 358/Neufeldweg (K 27)		1,70		1,70	68,40	2	60
11	Vüfelser Kaule (K 27) – Dolmanstraße (K 27)	2,30			2,30	70,70	4	64
12	Dolmanstraße (K 27)		0,90		0,90	71,60	1	65
13	Refrather Weg (K 27) – Richard-Zanders-Straße	2,10			2,10	73,70	3	68
14	Bensberger Straße (L 288) – Buddestraße (L 288)	1,90			1,90	75,60	4	72
15	Kölner Straße – Steinstraße	1,00			1,00	76,60	2	74
16	Steinstraße – Wipperfürtherstraße	1,30			1,30	77,90	3	77
17	Vinzenz-Pallotti-Straße	1,00			1,00	78,90	3	80
18	Overrather Straße (L 136) – Giselerstraße	1,00			1,00	79,90	3	83
19	Friedrich-Offermann-Straße – Brüderstraße	1,50			1,50	81,40	4	87
Summe		15,55	26,25	39,60	81,40	81,40	87	87
Prozent		19,10 %	32,25 %	48,65 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

**Tab. 4:** Fahrstrecke, nach Abschnitten gegliedert, mit Streckenlängen und Fahrdauern nach Navigationssystem.

Anmerkung: \* bedeutet „bis zum Ende des Abschnitts“

km **	Abschnitt Nr.	Streckenverlauf	Fahraufgabe	Fahrbahnart	Straßentyp	Länge [km] **
0,00	1	Die BAST verlassen, rechts auf Brüderstraße einbiegen und dieser folgen.	1.4, 2.4	F1, C4	Innerorts	1,30
1,30	2	An Kreuzung links auf Rather Weg (L 358) abbiegen. Gleich wieder links auf Auffahrt zur A 4 abbiegen.	1.5 1.7, 1.6	F2, K1, C1 F2, K3, V1	Landstraße	0,75
2,05	3	A 4 Richtung Olpe nehmen und dieser bis Ausfahrt 24 Bielstein folgen.	1.1, 2.6, 1.8	K4, A2, K3, K3, K3, A1, A2,K3, K3, A1, K3, A2, A1, A2, K3, A1, K3	Autobahn	26,60
28,65	4	Nach Ausfahrt 24 Bielstein, rechts auf L 302 abbiegen und dieser 1 km folgen.	1.4, 2.3	F1, K4, L1, V2	Landstraße	1,20
29,90	5	In Wiehl rechts in Ortsstraße einbiegen und diese ganz durchfahren.	1.4, 3.3, 2.2	F1, H3, C6, E1, C4	Innerorts	0,65
30,50	6	An nächster Kreuzung links auf L 302 abbiegen und an T-Kreuzung gleich wieder rechts auf B 56 abbiegen und dieser bis Much folgen.	1.7, 1.6, 1.8, 1.4, 2.2  2.2, 1.7  2.2  2.2  2.2, 2.2	L2, F2, K3, L2, K4, F1, L1, V1, L2, V2, H3, K3, L1 E2, C4  L1, V2, H1, H4 C4, K3  L1, V1, V2, H3	Landstraße  Innerorts Landstraße Innerorts Landstraße	9,90
40,40	7	Am ersten Kreisverkehr zweite Ausfahrt nehmen, der Hauptstraße durch Much folgen. Am zweiten Kreisverkehr die zweite Ausfahrt nehmen, auf die L 312.	3.1, 2.2, 1.2, 3.3, 1.2, 1.2, 3.1	C4, K4, C4, C6, C4, V1, K4	Innerorts	1,50
41,90	8	Der L 312 (Oberheiden, Bövingen, Fischermühle, Schwellenbacher Mühle, Vilshofen, An der Sonne, Mucher Straße) bis Overath folgen. Rechts auf Kölner Straße (B 484/ B 55) abbiegen. Gleich wieder links auf Auffahrt zur A 4 abbiegen.	1.8, 2.2, 2.2, 2.2, 2.2, 3.1  1.7, 1.4, 1.5, 1.8, 1.5, 1.5 1.5	L1, V2, H1, L2, H3, H4, K4, V2, H4, H3, H3, H4, H2, L1 F1, K1, L1, K1, K1 F2, K1, K3	Landstraße	11,80
53,70	9	A 4 Richtung Köln nehmen und dieser bis Ausfahrt 19 Bensberg folgen.	2.6, 1.1, 1.8	K4, A1, A2, K3, K3, K3	Autobahn	13,00
66,70	10	Nach Ausfahrt 19 Bensberg rechts auf Rather Weg (L 358) abbiegen. Erste gleich wieder rechts auf Neufeldweg (K 27) abbiegen.	1.4 1.5	F1, K4, L1 K1, F1, L1	Landstraße	1,70
68,40	11	Geradeaus Vülfelser Kaule (K 27) bis Dolmanstraße (K 27) folgen.	1.5, 1.5, 2.2, 1.5, 2.2, 1.5, 2.2, 2.2, 2.2, 1.5, 1.5	C4, C6, K1, C4, K1, K1, K1, K1, K1	Innerorts	2,30
70,70	12	Nach Ortsausgang weiter geradeaus der Dolman-Straße (K 27) folgen.	-	L1	Landstraße	0,90
71,60	13	Nach Ortseingang weiter geradeaus dem Refrather Weg (K 27) folgen. An großer Kreuzung rechts auf Richard-Zanders-Straße abbiegen.	1.5, 2.2, 1.5, 1.5, 1.5, 1.7, 1.2, 1.4	K1, C4, K1, H3, K1, K1, K4, F1	Innerorts	2,10
73,70	14	An großer Kreuzung rechts auf Bensberger Straße (L 288) abbiegen, dieser folgen über Gladbacher Straße (L 288) bis Buddestraße (L 288).	1.7, 2.2, 1.5, 2.2, 2.2, 1.5, 2.2, 1.5, 1.5, 2.2	C4, K1, F1, C4, K1, K1, K1, V1	Innerorts	1,90
75,60	15	An großer Kreuzung links auf Kölner Straße (L 136, L 288) abbiegen, dieser über Steinstraße (L 136, L 288) folgen.	1.5, 2.2, 1.7, 1.5, 1.5, 2.2	C4, K1, V1, K1, F2, V1, K1, E2, K1	Innerorts	1,00
76,60	16	An nächster großer Kreuzung links auf Am Stockbrunnen (L 289) abbiegen und dieser über Wipperfürther Straße folgen.	1.7, 1.5, 1.5, 2.2	C4, K1, V1, H2, K1, H1	Innerorts	1,30

**Tab. 5:** Fahrstrecke, nach Abschnitten gegliedert, Fahraufgaben, Fahrbahnarten und Straßentyp.

Anmerkung: \*\* bedeutet „bis zum Anfang des Abschnitts“

km **	Abschnitt Nr.	Streckenverlauf	Fahraufgabe	Fahrbahnart	Straßentyp	Länge [km] **
77,90	17	Rechts abbiegen auf Kardinal-Schulte-Straße und weiter auf Vinzenz-Pallotti-Straße.	3.2, 2.2, 2.2, 3.3	C4, V2, H3, C6	Innerorts	1,00
78,90	18	An nächster großer Kreuzung rechts auf Overather Straße (L 136) und gleich wieder links auf Graf-Hermann-Straße. Graf-Hermann-Straße folgen, diese verläuft nach rechts und wird zur Giselbert-Straße.	1.4, 2.3, 1.6, 3.2 1.3, 3.3, 1.3	K4, F1, C4, F2, C4 C4, K2, E3, C6, E3, K2, C4	Innerorts	1,00
79,90	19	An nächster großer Kreuzung rechts abbiegen auf Friedrich-Offermann-Straße (L 288). Erste Möglichkeit links auf Broicher Straße abbiegen, dieser folgen bis zur BAST, Brüderstraße 53, rechts in Hof abbiegen.	1.5 1.6, 3.2, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 1.3, 3.3, 3.3, 1.3, 3.3, 3.3, 2.4	K1, F1, C4 F2, H4, E3, C6, E3, E1, E1&E3, E3, E3, E3&K2, E1, E3, E3, E1, E3, E3&K2, E1, E3, E1, E3, C4, E3, F1	Innerorts	1,50

Tab. 5: Fortsetzung

Km **	Abschnitt Nr.	Streckenverlauf	Anweisung des VL	Streckenpunkt
0,00	1	Die BAST verlassen, rechts auf Brüderstraße einbiegen und dieser folgen.	„Verlassen Sie bitte die BAST, biegen Sie rechts ab und folgen Sie dieser Straße.“	Tor/Ausfahrt BAST
1,30	2	An Kreuzung links auf Rather Weg (L 358) abbiegen. Gleich wieder links auf Auffahrt zur A 4 abbiegen.	„Biegen Sie an dieser Kreuzung bitte links ab. Nehmen Sie dann die Auffahrt auf die A 4 Richtung Olpe.“	Kurz vor Ende des Radweges
2,05	3	A 4 Richtung Olpe nehmen und dieser bis Ausfahrt 24 Bielstein folgen.	„Folgen Sie bitte der A 4 Richtung Olpe bis Ausfahrt 24 Bielstein.“	Wenn auf A 4 aufgefahren (Schild „Olpe 64 km“)
28,65	4	Nach Ausfahrt 24 Bielstein, rechts auf L 302 abbiegen und dieser 1 km folgen.	„Fahren Sie bitte Ausfahrt Bielstein von der Autobahn ab.“ „Biegen Sie bitte rechts ab.“ „Folgen Sie dieser Straße einen Kilometer.“	Ankündigung Ausfahrt 24 Bielstein wenn von BAB abgefahren wenn abgebogen
29,90	5	In Wiehl rechts in Ortsstraße einbiegen und diese ganz durchfahren.	„Biegen Sie bitte nach der Brücke rechts ab in Richtung Forst.“ „Folgen Sie der Dorfstraße durch Wiehl hindurch.“	vor Autobahn-Brücke wenn abgebogen
30,50	6	An nächster Kreuzung links auf L 302 abbiegen und an T-Kreuzung gleich wieder rechts auf B 56 abbiegen und dieser bis Much folgen.	„Bitte folgen Sie den Hinweisschildern in Richtung Siegburg.“ „Achtung, vor der nächsten Kurve steht ein Blitzer.“	Ortsausgang Wiehl nach Linkskurve
40,40	7	Am ersten Kreisverkehr zweite Ausfahrt nehmen, der Hauptstraße durch Much folgen. Am zweiten Kreisverkehr die zweite Ausfahrt nehmen, auf die L 312.	„Fahren Sie bitte weiter in Richtung Siegburg.“ „Nehmen Sie im Kreisverkehr die zweite Ausfahrt.“ „Folgen Sie der Hauptstraße durch Much hindurch.“ „Wir möchten wieder auf die A 4. Fahren Sie daher bitte Richtung Overath.“ „Nehmen Sie bitte die zweite Ausfahrt im Kreisverkehr.“	Ortseingang Much vor erstem Kreisverkehr nach Kreisverkehr kurz vor zweitem Kreisverkehr vor Kreisverkehr

Tab. 6: Fahrstrecke, nach Abschnitten gegliedert, VI-Anweisungen und Kennzeichnungen Streckenpunkte.  
Anmerkung: \*\* bedeutet „bis zum Anfang des Abschnitts“

Km **	Abschnitt Nr.	Streckenverlauf	Anweisung des VL	Streckenpunkt
41,90	8	Der L 312 (Oberheiden, Bövingen, Fischermühle, Schwellenbacher Mühle, Vilshofen, An der Sonne, Mucher Straße) bis Overath folgen. Rechts auf Kölner Straße (B 484/ B 55) abbiegen. Gleich wieder links auf Auffahrt zur A 4 abbiegen.	„Folgen Sie bitte dieser Straße für ca. 10 km.“ „Wir fahren nicht nach Overath hinein, sondern nehmen von hier die A 4 Richtung Köln.“ „Biegen Sie bitte an der Ampel rechts ab.“ „Wir nehmen die Autobahn zurück in Richtung Köln.“	Ortsausgang Much auf Höhe Verkehrsinsel  nach Bahnübergang Höhe Ankündigung BAB
53,70	9	A 4 Richtung Köln nehmen und dieser bis Ausfahrt 19 Bensberg folgen.	„Folgen Sie bitte der A 4 Richtung Köln bis zur Ausfahrt 19 Bensberg.“	wenn auf A 4 aufgefahren
66,70	10	Nach Ausfahrt 19 Bensberg rechts auf Rather Weg (L 358) abbiegen. Erste Straße gleich wieder rechts auf Neufeldweg (K 27) abbiegen.	„Verlassen Sie hier bitte die Autobahn und biegen Sie anschließend rechts ab.“ „An der Ampel biegen Sie bitte rechts in den Neufeldweg ab.“	auf Höhe Ankündigung Ausfahrt 19 Bensberg  nach Abbiegen
68,40	11	Geradeaus Vüfelfser Kaule (K 27) bis Dolmanstraße (K 27) folgen.	„Nun fahren wir durch Refrath geradeaus durch bis Bergisch Gladbach.“	Ortseingang Refrath
70,70	12	Nach Ortsausgang weiter geradeaus der Dolman-Straße (K 27) folgen.	Bleiben Sie bitte immer auf dieser Straße bis zum nächsten Ortsschild.“	Ortsausgang Refrath
71,60	13	Nach Ortseingang weiter geradeaus dem Refrather Weg (K 27) folgen. An großer Kreuzung rechts auf Richard-Zanders-Straße abbiegen.	„Bleiben Sie weiter auf dieser Straße bis zur großen Kreuzung. Dort biegen Sie bitte rechts ab in Richtung Bensberg.“ „Biegen Sie an dieser Ampel rechts ab.“	Ortseingang Bergisch Gladbach,  nach Ampel nach Brücke, Abbiegen am Kaufland
73,70	14	An großer Kreuzung rechts auf Bensberger Straße (L 288) abbiegen, dieser folgen über Gladbacher Straße (L 288) bis Buddestraße (L 288).	„Folgen Sie dieser Straße ca. 1 km.“  „Biegen Sie bitte rechts ab in Richtung Bensberg.“	wenn abgebogen (Höhe Bushaltestelle), wenn Wegweiser in Sicht, Abbiegen bei Kirche
75,60	15	An großer Kreuzung links auf Kölner Straße (L 136, L 288) abbiegen, dieser über Steinstraße (L 136, L 288) folgen.	„Biegen Sie an der zweiten großen Kreuzung bitte links in Richtung Overath ab.“ „An der nächsten Kreuzung bitte links abbiegen.“	wenn Waldgebiet links vorbei, vor erster Ampel  Höhe Wegweiser, Abbiegen bei Sparkassen-Gebäude
76,60	16	An nächster großer Kreuzung links auf Am Stockbrunnen (L 289) abbiegen und dieser über Wipperfürther Straße folgen.	„An der nächsten Kreuzung biegen Sie bitte links auf Am Stockbrunnen ab „Folgen dieser Straße für ca. 1 km.“	Ampel vor Busbahnhof  wenn abgebogen
77,90	17	Rechts abbiegen auf Kardinal-Schulte-Straße und weiter auf Vinzenz-Pallotti-Straße.	„Biegen Sie bitte bei der nächsten Möglichkeit rechts ab auf die Kardinal-Schulte-Straße.“ „Vor dieser Bushaltestelle biegen wir rechts ab.“  „Folgen Sie dieser Straße bitte bis zum Ende.“	nach langer Rechtskurve, Höhe Gasthof  Höhe Verkehrsspiegel, Abbiegen vor großer Bushaltestelle wenn abgebogen

Tab. 6: Fortsetzung

Km **	Abschnitt Nr.	Streckenverlauf	Anweisung des VL	Streckenpunkt
78,90	18	An nächster großer Kreuzung rechts auf Overather Straße (L 136) und gleich wieder links auf Graf-Hermann-Straße. Graf-Hermann-Straße folgen, diese verläuft nach rechts und wird zur Giselbertstraße.	„Am Ende der Straße halten Sie sich bitte rechts und biegen auf die Overather Straße ab.“ „Dann fahren Sie gleich wieder links in die Graf-Hermann-Straße.“ „Folgen Sie bitte dieser Straße.“	nach Rechtskurve am Waldstück  wenn abgelenkt  nach Abbiegen, Höhe „Zone 30“-Schild
79,90	19	An nächster großer Kreuzung rechts abbiegen auf Friedrich-Offermann-Straße (L 288). Erste Möglichkeit links auf Broicher Straße abbiegen, dieser folgen bis zur BAST, Brüderstraße 53, rechts in Hof abbiegen.	„Jetzt haben wir es gleich geschafft. Biegen Sie bitte an der Ampel rechts und dann gleich wieder scharf links ab.“ „Hier nun gleich wieder links.“  „Dieser Straße folgen Sie bis zur BAST.“ „Fahren Sie hier rechts zurück auf den Hof der BAST.“	nach letzter Einmündung von rechts (rechts-vor-links)  wenn auf Offermann-Straße abgelenkt nach Abbiegen auf Broicherstraße vor letztem Bodenschweller

Tab. 6: Fortsetzung

### 3.2 Das Messfahrzeug

Als Messfahrzeug diente ein VW Passat Variant mit 77 kW, Schaltgetriebe, Baujahr 2006, im Eigentum der BAST (Bild 9).

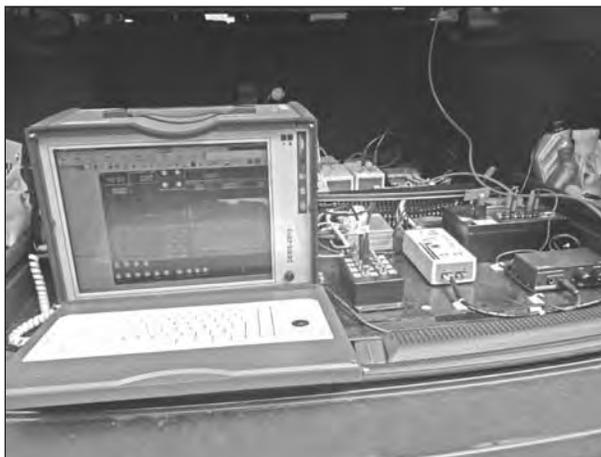
Im Kofferraum war das Datenerfassungssystem DEWETRON DEWE-2010 untergebracht. Es bestand im Wesentlichen aus einem Industrierechner und einem Datengrabber für den CAN-Bus (Bild 10). Bildschirm und Tastatur dieses Rechners konnten auch auf einen Laptop des VI auf dem Beifahrersitz gelegt werden (Bild 11). Als Software wurde DEWESOFT 6.6.7 verwendet. Erfasst wurden die Bewegungsgrößen des Fahrzeugs: Geschwindigkeit, Längs- und Querschleunigung, Abstand zum Vorfahrer (über Radarsensor) und Position in der Fahrspur (über Zeilenkamera). Ebenfalls registriert wurden die Bedieneingaben des Fahrers: Lenkwinkel, Stellung von Gas- und Bremspedal sowie Setzen und Löschen des Blinkers.

Die Aufzeichnungsrate betrug 100/s. Zu allen Aufzeichnungspunkten gehörten auch die geografischen Koordinaten aus dem GPS-Sensor. Die Tasten F3, F4 und (0, 1, ..., 9) des VI-Laptops konnten als „Marker“ verwendet werden, die mit Zeitpunkt und geografischer Koordinate in die elektronische Aufzeichnung aufgenommen wurden. Diese einzelnen Tasten wurden vollkommen unabhängig voneinander, bei gleichzeitiger Aktivierung also auch gleichzeitig, aufgezeichnet. Mit der Definition der „0“ als Präfixtaste standen so 18 + 2 verschiedene Marker zur Verfügung, die bei Vor- und Hauptver-



Bild 9: Das Messfahrzeug. Foto: Schmid, MTO

suchen verschieden belegt wurden (s. u.). Über eine Videokamera wurde der Blick auf die Fahrbahn nach vorne digital und von der Software mit den Messdaten synchronisiert aufgezeichnet. Das System war zusätzlich mit der Hard- und Software FACELAB zur Blickbewegungsregistrierung und einem EEG-System ausgestattet. Beide wurden allerdings in der vorliegenden Studie nicht eingesetzt.



**Bild 10:** Datenaufnahmesystem DEWETRON im Kofferraum.  
Foto: Schmid, MTO



**Bild 11:** Arbeitsplatz des VI auf dem Beifahrersitz mit Notebook. Foto: Schmid, MTO

### 3.3 Die „Markerfahrten“

Für die Auswertung mussten im Auswerteprogramm für jeden Messzeitpunkt zusammen mit seinen geografischen Koordinaten der Straßentyp (innerorts, Landstraße, Autobahn) und die geltende Geschwindigkeitsbegrenzung repräsentiert sein. Dazu wurde die Teststrecke am 08.06.2011 zweimal abgefahren. Jeweils beim Passieren einer Änderung im Straßentyp bzw. einer Änderung der Geschwindigkeitsbegrenzung mit der vorderen Wagenkontur drückte der VI die entsprechende Markertaste. Dem elektronischen Protokoll wurden dann die geografischen Koordinaten für die entsprechenden Übergänge entnommen und von Hand in das \*.sps-Auswerteprogramm eingefügt. Die Plausibilität dieser Koordinaten wurde mit Hilfe einer Straßenkarte überprüft. Die Markerbelegung enthält Tabelle 7.

Marker taste(n)	Bedeutung bei der Markerfahrt Straßentyp	Bedeutung bei der Markerfahrt Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h]
0	Start/Ende	100
1	Innerorts	Start/Ende
2	Landstraße einschließlich Ein-/Ausfahrt Autobahn	20
3	Autobahn ab Beginn/bis Ende des geraden Teils der Beschleunigungs-/Verzögerungsspur	30
4-9		40, 50, 60, 70, 80, 90
F3		Variabel
F4		Keine
0 + 1, 0 + 2, 0 + 3		110, 120, 130
5 + 3		50, vorübergehend 30
7 + 5		70, vorübergehend 50
F4 + F3 + 8		Keine, bei Nässe 80

**Tab. 7:** Die Markerbelegung bei den Markerfahrten. Anmerkung: „0 + 1“ bedeutet Präfixtaste „0“, dann „1“. Die Präfixtaste muss vor der Signaltaste aktiviert und danach freigegeben werden

### 3.4 Die Versuchspersonenstichprobe

Im vorliegenden Projekt ging es nicht um einen Planversuch mit zwischen den Vpn planmäßig variierten Versuchsvariablen, sondern um die Entwicklung eines psychometrischen Tests. Er sollte vor allem auf jugendliche Fahranfänger angewandt werden können, für die auch das Begleitete Fahren infrage kommt. Es wurde angenommen, dass die zusätzliche Fahrpraxis beim Begleiteten Fahren vor dem Erwerb der unbeschränkten Fahrerlaubnis die Komponenten des sicheren Fahrens verbessert, die der Test misst. Dieser Effekt sollte sich im Vergleich mit Fahranfängern ohne vorheriges Begleitetes Fahren bis zum Zeitpunkt „vier Jahre danach“ verlieren. Die Versuchspersonenzahl wurde auf  $n = 40$  festgelegt. Die geplante Zusammensetzung der Stichprobe ließ sich dabei weitgehend realisieren, wie Tabelle 8 zeigt.

Stichprobenzusammensetzung		
Merkmal	Geplant	Realisiert
Geschlecht	67 % Männer, 33 % Frauen	65 % Männer, 35 % Frauen
Zahl der Vpn in 5 Altersgruppen (18, 19, 20-21, 22-30, 31-50 Jahre)	Je 8 Vpn	10; 7; 7; 8; 8 Vpn
Alter bei Erwerb der Fahrerlaubnis (ggf. am Beginn des Begleiteten Fahrens)	18 Jahre	1 Vp: 16 Jahre 35 Vpn: 17-18 Jahre 4 Vpn: 19-20 Jahre
Prozentsatz Vpn mit Begleitetem Fahren; Altersgruppe $\leq 21$ (n = 24)	50-67 %	15 (62,5 %) Vpn
Prozentsatz aller 40 Vpn mit Erfahrung mit Begleitetem Fahren	-----	17 (42,5 %) Vpn
Dauer Begleitetes Fahren	$\geq 5$ Monate	1 Vp: 1 Monat 8 Vpn: 5-9 Monate 8 Vpn: 10-12 Monate
Gefahrene Kilometer Begleitetes Fahren	$> 200$ km	5 Vpn: 100-500 km 7 Vpn: 1.000-4.000 km 5 Vpn: 5.500-10.000 km
Fahrleistung/Jahr seit Erwerb der Fahrerlaubnis	$> 0$ km	$> 0$ km
Punkte in Flensburg	$\leq 8$	35 Vpn: 0 Punkte 5 Vpn: 1-4 Punkte
Höchster allgemeinbildender Schulabschluss/ Sozioökonomischer Status	Etwa proportional zur Population	13 (32,5 %) Vpn: Bis Mittlere Reife 27 (67,5 %) Vpn: Abitur

**Tab. 8:** Geplante und realisierte Zusammensetzung der Stichprobe

### 3.5 Die abhängigen Variablen

Der Test sollte auch dem Vergleich der neuen I-TSA-Maße mit herkömmlichen Maßen der Fahrverhaltensbeobachtung und -bewertung dienen. Er enthielt deshalb sowohl eine Reihe von I-TSA- als auch von Fahrbeobachtungsvariablen. Beide werden jetzt im Einzelnen aufgelistet.

#### 3.5.1 Die I-TSA Variablen

Die I-TSA-Logik lässt sich auf alle im Versuchsträger elektronisch gemessenen und daraus rechnerisch abgeleiteten Maße anwenden. Die Variablen-

konfiguration eines I-TSA-Tests hängt daher von der im Messfahrzeug verbauten Hard- und Software ab. Die folgenden Variablen wurden ausgewertet und in die I-TSA-Berechnung einbezogen (in Klammern die Variablennamen):

- Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit (v),
- Abstand zum Vorausfahrzeug, heading time (th),
- Zeit bis Kollision, time to collision (ttc),
- Bremsverzögerung (lv),
- Fahrbeschleunigung (lb),
- Querbearbeitung (q),
- Spurhaltung (spurhalt),
- Blinker (bli),
- Bremslicht (bremsli),
- Gaspedal (Vorzeichenwechsel Pedalbewegungen pro Sekunde vw\_gas; Mittelwert Gasposition gas\_25\_m; Standardabweichung Gasposition gas\_25\_sd; Maximum Gasposition gas\_25\_mx; doppelte Amplitude Gashebelbewegung gas\_7\_m; mittlere Abweichung Gasposition minus Gasposition tiefpassgefiltert gas\_9\_m),
- Lenkwinkel (Drehrichtungswechsel pro Sekunde vw\_len; Nakayama-Standardabweichung len\_2\_sd; Nakayama-Interdezilabstand dez\_max; doppelte Amplitude Drehrichtungswechsel len\_7\_m),<sup>6</sup>
- mentale Beanspruchung (Rating Scale of Mental Effort, RSME),<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Die Nakayama-Maße kennzeichnen die Ruhe oder Unruhe der Lenkbewegungen (NAKAYAMA, FUTAMI, NAKAMURA und BOER, 1999; NEMOTO, YANAGISHIMA, TAGUCHI und WOOD, 2002). Wir haben im INVENT-Bericht die mathematischen Eigenschaften dieses Maßes ausführlich diskutiert (W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005, S. 15-17) und geben deshalb diese Diskussion hier nicht wieder.

<sup>7</sup> Das RSME-Maß wird im Papier-Bleistift-Verfahren erhoben und gehört in der Systematik des vorliegenden Tests deshalb eigentlich nicht in die Kategorie der I-TSA-Variablen. Da es aber in unseren früheren Projekten hier mitgeführt wurde, behalten wir es als I-TSA-Variable bei.

- mit VI-Tastendruck elektronisch registrierte Fahrfehler (Summe\_Tasten).<sup>8</sup>

Aufgrund des Ergebnisses einer Faktorenanalyse werden diese Variablen zu den I-TSA-Maßzahlen zusammengezogen. Das Ergebnis wird weiter unten im Kapitel 4.5 dargestellt.

### 3.5.2 Die Papier-Bleistift-Variablen

Nach dem Fahrversuch füllte die Vp einen Fahrerlebensbogen mit 47 Items aus. Die näheren Einzelheiten einschließlich einer Liste dieser Items finden sich im Ergebnisteil, Kapitel 4.7. Der Bogen wurde einer Faktorenanalyse unterzogen, die die fünf Faktoren

- Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung,
- Freude am Fahren,
- Begeisterung für die Technik,
- Selbstbewusstsein, Selbstsicherheit als Fahrer(in) und
- Norm- und Regelorientierung

lieferte. Sie sind die erste Komponente dieses Testteils. An diesen Bogen war eine Reihe von Fragen zur Person angehängt, die im Kapitel 6.1 vollständig wiedergegeben sind.

Zur gleichen Zeit füllte der VI einen aus drei Teilen bestehenden Bogen zur Beurteilung der Fahr-sicherheit auf der gerade vergangenen Fahrprobe aus. Im ersten Teil beurteilte er die Beeinträchtigung der Fahr-sicherheit durch einen oder mehrere Fehler, getrennt nach 33 Kategorien. Diese Kategorien und die dabei verwendeten Adjektive sind in Kapitel 4.8.1 (Tabelle 18 und Tabelle 19) enthalten.

Im zweiten Teil beurteilte der VI die generelle Fahr-sicherheit in 9 Kategorien mit den Adjektiven von „Sehr hoch“ bis „Gering“ (Bild 49 enthält die Kategorien und die Ergebnisse). Die Faktorenanalyse legt eine Zweifaktorenlösung nahe, wobei sich

Faktor 1 als Fehler (error) und Faktor 2 als Schnitzer (lapse) im Sinne des DBQ (PARKER et al., 1995) interpretieren lassen. Für beide Faktoren wurde je eine Skala gebildet, die in das Testergebnis zum Papier-Bleistift-Teil eingeht.

Der dritte Teil enthält ein semantisches Differential zu Fahrstil und Fahrweise mit 11 Adjektivpaaren (Tabelle 22). Die Faktorenanalyse zeigt eine ausgeprägte Zweifaktorenlösung an. Die naheliegenden Bezeichnungen sind „Anspannung“ für Faktor 1 und „Angepasstheit“ für Faktor 2. Auch für diese beiden Faktoren wurde je eine Skala gebildet, die in das Testergebnis zum Papier-Bleistift-Teil eingeht.

## 3.6 Versuchsablauf

Die Fahrprobe begann und endete auf dem Gelände der BAST in Bergisch Gladbach. Die Teststrecke war durch den Streckenplan straßengenau definiert. Sie musste unverändert abgefahren werden, da sie im Auswertungsprogramm elektronisch repräsentiert ist. Notwendige Abweichungen, etwa bei temporären Baustellenumleitungen, waren von Hand zu protokollieren und später jeweils in das Auswertprogramm einzuarbeiten. Die dabei geltenden Geschwindigkeitsbegrenzungen wurden online über den VI-Computer in das elektronische Protokoll eingegeben. Die Fahrt sollte möglichst nicht durch das Abstellen des Motors unterbrochen werden, da dies einen Neustart der elektronischen Aufzeichnung ausgelöst hätte.

Über den gesamten Versuchsablauf gab es eine frei formulierte mündliche VI-Instruktion, die in Tabelle 9 in Stichworten wiedergegeben ist. In Summe dauerte der Versuch ca. 150 Minuten.

<sup>8</sup> Die Fahrfehlerbeobachtungen des VI während der Fahrt sind keine elektronischen Messungen, aber Bestandteil des elektronischen Protokolls. Sie werden deshalb als I-TSA-Variable geführt.

	Schritt	Hinweise	Dauer (Minuten)
1	<b>Vorbereitung</b>		30
	Auto und Technik starten	Nur bei der ersten VP am Tag nötig	25
	DEWE Soft für jeweilige Vp einrichten (Dateiname etc.)		2
	„Fahrstrecke“ auf 0 zurücksetzen		1
	Kilometerstand ablesen		1
	Klemmbrett mit Deckblatt, Fragebogen etc. vorbereiten		1
2	<b>Begrüßung und Einweisung</b>		10
	VP abholen	Begrüßung Vorstellung der eigenen Person Vorstellung des Projektes (Sinn und Zweck der Versuchsfahrt, genaue mündliche Streckenvorgabe durch VI, Registrieren von Vorkommnissen auf dem Laptop durch den VI, Bitte an Vp, die übliche Fahrweise beizubehalten, Fahrdauer ca. 90 Minuten) Hinweis auf Toilette (da die Versuchsfahrt nicht unterbrochen werden darf)	5
	Einweisung in Fahrzeug	Auto (Sitz, Lenkrad, Spiegel) einstellen Verweis auf Klimaanlage (persönliche Einstellungen) Radio und Handy der Vp aus, um Störungen zu vermeiden (Handy des VI zur Sicherheit an) Ohne Tempomat fahren, um Vergleichbarkeit mit der Mehrheit der Fahrten ohne Tempomat zu gewährleisten Kein Tagfahrlicht, daher kann bei Bedarf Abblendlicht genutzt werden „Hinweis zu den Versuchsfahrten“ ausfüllen und unterschreiben lassen (die Verantwortung während der Fahrt liegt beim Fahrer; er ist zur Einhaltung der Straßenverkehrsordnung verpflichtet; er entscheidet jeweils, ob er den Fahrhinweisen folgen kann)	5
3	<b>Fahrt</b>		95
	Probefahrt auf Gelände der BAST	Eine Runde inkl. Wenden auf dem Gelände (ggf. länger) Feststellbremse nutzen lassen Am Ende nachfragen, ob Veränderungen an Einstellungen o. Ä. nötig Gibt es weitere Verständnisfragen?	5
	Testfahrt		90
4	<b>Fragebogen</b>		10
	RSME und Fahrerleben ausfüllen lassen	Fragebogen und Fahrdaten werden anonymisiert ausgewertet	8
	Überweisungsträger ausfüllen lassen	Währenddessen VI-Fehlerrating ausfüllen	2
5	<b>Verabschiedung</b>		5
	Vp zum Haupteingang bringen		5
Gesamtdauer			150

Tab. 9: VI-Instruktion über den Versuchsablauf

### 3.7 Die statistische Auswertung

Die statistische Auswertung folgte den beiden Testteilen: den elektronisch gewonnenen und den Fragebogendaten. Beide Teile wurden zunächst getrennt gehalten. Erst auf der Ebene der Personen-x-Variablenmatrix wurden die I-TSA- und die Fragebogenvariablen mittels der SPSS-Routine MATCH FILES zu einer Datei zusammengefügt. Zur Auswertung wurde SPSS-Version 19, und zwar sowohl auf 32-bit- als auch auf 64-bit-Rechnern verwendet. Da vor allem die Rohdateien zu den elektronischen Messwerten einen beträchtlichen Umfang hatten und die gesamte Auswertung sehr lang war, wurde nicht versucht, Letztere mit einer einzigen \*.sps-Routine durchzurechnen. Es wurde vielmehr eine Serie nacheinander anzuwendender Routinen programmiert, deren Zwischenresultate als \*.sav-Dateien gespeichert wurden. Eine vollständige Liste aller dieser Routinen zusammen mit den Namen der jeweils erzeugten und gelesenen \*.sav-Dateien befindet sich im Begleitmaterial zu den Programmen. Die Routinen sind im SPSS-Syntaxcode geschrieben und für den Leser nach kurzer Einarbeitung nachvollziehbar. Sie enthalten für alle Rechenschritte Kommentarzeilen, sodass sich der Rechengang erschließt. Sie werden deshalb in diesem Bericht nicht näher erläutert.

Innerhalb dieser Routinen befindet sich eine Reihe von SPSS-Makros, die es besonders leicht machen, bestimmte Auswertungsschritte wiederholt anzuwenden. Sie sind ebenfalls im Begleitmaterial wiedergegeben.

## 4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse des Fahrversuchs beginnt mit aggregierten Maßen der elektronisch erfassten Fahrvariablen. Da es bei dem Projekt nicht um einen Planversuch mit mehreren Versuchsbedingungen zur Prüfung von Hypothesen, sondern um eine Basisdatensammlung zur Ent-

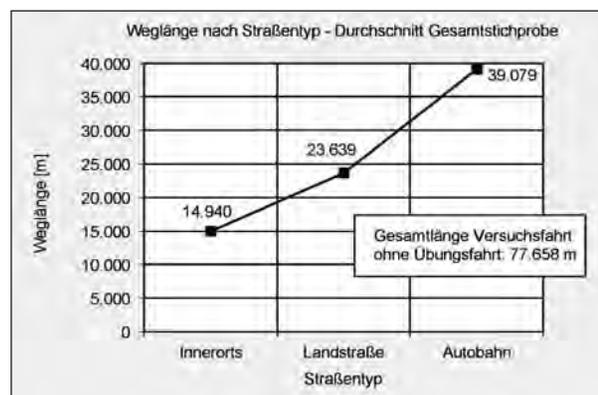
<sup>9</sup> Bei den Vpn Nr. 14, 19, 24 und 34 blieb die Datenaufzeichnung während der Versuchsfahrt einmal stehen und musste von Hand neu gestartet werden. Beim Zusammenfügen der dadurch getrennten Dateien gingen kurze Datenabschnitte verloren, darunter solche für Straßentypmarkierungen. Diese sind also für die vier Vpn nicht zuverlässig. Die Berechnungen in Bild 12 bis Bild 19, die sich auf den Straßentyp beziehen, enthalten deshalb diese vier Vpn nicht.

wicklung eines Tests für Fahrsicherheit ging, werden hier keine Signifikanztest-gestützten Vergleiche zwischen Bedingungen gezogen. Die Ergebnisse werden nur wiedergegeben, um den erhaltenen Datenpool deskriptiv zu charakterisieren und auf Plausibilität zu untersuchen. Danach wird auf diese Basisdaten die Logik der Testentwicklung angewandt, aus ihnen werden Testmaßzahlen berechnet. Diese werden schließlich auch mit Inferenzstatistiken überprüft, um die Brauchbarkeit des Tests zu bewerten. Dieses Vorgehen wird zweimal dargestellt: zunächst für die elektronisch erfassten Daten, dann für die Daten aus den Papier-Bleistift-Tests. Schließlich werden die Testwerte aus beiden Datenquellen zusammengeführt und miteinander verglichen.

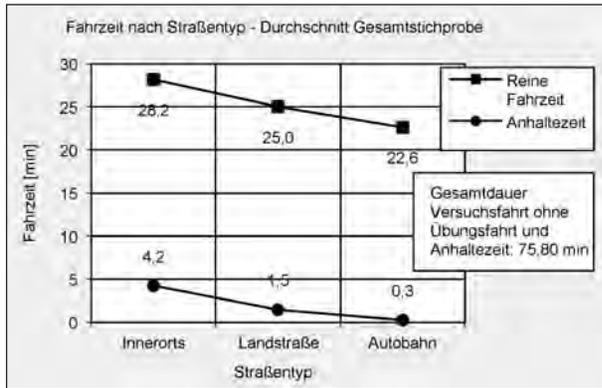
### 4.1 Allgemeine Fahrdaten

#### 4.1.1 Fahrstrecke und -dauer

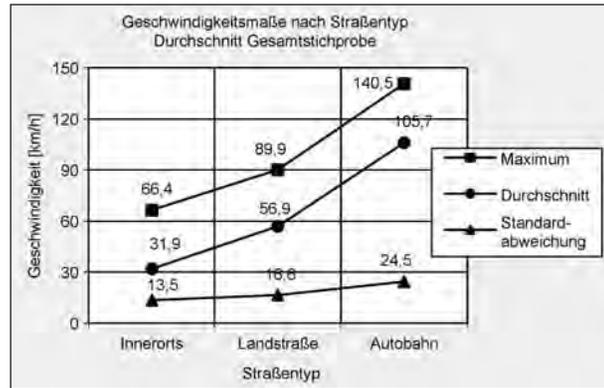
Bild 12 zeigt die elektronisch aufgezeichneten Teilstreckenlängen. Sie wurden durch Integration der Variablen Geschwindigkeit über die Zeit gewonnen. Wegen verschiedener, in ihrer Größe nicht genau bekannter Fehlerquellen müssen diese Werte von den Berechnungen aufgrund der Straßenkarten (Tabelle 4) abweichen. Zu den Quellen dieser Abweichungen gehören: Die geodätischen Grenzen zwischen den Straßentypen in den Karten können von den in den Markerfahrten ermittelten (Kapitel 3.3) abweichen, die Grenze zwischen Übungs- und Versuchsfahrt ist in den Karten nicht als Grenze enthalten und schließlich ist die Entfernungsmessung über die Radumdrehungen des Kfz mit Toleranzen bis zu etwa 2 % verbunden. Die Abweichungen zwischen Bild 12 und Tabelle 4 bewegen sich innerhalb dieses Rahmens.



**Bild 12:** Fahrstrecke der Versuchsfahrt (ohne Übungsfahrt) getrennt nach Straßentyp<sup>9</sup>



**Bild 13:** Dauer der Versuchsfahrt [min] getrennt nach Straßentyp (ohne Übungsfahrt). Die Anhaltezeit (verkehrsbedingt  $v = 0$ ) ist herausgerechnet



**Bild 14:** Geschwindigkeit: Durchschnitte über Personen bei Maximum, Durchschnitt und Standardabweichung nach Straßentyp

Die im Versuch gemessenen Fahrzeiten nach Bild 13 sind zusammengenommen 5 Minuten kürzer als die Zeit nach Navigationssystem (Tabelle 4). Die Differenz ist im Wesentlichen die Zeit für die Übungsfahrt, die Übereinstimmung ist insofern recht gut.

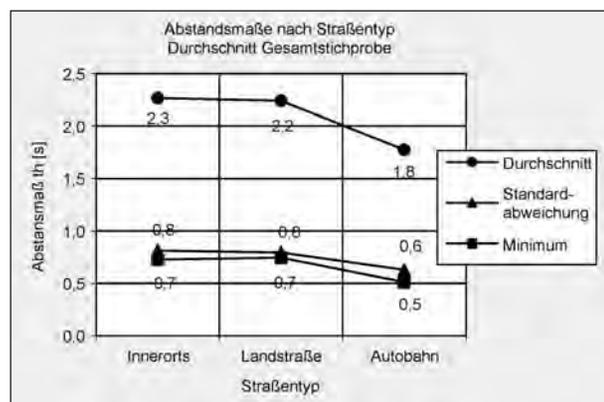
## 4.2 Elektronisch erfasste Mess- und daraus abgeleitete Größen

### 4.2.1 Geschwindigkeit

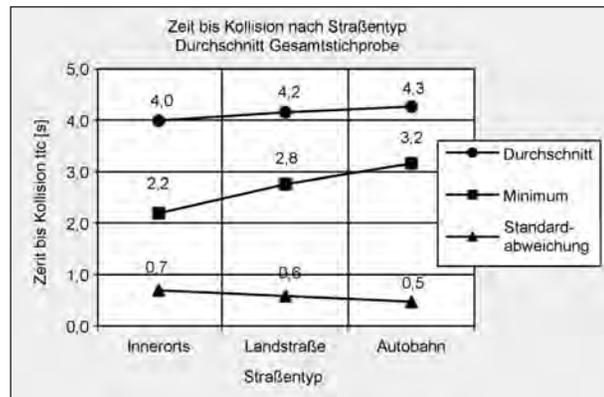
Die Durchschnitte der Geschwindigkeit bewegen sich im erwarteten Rahmen: 31,9 km/h ist angemessen für innerörtliche Fahrten mit großen Strecken mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h. 56,9 km/h auf der Landstraße gibt wieder, dass die Landstraße überwiegend recht kurvenreich war und daher die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h nur selten erlaubte. Das innerörtliche Maximum oberhalb der Geschwindigkeitsbegrenzung dürfte vor allem auf Streckenabschnitte kurz nach Ortseingang oder kurz vor Ortsausgang zurückzuführen sein. Wir haben es in allen bisherigen Versuchen in diesem Ausmaß gefunden. Das Maximum bei der Landstraße ist wie der Durchschnitt wegen der kurvenreichen Strecke niedriger als erwartet. Maximum und Durchschnitt sind für die Autobahn ohne Geschwindigkeitsbegrenzung angemessen.

### 4.2.2 Abstand zum Vorfahrzeug (th)

In Bild 15 unterschreiten die Minima innerorts und auf der Landstraße, umgerechnet auf das Längemaß [m], mit  $0,39 \times \text{Tacho}/2$ , auf der Autobahn mit  $0,28 \times \text{Tacho}/2$  die Grenze zur Bußgeldbewehrung.



**Bild 15:** Abstand zum Vorfahrzeug (th) in Sekunden für alle Zeitpunkte mit  $th \leq 5,0$  s. Durchschnitt über alle Personen für Durchschnitt, Standardabweichung und Minimum



**Bild 16:** Zeit bis Kollision (ttc) in Sekunden für alle Zeitpunkte mit  $ttc \leq 5,0$  s und  $ttc > 0,0$  s. Durchschnitt über alle Personen für Durchschnitt, Standardabweichung und Minimum

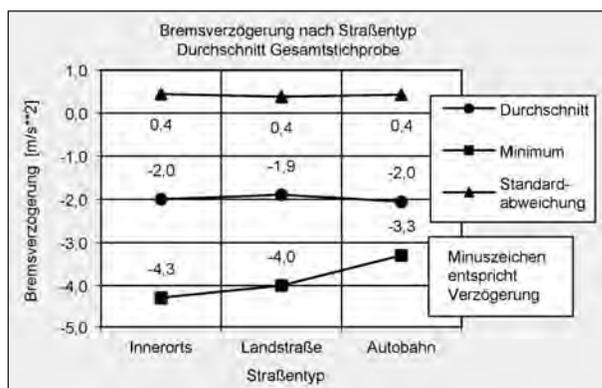
### 4.2.3 Zeit bis Kollision

Die Zeit bis Kollision (Bild 16) ist ein nicht leicht zu interpretierendes Maß für die Dynamik des Heranfahrens an ein vorausfahrendes, langsames Fahrzeug. Die Minima erreichen innerorts Werte,

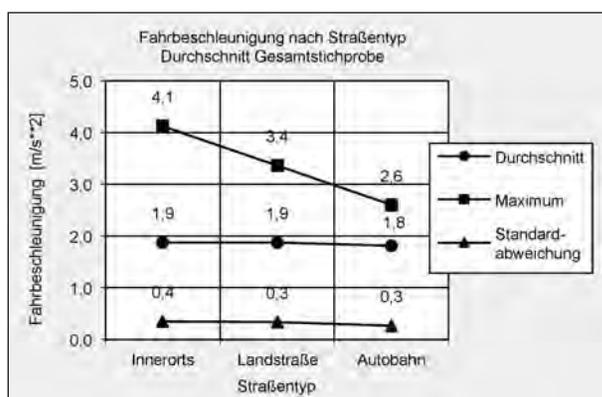
die der Fehlerstufe 2, auf der Autobahn der Fehlerstufe 1, entsprechen.

### 4.2.4 Bremsverzögerung

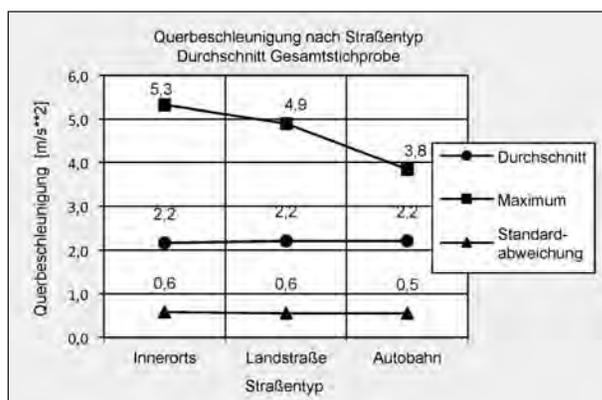
Die Minima für die Bremsverzögerung nach Bild 17 erreichen innerorts und auf der Landstraße die Fehlerstufe 3, auf der Autobahn die Fehlerstufe 2. Den



**Bild 17:** Bremsverzögerung in  $m/s^2$  für alle Zeitpunkte mit Werten  $\leq -1,5 m/s^2$ . Durchschnitt über alle Personen für Durchschnitt, Standardabweichung und Minimum



**Bild 18:** Fahrbeschleunigung in  $m/s^2$  für alle Zeitpunkte mit Werten  $\geq 1,5 m/s^2$ . Durchschnitt über alle Personen für Durchschnitt, Standardabweichung und Maximum



**Bild 19:** Querbeschleunigung in  $m/s^2$  für alle Zeitpunkte mit Werten  $\geq 1,5 m/s^2$ . Durchschnitt über alle Personen für Durchschnitt, Standardabweichung und Maximum

Wert für eine Notbremsung,  $\leq -5,0$ , zeigt keiner der Mittelwerte.

### 4.2.5 Fahrbeschleunigung

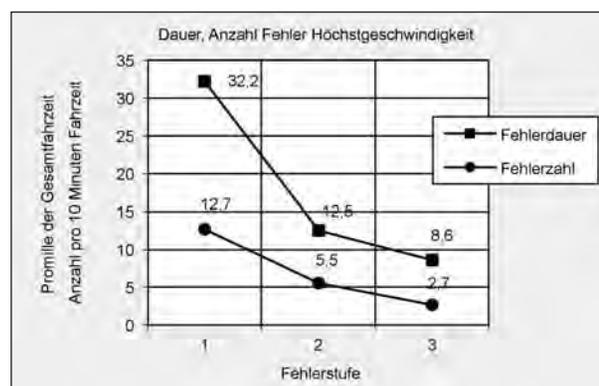
Die Maxima der Fahrbeschleunigung nach Bild 18 hängen neben dem Fahrstil auch von dem gewählten Gang und der Motorisierung des Fahrzeuges ab. Sie können physikalisch bei den höchsten Gängen, also innerorts, auch am höchsten sein. Sie erreichen die Fehlerstufen 2 und 3.

### 4.2.6 Querbearschleunigung

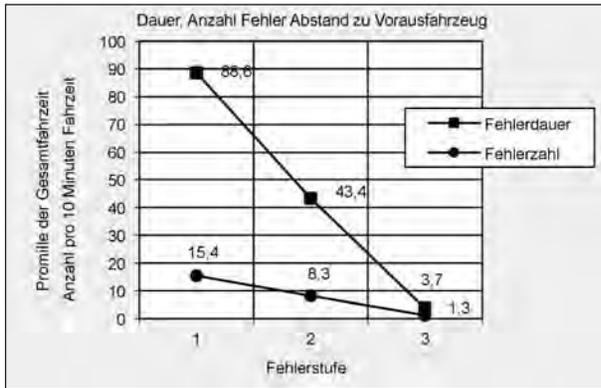
Die Grenze zum Fahrfehler hängt für die Querbearschleunigung sehr stark von der Fahrgeschwindigkeit ab. Bei Geschwindigkeiten  $\leq 60 km/h$  beginnt der Fahrfehler bei einer Querbearschleunigung von  $0,5 g$ . Laut Bild 19 bewegen sich die Maxima der Querbearschleunigung nahe an dieser Grenze.

## 4.3 Zahlenwerte der Messvariablen für die Fehlerstufenrechnung

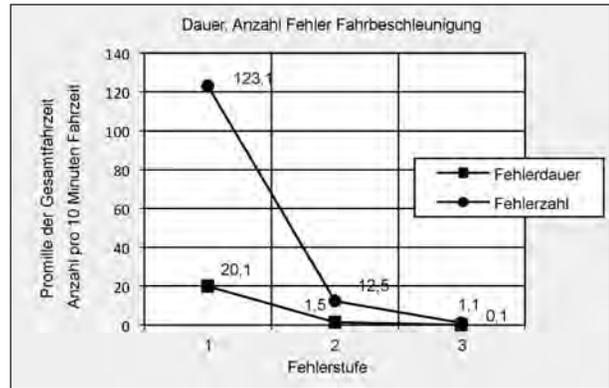
Für jedes elektronische Maß wurden auf dem Weg zur I-TSA-Skala die Dauer und die Episodenzahl für die drei Fehlerstufen nach Kapitel 2.4 berechnet. Die Ergebnisse werden in Bild 20 bis Bild 25 wiedergegeben. Die Bilder dienen der Plausibilitätskontrolle für die Wahl der Fehlerstufengrenzen. Beide Maße werden auf die Fahrdauer normiert, um sie mit den Werten aus anderen Untersuchungen vergleichen zu können. Fehlerdauer und Fehlerzahl sollten mit steigender Fehlerstufe monoton fallen und dabei keine unplausibel hohen und möglichst keine Werte nahe null annehmen. Wie die Bilder zeigen, sind die Werte brauchbar.



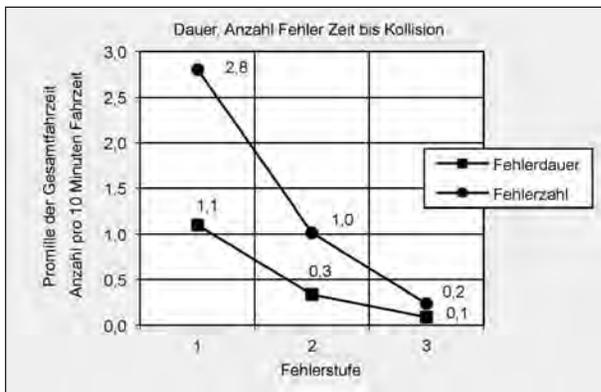
**Bild 20:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Überschreiten der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit“, getrennt nach Fehlerstufen



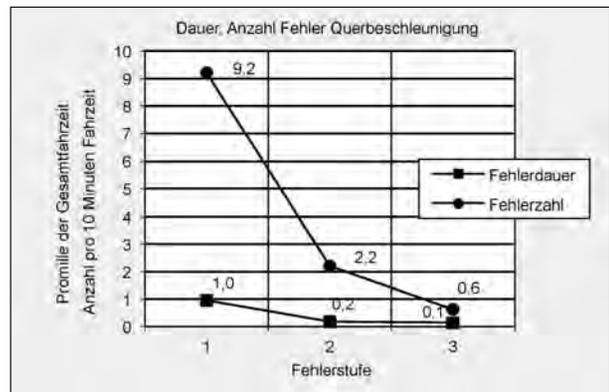
**Bild 21:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Unterschreiten des zulässigen Mindestabstandes zum Vorausfahrzeug“, getrennt nach Fehlerstufen



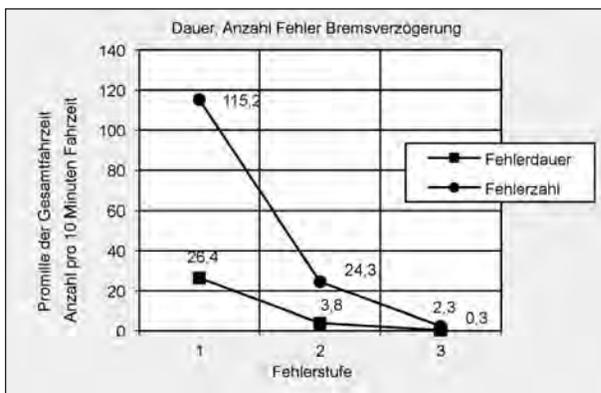
**Bild 24:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Fahrbeschleunigung“, getrennt nach Fehlerstufen



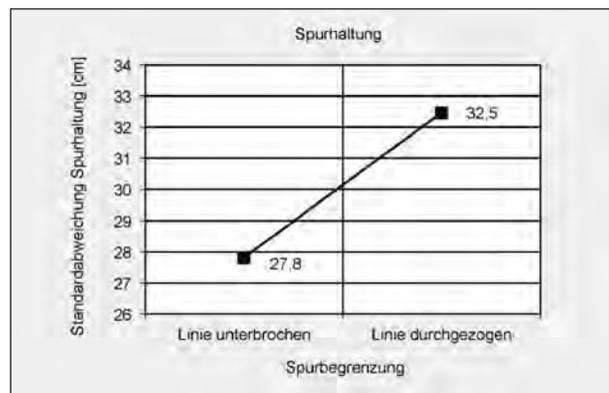
**Bild 22:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Zeit bis Kollision“, getrennt nach Fehlerstufen



**Bild 25:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Querbeschleunigung“, getrennt nach Fehlerstufen



**Bild 23:** Gesamtdauer (Promille der gesamten Fahrzeit) und Anzahl (Anzahl pro 10 Minuten Fahrzeit) der Fehler „Bremsverzögerung“, getrennt nach Fehlerstufen

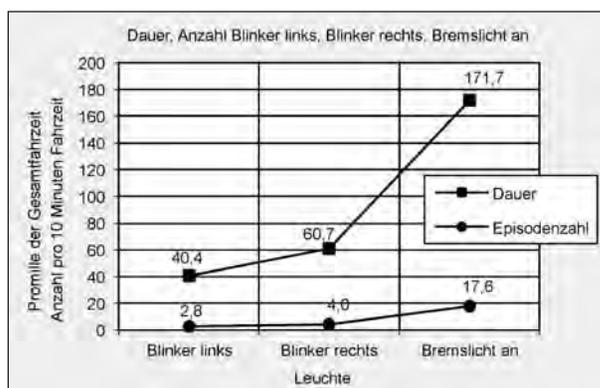


**Bild 26:** Spurhaltung, Standardabweichung Spur minus Spur tiefpassgefiltert in cm, alle Straßentypen. Beide Maße korrelieren über die Personen mit  $r = 0,98$ , können also gemittelt werden

Für die Spurhaltung gibt es im I-TSA-Verfahren die Fehlergröße  $t_{lc}$  (Time to Line Crossing), für die Fehlerstufengrenzen bestehen. Im vorliegenden Versuch war das Spurhaltesignal bei unterbrochener Mittellinie für diese Berechnung nicht geeignet. Deshalb wurde die Standardabweichung des Spurhaltesignals um dessen tiefpassgefilterten Wert be-

rechnet und wie eine I-TSA-Skala normiert. Die Werte von Bild 26 liegen im Bereich von Fehlerstufe 1 für  $s_{dlp}$  (Standard Deviation for Line Position).

Bild 27 zeigt die Statistiken für Blinker und Bremslicht. Die Faktorenanalyse erklärt mit zwei orthogonalen Faktoren 62,8 % der Varianz. Es ergeben

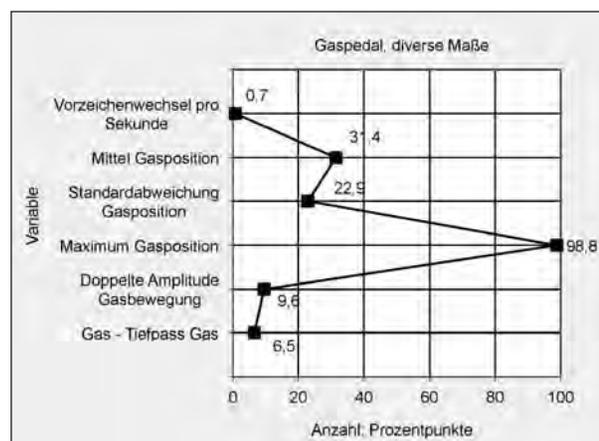


**Bild 27:** Dauer (in Promille der Fahrzeit) und Episodenzahl (Episoden pro 10 min Fahrzeit) „Leuchten ein“ für Blinker links, Blinker rechts und Bremslicht

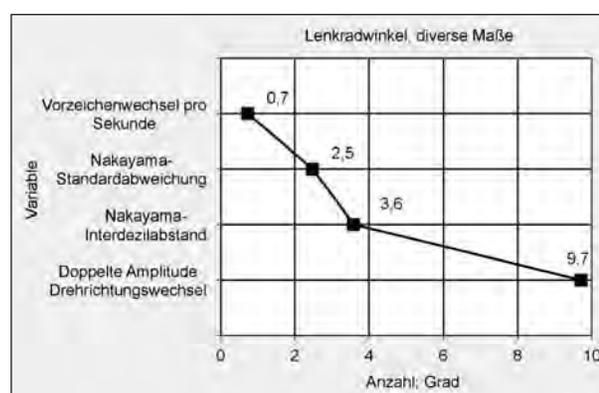
sich ein Blinker- und ein Bremslichtfaktor. Für die Weiterverarbeitung werden daher die beiden Blinkervariablen durch Summierung zusammengefasst. Es fällt auf, dass der Blinker „rechts“ häufiger und länger gesetzt wird als der Blinker „links“. Das dürfte auf eine Eigenschaft der Versuchsstrecke zurückzuführen sein. Die beiden großen Kreise im Kartenbild werden im Uhrzeigersinne durchfahren.

Bild 28 zeigt die Statistiken für die Gaspedalbewegungen. Die Faktorenanalyse erklärt mit zwei Faktoren 71,6 % der Varianz. Ein orthogonaler Faktor gibt die Variable Vorzeichenwechsel pro Sekunde, ein Faktor die restlichen fünf Variablen wieder. Die Letzteren werden daher einzeln standardisiert und dann zur Weiterverarbeitung gemittelt.

Bild 29 zeigt verschiedene Statistiken zur Lenkradbewegung. Die Faktorenanalyse erklärt mit zwei orthogonalen Faktoren 89,3 % der Varianz. Nach Varimax-Rotation erklärt ein Faktor die Variablen Drehrichtungswechsel pro Sekunde und Nakayama-Interdezilabstand. Für die Weiterverarbeitung werden diese beiden Variablen daher standardisiert und gemittelt. Inhaltlich bedeutet das, dass Personen mit einem hohen Nakayama-Interdezilabstand auch eine hohe Anzahl von Drehrichtungswechseln pro Sekunde zeigen. Beide Maße stehen also für schlechter vorhersagbare, unruhigere Lenkbewegungen. Ein zweiter Faktor gibt fast rein die Nakayama-Standardabweichung wieder. Das eigentlich klare Nakayama-Maß ist also der Interdezilabstand, nicht die Standardabweichung. Im Lichte der Originalarbeiten (NAKAYAMA et al., 1999; NEMOTO et al., 2002) erscheint das plausibel. Die vierte Variable schließlich, die doppelte Amplitude zwischen den Drehrichtungswechseln,



**Bild 28:** Bedienung Gaspedal, diverse Maße, jeweils Mittelwert über die  $n = 40$  Vpn: Zahl der Vorzeichenwechsel der Bewegungsrichtung pro Sekunde, mittlere Position bei fahrendem Fahrzeug, Standardabweichung dazu, Maximum der Gasposition, doppelte Amplitude Wechsel der Bewegungsrichtung, Mittelwert Gasposition - Gasposition tiefpassgefiltert<sup>10</sup>. Maße (außer Vorzeichenwechsel pro Sekunde) in Prozentpunkten für die Position des Gaspedals (0 ... 100)

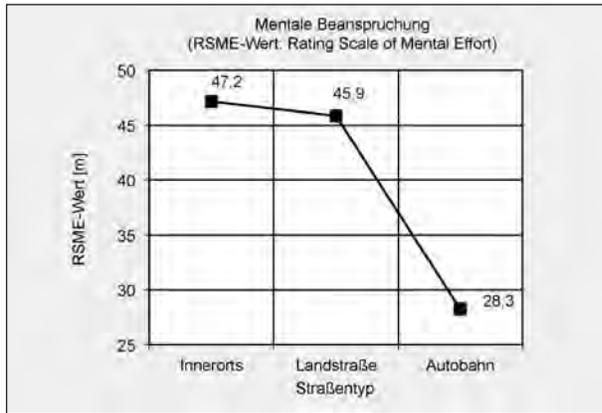


**Bild 29:** Lenkradwinkel, diverse Maße: Drehrichtungswechsel pro Sekunde, Standardabweichung und Interdezilabstand Nakayama-Verteilung, doppelte Amplitude Drehrichtungswechsel [Grad]

läßt auf beiden Faktoren gleich hoch, dabei auf dem ersten Faktor negativ. Auch das ist plausibel: viele Drehrichtungswechsel pro Zeiteinheit gehen mit deren kleinerer Amplitude einher.

Die subjektiv erlebte mentale Beanspruchung zeigt Bild 30, getrennt nach den drei Straßentypen. Die

<sup>10</sup> Das Signal für die Position des Gaspedals wurde vor der statistischen Weiterverarbeitung mit einem gleitenden arithmetischen Mittel (= Tiefpass) der Feldweite 25 (= 250 ms) geglättet. „Gas - Tiefpass Gas“ meint den durchschnittlichen Betrag der Abweichung dieses Signals von dem Signal, das durch Tiefpassfilterung mit der Feldweite 10 s entsteht. Es ist ein Maß für die schnellen Lenkradbewegungen zur Regelung der Spurhaltung.



**Bild 30:** Arithmetische Mittelwerte der angegebenen mentalen Beanspruchung in mm auf der vorgelegten, gedruckten Skala von 0 bis 220 mm mit 20 = „Kaum anstrengend“ und 202 = „Außerordentlich anstrengend“, getrennt nach Straßentyp

Mittelwertsunterschiede sind signifikant ( $F(2;39) = 8,615; \eta^2 = 0,181$ ). Die Faktorenanalyse extrahiert einen Eigenwert  $> 1$  und erklärt damit 60,6 % der Varianz. Zur Kennzeichnung der Personen können die Zahlenwerte daher über die Straßentypen gemittelt werden.

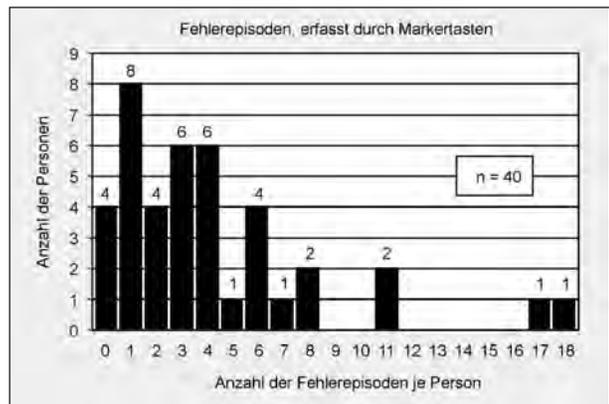
#### 4.4 Fehlermarker im elektronischen Protokoll

Dem VI standen insgesamt 10 Marker zur Eingabe bestimmter Einzelfehler zur Verfügung. Dieses Verfahren ist nicht unproblematisch, weil bei hinreichender Auflösung nach Fehlertypen die Häufigkeiten bei einer Versuchsfahrt der hier gegebenen Länge für eine aussagefähige statistische Behandlung zu gering sind. Um diese Befürchtung zu überprüfen und um einen Vergleich mit der I-TSA-Skalierung zu gewinnen, wurde diese Methode in den Fahrversuch aufgenommen.

In Summe über alle 40 Personen hinweg wurden 5 Fehlertasten jeweils zwischen 2- und 4-mal gedrückt, alle davon bei einzelnen Personen höchstens einmal. Vier weitere Fehlertasten erreichten Gesamthäufigkeiten zwischen 20 und 63. Nur die „Besonderen Vorkommnisse“ kamen bei 29 Personen 2- oder 3-mal, bei 11 Personen 4- bis 6-mal vor und erreichten eine Gesamthäufigkeit von 119 (Tabelle 10). Die Verteilung der Fehlerhäufigkeiten über die Personen hinweg, summiert für jede Einzelperson, zeigt Bild 31. Diese Darstellung ist einer statistischen Behandlung zugänglich.

Fehlertaste Nr.	Fehler	N	Minimum	Maximum	Summe
1	Geschwindigkeitsfehler	40	,00	9,00	38,00
2	Abstandsfehler (voraus oder Seite)	40	,00	1,00	3,00
3	Fehler Spurhalten	40	,00	7,00	32,00
4	Fehler Blinken	40	,00	10,00	63,00
5	Vorfahrtsfehler	40	,00	3,00	20,00
6	Fehler Wechsellichtzeichen	40	,00	1,00	4,00
7	Fehler Linksabbiegen	40	,00	1,00	2,00
8	Fehler gegenüber Fußgänger oder Radfahrer	40	,00	1,00	2,00
9	Fehler beim Überholen	40	,00	1,00	3,00
F4	Besondere Vorkommnisse	40	2,00	6,00	119,00

**Tab. 10:** Häufigkeiten des Drückens der Fehlertasten während der Fahrt, minimale und maximale Häufigkeit bei einzelnen Personen und Gesamthäufigkeit über alle Personen (= Summe)



**Bild 31:** Häufigkeitsverteilung der Fehlerzahl je Person, erfasst durch Drücken der Markertasten (n = 40 Personen)

#### 4.5 Die Zusammenfassung der Fehlerstufenvariablen

Für die I-TSA-Berechnung wird bei jeder Variablen für jede Person ein Score benötigt. Dazu müssen die sechs Häufigkeiten jeder Variablen (je 3 Fehlerstufen bei Fehlerdauer und Fehlerzahl) in geeigneter Weise zusammengefasst werden. Um den höheren Fehlerstufen ein höheres Gewicht zu verleihen, werden die Maßzahlen für Dauer und Episodenzahl mit dem Zahlenwert ihrer Fehlerstufe (1; 2; 3) multipliziert und dann aufaddiert. Die so ge-

Faktor	Variable	Faktor Nummer								h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Geschwindigkeit	Geschwindigkeit fst	,742	,324	,214			,120	-,114	,318	,834
	Geschwindigkeit nf	,776	,346	,186	-,156				,161	,811
	Bremsverzögerung fst	,762	,279	,206	,127	,260	,113	,123		,816
	Bremsverzögerung nf	,780	,356	,174		,182		,115		,819
	Querbeschleunigung fst	,672	,226	,104	,209		-,413		-,215	,775
	Querbeschleunigung nf	,709	,263	,173	,133	-,112	-,322	,124	-,204	,792
	Bremslicht fst	,556	,181	,259	,129		,361	-,411		,727
Fahrbeschleunigung	Fahrbeschleunigung fst	,202	,890							,842
	Fahrbeschleunigung nf	,283	,843	,142						,818
	Gaspedal Mittel	,445	,545	,144	-,169	-,206	-,194	,449	,208	,870
	Gaspedal Standardabw.	,332	,832	,149	-,106					,853
	Gas 2xAmplitude	,180	,864		-,257	,173				,882
	Gas hohe Frequenzen	,241	,836			,287		,270		,922
Längsabstand	Abstand fst_th	,244	,167	,787		-,156		,139	-,250	,815
	Abstand nf_th	,318	,152	,797		-,171	,175		-,265	,891
	Abstand fst_ttc	,131		,868		,197			,137	,848
	Abstand nf_ttc	,126		,893	,124	,119	,105	-,109	,132	,885
Lenkbewegungen	Lenkbew. Vorzeichenw.	,169	-,186		,930	,100				,957
	Lenkbew. Dezilabstand N	,394	,117		,728	,382		,200		,893
	Lenkbew. 2xAmplitude	-,258	-,241	,117	,810	-,272				,885
Fahrfehler	Lenkbew. Standardab. N	,341				,785		,118	-,230	,819
	Summe Fehlertasten	-,108	,224			,856				,813
	Bremslicht	,387	,354	,330		,443	,123	-,326	-,142	,722
Blinker RSME	Blinker fst	-,117		,209		,142	,684			,550
	RSME Mental Effort	-,201				,202	-,852		,187	,847
Blinker Gas VW	Blinker nf	-,243		,166	,172	,274	,365	-,593		,681
	Gas Vorzeichenwechsel		,144	,218	,314	,236	,129	,780		,851
Spur	Spurhaltung						-,124		,936	,906
	Varianzanteil % nach Rotation	17,721	17,489	12,149	8,758	8,428	6,885	6,003	5,156	

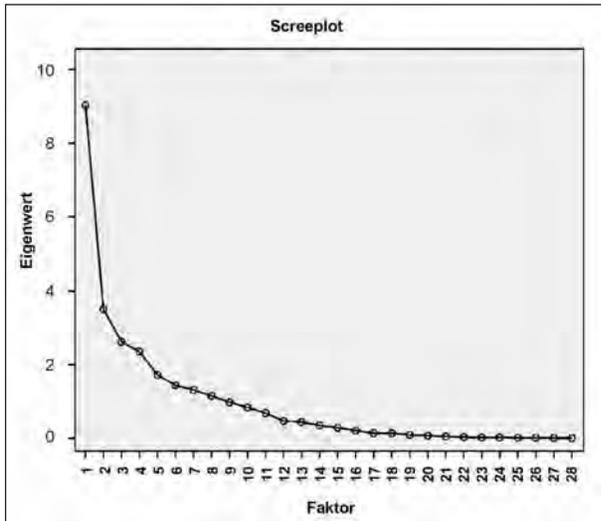
**Tab. 11:** Varimax-rotierte Faktorenmatrix für die elektronisch erfassten Variablen. Gesamte Varianzerklärung 82,6 %. Die Spalte h<sup>2</sup><sub>ij</sub> gibt die Kommunalitäten wieder. Anmerkung: Mit fst wird stets die Fehlerdauer, mit nf die Episodenzahl wiedergegeben. Bei den Lenkbewegungen gibt N wieder, dass es sich um die NAKAYAMA-Maße handelt (s. Text zu Bild 29)

wonnenen Summenscores zeigten ausnahmslos sehr hohe Reliabilitäten, die mit Cronbachs  $\alpha$  überprüft wurden, jedoch hier nicht wiedergegeben werden sollen.

Zur Festlegung der I-TSA-Variablen wurden diese Variablen nach McCALL in Normalverteilungen mit Mittelwert 100 und Standardabweichung 10 Häufigkeitstransformiert. Diese wurden einer Faktorenanalyse mit Hauptkomponenten-Extraktion und Varimax-Rotation unterzogen. Für die mentale Beanspruchung wurde noch RSME mitgeführt, obwohl es sich dabei um ein im Papier-Bleistift-Verfahren ermitteltes subjektives Maß handelt. Für die elektronisch registrierten Fahrfehlertasten wurde die nach McCALL in eine Normalverteilung Häufigkeitstransformierte Verteilung nach Bild 31 einbezogen.

Das Screeplot legt keine eindeutige Grenze in der Zahl zu extrahierender Faktoren bei einer unvollständigen Lösung nahe. Acht Faktoren haben Eigenwerte  $> 1$ . Deshalb wurden 8 Faktoren extrahiert. Sie erklären zusammen 82,6 % der Gesamtvarianz (Bild 32). Tabelle 11 zeigt die Varimax-rotierte Faktorenmatrix.

Faktor 1 in Tabelle 12 beschreibt die Geschwindigkeit und, damit verbunden, Bremsverzögerung, Bremslicht und Querbeschleunigung. Faktor 2 beschreibt die Fahrbeschleunigung und die Aktivität mit dem Gaspedal. Das entspricht dem Ergebnis eigener früherer Untersuchungen, z. B. im Projekt AKTIV-FAS (W. R. GLASER et al, 2010, S. 111). Faktor 3 gibt in großer Klarheit den Abstand zum Vorfahrer wieder, und zwar sowohl den Ab-



**Bild 32:** Screeplot zur Faktorenanalyse der elektronisch erfassten Daten

stand im Zeitmaß (th) als auch die Zeit bis zur Kollision (ttc). Beides entspricht den Ergebnissen im genannten Vorgängerprojekt. Die Querschleunigung bildet mit Geschwindigkeit einen Faktor, was physikalisch sehr plausibel ist. Wer schneller fährt, nimmt automatisch eine höhere Querschleunigung in Kauf. Das gilt auch für die Bremsverzögerung und die früher nicht erfasste Aktivität des Bremslichtes<sup>11</sup>: Wer schneller fährt, bremst auch häufiger und länger. Die früher nicht erfasste Aktivität des Blinkers bildet einen eigenen Faktor 6, und zwar mit ihrer Dauer, der außerdem die subjektiv bewertete mentale Beanspruchung – mit negativem Vorzeichen – enthält. Seine Bedeutung ist noch nicht ganz klar. Einerseits fährt wohl unsicherer, wer zu wenig blinkt. Andererseits könnte es auch ein längeres Blinken aus Ängstlichkeit und Übervorsicht geben, das ebenfalls eine unsichere Fahrweise anzeigt. Das Minuszeichen bei RSME bedeutet: Wer viel blinkt, gibt eine hohe mentale Beanspruchung an und ist dabei unsicherer. Die beiden Blinkervariablen für Dauer und Episodenzahl des Blinkens splitten sich auf zwei Faktoren auf. Die Episodenzahl bildet zusammen mit der Zahl der Drehrichtungswechsel des Lenkrades den eigenen Faktor 7. Ein inhaltlicher Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen ist kaum

<sup>11</sup> Physikalisch entsteht die Aktivität des Bremslichtes durch einen Schwellwertschalter für den Bremsdruck. Sie ist eine subjektive Abbildung des Bremsdruckes. Psychologisch ist die Zusammenfassung zweier derartiger Variablen zu einer Skala durchaus sinnvoll. Die eine Variable wird dadurch zu einem wertehabhängigen Gewichtungsfaktor für die andere.

Faktor Nummer	Varianzanteil nach der Rotation [%]	Bedeutung
1	17,721	Geschwindigkeit, Querschleunigung, Bremsverzögerung, Aktivität Bremslicht
2	17,489	Fahrbeschleunigung, Aktivität mit Gaspedal
3	12,149	Abstand zu Vorausfahrzeug (th und ttc)
4	8,758	Ruhe/Unruhe beim Lenken
5	8,428	Episodenzahl Bremslicht, Standardabweichung Nakayama-Verteilung Lenkrad, durch VI-Taste erfasste Fahrfehler
6	6,885	Dauer Blinklicht, mentale Beanspruchung (RSME)
7	6,003	Episodenzahl Blinklicht, Wechsel der Bewegungsrichtung Gaspedal
8	5,156	Spurhaltung
<b>Summe</b>	<b>82,584</b>	

**Tab. 12:** Die acht Faktoren der Varimax-rotierten, elektronisch erfassten Fahrvariablen (einschließlich RSME)

zu konstruieren. Deshalb ziehen wir bei den späteren I-TSA-Variablen die beiden Blinkervariablen zu einem I-TSA-Maß zusammen und führen RSME als eigenen I-TSA-Faktor. Die Spurhaltung bildet klar einen eigenen Faktor 8 (Tabelle 12).

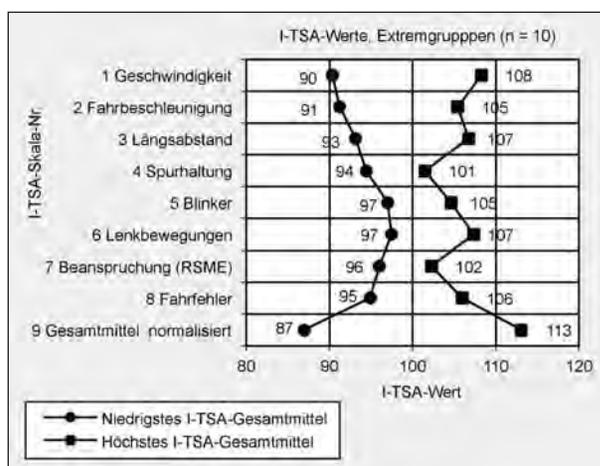
Nach Tabelle 13 wurden die Variablen aus Spalte 4 durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes zu den I-TSA-Skalen zusammengefasst. Diese entsprechen mit einzelnen, inhaltlich begründeten Ausnahmen den Faktoren nach Tabelle 12. Um diese Skalen als Testteile verwenden zu können, wurden sie erneut nach McCALL auf Mittelwert 100 und Standardabweichung 10 transformiert.

An dieser Stelle ist jetzt die entscheidende Frage zu stellen: Lässt sich mit den hier gefundenen Messwerten ein psychometrischer Test bilden? Dazu ist zunächst zu überprüfen, ob der Extremgruppenvergleich ein gut interpretierbares Muster liefert.

Bild 33 zeigt die Skalenmittelwerte für die beiden auf der Basis des Gesamtmittelwertes gebildeten Extremgruppen mit dem jeweiligen Umfang n = 10. Es fällt auf, dass die Mittelwerte für die einzelnen I-TSA-Variablen näher an der Mitte von M = 100 liegen als die Gesamtmittelwerte (I-TSA-9). Das liegt an den eher niedrigen Interkorrelationen zwischen den einzelnen I-TSA-Skalen und zeigt sich besonders deutlich bei den beiden Personen mit dem

Name	Bezeichnung	Reliabilität $\alpha$	Variablen
I-TSA 1	Geschwindigkeit	,888	Geschwindigkeit, Querbesehleunigung, Bremsverzögerung, Aktivität Bremslicht
I-TSA 2	Fahrbeschleunigung	,936	Fahrbeschleunigung, Aktivität mit Gaspedal
I-TSA 3	Längsabstand	,903	Abstand zu Vorausfahrzeug (th), Zeit bis Kollision (ttc)
I-TSA 4	Spurhaltung	,967	Abstand zu linker Spurbegrenzung, Standardabweichung Signal minus Signal tiefpassgefiltert
I-TSA 5	Blinker	,633	Blinker rechts und links, Dauer und Episodenzahl
I-TSA 6	Lenkbewegungen	,810	Zahl der Richtungswechsel Lenkradbewegung, Nakayama-Maße, Amplitude der Richtungswechsel Lenkradbewegung
I-TSA 7	Mentale Beanspruchung (RSME)	,660	RSME-Angaben, gemittelt über Straßentyp
I-TSA 8	Fahrfehler VI-Tasten	*	Häufigkeit der Fahrfehler, soweit vom VI durch Tastendruck eingegeben
I-TSA 9	Mittelwert	,350 **	Mittelwert über 1 - 8

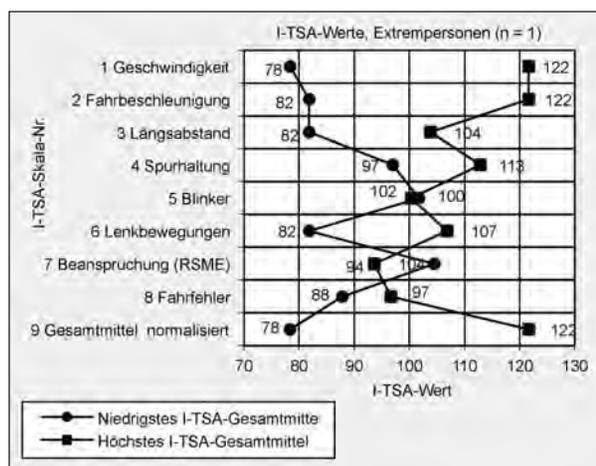
**Tab. 13:** Die I-TSA-Skalen und die in ihnen zusammengefassten Variablen. \* bedeutet: Nur eine Rohvariable, daher ist  $\alpha$  nicht zu berechnen. \*\* bedeutet: Der gesamte Test besteht aus niedrig interkorrelierenden Einzel-skalen. Daher ist das  $\alpha$  für einen Durchschnittsscore niedrig



**Bild 33:** I-TSA-Werte für die Extremgruppen (n = 10)

minimalen bzw. maximalen Gesamtmittelwert (Bild 34). Sie verdanken ihre Rangplätze im Gesamtmittelwert in erster Linie ihren Werten in I-TSA 1 bis 3, zeigen bei den anderen I-TSA-Skalen aber eher mittlere Scores.

Der multivariate F-Test für den Mittelwertsunterschied zwischen den beiden Gruppen ergab



**Bild 34:** I-TSA-Werte für die beiden Extrempersonen im Gesamtmittelwert

$F(8;11) = 18,811$ ,  $p < 0,0112$ . Tabelle 14 zeigt die Resultate der Einzel-t-Tests auf Mittelwertsunterschiede zwischen den beiden Extremgruppen in den acht I-TSA-Skalen und deren Gesamtmittelwert. I-TSA 1 bis 3 sind auf 1%-Niveau signifikant. Das gilt auch für den Gesamtmittelwert. Bei diesem ist der Signifikanztest allerdings bedeutungslos, da die Gesamtmittelwerte ja der Gruppenbildung zugrunde liegen. Auch bei den einzelnen I-TSA-Variablen ist der Signifikanztest nur eine grobe Abschätzung der Varianzverhältnisse, weil seine Voraussetzung der unabhängigen Zufallszuweisung der Personen zu den Gruppen verletzt ist. I-TSA 8, Zahl der Fahrfehler, erreicht das 5%-Niveau. Die zwischenliegenden Variablen I-TSA 4 bis 7 werden nicht signifikant, ihre t-Werte bewegen sich jedoch in der Nähe der Signifikanzgrenzen.

Insgesamt zeigen sich also klare Extremgruppen auf der Basis des Gesamtmittelwertes. Diese sind auf der Basis der Fahrdynamikskalen I-TSA 1 bis I-TSA 3 am deutlichsten ausgeprägt.

Um die Struktur der Interkorrelationen der I-TSA-Skalen aufzuhellen, wurden sie einer Faktorenanalyse unterzogen. Das zugehörige Screeplot zeigt Bild 35.

Die Faktorenanalyse über die acht I-TSA-Variablen liefert eine reduzierte Vier-Faktorenlösung, die 73 % der Varianz erklärt. Das Screeplot zeigt, dass nicht ein Faktor einen großen Teil der Varianz ab-

<sup>12</sup> Der multivariate F-Test wurde ohne I-TSA 9 gerechnet, da diese Skala als Mittelwert von den anderen 8 I-TSA-Skalen linear abhängig ist.

		Levene-Test der Varianzgleichheit		t-Test bei unabhängigen Stichproben		
I-TSA-Skala		F	Signifikanz	t	df	Sig. (2-seitig)
I-TSA 1	Varianzen sind gleich	1,449	,244	-5,259	18	,000
	Varianzen sind nicht gleich			-5,259	16,739	,000
I-TSA 2	Varianzen sind gleich	,006	,939	-3,673	18	,002
	Varianzen sind nicht gleich			-3,673	17,981	,002
I-TSA 3	Varianzen sind gleich	,089	,769	-3,101	18	,006
	Varianzen sind nicht gleich			-3,101	17,825	,006
I-TSA 4	Varianzen sind gleich	1,088	,311	-1,737	18	,099
	Varianzen sind nicht gleich			-1,737	16,592	,101
I-TSA 5	Varianzen sind gleich	,003	,957	-1,781	18	,092
	Varianzen sind nicht gleich			-1,781	17,974	,092
I-TSA 6	Varianzen sind gleich	,101	,754	-2,056	18	,055
	Varianzen sind nicht gleich			-2,056	17,769	,055
I-TSA 7	Varianzen sind gleich	,779	,389	-1,352	18	,193
	Varianzen sind nicht gleich			-1,352	16,758	,194
I-TSA 8	Varianzen sind gleich	,459	,507	-2,748	18	,013
	Varianzen sind nicht gleich			-2,748	16,437	,014

Tab. 14: Signifikanztest in den acht I-TSA-Variablen und deren Gesamtmittelwert für die Extremgruppen (je  $n = 10$ ) auf der Basis der Gesamtmittelwerte

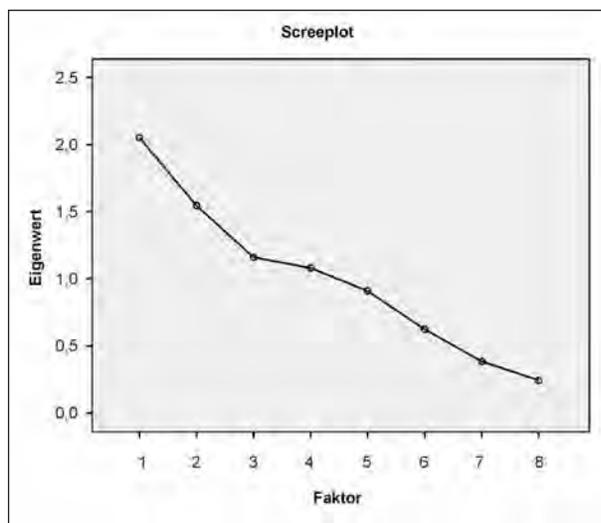


Bild 35: Screeplot zur Faktorenanalyse über die 8 I-TSA-Skalen. Vier Eigenwerte sind  $> 1,0$

deckt, sondern sich mehrere Faktoren relativ stark an der Varianzerklärung beteiligen. Das bedeutet: Es gibt eher nicht den einen Faktor „Sicheres Fahren“, sondern deren mehrere, die wechselseitig voneinander unabhängig bei verschiedenen Personen hohe oder niedrige Werte annehmen können. Damit steht in Einklang, dass der Mittelwert

über die acht I-TSA-Skalen nur eine Reliabilität von  $\alpha = 0,350$  erreicht. Der Mittelwert ist also kein geeignetes Maß für sicheres Fahren. Stattdessen müssen die Profile der Einzelskalen interpretiert werden.

Tabelle 15 zeigt die Varimax-rotierte Faktorenmatrix für die acht I-TSA-Variablen. Faktor 1 gibt die drei Fahrvariablen I-TSA 1 bis I-TSA 3, nämlich „Geschwindigkeit“, „Beschleunigung und Gaspedalbewegung“ sowie „Abstand zum Vorausfahrzeug“, wieder. I-TSA 4, 5 und 7, „Spurhaltung“, „Blinker“ und „Mentale Beanspruchung“, bilden Faktor 2. I-TSA 5, „Blinker“, geht hier mit Minuszeichen ein. Das wurde oben schon diskutiert: Wer häufiger blinkt, erlebt auch eine höhere mentale Beanspruchung. Die mit Tastendruck vom Versuchsleiter registrierten Fahrfehler bilden den eigenen Faktor 3, die „Unruhe bei den Lenkbewegungen“ den Faktor 4.

I-TSA-Skala	Faktor Nummer				h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
	1	2	3	4	
I-TSA 1 Geschwindigkeit	,895			,142	,828
I-TSA 2 Fahrbeschleunigung	,826	,199	,142	-,315	,841
I-TSA 3 Längsabstand	,663	-,324		,208	,595
I-TSA 4 Spurhaltung		,501		-,133	,270
I-TSA 5 Blinker		-,711	,488		,747
I-TSA 7 Mentale Beanspruchung (RSME)		,816	,263		,753
I-TSA 8 Fahrfehler VI-Tasten			,928		,878
I-TSA 6 Lenkbewegungen				,960	,927
Varianzanteil nach der Rotation %	24,3	19,8	15,0	14,0	

Tab. 15: Varimax-rotierte Faktorenmatrix der 8 I-TSA-Variablen

#### 4.6 Trennt der Test zwischen Personengruppen?

Der Versuch diente der Entwicklung eines psychometrischen Verfahrens zur Messung der Fahrsicherheit auf einer Probefahrt von etwa 90 Minuten im öffentlichen Straßenverkehr. Ein vollständiger Planversuch zur Bewertung der relevanten Komponenten der Fahrsicherheit wäre über den Rahmen dieses Projektes hinausgegangen. Stattdessen wurde versucht, alle relevanten Variablen abzuwägen, aber noch nicht im strengen Sinne der Stichprobentheorie repräsentativ, in der Stichprobe zu verteilen. Dennoch können erste Analysen Hinweise dafür liefern, ob der Test zwischen wichtigen Personengruppen diskriminiert.

Zunächst wird der Unterschied zwischen Männern und Frauen untersucht. Die Mittelwerte zeigt Bild 36. Die Frauen schneiden dabei fast durchgängig etwas sicherer ab als die Männer. Der Unterschied ist jedoch weit von der Signifikanzgrenze entfernt. Der multivariate F-Test auf den Geschlechtsunterschied liefert  $F(8;31) = 0,308$ ,  $p = 0,957$ . Die maximale Mittelwertsdifferenz beträgt 3,1 bei I-TSA 2 (Fahrbeschleunigung). Bei der Standardabweichung der I-TSA-Skalen von 10 entspricht sie einer niedrigen Effektgröße, die erst bei über 100 Fällen je Stichprobe mit  $\alpha \leq 0,05$  und  $1 - \beta \geq 0,8$  signifikant wird

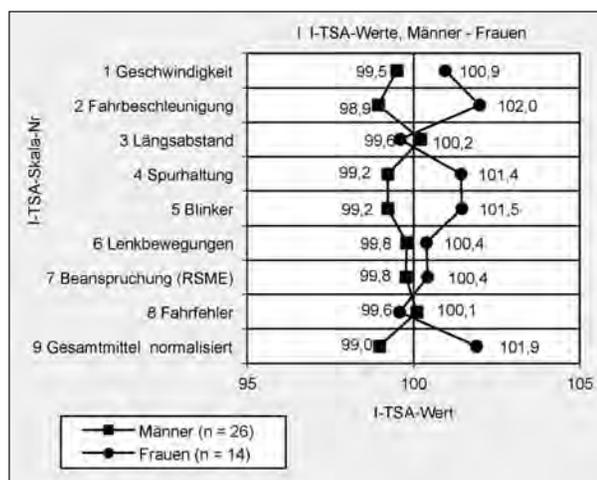


Bild 36: Gruppenvergleich I-TSA-Mittelwerte Männer (n = 26) und Frauen (n = 14)

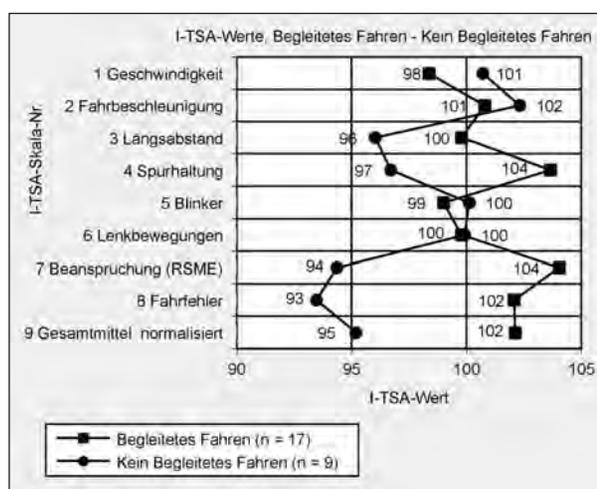


Bild 37: Gruppenvergleich I-TSA-Mittelwerte Begleitetes Fahren (n = 17) und kein Begleitetes Fahren (n = 9), Alter bis 22 Jahre

(BORTZ, 2005, S. 143). Der Grund liegt darin, dass bei den I-TSA-Skalen der interindividuelle Varianzanteil, an dem die Effektgröße gemessen wird, sehr viel größer ist als der geschlechtsbedingte Varianzanteil.

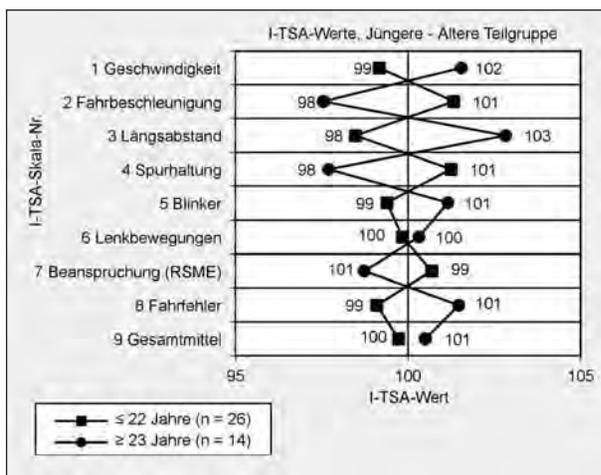
Die zweite Variable, die hier von Interesse ist, ist das Begleitete Fahren. Es kommt nur bis zur Altersstufe 22 Jahre vor. Deshalb werden die I-TSA-Gruppenmittelwerte mit und ohne Begleitetes Fahren im Alter bis zu 22 Jahren miteinander verglichen.

In Bild 37 zeigen sich bei vier I-TSA-Variablen deutlichere Unterschiede zugunsten des Begleiteten Fahrens: Bei 3 (Längsabstand), 4 (Spurhaltung), 7 (Mentale Beanspruchung RSME), 8 (Fahrfehler VI-Tasten) und dem Gesamtmittel. Der multivariate Test auf Mittelwertsunterschiede zwischen den Be-

dingungen erreicht ein  $F(8;17) = 2,212$ , das mit  $p = 0,080$  die einseitige Signifikanzgrenze überschreitet. Bei I-TSA 4 erreicht der Einzelvergleich  $F(1; 24) = 3,046$ , das mit  $p = 0,094$  einseitig signifikant ist. Bei I-TSA 7 werden das Einzel- $F(1;24) = 5,116$ ,  $p = 0,033$  und bei I-TSA 8 das Einzel- $F(1;24) = 5,024$ ,  $p = 0,035$  signifikant. Der Mittelwert über die 8 I-TSA-Skalen verfehlt die zweiseitige Signifikanzgrenze ( $F(1;24) = 2,990$ ,  $p = 0,098$ ). Die Zahl der Fälle ist für eine logistische Regression eigentlich zu klein (HAIR, ANDERSON, TATHAM und BLACK, 1998, S. 282, empfehlen eine Mindestgruppengröße von 20). Zu rein exploratorischen Zwecken haben wir sie dennoch gerechnet. Immerhin liefert die logistische Regression der Ja-/Nein-Variablen „Begleitetes Fahren“ auf die acht I-TSA-Variablen eine zu 100 Prozent richtige Klassifikation mit  $R^2 = 0,725$ .

Keiner der einzelnen Regressionskoeffizienten ist signifikant. Der Test vermag aber als Ganzer zwischen beiden Gruppen zu trennen. Dennoch ist auch hier die interindividuelle Varianz der I-TSA-Variablen relativ groß, verglichen mit den Varianzanteilen zwischen den beiden Gruppen, sodass sich klare, anschauliche Gruppenunterschiede bei den hier vorliegenden Personenzahlen noch nicht zeigen.

Als Drittes soll geprüft werden, ob der Test zwischen den Altersgruppen diskriminiert. Dazu werden die beiden Altersgruppen der jüngeren Fahrer(innen), bei denen auch Begleitetes Fahren vorkommt (Alter  $\leq 22$  Jahre), und der älteren Fahrer(innen) (Alter  $\geq 23$  Jahre) gebildet. Wie Bild 38 zeigt, liefert der Test keine sinnvolle Unterscheidung zwischen den beiden Altersgruppen. Das multivariate  $F(8;31) = 1,012$ ,  $p = 0,447$  bestätigt das Fehlen jeglichen interpretierbaren Effektes.

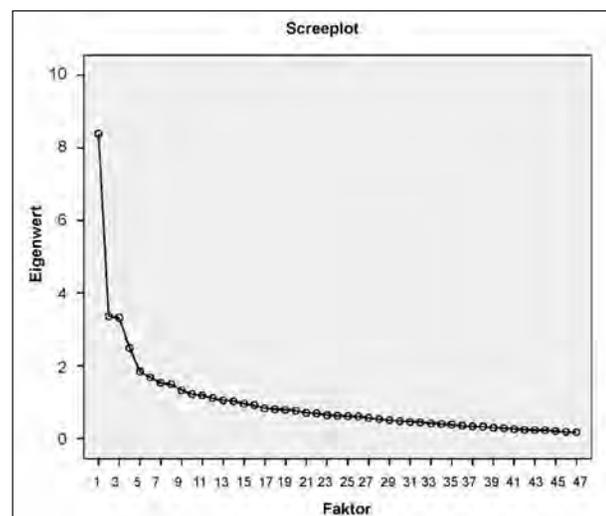


**Bild 38:** Gruppenvergleich I-TSA-Mittelwerte Jüngere (n = 26) und Ältere (n = 14) Teilgruppe

## 4.7 Der Fahrerlebensbogen

Ein Teilziel des Projektes war es, den Fahrerlebensbogen mit seinen 47 Items auf eine möglichst breite empirische Basis zu stellen. Für die Faktorenanalyse wurden deshalb die Daten der 120 Vpn aus dem Projekt INVENT (W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005, S. 21 ff. und 101 ff.), der 39 Vpn aus dem Projekt AKTIV (W. R. GLASER et al., 2010, S. 140) und der 40 Vpn aus diesem Projekt zu einer Datenbasis mit 199 Vpn zusammengezogen. Die Items beruhen auf Vorformen des Bogens und früheren Erfahrungen. So enthält er alle 20 Items des Technik-/Risikofragebogens von Br. FÄRBER und Be. FÄRBER (2003; Items e23 ... e42). Von den Autoren des Vorgängerprojektes, INVENT AP 3100 (IVI und TUD, 2005), wurden uns die 8 Items e1 ... e8 freundlicherweise überlassen. Die 13 Items e9 ... e22 wurden einem hausinternen Fahrerlebensbogen von MTO entnommen, die 5 Items e43 ... e47 im INVENT-Projekt neu formuliert. Die Antworten der Vpn wurden mit 1 (Trifft voll zu), 2 (Trifft eher zu), 3 (Teils/teils), 4 (Trifft eher nicht zu) und 5 (Trifft gar nicht zu) codiert. Das Screeplot der Faktorenanalyse zeigt Bild 39.

Die Analyse ergibt 14 Eigenwerte  $> 1$ , die zusammen 65,9 % der Gesamtvarianz erklären. Das Screeplot legt die Extraktion von fünf Faktoren nahe, die zu fünf gut interpretierbaren und reliablen Skalen führen. Sie erklären zusammen 41,2 % der Gesamtvarianz (Tabelle 17). Diese Lösung zeigt kaum Abweichungen von der früheren mit 159 Vpn. Die Zahlen stammen von allen 199 Vpn der drei Projekte. Den weiteren Darstellungen liegt ab hier nur noch die vorliegende Stichprobe mit 40 Vpn zugrunde.



**Bild 39:** Screeplot zur Faktorenanalyse der 47 Items des Fahrerlebensbogens mit 199 Vpn

Faktor	Item	Faktor Nr.					h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
		1	2	3	4	5	
Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung	e2 Ich fahre ungern Strecken, die ich nicht kenne.	,653	-,308		-,119		,548
	e4 Ich fahre ungern nachts Auto.	,542					,303
	e5 Ich fahre ungern lange Strecken mit dem Auto.	,600	-,304		-,115	-,202	,508
	e6 Ich fühle mich im Verkehr häufig überfordert.	,493	-,106		-,232		,316
	e11 Wenn irgend möglich vermeide ich es, in einer fremden Stadt Auto zu fahren.	,615	-,282		-,136		,477
	e13 Mir wird sehr unwohl, wenn ich ein Einsatzfahrzeug mit Blaulicht sehe.	,519		-,119	-,128		,301
	e15 Es passiert mir oft beim Autofahren, dass ich wegen anderer Verkehrsteilnehmer erschrecke.	,570	,166		-,137	,112	,385
	e16 Raser auf der Autobahn ängstigen mich.	,476		-,303		,415	,496
	e17 Nach einer längeren Autofahrt fühle ich mich sehr angespannt.	,515	-,139	-,223	-,232		,394
	e18 Wenn ich die Spur wechseln muss, werde ich nervös.	,660	-,242		-,167		,530
	e19 Beim Autofahren denke ich oft daran, was alles passieren kann.	,482					,237
	e20 Wenn ich ein riskantes Überholmanöver sehe, ängstigt mich dies, auch wenn ich selbst nicht gefährdet bin.	,373	,167	-,199		,255	,273
	e25 In einem Fahrzeug-Cockpit mit vielen Schaltern und Anzeigen fühle ich mich gar nicht wohl.	,458		-,432			,408
	e35 Gespräche mit dem Beifahrer stören mich, wenn ich mich in einer Fahrsituation konzentrieren muss.	,357	-,169	-,189		,146	,218
Freude am Fahren	e1 Autofahren ist für mich auch eine sportliche Herausforderung.		,668		,128		,474
	e8 Schnell mit dem Auto zu fahren, macht mir Spaß.		,681	,214	,162	-,250	,599
	e9 Ich fahre sehr gern auf kurvenreichen Strecken.	-,234	,562			-,149	,411
	e12 Es macht mir Spaß, im Verkehrsgetümmel mitzumischen.	-,199	,502				,295
	e14 Beim Autofahren kann ich so richtig entspannen.	-,257	,303		,252		,234
	e21 Autofahren kann ich so richtig genießen.	-,277	,591		,232	,202	,530
	e26 Wenn Freunde in meinem Auto mitfahren, zeige ich schon gerne, wie PS-stark mein Auto ist.	,237	,487	,369		-,308	,528
	e29 Bei einem privaten Autorennen auf dem Nürburgring mitzufahren, würde mir großen Spaß machen.		,565	,135	,154	-,172	,399
	e39 Für mich ist das Auto nicht nur ein Transportmittel. Autofahren soll Spaß machen!		,592	,335	,275		,541
Begeisterung für die Technik	e23 Wenn ein neues System für Autos auf den Markt kommt, z. B. ein Wegleitsystem, möchte ich es sofort haben.		,363	,548		,341	,555
	e24 Ich erkunde eine fremde Stadt gern ohne Hilfe, auch wenn ich nicht am geplanten Punkt herauskomme.	-,172	,177	-,210		-,123	,126
	e30 Beim Autoradio genügt es mir, die Hauptfunktionen zu kennen. Weitere Funktionen interessieren mich nicht.	,232		-,565			,384
	e33 Wenn ich ein neues Gerät habe, probiere ich sofort aus, was man alles damit machen kann.	-,131	,147	,692			,526
	e34 Ein Fahrzeug mit Automatik-Schaltung fahre ich lieber als eines mit Schaltgetriebe.		,161	,267		,176	,138
	e37 Ich arbeite lieber mit Geräten, die mir vertraut sind.	,378		-,481		,127	,396
	e40 Bei technischen Produkten möchte ich immer das Neueste haben.		,331	,678	,144		,603
	e42 Beim Kauf von neuen Geräten bevorzuge ich diejenigen, die viele Funktionen beinhalten.		,127	,747	,197		,618

Tab. 16: Varimax-rotierte Faktorenmatrix für die 47 Items des Fahrerlebensbogens bei n = 199 Vpn. Gesamte Varianzerklärung 41,2 %. Die Spalte h<sup>2</sup><sub>ij</sub> gibt die Kommunalitäten wieder

Faktor	Item	Faktor Nr.					h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
		1	2	3	4	5	
Selbstbewusstsein, Selbstsicherheit als Fahrer(in)	e3 Ich erfasse komplexe Verkehrssituationen sehr schnell.	-,257	,209		,482		,348
	e7 Ich beherrsche mein Fahrzeug auch in Grenzsituationen.		,263		,643		,492
	e10 Beim Autofahren lasse ich mich kaum aus der Ruhe bringen.	-,280			,554	,151	,412
	e43 Ich bin ein sehr guter Autofahrer.	-,248	,295	,147	,687		,642
	e44 Mir unterlaufen während des Fahrens fast nie Fehler.			,184	,662		,482
	e45 Es kommt vor, dass sich meine Stimmung nachteilig auf mein Fahrverhalten auswirkt.	,263	,202	-,272	-,269	-,171	,285
	e46 Ich bin ein außerordentlich sicherer Autofahrer.		,121		,788	,128	,660
Norm- und Regelorientierung	e22 Ich bemühe mich, immer ein Auto zu fahren, das in Bezug auf Sicherheit auf dem neuesten Stand ist.		,356	,401		,409	,460
	e27 Ich vermeide Fahrmanöver, die gefährlich sind.		-,280		,108	,435	,280
	e28 Bedienungsanleitungen lese ich eigentlich nie. Lieber probiere ich aus, wie etwas funktioniert.		-,110	,130	,284	-,536	,397
	e31 Wenn ich am Computer arbeite, habe ich immer mehrere Anwendungen geöffnet und springe zwischen ihnen hin und her.			,357		-,369	,278
	e32 Beim Autofahren schalte ich mein Handy aus, um nicht gestört zu werden.			-,393		,462	,381
	e36 Die Vorschrift, im Fahrzeug nur Handys mit Freisprech-Einrichtung zu verwenden, halte ich für übertrieben.					-,373	,146
	e38 Wenn ich auf Reisen gehe, plane ich sehr sorgfältig die Reiseroute.	,176				,462	,256
	e41 Ich halte mich an die Geschwindigkeitsbegrenzungen, auch wenn sie mir oft nicht sinnvoll erscheinen.	,114	-,179	,108		,658	,500
	e47 Ich halte mich eigentlich immer an die Verkehrsregeln.		-,149	,164	,402	,636	,616

Tab. 16: Fortsetzung

Faktor (Name kurz)	Varianzanteil nach der Rotation [%]	Reliabilität der Skala α	Zahl der Items	Bedeutung
Erl1	10,313	0,825	14	Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung
Erl2	8,863	0,814	9	Freude am Fahren
Erl3	8,261	0,700	8	Begeisterung für die Technik
Erl4	7,297	0,725	7	Selbstbewusstsein, Selbstsicherheit als Fahrer(in)
Erl5	6,504	0,640	9	Norm- und Regelorientierung
Summe	41,239		47	

Tab. 17: Die fünf Faktoren und Fahrerlebensskalen (n = 199)

Die Mittelwerte für die fünf Skalen zeigt Bild 40. Dabei fällt auf, dass „Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung und Überforderung“ im Mittel „Eher nicht“ angegeben wird.

Die Rohwerte des Fahrerlebensbogens wurden für die Gesamtstichprobe bei jeder Skala auf den Mittel-

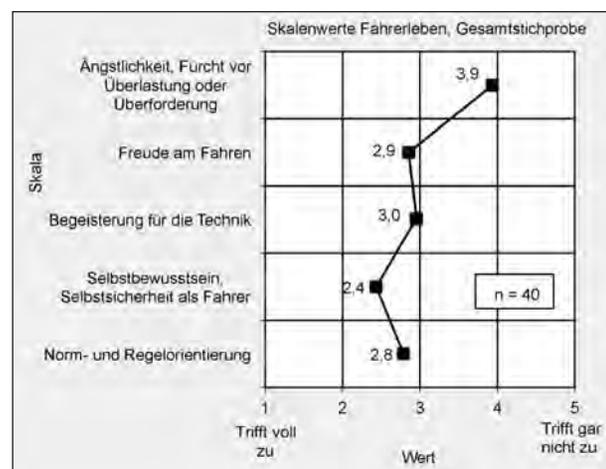
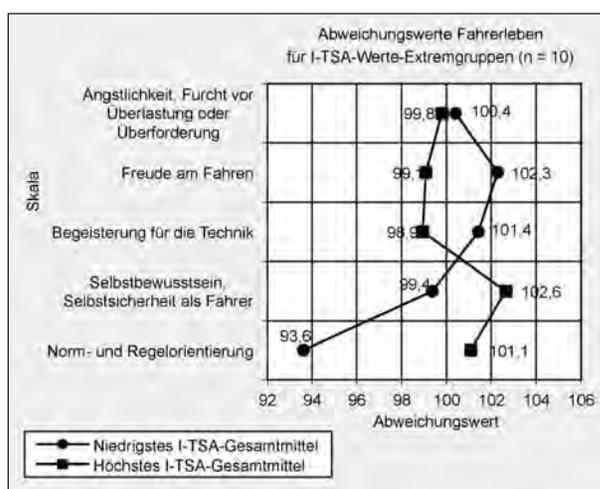


Bild 40: Skalenergebnisse Fahrerleben, Mittelwert über Gesamtstichprobe (n = 40). 1 (Trifft voll zu), ..., 3 (Teils/teils), ..., 5 (Trifft gar nicht zu)

wert 100 und die Standardabweichung 10 standardisiert. Die Polung wurde dabei so gewählt, dass einer hohen Ausprägung des Merkmals im Sinne seiner Bezeichnung (Ängstlichkeit, Freude am Fahren,

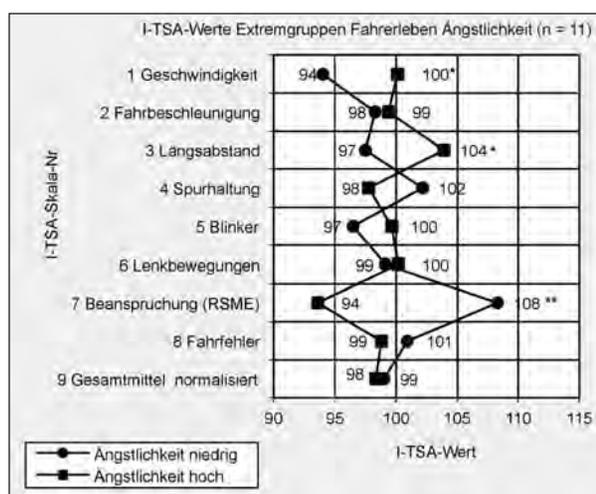


**Bild 41:** Mittlere Abweichungswerte der beiden I-TSA-Extremgruppen (jeweils n = 10) für Fahrerleben. Für die Gesamtstichprobe gilt bei jeder Skala M = 100, s = 10

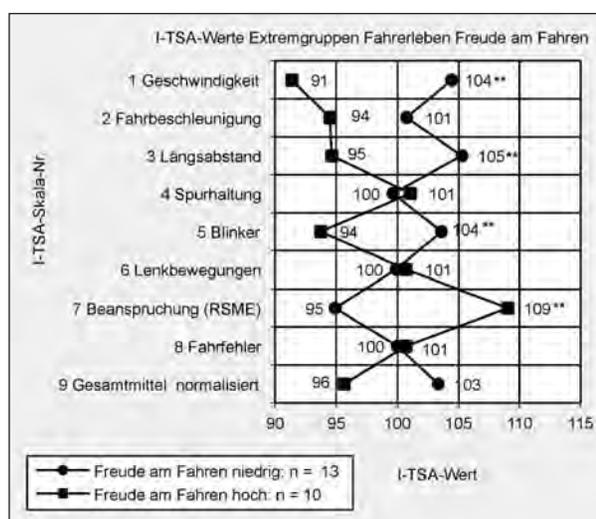
usw.) eine hohe Zahl (über 100) entspricht. Wie oben wurden zwei Extremgruppen auf der Basis der I-TSA-Mittelwerte mit je 10 Vpn gebildet. Die standardisierten Fahrerlebenswerte zeigt Bild 41. Der multivariate F-Test für die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen liefert  $F(5;14) = 0,837$ ,  $p = 0,545$ . Für den größten Unterschied bei „Norm- und Regelorientierung“ ergibt sich univariat  $F(1;18) = 3,605$ ,  $p = 0,074$ . Dieser Wert ist einseitig mit  $p \leq 0,05$  signifikant. Die Extremgruppe mit den höchsten I-TSA-Werten zeigt auch die höchste Norm- und Regelorientierung. Wegen der kleinen Teilstichproben konnte aber für die vier anderen Skalen keine Signifikanz erreicht werden. Es erscheint plausibel, dass eine größere Stichprobe zur Signifikanz führen würde. Das Datenmuster wäre interessant: Die unsicherere I-TSA-Extremgruppe würde bei „Freude am Fahren“ und „Begeisterung für die Technik“ höher, bei „Selbstbewusstsein als Fahrer“ schlechter abschneiden als die sicherere I-TSA-Extremgruppe.

Für die Gesamtstichprobe liegt es nahe, bei den einzelnen Fahrerlebensskalen Extremgruppen zu bilden und die zugehörigen I-TSA-Mittelwerte miteinander zu vergleichen. Das multivariate F überschreitet nur für „Freude am Fahren“ mit  $F(8;14) = 5,682$ ,  $p \leq 0,001$  die Signifikanzgrenze. Informative Einzelsignifikanz gibt es auch bei „Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung“ sowie bei „Norm- und Regelorientierung“. Die entsprechenden Bilder sollen hier wiedergegeben werden.

Die Fahrer mit niedriger Ängstlichkeit zeigen bei I-TSA für Geschwindigkeit und Längsabstand unsicherere Mittelwerte. Ihre mentale Beanspruchung



**Bild 42:** I-TSA-Mittelwerte für die Extremgruppen Fahrerleben „Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung“. „\*“ kennzeichnet signifikante Mittelwertsdifferenzen mit  $p \leq 0,05$  einseitig, „\*\*“ mit  $p \leq 0,01$  zweiseitig

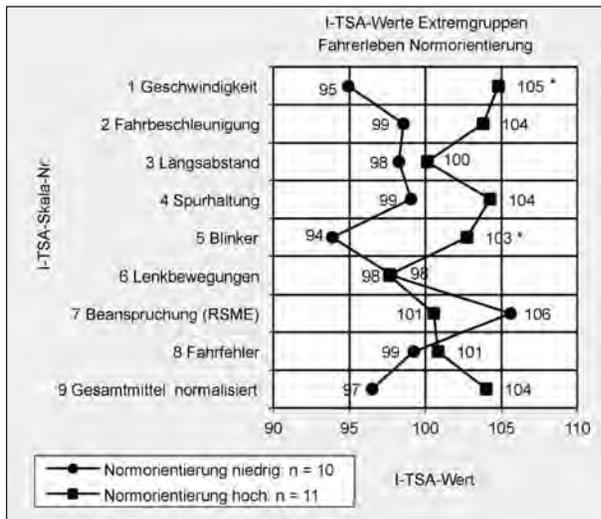


**Bild 43:** I-TSA-Mittelwerte für die Extremgruppen Fahrerleben „Freude am Fahren“. „\*\*“ kennzeichnet signifikante Mittelwertsdifferenzen mit  $p \leq 0,01$  zweiseitig

ist deutlich verringert, was hier einen hohen I-TSA-Mittelwert ergibt (Bild 42).

Die Fahrer mit hoher Freude am Fahren zeigen bei I-TSA für Geschwindigkeit, Längsabstand und Blinker unsicherere Mittelwerte. Ihre mentale Beanspruchung ist deutlich verringert, was hier einen hohen I-TSA-Mittelwert ergibt (Bild 43).

Die Fahrer mit hoher Norm- und Regelorientierung zeigen bei I-TSA für Geschwindigkeit und Blinker sicherere Mittelwerte. Eine Reihe anderer Mittelwertsdifferenzen, die die Signifikanzgrenzen nicht erreichen, hat die gleiche, plausible Richtung (Bild 44).



**Bild 44:** I-TSA-Mittelwerte für die Extremgruppen Fahrerleben „Norm- und Regelorientierung“. „\*“ kennzeichnet signifikante Mittelwertsdifferenzen mit  $p \leq 0,05$  zweiseitig

### 4.8 Die Fahrverhaltensbeurteilung

Am Ende der Fahrt füllte der VI einen detaillierten Beurteilungsbogen für das Fahrverhalten aus. Dieser enthielt drei Teile: Ratings für die Beeinträchtigung der Fahrsicherheit durch Fehler in 33 verschiedenen Kategorien, VI-Ratings über die Fahrsicherheit generell und ein semantisches Differential zum Fahrstil.

#### 4.8.1 Die Beeinträchtigung der Fahrsicherheit

Listen mit genauer Registrierung aller einzelnen Fahrfehler bei Versuchen der vorliegenden Art und Dauer liefern oftmals für eine statistische Auswertung zu geringe Häufigkeiten. Da zudem das Gewicht der einzelnen Fehlerarten für die Fahrsicherheit unterschiedlich groß ist, wurde in diesem Projekt stattdessen die Beeinträchtigung der Fahrsicherheit durch jeden Fehlertyp am Ende der Fahrt mit einem Intensitätsadjektiv geschätzt. Die insgesamt 33 Fehlertypen zeigt Tabelle 18, die Codierung der Fehler Tabelle 19.

Variablenname	Bedeutung
Geschwindigkeit_01	Geschwindigkeitswahl zu hoch für Verkehrssituation
Geschwindigkeit_02	Geschwindigkeitswahl zu niedrig für Verkehrssituation
Geschwindigkeit_03	Geschwindigkeitswahl zu stark schwankend, d. h. „unmotivierte“ Veränderungen der Geschwindigkeit

**Tab. 18:** Die einzelnen Fehlertypen im Beurteilungsbogen für das Fahrverhalten, Variablennamen und Bedeutungen

Variablenname	Bedeutung
Abstand_01	Zu dichtes Auffahren
Abstand_02	Seitenabstand rechts oder links zu gering (auch gegenüber Radfahrern und Hindernissen)
Spur_01	Spurwechsel, ungenügende Signalgebung und Sicherung
Spur_02	Spurwechsel, Lücke zu eng
Spur_03	Spurwechsel, Fahrer zu zögerlich
Spur_04	Fahrer zu lange auf linker Spur
Spur_05	Stures Hinterherfahren
Spur_06	Ständiges Spurspringen
Spur_07	Zu später Spurwechsel bei Hindernissen und Spurverengungen
Spur_08	Zu früher Spurwechsel bei Hindernissen und Spurverengungen
Blinken_01	Kein Blinken; auch keine sonstige Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern
Blinken_02	Zu frühes Blinken
Blinken_03	Zu spätes Blinken
Annähern_01	Ungenügende Beachtung der Vorfahrts-Regelung
Annähern_02	Zu spätes Einordnen
Annähern_03	Falsches Einordnen
Annähern_04	Zu starkes, abruptes Bremsen vor Kreuzung
Kreuzung_01	Durchfahren bei Rot
Kreuzung_02	Sonstiges (z. B. Einfahren bei Grün in nicht geräumte Kreuzung)
Kreuzung_03	Linksabbiegen: Behinderung anderer Verkehrsteilnehmer (bevorrechtigter Gegenverkehr bzw. Fußgänger/Radfahrer)
Kreuzung_04	Rechtsabbiegen: Behinderung anderer Verkehrsteilnehmer (vor allem Fußgänger/Radfahrer)
Sichern_01	Ungenügendes oder fehlendes Sichern (hinsichtlich Bremsbereitschaft, Geschwindigkeitsreduktion, Spiegelgebrauch, evtl. Umschauen)
Sichern_02	Übervorsichtiges Sichern
Spiegel_01	Fahrer versäumt den Blick in den linken Außenspiegel
Spiegel_02	Fahrer versäumt den Blick in den rechten Außenspiegel
Spiegel_03	Fahrer versäumt den Blick in den Innenspiegel
Spiegel_04	Inadäquates Umschauen nach links oder rechts
Sonstiges_01	Mangelnde Vorsicht gegenüber Fußgängern und Radfahrern (außerhalb Kreuzung)
Sonstiges_02	Zu starkes Bremsen
Sonstiges_03	Überholen trotz Verbots bzw. Überholen mit Gefährdung

**Tab. 18:** Fortsetzung

Die Häufigkeitsverteilungen für die Ratings der einzelnen Fehlerarten über die Personen hinweg sind ausnahmslos stark rechtsschief mit dem Modus bei 0 = „Nicht aufgetreten“. Die Variablen lassen sich daher nicht auf der Basis einer Faktorenanalyse zu einer überschaubaren Anzahl von Skalen zusammenziehen. Wie selten Ratings > 0 insgesamt sind, zeigt Bild 45. Die höchste Summe entstand bei „Zu dichtes Auffahren“ mit  $f = 19$ , was bei 40 Vpn einem Mittelwert von 0,48, also zwischen „Nicht aufgetreten“ und „(Praktisch) keine Beeinträchtigung“ entspricht. Profile wie Bild 45 können als Ganze interpretiert und auch für einzelne Personen oder Personengruppen aufgestellt werden. Ein solches Profil für eine Einzelperson mit der maximalen Summe der Ratings über alle Fehlerarten („unsicherste Person“) zeigt Bild 46. Die Interpretation solcher Profile ist mühsam und unübersichtlich, in Einzelfällen aber sicher nützlich.

Code	Beeinträchtigung der Fahrsicherheit
0	Nicht aufgetreten
1	(Praktisch) keine
2	Gering
3	Eher gering
4	Merklich
5	Hoch

Tab. 19: Codierung der Intensitätsadjektive im Beurteilungsbogen für das Fahrverhalten

Eine Möglichkeit, diese Daten zu einer Kennzahl pro Person zu aggregieren, ist die Berechnung der Ratingsumme über alle Fehlerarten. Deren Verteilung über alle Personen zeigt Bild 47.

Diese Häufigkeitsverteilung lässt sich durch eine Häufigkeitstransformation nach McCALL in eine Normalverteilung mit dem Mittelwert 100 und der Standardabweichung 10 umwandeln. Wir wählen die Richtung der Rangreihe so, dass einem niedrigen Score ein hohes T entspricht. Das ist dann die gleiche Polarität wie die der I-TSA-Maße, ein hoher Wert entspricht dem sichereren Fahren. Für diese Werte ergibt sich eine signifikante Produktmomentkorrelation von  $r = 0,85$  ( $p \leq 0,01$ ) mit I-TSA 8, der mittels VI-Tasten eingegebenen Fahrfehlerzahl. Diese hohe Korrelation war zu erwarten. Ihr Eintreten bestätigt die Brauchbarkeit der erhaltenen Daten. Für die Vpn im Alter bis zu 22 Jahren ergibt sich ein  $M = 100,3$  mit und  $M = 94,6$  ohne Begleitetes Fahren. Der Unterschied ist deutlich, verfehlt jedoch auch hier wegen der kleinen Teilstichprobengröße mit  $t(24) = 1,338$  die Signifikanzgrenze.

Bild 48 zeigt die Ratingsummen zweier Extremgruppen (je  $n = 10$ ) bei I-TSA-Mittelwerten: Für die Gruppe mit dem niedrigsten I-TSA-Gesamtscore ergibt sich  $M = 96,4$ , für die mit dem höchsten  $M = 105,7$ . Dieser Unterschied ist signifikant ( $t(18) = 2,222$ ,  $p \leq 0,05$ )

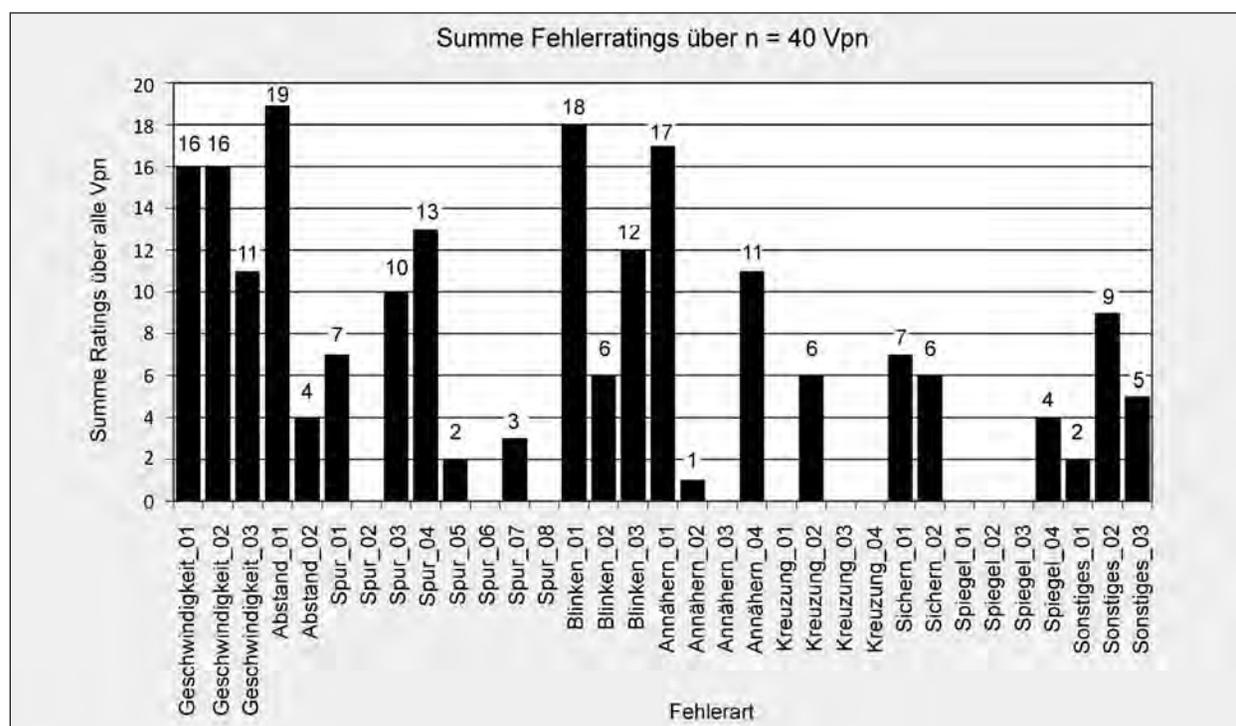
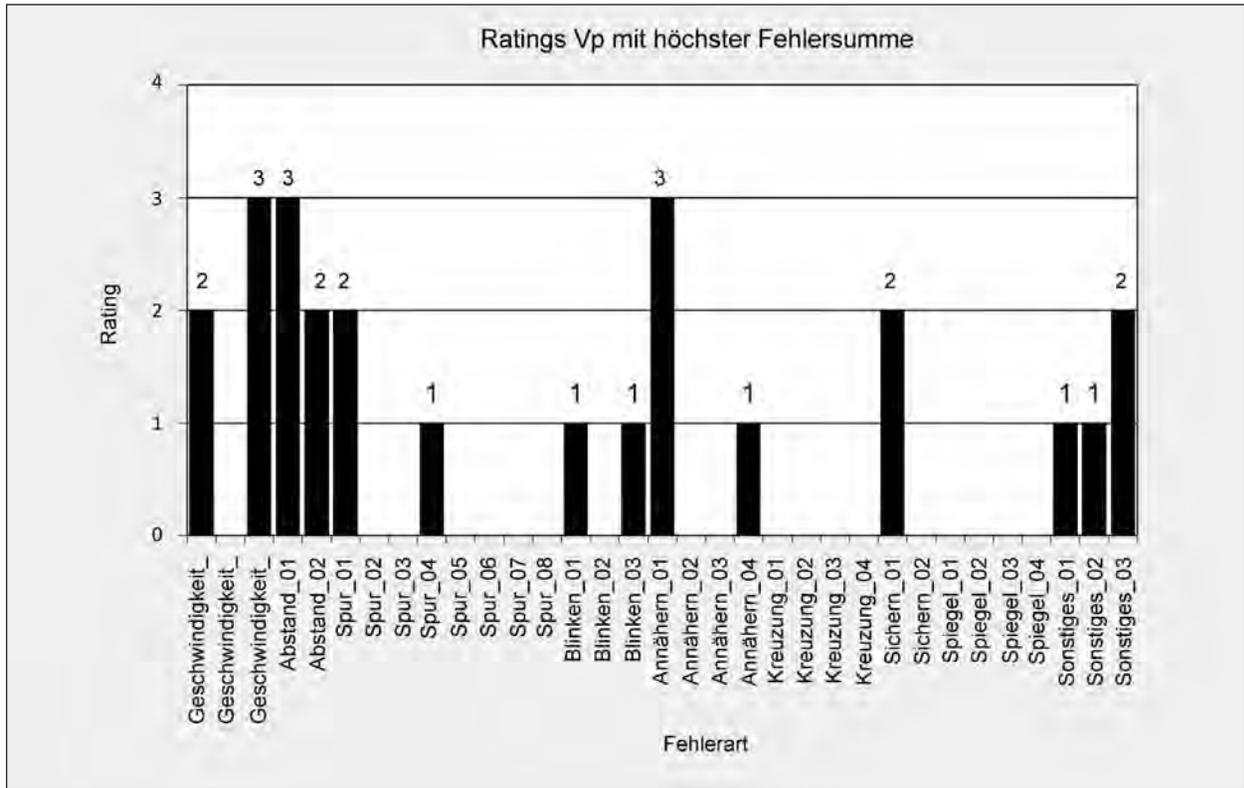
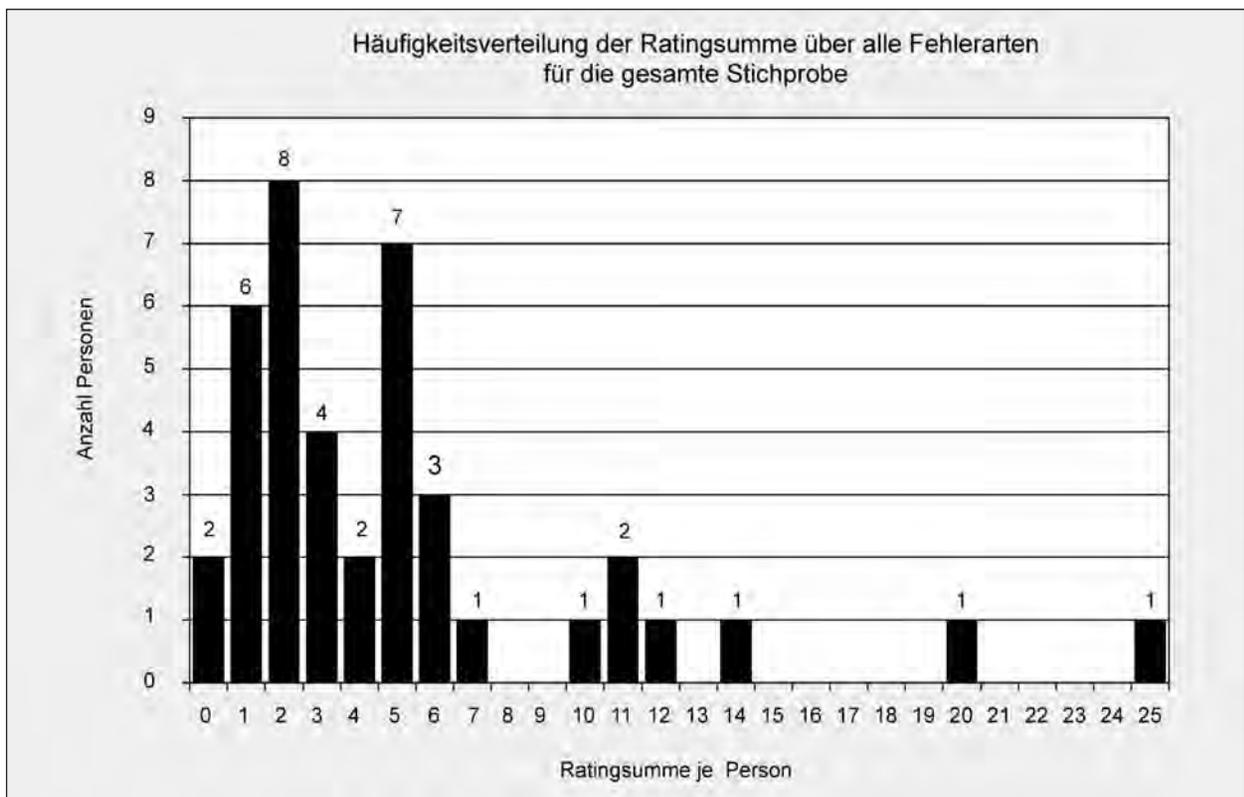


Bild 45: Summe über die Fehlerratings aller Personen, getrennt nach Fehlerart



**Bild 46:** Profil der Fehlerratings, getrennt nach Fehlerart, für die Person mit der höchsten Summe über alle Fehlerarten, Summe = 25



**Bild 47:** Häufigkeitsverteilung der Ratingsummen über alle n = 40 Vpn

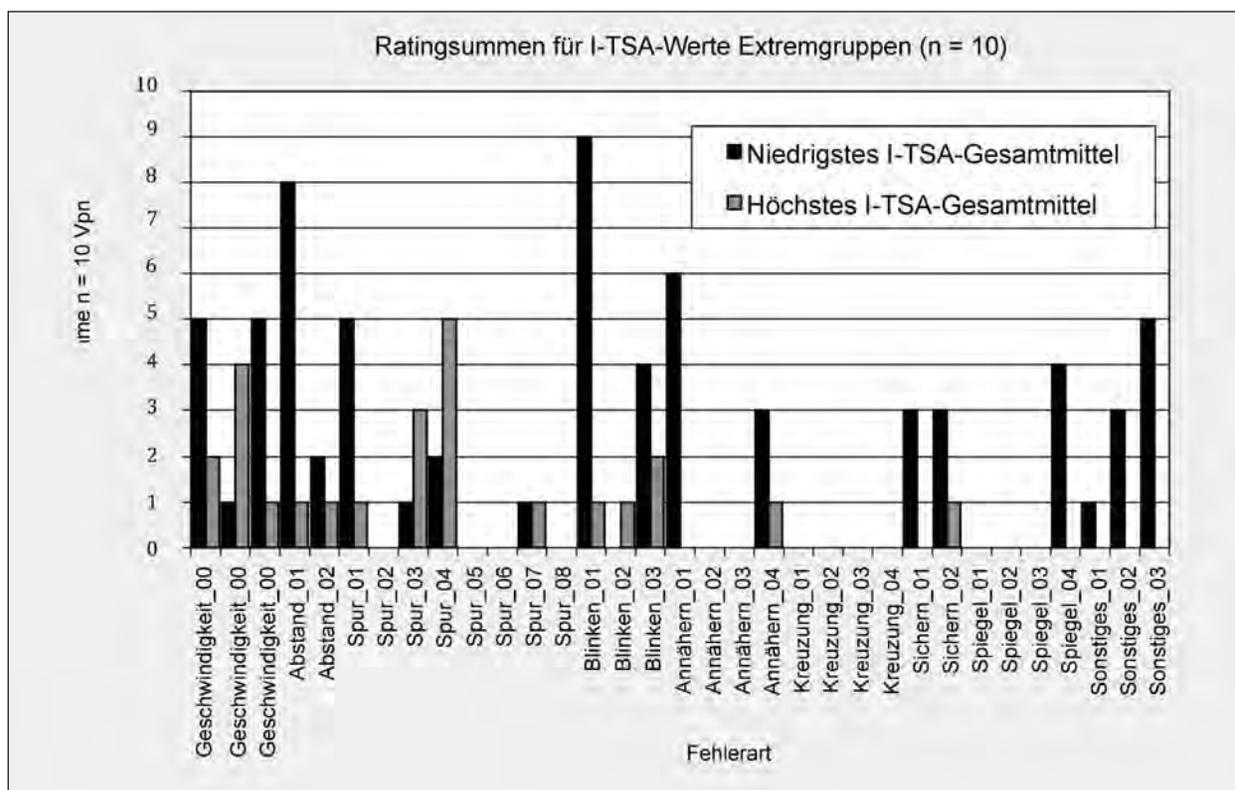


Bild 48: Ratingsummen I-TSA-Extremgruppen (je n = 10)

### 4.8.2 Die Ratings über die generelle Fahrsicherheit

Zu insgesamt neun Bereichen gab der VI auf die Frage „Wie beurteilen Sie generell die Fahrsicherheit der Vp in folgenden Fahrsituationen?“ ein schriftliches Rating ab. Die Kategorien zeigt Tabelle 20.

Die Mittelwerte der Fahrsicherheitsratings des VI über die Gesamtstichprobe zeigt Bild 49. Im Durchschnitt wurden alle Vpn mit 1,8 bis 2,6, also im Bereich „Hoch“, beurteilt. Auch hier wurden die einzelnen Ratings später wie die I-TSA-Maße standardisiert, sodass hohe Zahlen einer hohen Sicherheit entsprechen. Die Unterschiede zwischen den Personen zeigt der Vergleich zwischen den schon mehrfach angewandten I-TSA-Extremgruppen in Bild 50. Beide I-TSA-Gruppen unterscheiden sich deutlich in der erwarteten Richtung: Die sicherste Gruppe ist auch im Rating deutlich sicherer. Die mit technischen Messungen gewonnenen I-TSA-Maßzahlen und die vom VI eingeschätzte Fahrsicherheit zeigen also gleichartige Resultate. Der multivariate Signifikanztest ( $F(9;10) = 2,582, p = 0,078$ ) erreichte die einseitige Signifikanzgrenze. Von den einzelnen Mittelwertsdifferenzen wurden 02 Abstandswahl ( $F(1;18) = 10,448, p < 0,01$ ), 04 Blinken

Code	Generelle Fahrsicherheit
0	Sehr hoch
1	Hoch
2	Teils-teils
3	Eher gering
4	Gering
5	Hoch

Tab. 20: Codierung der Fahrsicherheit im Beurteilungsbogen für das Fahrverhalten

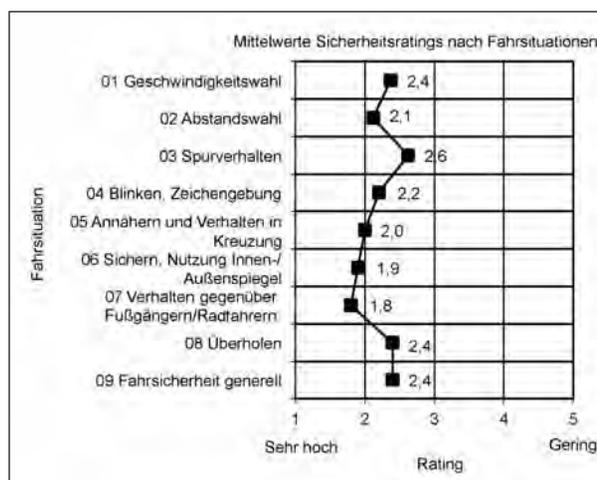
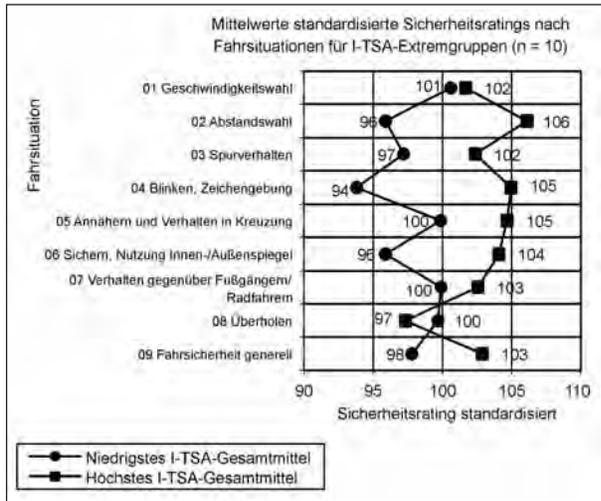
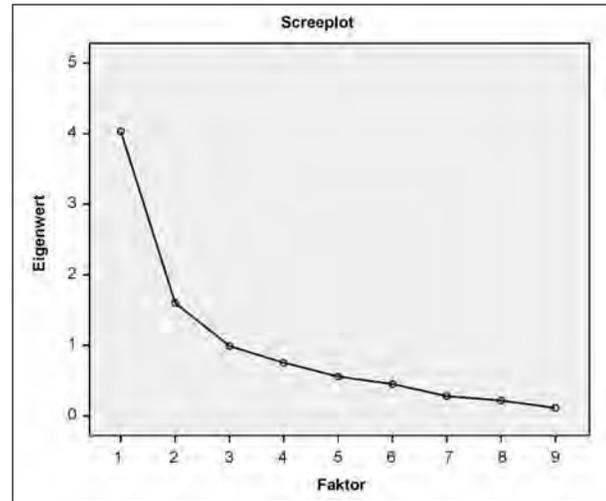


Bild 49: Mittelwerte der Fahrsicherheitsratings des VI im Fragebogen nach der Fahrt



**Bild 50:** Vergleich der I-TSA-Extremgruppen in den mit M = 100 und s = 10 standardisierten Sicherheitsratings



**Bild 51:** Faktorenanalyse der 9 Items zur generellen Fahrsicherheit

( $F(1;18) = 9,528, p < 0,01$ ) und 06 Sichern ( $F(1;18) = 5,513, p < 0,05$ ) signifikant.

Die Verteilungen der Ratings erlauben eine Faktorenanalyse. Das Screeplot zeigt Bild 51. Zwei Eigenwerte sind  $> 1$ . Daher werden zwei Faktoren extrahiert. Sie erklären zusammen 62,6 % der Gesamtvarianz. Tabelle 21 gibt die rotierte Faktorenmatrix wieder. Die Variablenvektoren verteilen sich einigermaßen gleichmäßig über den von den beiden Faktoren aufgespannten ersten Quadranten. Markiervariablen sind für den Faktor 1 „Geschwindigkeit“ und „Überholen“, also unmittelbar als gefährlich angesehene Verhaltensweisen. Für Faktor 2 sind es „Blinken, Zeichengebung“ und „Sichern, Spiegelnutzung“. Diese Fahrfehler gelten wohl als eher leichte, häufiger begangene Nachlässigkeiten. Es liegt deshalb nahe, Faktor 1 mit Fehler (error) und Faktor 2 mit Schnitzer (lapse) im DBQ gleichzusetzen (vgl. W. R. GLASER und WASHULEWSKI, 2005, S. 103-105). Die restlichen Sicherheitsbeeinträchtigungen haben ihren Platz im Faktorenraum zwischen diesen beiden Dimensionen.

Aus beiden Faktoren lässt sich wiederum durch Mittelung je eine Skala machen. Die Skala „Fehler“ zeigt eine Reliabilität  $\alpha = 0,864$ , die Skala „Schnitzer“  $\alpha = 0,651$ . Da man in der psychologischen Diagnostik davon ausgeht, die Reliabilität eines guten Messinstrumentes solle möglichst den Wert  $\alpha = 0,700$  überschreiten, ist der zweite Wert nicht ganz befriedigend. Die beiden I-TSA-Extremgruppen unterscheiden sich in diesen – zusätzlich standardisierten – Skalen wieder in der erwarteten Richtung. Die standardisierten Skalenwerte wur-

Faktor Name	Variable Fahrsicherheit	Faktor Nummer		h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
		1	2	
Fehler	01 Geschwindigkeitswahl	,844		,718
	03 Spurverhalten	,698	,371	,624
	07 Verhalten gegenüber Fußgängern und Radfahrern	,587	,437	,536
	08 Überholen	,820		,680
	09 Fahrsicherheit generell	,915	,216	,884
Schnitzer	02 Abstandswahl	,433	,579	,522
	04 Blinken, Zeichengebung		,716	,516
	05 Annähern und Verhalten in Kreuzung	,432	,676	,643
	06 Sichern, Nutzung Innen- und Außenspiegel	-,215	,679	,507

**Tab. 21:** Varimax-rotierte Faktorenmatrix der Ratings Fahrsicherheit

den so gepolt, dass hohe Werte einer hohen Sicherheit, also niedrigen Fehlerzahlen, entsprechen. Die Skalen „Fehler“ zeigen die Mittelwerte M = 98,5 und 102,2 ( $t(18) = 0,949, n. s.$ ) und „Schnitzer“ M = 94,2 und M = 108,0 ( $t(18) = 3,398, p < 0,01$ ) für die niedrige bzw. hohe I-TSA-Extremgruppe. Bei den Personen bis zum Alter von 22 Jahren ergeben sich mit und ohne vorangegangenes Begleitetes Fahren die Mittelwerte für „Fehler“ M = 100,9 und 93,2 ( $t(24) = 1,804, einseitig p = 0,04$ ) sowie für „Schnitzer“ M = 101,3 und M = 94,1 ( $t(24) = 1,804, einseitig p = 0,042$ ). Diese beiden Skalen erkennen also das Begleitete Fahren.

### 4.8.3 Das semantische Differential zum Fahrstil

Der dritte Teil des VI-Bogens für die Fahrverhaltensbeurteilung enthält ein semantisches Differential mit 11 Gegensatzpaaren zum Fahrstil. Für die Antworten war jeweils eine Skala mit den Ziffern (1, ..., 5) vorgegeben. Die Gegensatzpaare und die erhaltenen Mittelwerte enthält Bild 52. Auch hier liegt der Vergleich zwischen den beiden Extremgruppen der I-TSA-Werte nahe. Die Zahlenwerte zeigt Bild 53.

Auch bei diesen Daten empfiehlt sich – wie immer beim semantischen Differential – die Faktorenanalyse. Das Screeplot ist in Bild 54 enthalten. Es legt eindeutig zwei starke Faktoren nahe, die zusammen 73,4 % der Gesamtvarianz erklären. Die Varimax-rotierte Faktorenmatrix zeigt Tabelle 22.

Markiervariablen sind für Faktor 1 die Adjektivpaare 04 „Angestrengt – entspannt“ und 07 „Stark beansprucht – wenig bis gar nicht beansprucht“. Eine kleine Maßzahl bedeutet hier schlechte Fahrzeugbeherrschung, angestrenzte, übervorsichtige und unsichere Fahrweise. Faktor 2 hat 01 „Fährt aggressiv – defensiv“

Faktor Name	Adjektivpaar Fahrstil	Faktor Nummer		h <sup>2</sup> <sub>ij</sub>
		1	2	
Anspannung	02 Beherrscht Fahrzeug gut – schlecht	-,762	,478	,810
	04 Wirkt angestrengt – entspannt	,940	,142	,903
	07 Wirkt stark beansprucht – ... wenig bis gar nicht ...	,891		,795
	09 Wirkt öfters überfordert – ... nie ...	,807	-,326	,757
	10 Führt übervorsichtig – angemessen vorsichtig	,721	,192	,556
	11 Wirkt beim Fahren selbstsicher – unsicher	-,877	-,172	,799
Angepasstheit	01 Führt aggressiv – defensiv	-,318	-,853	,829
	03 Führt rücksichtsvoll – rücksichtslos		,817	,673
	05 Führt risikoreich – nicht risikoreich	-,143	-,772	,616
	06 Passt sich gut an die Verkehrssituation an – ... schlecht ...	-,368	,784	,750
	08 Hält die Verkehrsregeln praktisch immer ein – ... oft nicht ...		,767	,589

Tab. 22: Rotierte Faktorenmatrix semantisches Differential zu Fahrstil und Fahrweise

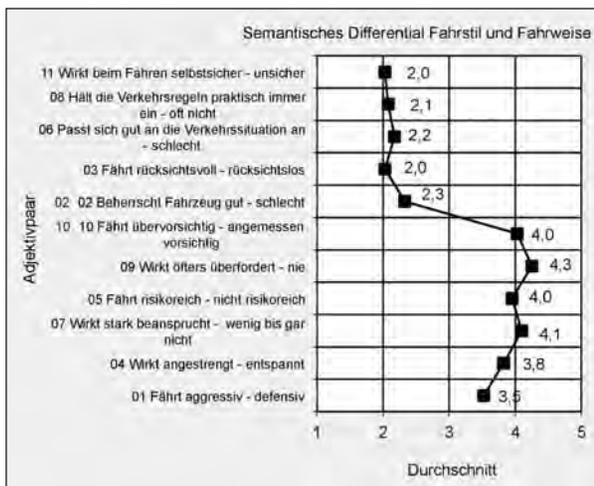


Bild 52: Semantisches Differential Fahrstil und Fahrweise

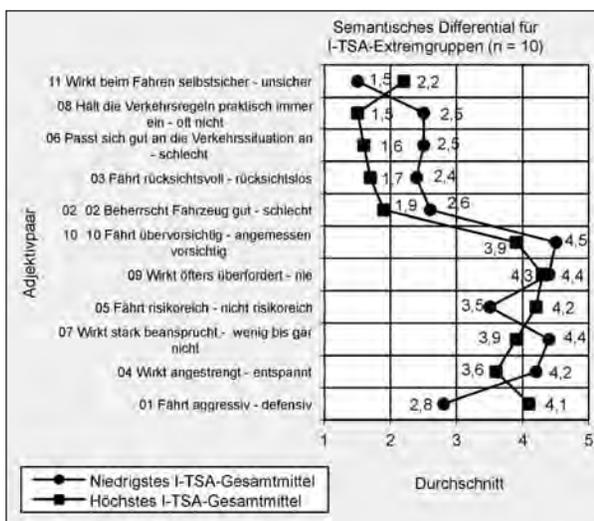


Bild 53: Semantisches Differential Fahrstil und Fahrweise, I-TSA-Extremgruppen

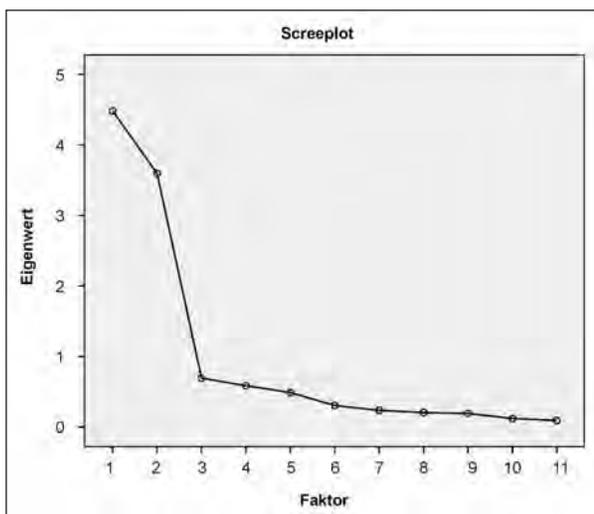


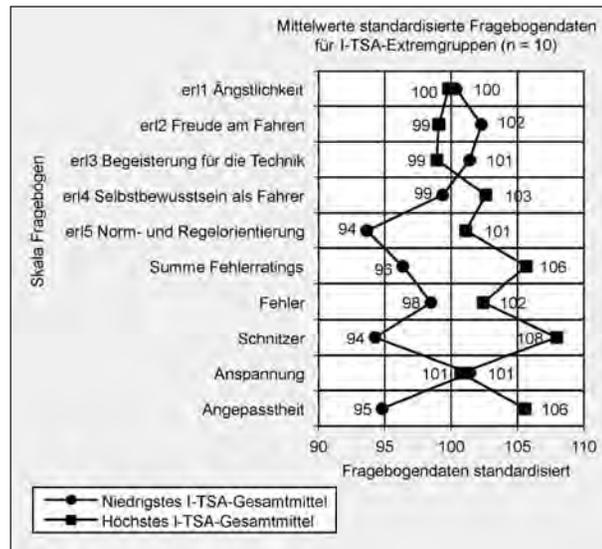
Bild 54: Screeplot Faktorenanalyse semantisches Differential zu Fahrstil und Fahrweise

gressiv – defensiv“ mit umgekehrtem Vorzeichen und 03 „Fährt rücksichtsvoll – rücksichtslos“ als Markiervariablen. Eine kleine Maßzahl bedeutet hier defensives, korrektes, angepasstes und rücksichtsvolles Fahren. Aus beiden Faktoren lässt sich durch Mittelung je eine Skala bilden. Die Polung wird dabei so gewählt, dass kleine Maßzahlen bei Skala 1 Sicherheit, Entspannung und gute Fahrzeugbeherrschung, bei Skala 2 defensive, rücksichtsvolle und angepasste Fahrweise bedeuten. Die beiden Skalen erhalten die Namen „Anspannung“ und „Angepasstheit“. Ihre Reliabilitäten sind  $\alpha = 0,910$  und  $\alpha = 0,859$ . Ihre Mittelwerte in der Gesamtstichprobe betragen  $M(\text{Anspannung}) = 2,025$  und  $M(\text{Angepasstheit}) = 2,160$ .

Auch für die beiden Skalen „Anspannung“ und „Angepasstheit“ lassen sich die Daten nach McCALL normalverteilt mit  $M = 100$  und  $s = 10$  häufigkeits-transformieren. Die Polarität wird dabei so gewählt, dass niedrige Anspannung und hohe Angepasstheit jeweils hohe T-Scores erhalten. So ist die Vergleichbarkeit mit den I-TSA-Skalen gegeben. Für „Anspannung“ ergeben sich die Mittelwerte für die beiden I-TSA-Extremgruppen zu  $M = 101,4$  und  $M = 100,7$ . Der Unterschied ist weit von jeder Signifikanzschranke entfernt, Für „Angepasstheit“ ergeben sich  $M = 94,8$  und  $M = 105,6$ . Der Unterschied ist signifikant ( $t(18) = 2,91$ ,  $p = 0,01$ ). Die vom VI im semantischen Differential attribuierte „Anspannung“ unterscheidet also überhaupt nicht zwischen den I-TSA-Extremgruppen. Bei der „Angepasstheit“ hingegen schneidet die niedrige I-TSA-Extremgruppe deutlich schlechter ab als die hohe. Bei den Personen mit einem Alter bis 22 Jahre ergaben sich mit und ohne Begleitetes Fahren für „Anspannung“ die Mittelwerte  $M = 101,2$  und  $M = 94,0$  ( $t(24) = 1,798$ , einseitig  $p = 0,043$ ) sowie für „Angepasstheit“  $M = 100,8$  und  $M = 93,9$  ( $t(24) = 1,637$ , einseitig  $p = 0,058$ ). Der eine Mittelwert erreicht, der andere verfehlt knapp die einseitige Signifikanzgrenze. Auch hier kann man sagen, dass die beiden Skalen zwischen den Bedingungen des Begleiteten Fahrens trennen.

#### 4.9 Die Zusammenfassung der Papier-Bleistift-Teile des Tests

Die wesentlichen Resultate des Papier-Bleistift-Tests lassen sich in einem Bild zusammenfassen. Dabei werden die fünf Faktoren-Skalen des Fahrerlebens-Bogens, die Summe der Fehlerratings über alle Fehlerarten sowie die jeweils zwei Faktoren-



**Bild 55:** Mittelwerte standardisierte Fragebogendaten für I-TSA-Extremgruppen (n = 10)

Skalen der Sicherheitsbeurteilung und des semantischen Differentials in einer Grafik zusammen dargestellt. Wie bereits in den entsprechenden Kapiteln erwähnt, wurden alle diese Variablen nach McCALL auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 10 häufigkeitstransformiert. Die Polarität wurde dabei so gewählt, dass ein hoher Wert bei den Fahrerlebensskalen mit einer hohen Ausprägung im Sinne des Variablennamens einhergeht (z. B. entspricht eine hohe Maßzahl bei der Skala „Freude am Autofahren“ einer ausgeprägten Freude am Autofahren). Bei den restlichen, fehlerbezogenen Variablen entspricht ein hoher Wert einer sicheren Fahrweise, also besonders wenigen Fehlern. Den Vergleich zwischen den beiden I-TSA-Extremgruppen zeigt Bild 55.

Es fällt auf, dass sich die I-TSA-Extremgruppen bei den ersten vier Fahrerlebensskalen und beim Faktor „Anspannung“ des semantischen Differentials praktisch nicht unterscheiden. Bei den restlichen Variablen, beginnend mit „Norm- und Regelorientierung“, schneidet die sicherere Extremgruppe besser ab.

#### 4.10 Die Faktorenstruktur des Gesamttests

Der gesamte Test besteht aus acht I-TSA-Skalen, zusätzlich einer Skala für den Mittelwert daraus, fünf Skalen für den Fahrerlebensbogen und fünf Skalen für die Beobachtungsbögen während der Fahrt. Im Idealfall, wenn die zu messende Ver-

kehrssicherheit ein eindimensionales Konzept wäre, sollten die insgesamt 18 Skalen hoch interkorrelieren. Insbesondere sollten die herkömmlichen Frage- und Beobachtungsmethoden etwa die gleichen Resultate erbringen wie die I-TSA-Skalen, die auf elektronischen Messungen beruhen. Deshalb ist die Frage nach der Faktorenstruktur der 18 Skalen zu stellen.

Die 18 Skalen wurden einer Faktorenanalyse mit Hauptachsen-Extraktion und orthogonaler Varimax-Rotation unterzogen. Nach dem Kriterium „Eigenwerte > 1“ ergab sich eine unvollständige Sechsfaktorenlösung, die 75,8 % der Varianz erklärt. Das Screeplot zeigt Bild 56. Die Lösung weist zwei nahezu gleich starke Anfangsfaktoren auf, die je etwa 23 % der Varianz erklären. Es folgen vier Faktoren mit Varianzanteilen zwischen 6 % und 9 %. Die Extraktion von sechs Faktoren ist also eine gute Wahl. Die rotierte Faktorenmatrix zeigt Tabelle 23.

Der Test misst also ein sechsdimensionales Konstrukt der Fahrsicherheit. Faktor 1 fasst alle beobachteten und beurteilten Fahrfehler zusammen. Faktor 2 konzentriert sich auf den Fahrerlebensbogen, ergänzt um die mit RSME selbst eingeschätz-

te mentale Beanspruchung. Faktor 3 gibt die elektronisch erfassten Fahrdynamikvariablen I-TSA 1 bis 3 wieder. Die weiteren Faktoren bleiben Einzelrestfaktoren mit zum Teil interessanten Einblicken. Faktor 4 umfasst die Fahrerlebensvariable 5 „Norm- und Regelerorientierung“ und die I-TSA-Variable 5 „Blinken“. Das ergibt Sinn, nicht ausrei-

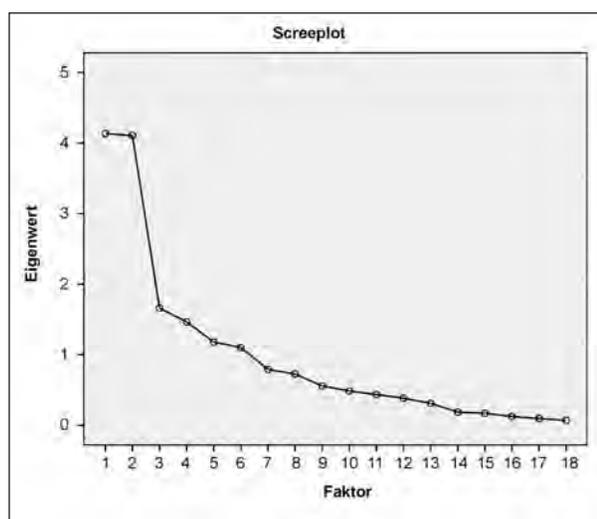


Bild 56: Screeplot zur Faktorenanalyse der 18 Skalen des endgültigen Tests

Faktorname Gesamttest	Testvariable ↓	Faktor Nummer					
		1	2	3	4	5	6
Fahrfehler	I-TSA 8 Fahrfehler (Marker)	,853	,193		,278		
	Summe Fehlerratings	,917			,143		
	Fehler	,894	,130		-,169	,103	
	Schnitzer	,621	-,135	,282	,539	,127	
	Anspannung	,742	,342		-,432		
	Angepasstheit	,529	-,371	,362	,339	,259	,111
Mentale Beanspruchung und Fahrerleben	I-TSA 7 Mentale Beanspruchung (RSME)	,162	,774		-,196	,148	
	er1 Ängstlichkeit		-,860	,112			,162
	er2 Freude am Fahren		,736	-,292	-,243		,167
	er4 Selbstbewusstsein als Fahrer	,169	,739		-,154	,205	,187
Fahrdynamik	I-TSA 1 Geschwindigkeit	,117	-,206	,861			,186
	I-TSA 2 Fahrbeschleunigung		,114	,836			-,324
	I-TSA 3 Längsabstand		-,169	,594		-,305	,306
Norm- und Regelerorientierung (Einzelrestfaktor)	I-TSA 5 Blinker	,106	-,250	-,152	,744	-,270	,111
	er5 Norm- und Regelerorientierung			,325	,721	,201	-,143
Spurhaltung (Einzelrestfaktor)	I-TSA 4 Spurhaltung		,139		,166	,804	
	er3_ Begeisterung für die Technik	,164	,152	-,162	-,323	,581	,151
Lenkbewegungen (Einzelrestfaktor)	I-TSA 6 Lenkbewegungen						,915
	Varianzanteil nach Rotation	20,6	16,4	12,7	11,5	7,6	7,0

Tab. 23: Rotierte Faktorenmatrix der 18 Testvariablen

chend zu blinken ist ein typisches Beispiel für eine leichte Violation im Sinne von REASON (z. B. 2011). Faktor 5 fasst I-TSA 4 „Spurhaltung“ und Fahrerleben 3 „Begeisterung für die Technik“ zusammen. Ob dahinter ein substanzieller Zusammenhang steht, lässt sich noch nicht beurteilen. Faktor 6 schließlich ist ein Einzelrestfaktor für I-TSA 6 „Lenkbewegungen“. Nach der Literaturlage sollte dieser Faktor die mentale Beanspruchung wiedergeben (vgl. die Diskussion in W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005, S. 15-17). Mit den anderen Variablen der mentalen Beanspruchung in diesem Test bestehen keine Zusammenhänge.

## 5 Diskussion des Gesamttests

Das gesamte Projekt bestand aus drei Teilen: (1) Festlegung und Dokumentation einer Versuchsstrecke im öffentlichen Straßenverkehr, (2) Versuchsfahrt mit 40 Vpn zur Gewinnung eines Referenzdatensatzes für die elektronisch zu gewinnenden Fahrdaten und herkömmliche Fahrbeurteilungsbögen sowie (3) Überbrückung der Lücke zwischen den elektronisch gewonnenen Fahrdaten und psychometrischen Maßen für die Fahrsicherheit. Dafür wurde das Auswerteverfahren I-TSA (INVENT – Traffic Safety Assessment) angewandt, das in aufeinander aufbauenden Schritten vom Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme in Dresden, der Professur für Verkehrspsychologie der Technischen Universität Dresden und den Autoren dieses Berichtes zunächst zur Bestimmung der Sicherheitsauswirkungen von Fahrerassistenzsystemen entwickelt wurde (NIRSCHL et al., 2004; IVI und TUD, 2005; W. R. GLASER et al., 2005; W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005; W. R. GLASER et al., 2010). Dieses Verfahren wurde hier zu einem kompletten, standardisierten psychometrischen Test der Fahrsicherheit weiterentwickelt. Darin wurden aufgrund von Literaturbelegen für die einzelnen elektronisch gemessenen Fahrvariablen Fehlerstufen definiert. Deren Episodenzahl und Dauer während der Versuchsfahrt wurden zu je einem Fehler-Rohscore je Fahrvariable zusammengezogen. Aus den Rohscores wurde schließlich unter Bezug auf die Personenstichprobe im Fahrversuch ein standardisiertes Abweichungsmaß (I-TSA) bestimmt. Die Zahl der Dimensionen, die hinter den Fahrvariablen stehen und nach denen die Fahrleistung insgesamt zu beurteilen ist, wurde mit Faktorenanalysen bestimmt. Es ergaben

sich 8 I-TSA-, 5 Fahrerlebens- und 5 Fahrerbeurteilungsfaktoren. Zusammen genommen sind das 18 Skalen. Der Test wird angewandt, indem für eine Person oder Versuchsgruppe von Personen das Profil dieser 18 Skalen interpretiert wird. Im nächsten Kapitel wird dafür ein Beispiel gegeben.

Der Test soll das Ausmaß verkehrssicheren Fahrens messen. Die wichtigste Frage gilt dabei der Validität, dem Grad, in dem er das auch tatsächlich misst. Hier bieten sich für die kriterienbezogene Validität die Zahl der Unfälle oder Bußgelder an. Da das mit besonderen, in diesem Bericht zum Teil erörterten Schwierigkeiten verbunden ist, konnte eine solche Validierung nicht versucht werden. Sie ist jedoch ein Desiderat für die künftige Forschung.

Bei der Konstruktion der I-TSA-Skalen wurden der Literatur Überlegungen zu den sicheren Werten für die einzelnen Fahrvariablen entnommen. Das lässt sich als inhaltliche Validität interpretieren, weil damit Sicherheitsargumente unmittelbar in die Skalenkonstruktion eingehen. Natürlich kann diese Validität nicht besser sein als die angewandten Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Fahrparametern und Sicherheit. Die Gefahr eines Zirkelschlusses liegt nahe.

Schließlich bleibt die Konstruktvalidität. Im Sinne des Operationismus kann man definieren: „Fahrsicherheit ist, was der Test misst.“ Fahrsicherheit wäre demnach das Netzwerk von Skalen, wie sie hier gefunden wurden, und ihre mit Faktorenanalysen erhellten Interkorrelationen. Praktische Brauchbarkeit nimmt ein solches Konstrukt aber erst an, wenn es sich in einer wachsenden Anzahl von Anwendungsfällen bewährt hat. Das führt im Grunde auf die Probleme der kriterienbezogenen Validität zurück.

Wie der Test auf Einzelpersonen und Versuchsgruppen von Personen angewandt werden kann, zeigt das Beispiel in Kapitel 6.

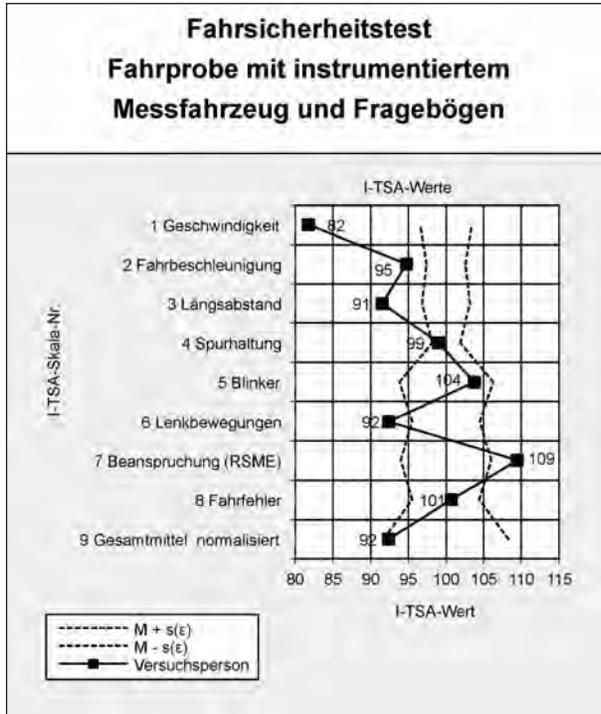
## 6 Die Wiedergabe der Testergebnisse an einem Beispiel

### 6.1 Allgemeine Daten zu Person und Versuch

<b>Fahrsicherheitstest</b>		
<b>Fahrprobe mit instrumentiertem Messfahrzeug und Fragebögen</b>		
(Aus Datenschutzgründen hier nicht ausgefüllt)		
Vp-Nr		
Name Versuchsleiter		
Datum Versuch (tt.mm.jjjj)		
Uhrzeit Versuch	Start:	Ende:
Uhrzeit Fahrt	Start:	Ende:
Tachostand	Start:	Ende:
Wetter bei Versuchsfahrt	<input type="checkbox"/> Sonnig	<input type="checkbox"/> Leichter Regen
	<input type="checkbox"/> Bedeckt	<input type="checkbox"/> Nebel
		<input type="checkbox"/> Starker Regen
		<input type="checkbox"/> Sonstiges
Geschlecht	<input type="checkbox"/> Männlich	<input type="checkbox"/> Weiblich
Alter der Vp (Jahre)		
Alter bei Erwerb der Fahrerlaubnis (Jahre)		
Durchschnittliche Fahrleistung pro Jahr		
Anzahl Punkte Flensburg		
Begleitetes Fahren	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Alter bei Begleitetem Fahren (Jahre)		
Dauer des Begleiteten Fahrens (Monate)		
Ungefähre Kilometer Begleitetes Fahren		
Höchster allgemeinbildender Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Ohne	<input type="checkbox"/> Haupt-/Grundschule
	<input type="checkbox"/> Fachhochschulreife	<input type="checkbox"/> Hochschulreife
Höchster beruflicher Ausbildungsabschluss	<input type="checkbox"/> Ohne	<input type="checkbox"/> Berufsausbildung
	<input type="checkbox"/> Bachelor	<input type="checkbox"/> Diplom/Master/Staatsexamen
		<input type="checkbox"/> Meister/Techniker
		<input type="checkbox"/> Promotion
Berufliche Position	<input type="checkbox"/> Schüler	<input type="checkbox"/> Student
	<input type="checkbox"/> Selbständig/Freiberuflich	<input type="checkbox"/> Beamter
	<input type="checkbox"/> Leitender Angestellter	<input type="checkbox"/> Arbeiter
	<input type="checkbox"/> Rentner	<input type="checkbox"/> Arbeitssuchend/Ohne Beruf
		<input type="checkbox"/> In Ausbildung
		<input type="checkbox"/> Angestellter
		<input type="checkbox"/> Geringfügig beschäftigt
		<input type="checkbox"/> Sonstiges
Vertrautheit mit der Strecke	<input type="checkbox"/> Gar nicht bekannt	<input type="checkbox"/> Etwas bekannt
		<input type="checkbox"/> Sehr bekannt

Bild 57: Protokollblatt

### 6.2 Die I-TSA-Skalen

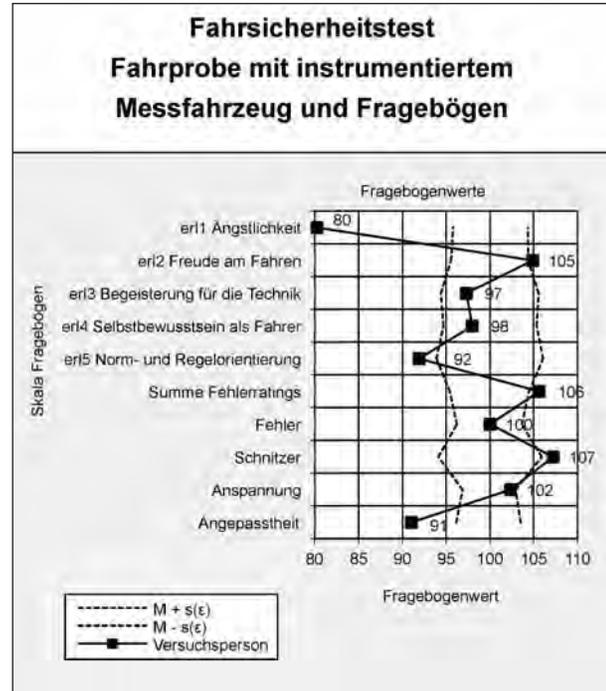


**Bild 58:** Testergebnis: Die I-TSA-Maßzahlen am Beispiel einer Vp. Die gestrichelten Linien zeigen den Mittelwert der Eichstichprobe plus/minus Standardmessfehler. Der Standardmessfehler wurde bei I-TSA-8 für ein angenommenes  $\alpha = 0,8$  berechnet, da es sich hier nicht um eine Summenvariable handelt und deshalb  $\alpha$  nicht berechnet werden kann. Der sichere Pol der I-TSA-Skalen entspricht hohen, der unsichere Pol niedrigen Maßzahlen

#### Testbeurteilung

Das Beispiel zeigt, wie der Test für einzelne Vpn anzuwenden ist. Die drei Seiten geben alle relevanten Aspekte wieder. Blatt 1 wird am besten von Hand ausgefüllt und enthält alle allgemeinen Daten zu Person und Versuch (s. Bild 57). Blatt 2 gibt die I-TSA-Daten (s. Bild 58), Blatt 3 die Fragebogendaten jeweils als Profil wieder (s. Bild 59). Zum Vergleich wurden die Mittelwerte der Eichstichprobe plus/minus Standardmessfehler (JÄGER und PETERMANN, 1999, S. 315, Gl. 26) wiedergegeben. Zur Interpretation liegt es nahe, alle Skalenwerte innerhalb des Standardmessfehlerbereichs als unauffällig, alle anderen als Kennzeichen der untersuchten Person zu verbalisieren. Die Vp ist demnach besonders unsicher in der Geschwindigkeitswahl. Auch bei Fahrbeschleunigung und Unruhe mit dem Gaspedal sowie Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug schneidet sie ungünstig ab. Die Lenkbewegungen sind eher unruhig, was für eine tenden-

### 6.3 Die Fragebögen für VI und Vp



**Bild 59:** Testergebnis: Die Fragebögen am Beispiel einer Vp. Die gestrichelten Linien zeigen den Mittelwert der Eichstichprobe plus/minus Standardmessfehler. Der Standardmessfehler wurde bei „Summe Fehlerratings“ für ein angenommenes  $\alpha = 0,8$  berechnet, da die stark linksschiefen Verteilungen der Summanden die Berechnung von  $\alpha$  verbieten. Bei den fünf erl-Skalen entspricht eine hohe Maßzahl einer hohen Ausprägung im Sinne der Variablenbezeichnung, bei den restlichen Skalen einer sichereren Fahrweise, also weniger Fehlern, niedrigerer Anspannung und besserer Anpasstheit.

ziell unsicherere Fahrweise und höhere objektive mentale Beanspruchung spricht. Die erlebte mentale Beanspruchung ist niedrig, hier erscheint diese Vp also eher sicher. Bei den Fragebogenvariablen ist Ängstlichkeit, Furcht vor Überlastung oder Überforderung gering ausgeprägt. Freude am Fahren ist eher hoch, Norm- und Regelorientierung eher niedrig. Bei der Summe der Fehlerratings und bei den Schnitzern, den weniger gefährlichen kleinen Nachlässigkeiten, schneidet diese Vp gut ab. Die Anpasstheit an das Verkehrsgeschehen liegt um mehr als einen Standardmessfehler unterhalb des Durchschnitts. Die biografischen Daten harmonisieren mit diesem Bild, werden jedoch aus Datenschutzgründen hier ausgelassen. Die Vp hat Freude am Fahren, aber nur durchschnittlich an der Technik. Sie fährt offensichtlich entspannt und zügig, wobei sie die Geschwindigkeitsbegrenzungen und sonstige Verkehrsregeln nicht übergenu nimmt.

## 7 Fahrfehlertabelle

Fahrfehler	Überschreiten der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit
Situation	Begrenzung durch Beschilderung oder allgemeine Regeln
Indikatoren/Messvariablen	Eigene Geschwindigkeit Vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit
Existierende Kriterien (Referenz)	Fehler, wenn Überschreitung > 10 % (BROOKHUIS, 1995) Fehler, wenn Überschreitung > 20 % (REICHART, 2001) Fehler, wenn Überschreitung > 10 km/h (FASTENMEIER, 1995) Diverse Überschreitungsstufen (Bußgeldkatalog)
Kriterium	$vueproz = (vkmh - vgrenzkmh) \cdot 100 / vgrenzkmh$ <p>Mit</p> <p><i>vueproz</i>      Geschwindigkeitsüberschreitung [%] <i>vkmh</i>          Gefahrene Geschwindigkeit [km/h] <i>vgrenzkmh</i>    Maximal erlaubte Geschwindigkeit [km/h]</p>
Fehlerstufe	0    wenn <i>vueproz</i> < 10 % 1    wenn    ( <i>vueproz</i> ≥ 10 %) & ( <i>vueproz</i> < 20 %) 2    wenn    ( <i>vueproz</i> ≥ 20 %) & ( <i>vueproz</i> < 30 %) 3    wenn <i>vueproz</i> ≥ 30 %
Fahrfehler	Längsabstand zu gering für eigene Geschwindigkeit
Situation	Folgefahren (vorausfahrendes Fahrzeug mit etwa gleicher Geschwindigkeit)
Indikatoren/Messvariablen	Zeitlicher Abstand (time headway)
Existierende Kriterien (Referenz)	Fehler, wenn zeitlicher Abstand < 0,7 s (BROOKHUIS, 1995) Optimaler zeitlicher Abstand > 1,8 s; entspricht „½ Tacho“ (Inoffizielle Faustregel)
Kriterium	$\text{Time headway: } th = d / v$ <p>Mit</p> <p><i>th</i>              Zeitlicher Abstand (time headway) zum vorausfahrenden Fahrzeug [s] <i>d</i>                Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug [m] <i>v</i>                Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs [m/s]</p>
Fehlerstufe	0    wenn <i>th</i> > 1,7 s 1    wenn    ( <i>th</i> ≤ 1,7 s) & ( <i>th</i> > 1,2 s) 2    wenn    ( <i>th</i> ≤ 1,2 s) & ( <i>th</i> > 0,7 s) 3    wenn <i>th</i> ≤ 0,7 s
Fahrfehler	Längsabstand zu gering für Differenzgeschwindigkeit
Situation	Annäherung an vorausfahrendes Fahrzeug Einscherendes fremdes Fahrzeug
Existierende Kriterien (Referenz)	Kritisch, wenn <i>ttc</i> < 4,0 s (HIRST UND GRAHAM, 1997; MINDERHOUD und BOVY, 2001)

Tab. 24: Definition der Fahrfehler (aus IVI und TUD, 2005; zit. n. Überarbeitung v. W. R. GLASER und WASCHULEWSKI, 2005)

<b>Kriterium</b>	$\text{Time-to-collision: } ttc = d / (v - vv)$			
	Mit			
	<i>ttc</i>	Time-to-collision [s]		
	<i>d</i>	Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug [m]		
	<i>v</i>	Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs [m/s]		
	<i>vv</i>	Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs [m/s]		
<b>Fehlerstufe</b>	0	wenn	$ttc > 4,0 \text{ s}$	
	1	wenn	$(ttc \leq 4,0 \text{ s}) \ \& \ (ttc > 3,0 \text{ s})$	
	2	wenn	$(ttc \leq 3,0 \text{ s}) \ \& \ (ttc > 2,0 \text{ s})$	
	3	wenn	$ttc \leq 2,0 \text{ s}$	
<b>Fahrfehler</b>	<b>Bremsverzögerung zu hoch</b>			
Existierende Kriterien (Referenz)	Kritisch wenn $\geq 1,5 \text{ m/s}^2$ BONSALL, LIU und YOUNG (2005, S. 429)			
<b>Fehlerstufe</b>	0	1	2	3
Betrag Bremsverzögerung (ggf. Vorzeichen richtig verrechnen!)	$< 1,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 1,5 \text{ m/s}^2 \ \& \ < 2,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 2,5 \text{ m/s}^2 \ \& \ < 3,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 3,5 \text{ m/s}^2$
<b>Fahrfehler</b>	<b>Fahrbeschleunigung zu hoch</b>			
Existierende Kriterien (Referenz)	Kritisch wenn $\geq 1,5 \text{ m/s}^2$ BONSALL, LIU und YOUNG (2005, S. 429)			
<b>Fehlerstufe</b>	0	1	2	3
Betrag Fahrbeschleunigung (ggf. Vorzeichen richtig verrechnen!)	$< 1,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 1,5 \text{ m/s}^2 \ \& \ < 2,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 2,5 \text{ m/s}^2 \ \& \ < 3,5 \text{ m/s}^2$	$\geq 3,5 \text{ m/s}^2$
<b>Fahrfehler</b>	<b>Geschwindigkeit zu hoch für Straßenverlauf</b>			
Situation	Kurve			
Indikatoren/Messvariablen	Eigene Geschwindigkeit (Quer-)Beschleunigung Kurvenradius			
Existierende Kriterien (Referenz)	Normal: $q = 2 \dots 4 \text{ m/s}^2$ Unnormal, wenn ... bis 60 km/h: $q > 0,5 \text{ g}$ bis 120 km/h: $q > 0,3 \text{ g}$ bis 160 km/h: $q > 0,2 \text{ g}$ (LECHNER und PERIN, 1992; zitiert nach REICHART, 2001)			
	Mit $q = \text{Querbeschleunigung [m/s}^2]$			
	Entwurfsgeschwindigkeit $v_{85}$			
	Faustregel (bei trockener Straße): Fehler bei $v > 11 \cdot r^{1/2}$			
	Mit $v = \text{Geschwindigkeit [km/h]}$ $r = \text{Kurvenradius [m]}$ ; (REICHART, 2001)			
<b>Kriterium</b>	$queproz = (ABS(q) - qgr) \cdot 100 / qgr$			
	Mit			
	<i>queproz</i>	Überschreitung des Querbeschleunigungs-Grenzwertes [%]		
	<i>ABS(q)</i>	Tatsächliche Querbeschleunigung [ $\text{m/s}^2$ ]		
	<i>qgr</i>	Grenzwert für Querbeschleunigung [ $\text{m/s}^2$ ]		
	Dabei gilt:			
	Geschwindigkeit	<i>qgr</i>		
	< 60 km/h	0,5 g		
	60 bis 120 km/h	0,3 g		
	120 bis 160 km/h	0,2 g		
	> 160 km/h	0,1 g		

Tab. 24: Fortsetzung

Fehlerstufe	0 wenn $queproz \leq 0 \%$ 1 wenn $(queproz > 0 \%) \& (queproz \leq 15 \%)$ 2 wenn $(queproz > 15 \%) \& (queproz \leq 30 \%)$ 3 wenn $queproz > 30 \%$
<b>Fahrfehler</b>	<b>Unsicheres Spurhalten</b>
Situation	Fahrspur folgen
Indikatoren/Messvariablen	(1) Lenkwinkel: Standardabweichung (2) Spurposition: Standard-Deviation-of-Lane-Position ( <i>sdlp</i> ) (3) Time-to-Line-Crossing ( <i>tlc</i> )
Existierende Kriterien (Referenz)	Zu (1): Fehler, wenn Standardabweichung Lenkwinkel $> 1,5^\circ$ (BROOKHUIS, 1995) Zu (2): Fehler, wenn <i>sdlp</i> $> 0,25$ m (BROOKHUIS, 1995) Zu (3): Fehler, wenn <i>tlc</i> $< 1,1$ s (VERWEY, 2001, S. 420) Zu (3): Fehler, wenn <i>tlc<sub>min</sub></i> für rechte Spur $< 1,3$ s Fehler, wenn <i>tlc<sub>min</sub></i> für linke Spur $< 1,7$ s Fehler, wenn <i>tlc<sub>med</sub></i> für rechte Spur $< 3,1$ s Fehler, wenn <i>tlc<sub>med</sub></i> für linke Spur $< 4,0$ s (BROOKHUIS, 1995; REICH-ART, 2001)
Kriterien	<p>(2) Standard-Deviation-of-Lane-Position: <i>sdlp</i></p> <p>(3) Time-to-Line-Crossing: <math>tlc = \frac{x_q}{v \cdot \sin \psi}</math></p> <p>Mit</p> <p><i>tlc</i> Time-to-line-crossing [s]</p> <p><i>x<sub>q</sub></i> Querabweichung zur Fahrstreifenbegrenzung [m]</p> <p><i>v</i> Geschwindigkeit des Fahrzeugs [m/s]</p> <p><math>\psi</math> Gierwinkel (Winkel Fahrzeuginnenachse zur Fahrstreifenmitte)</p>
Fehlerstufe <i>SDLP</i>	0 wenn $sdlp \leq 0,25$ m 1 wenn $(sdlp > 0,25 \text{ m}) \& (sdlp \leq 0,35 \text{ m})$ 2 wenn $(sdlp > 0,35 \text{ m}) \& (sdlp \leq 0,5 \text{ m})$ 3 wenn $sdlp > 0,5$ m
Fehlerstufe <i>TLC</i>	0 wenn $tlc \geq 1,3$ s 1 wenn $(tlc < 1,3 \text{ s}) \& (tlc \geq 0,9 \text{ s})$ 2 wenn $(tlc < 0,9 \text{ s}) \& (tlc \geq 0,3 \text{ s})$ 3 wenn $tlc < 0,3$ s

Tab. 24: Fortsetzung

## 8 Literatur

- AIDE, Adaptive integrated driver-vehicle interface (2004): Review of existing techniques and metrics for IVIS and ADAS assessment. Information Society Technologies (IST) Programme, Deliverable 2.2.1\_Final\_v2
- AMELANG, M., BARTUSSEK, D. (1990): *Differenzielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. 3. Aufl. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer
- BONSALL, P., LIU, R., YOUNG, W. (2005): Modelling safety-related driving behavior – impact of parameter values. *Transportation Research A39*, 425-444
- BORTZ, J. (2005): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin Verlag
- BRENNER-HARTMANN, J. (2002): Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU). 38. BDP-Kongress für Verkehrspsychologie, Regensburg 14.09.2002
- BROOKHUIS, K. A. (1995): Driver impairment monitoring system. In: M. VALLET, S. KHARDI (eds.), *Vigilance et transports. Aspects fondamentaux, dégradation et prévention* (pp. 287-297). Lyon, France: Presses Universitaires de Lyon
- CARSTEN, O. M. J., NILSSON, L. (2001): Safety assessment of driver assistance systems. *EJTIR*, 1, 225-243
- DRAGUTINOVIC, N., BROOKHUIS, K. A., HAGENZIEKER, M. P., MARCHAU, V. A. W. J. (2005): Behavioural effects of Advanced Cruise Control Use – a meta-analytic approach. *EJTIR*, 5, 267-280
- de WAARD, D., BROOKHUIS, K. et al. (2000): HASTE: Human machine interface and the safety of traffic in Europe – Development of experimental protocol (zit. n. AIDE, 2004)
- EILERS, K., NACHREINER, F., HÄNECKE, K. (1986): Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40, 215-224
- FÄRBER, Br., FÄRBER, Be. (2003): Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrverhalten. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 149*. Wirtschaftsverlag NW. ISBN 3-89701-978-7
- FASTENMEIER, W. (1995): Die Verkehrssituation als Analyseeinheit im Verkehrssystem. In: W. FASTENMEIER (Hrsg.), *Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme* (S. 27-78). In: H. HÄCKER (Serien-Hrsg.), *Mensch – Fahrzeug – Umwelt*, Bd. 33. Köln: Verlag TÜV Rheinland
- FINCH, D. J., KOMPFFNER, P., LOCKWOOD, C. R., MAYCOCK, G. (1994): *Speed, speed limits and accidents*. Crowthorne, Berkshire, UK: Transport Research Laboratory TRL, Project Record S211G/RB/Project Report PR 58
- Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme, Dresden [IVI] und Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrspsychologie [TUD] (Hrsg.) (2005): *INVENT-Teilprojekt Fahrerverhalten/MMI (FVM), Arbeitspaket 3100: Entwicklung eines Bewertungsverfahrens, Abschlussbericht, Version 3.1, 15. März 2005*. Bearbeiter (alphabetisch): BÖTTCHER, S., NIRSCHL, G., SCHLAG, B., VOIGTLÄNDER, M., WELLER, G. Dresden: Herausgeber (unveröffentlicht)
- GLASER, W. R., WASCHULEWSKI, H. (2005): *INVENT – Forschungsprojekt Fahrerassistenzsysteme (FAS), Teilprojekt Fahrerverhalten und Mensch-Maschine-Interaktion (FVM), Arbeitspaket 3200, Validierung und Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens I-TSA (Invent – Traffic Safety Assessment), Abschlussbericht*. Tübingen: Psychologisches Institut der Universität und MTO Psychologische Forschung und Beratung GmbH. Download [http://home pages.uni-tuebingen.de/wilhelm.glaser/publ.html](http://home.pages.uni-tuebingen.de/wilhelm.glaser/publ.html)
- GLASER, W. R., WASCHULEWSKI, H., SCHMID, D. (2005): I-TSA – Ein standardisiertes Verfahren zur Bewertung der Auswirkungen von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen auf die Verkehrssicherheit. In: *VDI-Wissenforum (Hrsg.) VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik, Fahrer im 21. Jahrhundert. Der Mensch als Fahrer und seine Interaktion mit dem Fahrzeug*. Tagung Braunschweig, 22. und

23. November 2005 (S. 17-40). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, VDI-Berichte 1919, ISBN 3 18 091919 1
- GLASER, W. R., WASCHULEWSKI, H., GLASER, M. O., SCHMID, D. (2010): AKTIV-AS Forschungsprojekt Aktive Sicherheit, Assistenzsysteme. Teilprojekt FSA Fahrsicherheit und Aufmerksamkeit, Arbeitspaket 4100, Langfristige Auswirkungen von Fahrerassistenzsystemen. Abschlussbericht. Tübingen: Psychologisches Institut der Universität und MTO Psychologische Forschung und Beratung GmbH (unveröffentlicht)
- HACKER, W. (1978): Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber
- HAIR, J. E., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L., BLACK, W. C. (1998): Multivariate data analysis. 5<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River, NJ, U.S.A.: Prentice Hall
- HEINRICH, H. W. (1931): Industrial accident prevention. New York, NY, U. S. A.: McGraw-Hill. (5<sup>th</sup> ed. 1980)
- HIRST, S., GRAHAM, R. (1997): The format and presentation of collision warnings. In: Y. I. NOY (Ed.), Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- HOLLNAGEL, E. (2004): Barriers and accident prevention. Aldershot, Hampshire, England: Ashgate
- IVI und TUD (2005) siehe Fraunhofer-Institut
- JOHANSSON, E., ENGSTRÖM, J., CHERRI, C., NODARI, E., TOFFETTI, A., SCHINDHELM, R., GELAU, C. (2004): Review of existing techniques and metrics for IVIS and ADAS assessment. Information society Technologies (IST) Programme AIDE IST-1-507674-IP
- LECHNER, D., PERIN, C. (1992): The actual use of the dynamic performance of vehicles. *Ingenieurs de l'automobile*, 11/12
- LEPLAT, J. (1987): Accidents and incidents production: Methods of analysis. In: J. RASMUSSEN, K. DUNCAN, J. LEPLAT (eds.) *New technology and human error* (pp. 133-142). New York, NY, U.S.A. etc.: John WILEY and Sons
- MARBE, K. (1926): *Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebsschäden*. München und Berlin, R. Oldenbourg
- MINDERHOUD, M. M., BOVY, P. H. L. (2001): Extended time-to-collision measures for road traffic safety assessment. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 89-97
- NAKAYAMA, O., FUTAMI, T., NAKAMURA, T., BOER, E. R. (1999): Development of a steering entropy method for evaluating driver workload. SAE Technical Paper Series 1999-01-0892. Warrendale, PA, U.S.A.: SAE International
- NEALE, V. L., KLAUER, S. G., KNIPLING, R. R., DINGUS, T. A., HOLBROOK, G. T., PETERSEN, A. (2002): The 100 car naturalistic driving study, Phase 1 – Experimental Design. Washington, DC, U. S. A.: Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Report No. DOT HS 809 536
- NEMOTO, H., YANAGISHIMA, T., TAGUCHI, M., WOOD, J. M. (2002): Driving workload comparison between older and younger drivers using the steering entropy method. SAE Technical Paper Series 2002-01-1080. Warrendale, PA, U.S.A.: SAE International
- NIRSCHL, G., BÖTTCHER, S., SCHLAG, B., WELLER, G. (2004): Verfahren zur Bewertung der Verkehrssicherheit von Fahrerassistenzsystemen durch objektive Erfassung von Fehlerisiken. In: VDI-Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.): 21. Internationale VDI/VW-Gemeinschaftstagung Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, Tagung Wolfsburg, 27. und 28. Oktober 2004 (S. 397-420). Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Berichte 1864)
- OTTENSMEYER, H.-U. (1985): Einfluss der Geschwindigkeit auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr. *Unfall und Fahrzeugtechnik*, 9. <http://ing-ottermeyer.de/bilder/FahrzeugUnd-Technik-Artikel.pdf>
- PARKER, D., REASON, J. T., MANSTEAD, A. S. R., STRADLING, S. G. (1995): Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 38, 1036-1048
- RASMUSSEN, J. (1986): *Information processing and human-machine interaction*. New York, U.S.A., etc., North-Holland

REASON, J. (1990): Human error. Cambridge, UK: Cambridge University Press

REASON, J. (1993): Self-report questionnaires in cognitive psychology: have they delivered the goods? In: A. BADDELEY, L. WEISKRANTZ (eds.) Attention, selection, awareness, and control. A tribute to Donald Broadbent (406-423). Oxford, UK, Clarendon Press

REASON, J. (2011): The human contribution. Unsafe acts, accidents and heroic recoveries. Farnham, UK. Ashgate

REASON, J., MANSTEAD, A., STRADLING, S., BAXTER, J., CAMPBELL, K. (1990): Errors and violations on the roads: a real distinction? Ergonomics, 33, 1315-1332

REICHART, G. (2001): Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH. VDI-Reihe 22, Nr. 7

RISSE, R., BRANDSTÄTTER, C. (1985): Die Wiener Fahrprobe. Wien: Literas, Kleine Fachbuchreihe des Kuratoriums für Verkehrssicherheit 21

SMUC, M., CHRIST, R. (2001): System zur Analyse des Fahrverhaltens (SAF). Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit

SWAIN, A. D., GUTTMANN, H. E. (1983): Handbook of human factors reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Washington, DC, U.S.A.: U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-1278

VERWEY, W. B. (2001): Evaluating safety effects of in-vehicle information systems. In: P. A. HANCOCK, P. A. DESMOND (eds.) Stress, workload, and fatigue (pp. 409-425). Mahwah, NJ, U.S.A.: Lawrence Erlbaum

## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

## 2006

- M 175: **Untersuchungen zur Entdeckung der Drogenfahrt in Deutschland**  
Iwersen-Bergmann, Kauert € 18,50
- M 176: **Lokale Kinderverkehrssicherheitsmaßnahmen und -programme im europäischen Ausland**  
Funk, Faßmann, Zimmermann, unter Mitarbeit von Wasilewski, Eilenberger € 15,00
- M 177: **Mobile Verkehrserziehung junger Fahranfänger**  
Krampe, Großmann € 15,50
- M 178: **Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw**  
Fastenmeier, Lehnig € 15,00
- M 179: **Geschlechtsspezifische Interventionen in der Unfallprävention**  
Kleinert, Hartmann-Tews, Combrink, Allmer, Jüngling, Lobinger € 17,50
- M 180: **Wirksamkeit des Ausbildungspraktikums für Fahrlehrer-anfänger**  
Friedrich, Brünken, Debus, Leutner, Müller € 17,00
- M 181: **Rennspiele am Computer: Implikationen für die Verkehrssicherheitsarbeit – Zum Einfluss von Computerspielen mit Fahrzeugbezug auf das Fahrverhalten junger Fahrer**  
Vorderer, Klimmt € 23,00
- M 182: **Cannabis und Verkehrssicherheit – Mangelnde Fahreignung nach Cannabiskonsum: Leistungsdefizite, psychologische Indikatoren und analytischer Nachweis**  
Müller, Topic, Huston, Strohbeck-Kühner, Lutz, Skopp, Aderjan € 23,50
- M 183: **Hindernisse für grenzüberschreitende Rettungseinsätze**  
Pohl-Meuthen, Schäfer, Gerigk, Moecke, Schlechtriemen € 17,50

## 2007

- M 184: **Verkehrssicherheitsbotschaften für Senioren – Nutzung der Kommunikationspotenziale im allgemeinmedizinischen Behandlungsalltag**  
Kocherscheid, Rietz, Poppelreuter, Riest, Müller, Rudinger, Engin € 18,50
- M 185: **1<sup>st</sup> FERSI Scientific Road Safety Research-Conference**  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden € 24,00
- M 186: **Assessment of Road Safety Measures**  
Erstellt im Rahmen des EU-Projektes ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making) € 16,00
- M 187: **Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland**  
Kalinowska, Kloas, Kuhfeld € 15,50
- M 188: **Leistungen des Rettungsdienstes 2004/05 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2004 und 2005**  
Schmiedel, Behrendt € 15,50

## 2008

- M 189: **Verkehrssicherheitsberatung älterer Verkehrsteilnehmer – Handbuch für Ärzte**  
Henning € 15,00
- M 190: **Potenziale zur Verringerung des Unfallgeschehens an Haltestellen des ÖPNV/ÖPSV**  
Baier, Benthaus, Klemps, Schäfer, Maier, Enke, Schüller € 16,00
- M 191: **ADAC/BAST-Symposium "Sicher fahren in Europa" – Referate des Symposiums vom 13. Oktober 2006 in Baden-Baden**  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden. € 24,00
- M 192: **Kinderunfallatlas**  
Neumann-Opitz, Bartz, Leipnitz € 14,50
- M 193: **Alterstypisches Verkehrsrisiko**  
Schade, Heinzmann € 14,50
- M 194: **Wirkungsanalyse und Bewertung der neuen Regelungen im Rahmen der Fahrerlaubnis auf Probe**  
Debus, Leutner, Brünken, Skottke, Biermann € 14,50
- M 195: **Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin (DGVM e.V.) – zugleich 50-jähriges Jubiläum der Fachgesellschaft DGVM – 34. Jahrestag** € 28,00
- M 196: **Psychologische Rehabilitations- und Therapiemaßnahmen für verkehrsauffällige Kraftfahrer**  
Follmann, Heinrich, Corvo, Mühlensiep, Zimmermann, Klipp, Bornewasser, Glitsch, Dünkel € 18,50
- M 197: **Aus- und Weiterbildung von Lkw- und Busfahrern zur Verbesserung der Verkehrssicherheit**  
Frühauf, Roth, Schyggulla € 15,50
- M 198: **Fahreignung neurologischer Patienten – Untersuchung am Beispiel der hepatischen Enzephalopathie**  
Knoche € 15,00

## 2009

- M 199: **Maßnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfängern**  
Müsseler, Debus, Huestegge, Anders, Skottke € 13,50
- M 200: **Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter infolge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland**  
Lefering € 13,50
- M 201: **Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrenlernen**  
Grattenthaler, Krüger, Schoch € 20,00
- M 202: **Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrausbildung, Fahrerweiterbildung und Fahrerlaubnisprüfung**  
Weiß, Bannert, Petzoldt, Krems € 16,00
- M 203: **Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung**  
Poschadel, Falkenstein, Pappachan, Poll, Willmes von Hinckeldey € 16,50
- M 204: **Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern**  
Evers € 21,00
- M 205: **Das Verkehrsquiz – Evaluationsinstrumente zur Erreichung von Standards in der Verkehrs-/Mobilitätserziehung der Sekundarstufe**  
Heidemann, Hufgard, Sindern, Riek, Rudinger € 16,50

## 2010

- M 206: **Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher**  
Holte € 18,50

- M 207: ADAC/BAST-Symposium "Sicher fahren in Europa"  
nur als CD erhältlich € 24,00
- M 208: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle  
in Deutschland € 18,00  
Baum, Kranz, Westerkamp
- M 209: Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der  
amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik € 17,50  
Heinrich, Pöppel-Decker, Schönebeck, Ulitzsch
- M 210: Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur  
Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO) € 20,50  
Engin, Kocherscheid, Feldmann, Rudinger
- M 211: Alkoholverbot für Fahranfänger € 14,50  
Holte, Assing, Pöppel-Decker, Schönebeck
- M 212: Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßen-  
tunneln € 19,00  
Färber, Färber
- M 213: Begleitetes Fahren ab 17 Jahre – Prozessevaluation des  
bundesweiten Modellversuchs € 33,00 -  
Funk, Grüninger, Dittrich, Goßler, Hornung, Kreßner,  
Libal, Limberger, Riedel, Schaller, Schilling, Svetlova

## 2011

- M 214: Evaluation der Freiwilligen Fortbildungsseminare für  
Fahranfänger (FSF) – Wirksamkeitsuntersuchung € 15,50  
Sindern, Rudinger
- M 215: Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und  
Optimierungsmöglichkeiten – Methodische Grundlagen und  
Möglichkeiten der Weiterentwicklung € 23,50  
Sturzbecher, Bönninger, Rüdell et al.
- M 216: Verkehrserziehungsprogramme in der Lehreraus-/Fortbil-  
dung und deren Umsetzung im Schulalltag – Am Beispiel der Mo-  
deratorkurse "EVA", "XpertTalks", "sicherfahren" und "RiSk" (in Vorbereitung)  
Neumann-Opitz, Bartz
- M 217: Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 – Analyse des  
Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009 € 16,50  
Schmiedel, Behrendt
- M 218: Sicherheitswirksamkeit des Begleiteten Fahrens ab  
17. Summative Evaluation € 20,00  
Schade, Heinzmann
- M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware € 15,50  
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert

## 2012

- M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahr-  
leistung und Autobenutzung am Anfang der Fahrkarriere € 30,00  
Funk, Schneider, Zimmermann, Grüninger
- M 221: Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von  
Kleintransportern € 15,00  
Roth
- M 222: Neue Aufgabenformate in der Theoretischen Fahrerlaub-  
nisprüfung € 15,00  
Malone, Biermann, Brünken, Buch
- M 223: Evaluation der bundesweiten Verkehrssicherheitskam-  
pagne "Runter vom Gas!" € 15,00  
Klimmt, Maurer
- M 224: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbe-  
dingungen bis 2015/2020 € 17,00  
Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer
- M 225: Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeits-  
studie € 17,50  
Huemer, Vollrath
- M 226: Rehabilitationsverlauf verkehrsauffälliger Kraftfahrer € 14,00  
Glitsch, Bornewasser, Dünkel

- M 227: Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzeptes für  
Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr € 16,00 -  
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt
- M 228: Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA) –  
Pottgießer, Kleinemas, Dohmes, Spiegel, € 17,50 -  
Schädlich, Rudinger
- M 229: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfall-  
risiko junger Fahrerinnen und Fahrer € 25,50  
Holte
- M 230: Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Schulweg-  
plänen € 21,00  
Gerlach, Leven, Leven, Neumann, Jansen
- M 231: Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite  
und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer € 19,00 -  
Poschadel, Falkenstein, Rinkenauer, Mendzheritskiy, -  
Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger
- M 232: Kinderunfallatlas – Regionale Verteilung von Kinder-  
verkehrsunfällen in Deutschland € 18,00  
Neumann-Opitz, Bartz, Leipnitz

## 2013

- M 233: 8. ADAC/BAST-Symposium 2012 – Sicher fahren in Europa  
CD-ROM / kostenpflichtiger Download € 18,00
- M 234: Fahranfängervorbereitung im internationalen Vergleich € 23,00  
Genschow, Sturzbecher, Willmes-Lenz
- M 235: Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Real-  
verkehr entwickelt am Begleiteten Fahren € 15,50  
Glaser, Waschulewski, Glaser, Schmid

---

Alle Berichte sind zu beziehen durch:

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

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.