

Nachweis alkohol- bedingter Leistungs- veränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahr Simulator der BASt

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 263

bast

Nachweis alkohol- bedingter Leistungs- veränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahr Simulator der BASt

von

Markus Schumacher

Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

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

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: F1100.4312015:
Alkoholreferenz Fahrsimulator

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

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

ISSN 0943-9315

ISBN 978-3-95606-226-1

Bergisch Gladbach, November 2015

Kurzfassung · Abstract

Nachweis alkoholbedingter Leistungs- veränderungen mit einer Fahrverhal- tensprobe im Fahrsimulator der BAST

Kenntner-Mabiala et al. (2015) konnten für einen Fahrsimulator mit Bewegungssystem zeigen, dass die von ihnen entwickelte Fahrverhaltensprobe geeignet ist, alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigungen des Fahrers nachzuweisen. Mit dem Ziel, diesen Nachweis auch für den Fahrsimulator der BAST zu erbringen, der zwar mit derselben Software betrieben wird, jedoch über kein Bewegungssystem verfügt, wurde die vorliegende Studie durchgeführt. Dabei absolvierten 24 Probanden (doppelblind, randomisiert) diese Fahrprobe mit einem Blutalkoholspiegel von 0‰, 0.5‰ und 0.8‰. Die Fahrtdauer betrug etwa 45 Minuten. Dabei wurden die Fahrer mit Verkehrsszenarien konfrontiert, die typisch sind für Fahrten auf Landstraßen, Autobahnen und im Innenstadtbereich. Die Leistungsbewertung erfolgte über Selbsteinschätzungen, durch geschulte Beobachter sowie über die Erfassung von Verhaltensmaßen der Längs- und Querregulation. Zusätzlich wurde die Leistung in fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereichen mit einem computerbasierten Testsystem erfasst, das auch im Rahmen der amtlichen Fahreignungsbeurteilung eingesetzt wird. Zusammenhänge zwischen beiden Erfassungsmethoden wurden geprüft.

Es konnte gezeigt werden, dass die abgeleiteten Leistungsparameter ähnlich gut wie in der Vergleichsstudie zwischen den nüchtern und den unter Beeinträchtigung absolvierten Fahrten differenzieren. Dabei waren die relativen Veränderungen in den Leistungsparametern vergleichbar, in deren absoluter Höhe jedoch gewisse Unterschiede bestanden. Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Fahrprobe und in der computerbasierten Testung konnten nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassend konnte für diese Fahrprobe gezeigt werden, dass sie auch bei Durchführung in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem geeignet ist, alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigungen nachzuweisen. Die dabei erzeugten Daten können somit als Referenzdaten in weiteren Studien herangezogen werden, in denen Beeinträchtigungen durch Alter, Medikamente oder Erkrankungen untersucht werden.

Effects of alcohol on driving a repre- sentative test course in the BAST driving simulator

The impairment caused by alcohol is very often used as a benchmark for driving impairment caused by medicinal drugs or by illicit drugs. Kenntner-Mabiala et al. (2015) developed a representative test course and collected alcohol calibration data in a dynamic driving simulator. The test course comprised highway driving and driving in rural and in urban areas.

The aim of the study at hand was to collect alcohol calibration data for the same test course in a stationary driving simulator and to compare this data to the data of the dynamic driving simulator.

In accordance with the procedure described by Kenntner-Mabiala et al. (2015), driving performance and driving errors of 24 healthy volunteers driving under placebo as well as with 0.05% and 0.08% BACs were assessed by trained observers (double-blind, randomized, crossover design). Additionally, performance indicators of longitudinal and of lateral control were assessed by the simulator software. Furthermore, all participants completed a set of computer-based tests developed for the assessment of skills related to driving (Vienna test system).

Performance measurements allowed to distinguish comparably well between sober and alcoholized driving in both driving simulators. There was no correlation between the performance in the driving simulator and the performance in the computer-based tests under any condition.

In summary, the representative test course turned out to be appropriate for the assessment of performance decrements caused by sedating drugs like alcohol, in a dynamic as well as in a stationary driving simulator. Therefore the experimental setup used in this study is also appropriate for further psychopharmacological research.

Inhalt

1	Einleitung und Überblick	7	4	Ergebnisse	24
			4.1	Verlauf der Blutalkoholkonzentrationen	24
2	Hintergrund	7	4.2	Wahrgenommene Alkoholwirkungen	25
2.1	Fahrsicherheit unter Medikamenteneinnahme	7	4.3	Computerbasierte Testung	26
2.2	Experimentelle Zugänge zur Erfassung der Fahrsicherheit	8	4.3.1	Leistungsprofil der Probandengruppe.....	26
2.3	Ergebnisse der Vergleichsstudie.....	10	4.3.2	Alkoholbedingte Leistungsveränderung im Determinationstest	27
2.4	Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Simulatorstudien auf den Straßenverkehr. 11		4.4	Fahrverhaltensprobe	28
			4.4.1	Fahrleistungsbewertungen und beobachtete Fahrfehler.....	28
3	Methodik	12	4.4.2	Fahrverhaltensdaten	29
3.1	Abschätzung der Stichprobengröße.....	12	4.4.3	Nebenaufgabe im Vigilanzszenario	30
3.2	Stichprobe	12	4.5	Vergleiche zwischen computerbasierter Testung und Fahrverhaltensprobe.....	30
3.3	Maßnahmen zum Schutz der Probanden .	13			
3.4	Alkoholgabe.....	13	5	Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion	31
3.5	Bestimmung des Blutalkoholspiegels.....	14			
3.6	Versuchsplan und Untersuchungsablauf ..	14	6	Anhang	35
3.7	Computerbasiertes Testsystem	16			
3.7.1	Systembeschreibung.....	16	7	Literatur	38
3.7.2	Verwendetes Testverfahren	16			
3.8	Fahr Simulator	18			
3.8.1	Systembeschreibung.....	18			
3.8.2	Prüfparcours.....	19			
3.9	Fahrleistungsbewertung durch geschulte Beobachter	20			
3.10	Selbsteinschätzungen der Fahrer	22			
3.11	Fahrverhaltensdaten	22			
3.12	Leistungsmaße der Nebenaufgabe im Vigilanzszenario	22			
3.13	Statistische Auswertungsmethoden	22			

1 Einleitung und Überblick

In dieser Studie wurden Leistungsdaten für eine Fahrverhaltensprobe nüchtern, sowie mit einem Blutalkoholspiegel von 0.5‰ und 0.8‰ erzeugt. Damit sollte zum einen geprüft werden, in wieweit anhand der von Kenntner-Mabiala, Kaussner, Jagiellowicz-Kaufmann, Hoffmann und Krüger (2015) entwickelten Fahrverhaltensprobe auch in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem Leistungsbeeinträchtigungen durch Alkohol nachgewiesen werden können. Die dabei erzeugten Daten sollen in späteren Studien als Referenzdaten für die Leistungsbeeinträchtigung durch Alter, Medikamente oder Erkrankungen herangezogen werden.

Die Studie stellt eine Replikation der Arbeit von Kenntner-Mabiala et al. (2015) dar. Sie wurde in derselben Weise im Fahrsimulator der BAST durchgeführt. Der wesentlichste Unterschied des Simulators der BAST zu dem, der in der bereits publizierten Arbeit verwendet wurde, besteht darin, dass der BAST-Simulator nicht mit einem Bewegungssystem ausgestattet ist. Da bislang keine zuverlässigen Angaben darüber vorliegen, wie sich die fehlende Bewegungsinformation auf das Verhalten der Probanden auswirkt, können die von Kenntner-Mabiala et al. (2015) publizierten Ergebnisse nicht einfach übertragen werden. Diese haben nur für den genutzten Simulator Gültigkeit. Hinzu kommt, dass sich der Simulator der BAST noch hinsichtlich weiterer Aspekte (u.a. Sichtsystem, Fahrerkabine, Charakteristik der Lenkung und der Pedale) unterscheidet, die das Verhalten der Fahrer ebenfalls beeinflussen können.

Ergänzend wurde noch eine Prüfung der fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereiche der Probanden mit Hilfe einer computerbasierten Testung durchgeführt, die auch im Rahmen der Fahreignungsbegutachtung eingesetzt wird. Hierfür wurde das Test-Set FEV des Wiener Testsystems verwendet.

Insgesamt wurden in diese doppelblinde, randomisierte Studie 24 Probanden eingeschlossen. Diese befuhren den von Kenntner-Mabiala et al. (2015) entwickelten Prüfparcours im Fahrsimulator der BAST drei Mal mit unterschiedlichem Blutalkoholspiegel (0.0‰, 0.5‰, 0.8‰). Dafür standen drei parallele Streckenversionen zur Verfügung. Die Stichprobenszusammensetzung entsprach weitgehend der der Vergleichsstudie.

Der Parcours umfasste eine repräsentative Auswahl von Verkehrssituationen, mit denen Fahrer

üblicherweise im realen Straßenverkehr konfrontiert werden. Er enthielt Situationen auf Landstraßen, Autobahnen und Innenstädten. Das Befahren dauerte ca. 45 Minuten.

Die Dosierung des Alkohols – in der Studie wurde Wodka (40 Vol.%) verwendet, wurde an Geschlecht, Körpergröße und Gewicht der Probanden angepasst, so dass die beiden Stufen der Alkoholisierung sicher hergestellt werden konnten. Die Bestimmung der Blutalkoholkonzentration erfolgte mehrmals im Verlauf der Erhebung mit Hilfe eines Atemalkoholmessgeräts.

Diese Studie wurde aus Forschungsmitteln der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) finanziert. Da Alkohol gemäß einer Entscheidung des BfArM ein Lebensmittel darstellt und kein Medikament, fiel diese Studie nicht unter die Vorgaben des Arzneimittelgesetzes. Dennoch wurden eine Reihe von Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Probanden getroffen. Aufgrund der Beteiligung eines Mediziners sowie aus versicherungstechnischen Gründen wurde die Studie der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein vorgelegt, die ein positives Votum vergab (Ifd. Nummer 2012428).

2 Hintergrund

2.1 Fahrsicherheit unter Medikamenteneinnahme

Für Patienten, die Medikamente einnehmen, besteht wie für alle anderen Fahrer auch, die Pflicht zur Selbstüberprüfung ihrer Leistungsfähigkeit vor Antritt jeder Fahrt (Berghaus et al., 2006). Dies schließt ein, dass sich Patienten über mögliche Nebenwirkungen ihrer Medikation informieren, zum Beispiel durch Lesen des Beipackzettels. Im Zweifelsfall muss der Arzt oder Apotheker dazu befragt werden. Ärzte sind ihrerseits verpflichtet, Patienten darüber aufzuklären, ob aufgrund ihres Gesundheitszustands eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr noch möglich ist. Sie sind auch verpflichtet, über fahrsicherheitsrelevante Nebenwirkungen von Medikamenten aufzuklären (Fries et al., 2008).

Der Anteil der in Deutschland verfügbaren Medikamente, die die Fahrsicherheit beeinträchtigen können, wird auf 15-20% geschätzt (Brunnauer & Laux, 2008). In der Roten Liste, dem Verzeichnis der in Deutschland zugelassenen Medikamente, sind allein etwa 40% der Präparate mit dem Hinweis „Reaktionsvermögen“ versehen. Dieser macht darauf aufmerksam, dass bei Einnahme die Fähigkeit zur aktiven Teilnahme am Straßenverkehr beeinträchtigt sein kann.

Doch welche Methoden eignen sich überhaupt, um darüber zu entscheiden, ob ein Medikament die Fähigkeit zur sicheren Teilnahme am Straßenverkehr einschränkt oder nicht? Bislang gibt es hierfür keine verbindlichen Vorgaben. Am aussagekräftigsten sind epidemiologische Fall-Kontroll-Studien, in denen erfasst wird, welcher Anteil verunfallter Fahrer unter Einfluss einer bestimmten Substanz stand. Dieser Anteil wird dann dazu in Bezug gesetzt, welcher Anteil an Fahrern unter Einfluss dieser Substanz fährt und nicht auffällig wird. Hierfür werden sog. Roadside-Surveys durchgeführt, bei denen Fahrer anlassfrei und zufällig angehalten und um die Abgabe einer Blut- oder Speichelprobe gebeten werden, die anschließend im Labor untersucht wird. Aus den beiden Prävalenzraten kann dann das mit einer Substanz verbundene Unfallrisiko beziffert werden.

Die wohl bedeutendste nach dieser Methodik durchgeführte Studie ist die Grand-Rapids-Studie (Borkenstein et al., 1974) zum Unfallrisiko unter Alkoholeinfluss. Diese Studie wurde bereits in den 1960er Jahren durchgeführt. In Deutschland wurde später eine vergleichbare Studie durchgeführt (Krüger & Vollrath, 1998). Bild 1 zeigt die in den beiden Studien ermittelten Unfallrisiken in Abhängigkeit des Blutalkoholspiegels. Bis zu einem Blutalkoholspiegel von 0.4‰ ergibt sich praktisch keine Erhöhung des Unfallrisikos. Zwischen 0.4‰ und 0.5‰ zeigt sich bereits eine Risikoerhöhung um das etwa 2.5-fache. Mit dem weiteren Anstieg des Blutalkoholspiegels steigt das Unfallrisiko weiter an und nimmt ab 1.1‰ einen exponentiellen Verlauf.

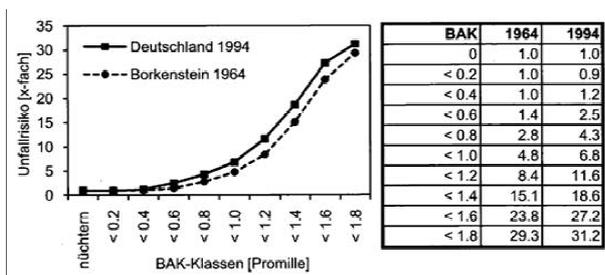


Bild 1: Unfallrisiko in Abhängigkeit von der Blutalkoholkonzentration in der Grand-Rapids-Studie und der vergleichbaren deutschen Studie (Vollrath & Krems, S. 135)

Die Durchführung solcher Fall-Kontroll-Studien ist mit enormem Zeitaufwand und mit hohen Kosten verbunden. Da das Risiko nur dann verlässlich berechnet werden kann, wenn ausreichend große Fallzahlen substanzpositiv getesteter Fahrer und Unfallopfer vorliegen, eignen sich solche Studien nur für Substanzen, die relativ häufig bei Fahrern anzutreffen sind.

Aus dem Europäischen Forschungsprojekt DRUID liegen aktuelle Daten zur Prävalenz von Medikamenten im Straßenverkehr vor (Houwing et al., 2011). Im Rahmen dieses Projekts wurden in 13 Europäischen Ländern¹ Roadside-Surveys durchgeführt. Dabei wurden mehr als 50 000 Fahrer zufällig und ohne Anlass im Straßenverkehr angehalten und um Abgabe einer Blut- oder Speichelprobe gebeten. Außerdem wurde eine Atemalkoholmessung durchgeführt.

Im Durchschnitt über alle an den Roadside-Surveys beteiligten Ländern wurden 3.5% der Fahrer positiv auf Alkohol (>0.1‰) getestet, 1.9% positiv auf illegale Drogen (u.a. Cannabis, Kokain, Methamphetamin) und 1.4% positiv auf Medikamente. Dabei konnten die Proben selbstverständlich nicht auf alle in Europa verfügbaren Medikamente hin untersucht werden. Die Analysen wurden nur auf die Medikamente hin durchgeführt, die zuvor von Experten ausgewählt worden waren. Ein Kriterium bei dieser Auswahl war die Wahrscheinlichkeit, ausreichende Fallzahlen zu erreichen. Zu den ausgewählten Medikamenten gehörten u.a. Benzodiazepine, Z-Substanzen und Opiate.

Der geringe Anteil von Fahrern, der überhaupt positiv auf eines der Medikamente getestet wurde macht die Problematik deutlich: die Prävalenzen für einzelne Medikamente sind viel zu niedrig, als dass eine Fall-Kontroll-Studie, wie sie zur Bestimmung des Unfallrisikos unter Alkohol durchgeführt wurde, ein sinnvoller Zugang wäre. Erschwerend kommt hinzu, dass der Nachweis einer Medikamenteneinwirkung nicht wie bei Alkohol vor Ort durch eine Atemmessung durchgeführt werden kann. Hierfür müssen Blut- oder Speichelproben genommen und später im Labor untersucht werden. Dies ist zum einen sehr teuer, zum anderen wird die Entnahme einer Blutprobe deutlich häufiger verweigert als eine Atemalkoholmessung, was die Durchführung immens erschwert.

2.2 Experimentelle Zugänge zur Erfassung der Fahrsicherheit

Einen Zugang, der für die Untersuchung der Fahrsicherheit unter Wirkung von Medikamenten besser geeignet ist, stellen experimentelle Studien dar. Hier werden die zu untersuchenden Medikamente gezielt verabreicht. Es wird dann geprüft, in wie weit es nach der Einnahme zu Beeinträchtigungen kommt. Dazu werden die Leistungsbereiche betrachtet, von denen angenommen wird, dass sie für das sichere Fahren von Bedeutung sind. Alter-

¹ Beteiligte Länder: Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden, Tschechien, Ungarn, Litauen, Polen, Spanien, Italien, Portugal, Belgien und Holland.

nativ dazu wird auch das Fahren direkt untersucht, entweder auf abgeschlossenen Arealen, im Straßenverkehr oder in Fahrsimulatoren. Aus den nachgewiesenen Leistungsbeeinträchtigungen werden dann Rückschlüsse auf das Unfallrisiko gezogen. Allerdings gibt es bislang kein allgemein akzeptiertes Modell das beschreibt, wie Beeinträchtigungen in motorischen und kognitiven Leistungsbereichen mit dem tatsächlichen Verhalten im Straßenverkehr und letztlich dem Unfallrisiko zusammenhängen.

Die Tests, die zur Erfassung etwaiger Leistungsbeeinträchtigungen durch Medikamente eingesetzt werden, sind vielfältig. Darunter sind auch computerbasierte Testverfahren, die im Rahmen der Begutachtung der Fahreignung eingesetzt werden, wie beispielsweise Testverfahren des Wiener Testsystems (siehe Kapitel 3.7). Es werden aber auch andere psychometrische Tests eingesetzt, die nicht spezifisch für den Einsatz im fahrerischen Bereich konzipiert wurden. Dies sind, um nur einige zu nennen, Divided Attention Test (DAT) oder Digit Symbol Substitution Test (DSST). Einen Überblick über häufig eingesetzte Verfahren geben Jongen et al. (2014). Die Autoren haben einige der gängigen Tests an Alkohol auf ihre Eignung zum Nachweis fahrsicherheitsrelevanter Leistungsbeeinträchtigung überprüft.

Den Goldstandard bei den experimentellen Verfahren stellen Fahrverhaltensproben im öffentlichen Straßenverkehr dar. Im Gegensatz zu Testungen am Computer oder Papier-und-Bleistift-Verfahren haben Fahrverhaltensproben eine hohe Augenscheinvalidität. Ihr wohl größter Nachteil liegt in der Gefährdung, die davon für die Probanden und die übrigen Verkehrsteilnehmer ausgeht. Problematisch ist aber auch, dass sie kaum standardisierbar sind. Zwar kann eine Fahrverhaltensprobe auf einer festgelegten Strecke durchgeführt werden, jedoch besteht keinerlei Kontrolle über das Verkehrsgeschehen und insbesondere nicht über das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer. Die Anforderungen, mit denen Fahrer bei verschiedenen Fahrten auf derselben Strecke konfrontiert werden, können sich daher beträchtlich unterscheiden. Weitere kritische Punkte sind die Art der Registrierung des Fahrerhaltens sowie die Leistungsbewertung.

Der am häufigsten im Straßenverkehr eingesetzte Test zur Erfassung substanzbedingter Beeinträchtigungen ist der Road-tracking Test (O'Hanlon, 1984). Er wurde bereits zur Untersuchung einer Vielzahl von Medikamenten eingesetzt (Verster & Roth, 2011). Er wird auch von dem International Council of Alcohol, Drugs and Traffic Safety

(ICADTS) zur Verwendung in Studien vorgeschlagen, in denen der Einfluss psychoaktiver Substanzen auf die Fahrsicherheit untersucht wird (ICADTS, 1999; Walsh et al., 2008).

Der Test besteht aus einer einstündigen Autobahnfahrt bei vorgegebener Geschwindigkeit. Dabei wird gemessen, wie stark der Fahrer während des Fahrens in der Spur schwankt. Als Maß für die Beeinträchtigung wird der als SDLP (standard deviation of lateral position) bezeichnete Parameter herangezogen, der dieses Schwanken quantifiziert. Der Road-tracking Test wurde an der Wirkung von Alkohol kalibriert (Verster & Ramaekers, 2009). Wie Bild 2 zeigt, nimmt die SDLP mit dem Blutalkoholspiegel zu. Der Vorteil des Tests besteht darin, dass er weitgehend standardisiert durchgeführt werden kann. Außerdem können Leistungsveränderungen durch ein Medikament den durch Alkohol bedingten gegenübergestellt werden.

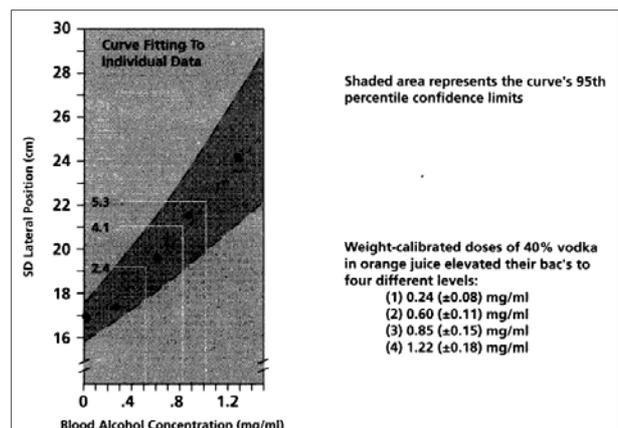


Bild 2: Veränderung der SDLP bei steigender Alkoholisierung (Verster & Ramaekers, 2009, S. 90)

Die Betrachtung der Leistungsbeeinträchtigung relativ zur Wirkung von Alkohol wurde auch für ein europäisches Klassifikationsschema für Medikamente vorgeschlagen (Gier et al., 2009). Dort werden drei Kategorien unterschieden und entsprechend gekennzeichnet:

- Kategorie 1: vermutlich keine Beeinträchtigung der Fahrsicherheit – vergleichbar BAK < 0.2‰.
- Kategorie 2: geringe oder mäßige Beeinträchtigung der Fahrsicherheit zu erwarten – vergleichbar 0.2‰ > BAK < 0.5‰.
- Kategorie 3: starke Beeinträchtigung der Fahrsicherheit zu erwarten; vermutlich gefährlich – vergleichbar BAK > 0.5‰.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Road-tracking Test ein geeignetes Verfahren ist, um Beeinträchtigungen des Fahrers durch Medikamente nachzuweisen, deren Haupt- oder Nebenwirkung Ermüdung ist.

Es muss jedoch einschränkend angemerkt werden, dass dieser Test eine monotone Autobahnfahrt darstellt und somit nur einen Teil der Anforderungen abbildet, mit denen Fahrer üblicherweise beim Fahren konfrontiert werden. Betrachtet man die Anforderungen des Road-tracking Tests unter der Perspektive des Drei-Ebenen-Modells des Fahrens (Michon, 1985, dargestellt z.B. bei Vollrath & Krems, 2011), sind diese fast ausschließlich der Stabilisierungsebene zuzuordnen. Aufgaben dieser Ebene laufen weitestgehend automatisiert ab. Komplexere Anforderungsbereiche wie zum Beispiel Entscheidungen über Vorfahrtsregelungen werden im Road-tracking Test kaum angesprochen. Dabei ereignet sich die deutliche Mehrzahl der Unfälle mit Personenschaden innerhalb geschlossener Ortschaften und dort vor allem an Kreuzungen (z.B. Statistisches Bundesamt, 2012).

Verkehrssituationen im Innenstadtbereich oder auch solche auf Landstraßen, die andere Anforderungen an den Fahrer stellen als Autobahnfahrten, bleiben im Road-tracking Test unberücksichtigt. Hier stellt die vom Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften für die Durchführung im Fahrsimulator entwickelte Fahrverhaltensprobe (WIVW, 2012; Kenntner-Mabiala et al., 2015) eine gute Alternative dar. Diese Fahrverhaltensprobe hat ein durchschnittliches Anforderungsniveau, wie es auch für die Durchführung von Fahrverhaltensproben im Rahmen der Begutachtung der Fahreignung gefordert wird. Anders als der Road-tracking Test umfasst sie eine repräsentative Auswahl von Verkehrssituationen, mit denen Fahrer üblicherweise auf Autobahnen, bei Überlandfahrten sowie in Innenstadtbereichen konfrontiert werden. Der Focus der Anforderungen liegt damit nicht einseitig auf der Stabilisierungsebene, sondern es werden auch komplexere Anforderungen der taktischen und der operationalen Ebene des Fahrens abgedeckt (Kenntner-Mabiala et al., 2015)

Anders als im realen Verkehrsgeschehen, können aufgrund der Durchführung im Simulator Verkehrssituationen in immer der gleichen Weise wieder hergestellt werden. Die bei Fahrverhaltensproben im realen Straßenverkehr häufig kritisierte mangelnde Standardisierbarkeit liegt damit nicht vor. Verschiedene Fahrten sind hinsichtlich der Anforderungen an die Fahrer untereinander stets absolut vergleichbar. Weiterhin herrschen im Fahrsimulator für die Leistungsbewertung stets optimale Beobachtungsbedingungen.

Die Leistungsbewertung erfolgt nach objektivierbaren Kriterien, die in einem Handbuch ausführlich dokumentiert sind (Hoffmann et al., 2012). Wie bei allen Studien in Fahrsimulatoren besteht nie eine

echte Gefährdung für die Probanden oder andere Verkehrsteilnehmer. Darüber hinaus ist die Durchführung völlig unabhängig von Witterungsbedingungen oder tageszeitlichen Schwankungen der Verkehrsdichte, was einen weiteren Vorteil darstellt.

2.3 Ergebnisse der Vergleichsstudie

Kenntner-Mabiala et al. (2015) führten diese Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator der WIVW GmbH durch. Dieser Fahrsimulator ist mit einem Bewegungssystem ausgestattet und wird ebenfalls mit der Simulationssoftware SILAB betrieben. Es konnte für diesen Fahrsimulator gezeigt werden, dass diese Fahrverhaltensprobe geeignet ist, Leistungsbeeinträchtigungen durch Alkohol nachzuweisen. Dabei differenzierten die erhobenen Leistungsmaße unterschiedlich gut zwischen den untersuchten Bedingungen (0.0‰, 0.5‰, 0.8‰ BAK). Die meisten differenzierten deutlich zwischen dem Fahren mit und ohne Alkohol. Eine Differenzierung zwischen den beiden realisierten Blutalkoholkonzentrationen war jedoch zumeist nicht nachweisbar.

So ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen nüchternem Fahren und dem Fahren unter Alkoholeinfluss für:

- Das Urteil der Beobachter auf der Fitness-to-Drive-Skala (Neukum & Krüger, 2003) für die Fahrt als Ganzes.
- Die Summe der beobachteten kognitiven Fehler.
- Die Summe der beobachteten Fehler in der Querführung.
- Die SDLP, einem Maß für die Güte der Spurhaltung, jedoch nur in den Szenarien, in denen der Schwerpunkt der Anforderungen in der Spurhaltung lag sowie im Vigilanzszenario. Hier mussten die Fahrer bei Dunkelheit über längere Zeit einem vorausfahrenden Fahrzeug folgen und dabei eine Nebenaufgabe bearbeiten.
- Das Abkommen von der Fahrspur und die mangelnde Anpassung der Geschwindigkeit in den Szenarien, in denen eine Anpassung der Fahrgeschwindigkeit notwendig gewesen wäre.
- Den Lidschlussindex als Maß der Ermüdung.

Die Gesamtzahl der vom Beobachter über die gesamte Fahrt hinweg protokollierten Fehler differenzierte zudem eindeutig auch zwischen allen drei untersuchten Bedingungen. Ebenso wie die Anzahl der Fehler in der Längsführung.

Insgesamt, so führen Kenntner-Mabiala et al. (2015) aus, wurden im Rahmen der Studie keine Fälle mit kritischem Fahrverhalten oder mit absoluter Fahruntüchtigkeit beobachtet. Dies war aufgrund der untersuchten Blutalkoholkonzentrationen jedoch auch nicht zu erwarten (Krüger & Vollrath, 2004; Schnabel et al., 2010).

Da sich der von Kenntner-Mabiala et al. (2015) verwendete Simulator hinsichtlich verschiedenster Merkmale vom Fahrsimulator der BAST unterscheidet, können die Ergebnisse dieser Studie nicht einfach übertragen werden. Es ist daher notwendig, diese Studie im Fahrsimulator der BAST zu replizieren und damit zu zeigen, dass auch dort der Nachweis alkoholbedingter Beeinträchtigungen des Fahrers möglich ist. Nur wenn dieser Nachweis erbracht ist, kann die Fahrverhaltensprobe auch eingesetzt werden, um andere psychoaktive Substanzen mit sedierender Wirkung zu untersuchen. Um dabei nachgewiesene Leistungsabweichungen einordnen zu können, eignen sich schließlich nur Daten desjenigen Simulators, in dem diese Erhebung auch durchgeführt wurde. Daten anderer Simulatoren können für diese relative Einordnung nicht herangezogen werden.

Veldstra et al. (2012) führten für eine Fahrverhaltensbeobachtung in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem eine Alkoholkalibrierung durch. Der Parcours enthielt neben geraden Strecken, auf denen die SDLP gemessen wurde, auch Kreuzungsszenarien, Abschnitte mit Folgefahrten sowie Verkehrssituationen, die ein schnelles Reagieren der Fahrer erforderten. Diesen Parcours absolvierten die Fahrer nüchtern sowie mit den BAK-Stufen 0.3‰, 0.5‰, 0.8‰. Die deutlichsten Alkoholeffekte wurden auf der SDLP gefunden, was die Autoren als Begründung dafür anführen, sich in Studien zu anderen psychoaktiven Substanzen vorwiegend auf diesen Leistungsparameter zu stützen.

Veldstra et al. (2012) hatten auch versucht, Verhaltensmaße für die Veränderung der Risikobereitschaft zu finden. Dafür analysierten sie zum Beispiel die Größe der Zeitlücken im Querverkehr, die Fahrer beim Durchfahren von Kreuzungen nutzten. Hier waren aber keine alkoholbedingten Veränderungen nachweisbar, was vermutlich auch auf Lerneffekte zurückzuführen ist. Die Autoren schlossen jedoch daraus, dass solche Szenarien eher weniger geeignet sind substanzinduzierte Beeinträchtigungen nachzuweisen.

2.4 Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Simulatorstudien auf den Straßenverkehr

Die externe Validität bezeichnet die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Fahrsimulatorstudien auf den Straßenverkehr. Bei Fahrsimulatoren werden Verhaltensvalidität und physikalische Validität unterschieden. Bei der Verhaltensvalidität geht es darum zu bestimmen, in wieweit sich Fahrer im Fahrsimulator so verhalten, wie auf der Straße. Die physikalische Validität bezieht sich hingegen auf den Vergleich physikalischer Charakteristika zwischen Realfahrzeug und Simulator. Hierzu wird beispielsweise der Verlauf der Beschleunigung beim Betätigen des Gaspedals zwischen Simulator und Realfahrzeug verglichen.

Fahrsimulatorstudien sind nur in dem Maße sinnvoll, wie die Verhaltensvalidität vorliegt. Obwohl sie also eine grundlegende Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz von Simulatoren in der Forschung ist, findet sich bislang nur eine recht überschaubare Anzahl publizierter Validierungsstudien (Mullen et al., 2011).

In den meisten dieser Studien wurden Verhaltensmaße wie Fahrgeschwindigkeit, Spurhaltung oder Bremsreaktionen der Fahrer zwischen Simulator und realem Fahrzeug verglichen (Mullen et al., 2011). Üblicherweise wird dabei zwischen relativer und absoluter Validität unterschieden. Erstere bezieht sich darauf, ob sich Interventionen in beiden Umgebungen in vergleichbarer Weise auswirken. Es geht also beispielsweise darum, ob Fahrer sowohl im Simulator als auch auf der Straße langsamer fahren, wenn sie abgelenkt sind. Die absolute Höhe der gewählten Geschwindigkeit spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da nur die Veränderung innerhalb des Simulators bzw. innerhalb des Realfahrzeugs betrachtet wird. Die absolute Validität bezieht sich hingegen auf die absolute Größe der erfassten Verhaltensparameter (Blana, 1997). Sie wäre beispielsweise gegeben, wenn Fahrer in einer Verkehrssituation im Fahrsimulator die gleiche Geschwindigkeit wählen würden wie im realen Fahrzeug.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die relative Validität für eine Reihe von Verhaltensmaßen als gegeben betrachtet werden kann. Dazu gehört die Wahl der Geschwindigkeit, die Spurhaltung und auch Bremsreaktionen der Fahrer. Sie gilt auch für das Verhalten unter Ablenkung, z.B. beim Telefonieren oder das Verhalten in kritischen Situationen. Die absolute Validität wird von den meisten Verhaltensmaßen in der Regel nicht erreicht (Mullen et al., 2011). Allerdings genügt für

die meisten Untersuchungsfragen auch die relative Vergleichbarkeit des Fahrerhaltens völlig.

Auch physiologische Reaktionen treten in Fahrsimulatoren in ähnlicher Weise auf wie bei Fahrten in realen Fahrzeugen. Weiterhin scheinen Simulatoren geeignet zu sein, altersbedingte Leistungsänderungen nachzuweisen.

3 Methodik

Der folgende Abschnitt stellt die Stichprobe sowie das methodische Vorgehen und die eingesetzten Verfahren dar.

3.1 Abschätzung der Stichprobengröße

Die Abschätzung der Stichprobengröße beruht auf Daten zur Spurschwankung aus einer Fahrsimulatorstudie zum Einfluss von Antiepileptika auf die Fahrleistung (Kaussner et al., 2010). Auf der Grundlage der in dieser Studie verwendeten Fahrverhaltensprobe wurde die hier verwendete Fahrverhaltensprobe entwickelt. Die mittlere Differenz der SDLP zwischen den Fahrten unter Placebo und unter Medikamenteneinfluss betrug bei dieser Studie in den monotonen Streckenabschnitten 3.5cm, die Standardabweichung unter beiden Bedingungen 1cm.

Bei einem zweiseitigen α -Niveau von 5% kann mit einer Stichprobengröße von 24 Fahrern eine Differenz in der Spurschwankung von 2cm nachgewiesen werden, die als klinisch relevant zu betrachten ist (Kenntner-Mabiala et al., 2015).

3.2 Stichprobe

Die Probanden wurden aus dem Probandenpool der BAST rekrutiert. Dieser umfasst Fahrer unterschiedlichen Alters, die bereits erfolgreich ein Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator der BAST absolviert haben. Ferner willigten diese Probanden schriftlich zur Teilnahme an Studien der BAST ein.

Die Stichprobe wurde so zusammengesetzt, dass sie in Bezug auf Alter, Fahrerfahrung und Geschlechtsverteilung der Vergleichsstudie entsprach. Weiterhin wurden sämtliche für diese Studie festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien beachtet:

Einschlusskriterien:

- gesunde Männer und Frauen im Altersbereich ≥ 20 und ≤ 60 Jahre
- gültige Fahrerlaubnis für Pkw (Klasse B)
- erfolgreich absolviertes Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator der BAST bei guter bis sehr guter Simulatorverträglichkeit (subjektives Urteil des Untersuchungsleiters nach dem Training)
- mäßiger Alkoholkonsum, d.h. mindestens ein alkoholisches Getränk im Monat jedoch nicht mehr als 14 alkoholische Getränke pro Woche (Erfassung mittels des Kurzfragebogens zum Alkoholkonsum; Vollrath, 2000)
- **nur Frauen:** negativer Schwangerschaftstest

Ausschlusskriterien

- akute oder chronische Erkrankungen
- Regelmäßige Einnahme von Medikamenten im Zeitraum von 14 Tagen vor Studienbeginn, die in der Roten Liste mit dem Warnhinweis „Reaktionsvermögen“ versehen sind und/oder die nicht zusammen mit Alkohol eingenommen werden dürfen (Ausnahme: orale Kontrazeptiva)
- jegliche Einnahme von Medikamenten im Zeitraum von 48 Stunden vor dem Erhebungstermin (Ausnahme: orale Kontrazeptiva)
- Konsum illegaler Drogen (incl. THC) im Zeitraum von 48 Stunden vor dem Erhebungstermin
- Blutalkoholspiegel $> 0.0\%$ bei Erscheinen am Erhebungstermin
- Score > 6 im Kurzfragebogen für Alkoholgefährdete (KFA, Feuerlein et al., 1989)
- **nur Frauen:** bestehende Schwangerschaft (Ausschluss über Schwangerschaftstest vor jedem Erhebungstermin), während der Stillzeit oder im gebärfähigen Alter bei Verwendung einer Verhütungsmethode mit einem Pearl-Index² > 1

An der Studie nahmen insgesamt 24 Fahrer teil. Die Gruppe setzte sich zu gleichen Teilen aus Männern und Frauen zusammen. Der Altersdurchschnitt lag bei 31.96 Jahren (SD = 8.71). Die Teilnehmer waren zum Zeitpunkt der Teilnahme an der Untersuchung zwischen 21 und 50 Jahre alt. Ihre Fahrleistung innerhalb der letzten 12 Monate gaben sie im Durchschnitt mit 11 675km an. Hier bestanden beträchtliche Unterschiede zwischen den Probanden (SD = 9935.80; Min = 400km, Max = 45000km). Der Body-Mass-Index lag in der untersuchten Gruppe bei durchschnittlich 24.29 (SD = 4.21; Min = 18.50; Max = 35.83).

² Maß für die Zuverlässigkeit von Verhütungsmethoden (Pearl-Index der Pille: 0,1 - 0,9)

Die Probanden machten auch Angaben zu ihrem Alkoholkonsum. Im Mittel wurde im Kurzfragebogen für Alkoholgefährdete ein Wert von 0.50 erreicht (SD = .83; Min = 0.00; Max = 3.00), was deutlich unter dem als kritisch definierten Wert von 6 liegt, ab dem vom Vorliegen einer Alkoholabhängigkeit auszugehen ist. Ihren Angaben zufolge nahmen die Probanden an einem typischen Tag am Wochenende alkoholische Getränke in einer Menge zu sich, die durchschnittlich 52.38g (SD = 35.69) Alkohol entsprach. Für Tage am Wochenende, an denen sie mehr als üblich tranken, gaben sie diese Menge mit 73.77g (SD = 71.99) an. Während der Woche wurde im Schnitt an 0.90 Tagen Alkohol konsumiert (SD = 1.17). Die dabei konsumierte Menge alkoholischer Getränke wurde mit einer 19.04g Alkohol (SD = 23.94) entsprechenden Menge angegeben.

Für die Teilnahme erhielten die Probanden eine angemessene Aufwandsentschädigung.

3.3 Maßnahmen zum Schutz der Probanden

Dieses Untersuchungsvorhaben wurde der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein zur Genehmigung vorgelegt und erhielt ein positives Votum. Vor Einschluss in die Studie führte ein Arzt mit jedem Probanden ein ausführliches Anamnesegespräch durch, in dem gezielt auf mögliche gesundheitliche Risiken hin geprüft wurde. Für die Teilnahme mussten alle Einschlusskriterien erfüllt sein und durfte keines der Ausschlusskriterien vorliegen. Alle Probanden wurden im Vorfeld ihrer Teilnahme ausführlich über den Ablauf und die Ziele der Studie informiert. Ihnen stand es frei, die Teilnahme zu jeder Zeit ohne Angabe von Gründen zu beenden. Zur Teilnahme musste eine schriftliche Einverständniserklärung vorliegen.

Anders als bei Untersuchungen im realen Straßenverkehr, führen Unfälle in der Fahrsimulation nicht zu Schäden. Darüber hinaus können Simulatorfahrten jederzeit unterbrochen werden, falls der Zustand eines Fahrers dies erfordert. Eine Überdosierung des Alkohols konnte durch die exakte Berechnung der zur Erreichung der angestrebten Blutalkoholkonzentration erforderlichen Menge weitestgehend ausgeschlossen werden. Darüber hinaus wurden bereits im Zuge der Alkoholvergabe mehrere Atemalkoholmessungen durchgeführt. Personen, die nie von sich aus Alkohol konsumieren, wurden nicht in die Studie eingeschlossen. Ebenso wurden Personen von der Teilnahme ausgeschlossen, die an Erkrankungen leiden, bei denen kein Alkohol konsumiert werden

darf (z.B. bestehende oder vergangene Alkoholabhängigkeit) sowie bei Einnahme von Medikamenten, die nicht zusammen mit Alkohol eingenommen werden dürfen. Bei weiblichen Probanden wurden Maßnahmen getroffen, eine bestehende Schwangerschaft auszuschließen.

Für die Probanden wurde eine verschuldensunabhängige Versicherung abgeschlossen, die mögliche gesundheitliche Schäden abdeckte, die in Zusammenhang mit der Studienteilnahme auftreten können. Darüber hinaus wurde eine Wege-Unfallversicherung abgeschlossen. Um zu vermeiden, dass die Probanden, nachdem sie eine Messfahrt unter Alkohol absolviert haben, in einen durch die Alkoholwirkung verursachten Verkehrsunfall verwickelt werden, verpflichteten sie sich schriftlich, im Zeitraum von 12 Stunden kein Fahrzeug selbst zu führen. Sie wurden von einem Taxi am Gebäude der BAST abgeholt und bis zur Wohnung gebracht.

3.4 Alkoholgabe

Bei jedem Erhebungstermin erhielten die Probanden insgesamt 400 ml eines Getränks ihrer Wahl (Bitter Lemon oder Orangensaft). Die Vergabe des Getränks erfolgt aufgeteilt in vier gleich große Anteile. Zwei Anteile wurden vor Antritt der Eingewöhnungsfahrt im Simulator verabreicht, zwei weitere danach. Für das Trinken wurde den Probanden je Anteil 5 Minuten Trinkzeit gegeben.

Bei den Fahrten unter Alkohol enthielt diese Gesamtmenge handelsüblichen Wodka mit 40 Volumen-Prozent Alkohol. Für jeden Probanden wurde individuell berechnet, welche Menge Alkohol notwendig war, um den intendierten Blutalkoholspiegel von 0.5‰ bzw. 0.8‰ zu erreichen. In die Berechnung ging das Gesamtkörperwasser (TBW in ml) des Probanden, dessen Geschlecht und Körpergröße sowie ein Konversionsfaktor ein. Durch diesen wird berücksichtigt, dass die Probanden vor dem Versuch etwas gegessen haben und der Alkohol dadurch etwas verlangsamt ins Blut übertritt.

Das Gesamtkörperwasser berechnete sich für Männer und Frauen unterschiedlich und zwar wie folgt (Watson et al., 1980):

- Frauen

$$TBW [ml] = 2.097 + (0.1069 \times \text{Körpergröße [cm]}) + (0.2466 \times \text{Gewicht [kg]})$$
- Männer

$$TBW [ml] = 2.447 - (0.0952 \times \text{Alter [Jahre]}) + (0.1074 \times \text{Größe [cm]}) + (0.3362 \times \text{Gewicht [kg]})$$

Das Ergebnis dieser Berechnungsformel ging in die Formel ein, nach der die Alkoholmenge bestimmt wurde (Vollrath, 2000):

$$\text{Alkoholmenge [g]} = (\text{BAK} \times \text{TBW}) / (0.8 \times \text{Konversionsfaktor})$$

Wie von Kenntner-Mabiala et al. (2015) wurde für die Ziel-Blutalkoholkonzentration von 0.5‰ der Wert von 0.65 in die Formel eingesetzt, für 0.8‰ der Wert von 0.95. Durch diese Korrektur wurde gewährleistet, dass der Alkoholspiegel über die Dauer der Fahrt hinweg erhalten blieb. Dazu wurde berücksichtigt, dass pro Stunde zwischen 0.1‰ und 0.2‰ Alkohol abgebaut wird. Die Probanden waren angewiesen, die letzte Mahlzeit vier Stunden vor dem Erhebungstermin zu sich genommen zu haben. Vor dem Trinken des Alkohols erhielten sie ein belegtes Brötchen mit wahlweise Wurst oder Käse. Dieser Mahlzeit wird mit dem Konversionsfaktor von 1.25 Rechnung getragen.

3.5 Bestimmung des Blutalkoholspiegels

Für die Bestimmung des Blutalkoholspiegels wurde ein Atemalkoholmessgerät der Firma Dräger (Bild 3) eingesetzt. Das Messgerät ermittelt über einen elektrochemischen Sensor die Alkoholkonzentration in der Atemluft. Aus dieser wird vom Gerät dann die Konzentration im Blut errechnet. Dieses Gerät wird auch von der Polizei im Rahmen von Verkehrskontrollen verwendet. Dass eine Prädiktion der Blutalkoholkonzentration aus der in der Atemluft gemessenen Alkoholkonzentration möglich ist, gilt als gesichert.

Wenn sich nach dem Trinken noch Alkohol im Mund- und Rachenraum befindet, kann dies die Messergebnisse verfälschen. Es wurde daher zwischen der Vergabe des Alkohols und der Messung immer min. 10 Minuten gewartet. Darüber hinaus wurden die Probanden vor jeder Messung aufgefordert, den Mund mit Wasser zu spülen.



Bild 3: Atemalkoholmessgerät (Dräger Alcotest 6510)

3.6 Versuchsplan und Untersuchungsablauf

Diese Studie wurde doppelblind und placebokontrolliert durchgeführt. Dies bedeutet, dass weder die Fahrer noch der Beobachter, der die Bewertung der Fahrten vornahm, wussten, mit welchem Blutalkoholspiegel eine Fahrt absolviert wurde. Die Zubereitung des Mischgetränks übernahm daher der Untersuchungsleiter, der auch die Atemalkoholmessungen durchführte, Fragebogen vorlegte, den Ablauf koordinierte und für die Bedienung des Fahrsimulators zuständig war. Zusätzlich wurde der Untersuchungsraum mit einem in Wodka getränkten Tuch beduftet, um die Bedingung der Fahrt weiter zu verschleiern. Außerdem wurde bei den Fahrten ohne Alkohol der obere Rand des Bechers, aus dem die Probanden tranken, mit Wodka bestrichen. So entstand der Eindruck, das angebotene Getränk enthalte Alkohol.

Die ausführliche Anamnese mit Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien, wie auch die Einholung der Einwilligung zur Teilnahme erfolgten bei einem Vorabtermin in den Räumen der Bundesanstalt für Straßenwesen, wo die Studie auch durchgeführt wurde. Bei diesem Termin absolvierten alle Fahrer eine etwa 30minütige Fahrt im Fahrimulator. Mit Hilfe dieser Fahrt sollten alle Fahrer wieder auf denselben Stand der Gewöhnung gebracht werden. Die Fahrer hatten bei diesem Termin auch die Gelegenheit noch offene Fragen mit dem Prüfarzt zu klären. Abschließend absolvierten die Probanden das Test-Set FEV des Wiener Testsystems bestehend aus DT, COG, LVT, RT & TAVTMB (siehe Kapitel 3.7.2).

Die eigentliche Untersuchung umfasste für jeden Fahrer drei Termine bestehend aus der Fahrverhaltensprobe im Fahrimulator und der Bearbeitung des Determinationstests am Testsystem. Jeder dieser Termine dauerte etwas 2.5 Stunden. Die drei Alkoholbedingungen (0.0‰, 0.5‰, 0.8‰) wurden in ihrer Abfolge permutiert, woraus sich sechs mögliche Abfolgen ergaben. Diese Abfolgen wurden den Probanden per Los zugewiesen, so dass jeweils vier der 24 Probanden die Bedingungen in derselben Abfolge durchliefen. Der Ablauf der Erhebungstermine war stets gleich und ist zusammenfassend in Tab. 1 dargestellt. Zwischen zwei Erhebungsterminen lagen immer mindestens 24 Stunden.

Nachdem die Probanden über den allgemeinen Ablauf informiert wurden, wurde eine erste Atemalkoholmessung durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Probanden nicht bereits alkoholisiert sind. Anschließend wurden sie zu ihrem Nachtschlaf be-

fragt, um Schlafstörungen oder zu kurzen Schlaf auszuscheiden. Auf diese Weise sollte eine mögliche Konfundierung durch Übermüdung kontrolliert werden. Bei weiblichen Probanden wurde zudem der Schwangerschaftstest durchgeführt. Weiterhin wurden die Probanden zu eingenommenen Medikamenten, Drogenkonsum und gesundheitlichen Beeinträchtigungen befragt. Ergaben sich keine Anhaltspunkte für einen Ausschluss der Probanden, begann die Untersuchung mit dem Verzehr der leichten Mahlzeit. Währenddessen machten die Probanden Angaben zu ihrem Befinden und ihrer subjektiven Trunkenheit. In der sich anschließenden ersten Trinkphase mussten zunächst 200ml (in zwei Portionen zu je 100ml) der insgesamt 400ml getrunken werden. Für jede Trinkportion wurde den Probanden fünf Minuten Zeit gegeben. Nach dieser ersten Trinkphase fand eine ca. 10-minütige Eingewöhnungsfahrt im Simulator statt. Daran schloss sich die zweite Trinkphase an, die analog zur ersten ablief.

Nach einer Wartezeit von 10 Minuten und dem erneuten Beantworten von Fragen zum Befinden und zur Trunkenheit erfolgte die erste Atemalkoholmessung. Vor dieser Messung, wie auch vor jeder weiteren, wurden die Probanden aufgefordert, den Mund mit Wasser zu spülen, um eine Verfälschung des Testergebnisses zu vermeiden. Daran schloss sich der erste Teil der Fahrverhaltensprobe an.

Nach etwa einer halben Stunde wurde die Fahrt unterbrochen. Die Fahrer hatten hier Gelegenheit, die Toilette aufzusuchen. Es wurde eine Atemalkoholmessung durchgeführt und die Fahrer wurden befragt. Daran schloss sich die etwa 20-minütige Fahrt unter monotonen Bedingungen (Vigilanzszenario) an, an deren Ende eine weitere Alkoholmessung sowie eine Befragung zur Müdigkeit stattfanden. Die Fahrverhaltensprobe wurde dann mit einer ca. 10-minütigen Stadtfahrt fortgesetzt, an deren Ende wiederum eine Atemalkoholmessung sowie eine etwas umfassendere Befragung zur absolvierten Fahrt durchgeführt wurden.

Im Anschluss daran bearbeiten die Probanden den Determinationstest am Computer. Unmittelbar vor dieser computerbasierten Testung sowie im Anschluss daran wurde wiederum eine Atemalkoholmessung durchgeführt sowie eine Befragung.

Während der Fahrverhaltensprobe registrierte der für die Versuchsbedingung blinde Beobachter die Fahrfehler und bewertete die Fahrleistung anhand der Fitness-to-Drive-Skala. Diese Bewertung wurde für die einzelnen Szenarien sowie für die Fahrt als Ganzes vorgenommen. Der Untersuchungsleiter koordinierte den Ablauf und führte die Atemalkoholmessungen durch. Während der Fahrten in-

formierte er den Beobachter über die bewertungsrelevanten Messgrößen, die von der Simulationssoftware erfasst wurden.

Die Probanden hatten sich verpflichtet, während 12 Stunden nach der Datenerhebung kein Fahrzeug selbst zu steuern. Sie wurden daher von einem Taxi nach Hause gebracht. Am letzten der drei Erhebungsterminen erhielten die Fahrer, falls sie dies wünschten, Rückmeldung über ihre Leistung in den drei absolvierten Fahrverhaltensproben und den Testungen am Computer.

Δt [hh:min]	Ereignis
Ankunft	Begrüßung, BAK-Messung 0, (Schwangerschaftstest), leichte Mahlzeit, Befragung
0:00	Trinken I
0:05	Trinken II
0:10	Eingewöhnungsfahrt
0:20	BAK-Messung 1
0:21	Trinken III
0:25	Trinken IV
0:29	Warten, Befragung
0:44	BAK-Messung 2
0:45	Fahrverhaltensprobe Teil 1
1:15	BAK-Messung 3, Befragung
1:20	Fahrverhaltensprobe Teil 2 (Vigilanzszenario)
1:40	BAK-Messung 4, Befragung
1:45	Fahrverhaltensprobe Teil 3 (Stadtfahrt)
1:55	BAK-Messung 5
1:57	Befragung zur Fahrverhaltensprobe
2:06	BAK-Messung 6
2:07	Determinationstest
2:22	BAK-Messung 7
2:23	Befragung zum computerbasierten Test
2:25	Verabschiedung, Transfer der Probanden (Aufklärung)

Tab. 1: Ablaufplan der Untersuchung

3.7 Computerbasiertes Testsystem

Bei dieser Studie wurde ein computerbasiertes Testsystem eingesetzt, das auch bei der Begutachtung der Fahreignung verwendet wird. Der folgende Abschnitt beschreibt die verwendete Hardware sowie die eingesetzten Testverfahren.

3.7.1 Systembeschreibung

Das Testsystem besteht, neben einem PC mit Monitor aus einer speziellen Probandentastatur (Bild 4). Weiterhin gehören Fußpedale und Kopfhörer dazu. Alle Tests werden systemgesteuert in der zuvor festgelegten Reihenfolge dargeboten. Der eigentlichen Testphase gehen dabei immer eine Instruktions- sowie eine Übungsphase voraus. Die Testphase, in der Daten gespeichert werden, beginnt immer erst dann, wenn in der Übungsphase ein ausreichendes Leistungsniveau erreicht wurde. Somit wird sichergestellt, dass die Aufgabenstellung vom Probanden verstanden wurde.

Bild 4: Probandentastatur des Wiener Testsystems



3.7.2 Verwendetes Testverfahren

Für die Testung wurde das Test-Set FEV eingesetzt. Es dient der Erfassung fahrrelevanter Leistungsdimensionen und erfüllt die gesetzlichen Anforderungen der Fahrerlaubnisverordnung FEV Anlage 5 Nr. 2 (Schuhfried, 2014). Es besteht aus insgesamt fünf Tests, die in Tab. 2 den in Anlage 5 Nr. 2 aufgeführten Leistungsbereichen zugeordnet sind.

Für die Leistungsbewertung gibt das System für jeden Test spezifische Haupt- und NebenvARIABLEN aus. Diese werden sowohl als Rohwerte als auch als Prozentränge zur Verfügung gestellt. Prozentränge (PR) beschreiben die individuelle Leistung einer Person relativ zu einer Vergleichsgruppe und werden wie folgt interpretiert:

- < 16 = unterdurchschnittliches Ergebnis,
- 16 – 24 = unterdurchschnittliches bis durchschnittliches Ergebnis,
- 25 – bis 75 = durchschnittliches Ergebnis,

- 76 – 84 = durchschnittliches bis überdurchschnittliches Ergebnis,
- 84 = überdurchschnittliches Ergebnis.

Testverfahren	Zuordnung zu Leistungsbereichen nach FEV Anlage 5 Nr. 2
DT	Belastbarkeit
COG	Konzentrationsleistung
ATAVT	Aufmerksamkeitsleistung
LVT	Orientierungsleistung
RT	Reaktionsfähigkeit

Tab. 2: Übersicht der mit den Testverfahren erfassten Leistungsbereiche der FEV (Schuhfried, 2009, Schuhfried, 2014)

Um Zweifel an der psychischen Leistungsfähigkeit auszuräumen, muss gemäß FEV ein Prozentrang von 16 erreicht oder überschritten werden (BAST, 2010). Ist dies der Fall, gilt ein Test als bestanden.

Die Tests sind zum Teil in mehreren Testformen verfügbar. Die nachfolgende Beschreibung der Tests bezieht sich immer auf die in dieser Studie verwendete Testform, die jeweils angegeben ist. Es werden auch die Variablen erläutert, die vom Hersteller für die Bewertung der Leistung im Handbuch zum Test-Set (Schuhfried, 2009) vorgeschlagen werden.

Der **Determinations Test** (DT; Testform S1, Bild 5) ist ein Mehrfachreiz-Reaktionstest, bei dem die Aufgabe des Probanden darin besteht, auf akustische (hoher Ton, tiefer Ton) und optische Reize (weiß, gelb, rot, grün und blau) hin, die zugeordneten Tasten auf der Probandentastatur, zu sehen in Bild 4, zu drücken. Zwei weitere optische Reize, sind den Pedalen zugeordnet. Der Test dient der Erfassung der „reaktiven Belastbarkeit sowie der damit verbundene Reaktionsfähigkeit“ (Neuwirth & Benesch, 2007, S. 4). Es wurde Testform S2 verwendet. Diese ist adaptiv, d.h. die Geschwindigkeit der Reizdarbietung richtet sich nach der Reaktionsgeschwindigkeit des Probanden. Zur Leistungsbeschreibung wird die Anzahl der richtigen Reaktionen herangezogen. Probanden, die einen hohen Prozentrang in dieser Hauptvariablen erreichen, sind sehr gut in der Lage, bei einfachen Aufgaben schnell und korrekt zu reagieren (Neuwirth & Benesch, 2007). Die Testdauer beträgt etwa 10 Minuten.

Cognitrone (COG; Testform S11, Bild 6) erfasst Aufmerksamkeit und Konzentration (Wagner & Karner, 2008). Die Aufgabe besteht darin, abstrakte geometrische Figuren zu vergleichen. Bei der verwendeten Testform S11 wird die durchschnittliche Zeit ausgegeben, die benötigt wurde, um korrekt zu erkennen, dass keine Übereinstimmung bei den zu vergleichenden Figuren bestand. Probanden, die einen niedrigen Prozentrang in dieser Hauptvariable erzielen, verfügen über ein geringes Ausmaß an selektiver Aufmerksamkeit (Wagner & Karner, 2008). Die Bearbeitungszeit beträgt 10 Minuten.

Der **Tachistoskopische Verkehrsauffassungstest** (ATAVT; Testform S1, Bild 7) dient der „Überprüfung der visuellen Beobachtungsfähigkeit und der Überblicksgewinnung sowie der visuellen Orientierungsleistung und der Auffassungsgeschwindigkeit“ (Schuhfried, 2009, S. 3). Dazu werden kurzzeitig Bilder von Verkehrsszenarien gezeigt, zu denen unmittelbar im Anschluss angegeben werden muss, was in den Verkehrssituationen zu sehen war. Die Variable, die zur Leistungsbewertung herangezogen wird, wird mit „Überblicksgewinnung“ bezeichnet. Personen, die hier einen hohen Prozentrang erreichen, verfügen über eine gut ausgeprägte Fähigkeit, Situationen schnell und genau zu erfassen (Schuhfried, 2009). Für die Bearbeitung werden etwa 14 Minuten benötigt.

Der **Linienverfolgungstest** (LVT; Testform S3, Bild 8) dient zur „Überprüfung der selektiven Aufmerksamkeit und der Orientierungsleistung im vi-

suellen Bereich ...“ (Biehl, 2008, S. 3). Die Aufgabe besteht darin, in einem Wirrwarr aus mehreren Linien so schnell als möglich das Ende einer markierten Linie zu finden. Die Hauptvariable „Score“ gibt die Anzahl der Aufgaben an, die innerhalb der verfügbaren Zeit richtig gelöst wurden. Ein hoher Prozentrang zeigt eine „... schnelle und genaue Wahrnehmungsleistung im Sinne einer Überblicksgewinnung...“ (Biehl, 2008, S. 7) an. Es werden 9 Minuten benötigt, um diesen Test zu bearbeiten.

Mit dem **Reaktionstest** (RT; Testform S3, Bild 9) werden Reaktionszeiten erfasst. Die Reaktionszeit ist dabei als Zeitspanne zwischen Reizdarbietung und motorischer Reaktion definiert (Prieler, 2008). Es wurde Testform S3 eingesetzt, bei der in zufälliger Abfolge, ein roter oder ein gelber Punkt, ein Ton sowie Kombinationen aus einem der optischen Reize und dem Ton dargeboten werden. Die Darbietung des Zielreizes (gelber Punkt und Ton) muss der Proband Drücken einer Taste quittieren. Für die Beschreibung der Leistung wird die Variable „Mittlere Reaktionszeit [msec]“ herangezogen. Ein hoher Prozentrang gibt an, dass der Proband gut in der Lage ist, angemessen auf relevante Reizkonstellationen zu reagieren (Prieler, 2008). Für die Durchführung werden sechs Minuten benötigt.

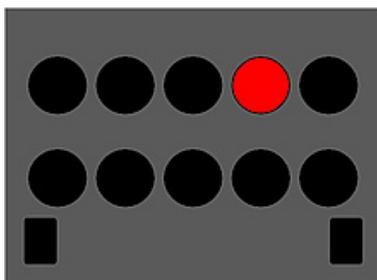


Bild 5: DT

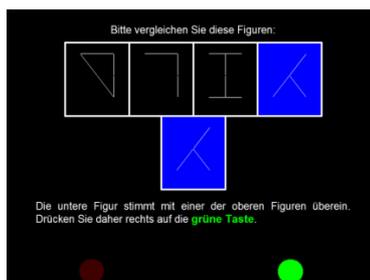


Bild 6: COG



Bild 7: ATAVT

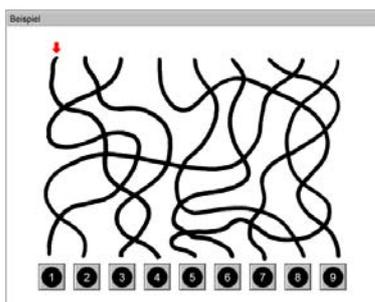


Bild 8: LVT

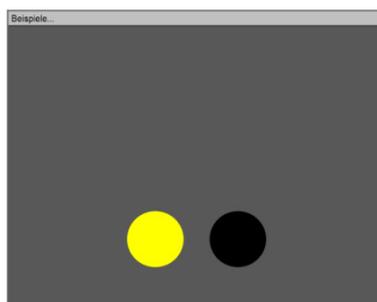


Bild 9: RT

In Tab. 3 sind die Hauptvariablen der einzelnen Tests noch einmal zusammenfassend dargestellt. Deren Auswahl basiert auf den Vorgaben des Herstellers (Schuhfried, 2009).

Test	Beschreibung der Hauptvariablen
RT	Mittlere Reaktionszeit (msec.)
COG	Mittlere Zeit korrekte Zurückweisung (sec.)
LVT	Score
DT	Anzahl richtige Reaktionen
ATAVT	Überblicksgewinnung

Tab. 3: Übersicht der Hauptvariablen zur Leistungsbeschreibung (Schuhfried, 2009)

3.8 Fahr Simulator

Im Rahmen dieser Studie wurde eine Fahrverhaltensprobe im Fahr Simulator durchgeführt. Im Folgenden Abschnitt werden zunächst der Fahr Simulator und dann der Parcours beschrieben, die dazu eingesetzt wurden.

3.8.1 Systembeschreibung

Der Simulator der BAST (Bild 10) ist mit einer stationären, vollständig instrumentierten Fahrer kabine ausgestattet, die der eines Mittelklassefahrzeugs nachempfunden ist (Bild 11). Ein Aktuator in der Lenksäule stellt ein realistisches Lenkgefühl dar. Als Fahrdynamikmodell liegt das Verhalten eines BMW 520i mit Automatikgetriebe zugrunde. In der Mittelkonsole befindet sich ein Touchdisplay, auf dem in dieser Studie Skalen zur Befragung sowie Navigationsanweisungen angezeigt wurden.

Um die Fahrer kabine herum sind halbkreisförmig drei Leinwände im Format 2.80m x 2.10m angeordnet (Bild 10). Darauf kann ein Sichtbereich von 180° dargestellt werden. Die Strecke und das Verkehrsgeschehen werden dabei über drei Beamer auf die Leinwände projiziert. Diese verfügen über eine Auflösung von 1400 x 1050 Pixeln, sodass eine detailreiche Darstellung erreicht wird. Drei kleinere Displays dienen als Rück- und Außenspiegel. Der realitätsnahe Fahreindruck wird durch ein 5.1.-Soundsystem verstärkt, das einen dreidimensionalen Höreindruck vermittelt und etwa die akustische Ortung anderer Verkehrsteilnehmer ermöglicht.

Die Anlage wird mit einem Verbund aus insgesamt 11 Windows-PCs (Intel Pentium i7 mit 3.4 Ghz, 3.5 GB RAM, Nvidia Geforce GTX 470) betrieben. Die

einzelnen Rechner des Verbunds sind für unterschiedliche Komponenten der Simulation zuständig, etwa für die grafische Darstellung, das Fahrzeugmodell, andere Verkehrsteilnehmer oder den Sound. Das System wird über das Softwarepaket SILAB der WIVW GmbH gesteuert. Diese Software erlaubt die freie Gestaltung von Strecken und ist nicht an eine feste Datenbasis gebunden.

Von einem Operator-Rechner aus, der sich an einem Arbeitsplatz im Nebenraum befindet, wird die Anlage gesteuert. Über eine Wechselsprechanlage ist von dort aus die Kommunikation mit dem Fahrer möglich. Durch eine Glasscheibe kann von diesem Arbeitsplatz aus die Fahrt beobachtet werden. Vom Arbeitsplatz des Operators aus können während einer Fahrt verschiedenste Größen der Fahrzeugbedienung und der Fahrzeugbewegung (u.a. Geschwindigkeit, Betätigung der Pedale, Spurposition) überwacht und für eine spätere Auswertung aufgezeichnet werden. Weiterhin kann ein Videomitschnitt der Fahrt aus der Sicht des Fahrers aufgezeichnet werden.



Bild 10: Fahrer kabine (Mockup) des Fahr Simulators



Bild 11: Gesamtansicht des Fahr Simulators (Bild: Hardy Holte)

3.8.2 Prüfparcours

Für die Fahrverhaltensprobe wurde ein von der WIVW GmbH für die Verwendung im Rahmen von klinischen Studien zur Medikamentenwirkung entwickeltes Szenarienpaket (WIVW, 2012) genutzt.

Der Parcours ist gemäß einschlägiger Vorgaben für die Gestaltung von Fahrverhaltensproben im Rahmen der Fahreignungsbegutachtung (Brenner-Hartmann, 2002; Bukasa & Utzelmann, 2009; Utzelmann & Brenner-Hartmann, 2005) aufgebaut. Er enthält eine repräsentative Auswahl von Verkehrssituationen, mit denen Fahrer üblicherweise beim Fahren konfrontiert werden. Die Szenarien haben einen durchschnittlichen Anforderungscharakter. Es sind Verkehrssituationen auf Überlandstrecken, Autobahnen und im Innenstadtbereich enthalten. Zusätzlich umfasst der Parcours ein Vigilanzszenario, das sich als sensitiv gegenüber Ermüdung und substanzinduzierter Sedierung erwiesen hat (Kaussner, 2007; Kaussner et al., 2010).

Für das Durchfahren des Parcours werden etwa 60 Minuten benötigt. Der Parcours steht in drei parallelen Versionen zur Verfügung, die sich hinsichtlich der Abfolge der Verkehrsszenarien unterscheiden. Die enthaltenen Szenarien wurden zusätzlich zum Teil optisch anders ausgestaltet, um den Eindruck der Andersartigkeit der Streckenvarianten zu verstärken. Die drei Versionen des Parcours konfrontieren den Fahrer mit immer denselben Anforderungen und können daher als vollständig parallel gelten.

Die Tabelle 18 (Seite 37) zeigt die chronologische Abfolge der Szenarien in den drei Parallelversionen des Parcours, die für die drei Erhebungstermine verwendet wurden. Am Beginn führt der Parcours über Landstraßen und Autobahnabschnitte. Daran schließt sich ein monotoner Streckenabschnitt an, der bei Dunkelheit befahren wird. In diesem Abschnitt muss von den Fahrern eine akustische Nebenaufgabe bearbeitet werden (Vigilanzfahrt). Am Ende führt der Parcours durch einen Innenstadtbereich. Die Richtungsanweisungen beim Befahren des Parcours werden den Fahrern durch Navigationspfeile gegeben, die auf dem Display in der Mittelkonsole angezeigt werden (vgl. Bild 11).

Kenntner-Mabiala et al. (2015) unterscheiden bei den Szenarien des Parcours solche, bei denen die Hauptanforderung für den Fahrer in der Spurhaltung besteht (Trackingaufgaben bzw. operationale Aspekte der Fahraufgabe) von denen, bei denen taktische Aspekte im Vordergrund stehen. Hierzu zählen die Autoren Entscheidungen über Zeitlücken,

die Geschwindigkeitswahl, Wahl angemessener Abstände sowie Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern. Im Folgenden werden die einzelnen Szenarien des Parcours benannt und getrennt nach den Streckenarten „Landstraße“, „Autobahn“ und „Innenstadt“ beschrieben. Dabei wird der zuvor eingeführten Unterscheidung nach Anforderungsschwerpunkten Rechnung getragen.

Auf den Landstraßenstrecken müssen von den Fahrern folgende Szenarien bewältigt werden, bei denen die Hauptanforderung in einer angemessenen Spurhaltung bestehen:

- Freie Fahrt Landstraße: 2 km lange Landstraße mit leichter Krümmung (1/800 m), Spurbreite von 3.50m, mäßiger Gegenverkehr, keine vorausfahrenden oder nachfolgenden Fahrzeuge.
- Scharfe Linkskurve: Kurve von 1.1 km Länge (Krümmung: 1/150 m; Einfahrts- und Ausfahrtsgerade je 350 m lang), Spurbreite 3.5m, kein Mitverkehr jedoch Gegenverkehr.
- Scharfe Rechtskurve: wie zuvor; Krümmung entgegengesetzt.
- Enges, kurvig Waldstück: 5km langer Abschnitt mit einer Fahrbahnbreite von 2.75 m und Kurvenkrümmungen zwischen 1/77 m und 1/1229 m. Die Geschwindigkeit ist auf 80 km/h begrenzt, eine Mittellinie ist nicht vorhanden; beständiger Gegenverkehr jedoch kein Mitverkehr.
- Vigilanzfahrt: Monotone Strecke von 24 km Länge, die bei Nacht befahren wird und auf der sich gerade mit leicht gekrümmten Abschnitten (Krümmung 1/800 oder 1/200 m) von je 500 m Länge abwechseln. Die Aufgabe des Fahrers besteht darin, einem vorausfahrenden Fahrzeug zu folgen. Dessen Geschwindigkeit variiert zwischen 80 und 90 km/h. Die Spurbreite beträgt 3.50 m und es herrscht Gegenverkehr. Das Überholen ist auf der gesamten Strecke verboten. Wird das Führungsfahrzeug trotz des Überholverbots überholt, erscheint ein weiteres Führungsfahrzeug, das ein identisches Geschwindigkeitsprofil fährt, so dass die Aufgabe wie geplant zu Ende geführt werden kann. In diesem Abschnitt ist eine akustische Nebenaufgabe zu bearbeiten. Hierbei wurde mit einem Interstimulusintervall von 1700 ms ein Ton eingespielt. In dieser gleichförmigen Tonfolge fehlte in zufälligen Abständen ein Ton. Der Anteil fehlender Töne lag bei 15%. Die Aufgabe des Fahrers besteht darin, diese Auslassungen durch drücken einer Taste am Lenkrad zu markieren. Die Fahrer wurden instruiert, möglichst jede Auslassung zu markieren, wurden aber auch darauf hingewiesen,

dass das sichere Fahren stets Vorrang vor der Bearbeitung dieser Aufgabe hat.

Taktische Aspekte standen bei folgenden Szenarien auf der Landstraße im Vordergrund:

- Schlecht einsehbare Kurve: 0.6 km lange Rechtskurve (Krümmung 1/180 m) mit schlechter Einsehbarkeit aufgrund einer Senke im Höhenprofil und Randbepflanzung.
- Ortschaft: Ortsdurchfahrt, bei der eine unregelmäßige Kreuzung passiert werden muss; ein Schild warnt vor spielenden Kindern.
- Pannenfahrzeug: Vorbeifahren an einem Pannenfahrzeug bei Gegenverkehr, wobei eine geeignete Zeitlücke abgewartet werden muss (Zeitlücken von 2 bis 11 Sekunden; ansteigend um jeweils 1 Sekunde).
- Kreuzungsdurchfahrt: Durchfahren einer Kreuzung unter Beachtung des bevorrechtigten Querverkehrs (Zeitlücken von 2 bis 11 Sekunden; ansteigend um jeweils 1 Sekunde).
- Tunnel: Durchfahren eines Tunnels von 0.5 km Länge mit leichten Kurven (ca. 1/500 m) bei einer Spurbreite von 3.5 m unter Gegenverkehr.

Das Befahren der Autobahn (Spurbreite: 3.75 m; Geschwindigkeitsbegrenzung: 130 km/h) kann in vier Abschnitte eingeteilt werden. Auf allen vier Abschnitten stehen ebenfalls taktische Aspekte der Fahraufgabe im Vordergrund:

- Auffahrt: Die Geschwindigkeit im Bereich der Auffahrt ist auf 80 km/h begrenzt. Zunächst wird die Sicht auf den fließenden Verkehr durch Betonwände versperrt. Kurz vor Beginn des Beschleunigungstreifens wird die Geschwindigkeitsbegrenzung aufgehoben. Jetzt muss sich der Fahrer in den fließenden Verkehr einordnen.
- Freie Fahrt mit Drängler: Während der freien Fahrt in einem 7 km langen Abschnitt der Autobahn nähert sich von hinten ein Fahrzeug mit gesetztem Blinker. Auf der rechten Spur herrscht währenddessen dichter Verkehr.
- Baustelle: Der Fahrer erreicht eine Baustelle, bei der die Fahrbahn auf eine Spur verengt und die Geschwindigkeit auf 60 km/h begrenzt ist.
- Abfahrt: entsprechend Auffahrt.

Weiterhin enthält der Parcours Szenarien im innerstädtischen Bereich. Auch bei diesen Szenarien liegen die Anforderungen vorwiegend im taktischen Bereich. Diese Szenarien stehen am Ende des Parcours, da hier das Risiko einer Unverträglichkeit aufgrund von Simulatorkrankheit (Kinetose) am größten ist (Stoner et al., 2011).

- Radfahrer überholen: Auf einem Radweg neben der Straße fährt ein Radfahrer, den der Fahrer beachten muss, wenn er nach rechts abbiegt, nachdem er über einen entsprechenden Navigationshinweis dazu aufgefordert wird, nachdem er an dem Radfahrer bereits vorbeigefahren ist.
- Bus blinkt rechts (Zone 30): Ein in einer Haltebuchstehender Bus blinkt rechts und kann vorsichtig überholt werden.
- Bus blinkt links (Zone 30): Ein in einer Haltebuchstehender Bus blinkt links und fährt los, sobald sich der Fahrer bis auf 15 m genähert hat.
- Fußgänger an Zebrastreifen: Sobald sich das Fahrzeug einem Zebrastreifen bis auf 20 m genähert hat, überquert dort ein Fußgänger die Straße.
- Fußgänger ohne Zebrastreifen: Ein Fußgänger, der etwa 15 m entfernt vom Straßenrand steht, tritt auf die Fahrbahn, sobald sich ihm das Fahrzeug bis auf 60 m genähert hat.
- Komplexe Kreuzung: In einer komplexen Kreuzungssituation muss sich der Fahrer zunächst zum Abbiegen einordnen, die Ampelschaltung berücksichtigen und dann unter Beachtung des Gegenverkehrs und von Fußgängern, nach links abbiegen.
- Rechts-vor-links-Kreuzung ohne andere Fahrzeuge: der Fahrer muss diese Kreuzung überqueren, ohne dass sich ein bevorrechtigtes Fahrzeug nähert.
- Abbiegen links an Stoppschild: Der Fahrer muss sich einordnen und unter Beachtung des Gegen- und des Querverkehrs links abbiegen.
- Vorfahrt achten: Der Fahrer muss auf einer abknickenden Vorfahrtsstraße geradeaus fahren und dabei Fahrzeugen von rechts Vorrang gewähren.

3.9 Fahrleistungsbewertung durch geschulte Beobachter

Bei jeder Fahrt wurde eine Fahrverhaltensbeobachtung durch einen geschulten Beobachter durchgeführt. Dieser wurde von erfahrenen Beobachtern anhand von Beispielszenarien gemäß dem Handbuch zur Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung (Hoffmann et al., 2012) geschult.

Bei den Fahrten verfolgte der Beobachter die Fahrt vom Operatorplatz des Simulators aus. Dabei war der Beobachter gegenüber der Versuchsbedingung blind, wusste also nicht, ob und unter welcher Alkoholisierung eine Fahrt stattfand. Der Beobachter wurde dabei durch den Untersuchungs-

leiter unterstützt, der während der Fahrt verschiedene Leistungsparameter (z.B. Geschwindigkeit, Abstände, Blinken) am Bildschirm des Operatorrechners verfolgte und an den Beobachter weitergab. Der Beobachter nahm sowohl für jede Verkehrssituation als auch für die gesamte Fahrt Bewertungen vor.

Für die Bewertung wurde die Fitness-to-Drive-Skala (Neukum & Krüger, 2003) eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine eindimensionale Skala, auf der eine zweistufige Bewertung vorgenommen wird (Bild 10). Zunächst wird die Leistung des Fahrers einer der Verbalkategorien zugeordnet. Jede dieser Kategorien ist dreifach unterteilt, was eine weitere Differenzierung (niedrig, mittel, hoch) ermöglicht. An beiden Enden der Skala sind Extremkategorien vorgesehen (ohne Einschränkung fahrsicher; absolut fahrunsicher). Die an der durchgeführten Studie beteiligten Beobachter wurden von erfahrenen Beobachtern in die Bewertung anhand dieser Skala eingeführt. Dazu wurden Beispiele tatsächlicher Fahrten betrachtet und Bewertungen unter Anleitung der erfahrenen Beobachter erarbeitet.

Verbalkategorie	Numeralkategorie
absolut fahrunsicher	10
	9
kritisches Fahrverhalten	8
	7
	6
auffälliges Fahrverhalten	5
	4
	3
normales Fahrverhalten	2
	1
ohne Einschränkung fahrsicher	0

Bild 10: Fitness-to-Drive-Skala (Neukum & Krüger, 2003)

Zusätzlich zur Bewertung anhand der Skala wurden durch die Beobachter Fahrfehler anhand eines standardisierten Beobachtungsbogens registriert. Die Beobachtungseinheit für die Erfassung der Fahrfehler waren die einzelnen Situationen. Beginn und Ende der zu bewertenden Situationen waren zuvor festgelegt und nur für den Beobachter erkennbar markiert worden. Auch die Erfassung der Fahrfehler wurde in einer Schulung und anhand des Handbuchs (Hoffmann et al., 2012) vermittelt.

Diese Fahrfehlererfassung basiert auf dem Vorgehen von Brenner-Hartmann (2002), das auf ein-

schlägigen Publikationen zur Durchführung von Fahrverhaltensproben im Straßenverkehr beruht. Folgende Fahrfehler, die sich acht Kategorien zuordnen lassen, z.T. mit Unterkategorien, wurden erfasst (Hoffmann et al., 2012):

- **Geschwindigkeitsverhalten (Gs):** schneller als zulässige Höchstgeschwindigkeit (Gs1), unangepasste Beschleunigung oder Verlangsamung (Gs2), unangepasstes Langsamfahren (Gs3).
- **Abstandsverhalten (Ab):** zu geringer Längsabstand Innerorts (Ab1), zu geringer Längsabstand Außerorts (Ab2), zu geringer Querabstand (Ab3)
- **Fahrbahnbenutzung (Fb):** fehlende Spurnauigkeit / Abkommen von der Fahrbahn (Fb1), Spurwechselfehler (Fb2), unangepasste Wahl der Fahrspur (Fb3), Befahren unzulässiger Fahrbahnen (Fb4)
- **Sicherndes Verhalten (Si):** fehlendes, nicht ausreichendes, verzögertes Sichern (Si1), Verstoß gegen Vorrangregeln (Si2), übervorsichtiges Sichern (Si3)
- **Gefährdendes Verhalten (Gf):** Gefährdung von Fußgängern, Radfahrern (Gf1), Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer (Gf2)
- **Kommunikationsverhalten (Ko):** fehlendes, verzögertes, verfrühtes Blinken (Ko1), Unklare Kommunikation (Ko2), Umgang mit Zeichengebung anderer (Ko3).
- **Kollisionen (Koll)**
- **Navigationsfehler (Nav)**

Zusätzlich wurde in den jeweiligen Situationen die Anzahl der Überholvorgänge dokumentiert sowie die genutzte Zeitlücke. Gefährdungsfehler und Kollisionen wurden stets *in Kombination* mit der Fehlerkategorie vergeben, auf die die Gefährdung zurückzuführen war. Gefährdete beispielsweise ein Fahrer ein anderes Fahrzeug, in der er diesem die Vorfahrt nahm, wurden die Kategorien Si2 und Gf2 vergeben. Auf diese Weise erfolgte eine Gewichtung gefährlicher Fehler.

Bei der Auswertung der Fahrfehler wird zunächst die Gesamtfehlerzahl der aufgetreten Fehler betrachtet. Zur weiteren Analyse können diese nach folgenden Kategorien summiert werden (Hoffmann et al., 2012):

- Längsregelungsfehler: Geschwindigkeitsfehler (Gs1, Gs2, Gs3) und Fehler wegen zu geringem Längsabstand (Ab1/Ab2)

- Querregelungsfehler: fehlende Spurgenauigkeit / Abkommen von der Fahrbahn (Fb1), zu geringer Querabstand (Ab3)
- Kognitiv-taktische Fehler: Spurwechselfehler (Fb2), unangepasste Wahl der Fahrspur (Fb3), Befahren unzulässiger Fahrbahnen (Fb4), Sicherndes Verhalten (Si1, Si2, Si3), Kommunikationsverhalten (Ko1, Ko2, Ko3), Navigationsfehler (Nav)
- kritische Situationen: Gefährdendes Verhalten (Gf1, Gf2), Kollisionen (Koll)

Als rein taktischer Parameter kann zudem die Größe der in den entsprechenden Situationen genutzten Zeitlücken analysiert werden.

3.10 Selbsteinschätzungen der Fahrer

Ergänzend zur Bewertung durch den geschulten Beobachter bewerteten die Fahrer ihre Leistung in der Fahrverhaltensprobe ebenfalls anhand der Fitness-to-Drive-Skala (Bild 10). Die Müdigkeit vor und nach der Vigilanzfahrt sowie die Stärke der Alkoholwirkung wurden anhand einer 16stufigen Skala erfasst (Bild 11). Letzteres zu Beginn der Untersuchung als Kontrollmessung, weiterhin zu Beginn und Ende der Messfahrt sowie der Testung am Computer.

gar nicht	sehr wenig			wenig			mittel			stark			sehr stark		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Bild 11: Bewertungsskala

Zur Kontrolle potentiell auftretender Simulator Sickness wurden zu mehreren Zeitpunkten verschiedene körperliche Beschwerden der Probanden abgefragt. Diese werden jedoch hier nicht berichtet.

3.11 Fahrverhaltensdaten

Über die Fahrsimulationssoftware SILAB wurden kontinuierlich über die gesamte Fahrt hinweg Daten über die Spurposition, Geschwindigkeiten sowie Abstände zu anderen Fahrzeugen mit einer Messrate von 120Hz aufgezeichnet. Diese Daten wurden anschließend zu Kennwerten für die jeweiligen Situationen aggregiert.

Für die Trackingszenarien „Freie Fahrt“, „Scharfe Linkskurve“, „Scharfe Rechtskurve“ und das „enge, kurvige Waldstück“ wurden jeweils die mittlere Geschwindigkeit sowie die Standardabweichung der Querabweichung (SDLP) berechnet. Da die SDLP beim Abkommen von der Fahrbahn extrem ansteigt, wurden die währenddessen erfassten Daten

bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Jedoch wurde die Häufigkeit des Spurverlassens als zusätzlicher Parameter analysiert. Weil die scharfen Kurven zwei Mal je Kurvenrichtung im Parcours enthalten waren, wurde hier der Mittelwert aus den für die beiden Einzelkurven berechneten Kennwerten verwendet.

Im Vigilanzszenario war die Fahrgeschwindigkeit durch das Führungsfahrzeug begrenzt und wurde daher nicht betrachtet. Stattdessen wurde hier der Anteil der Zeit, während der der Abstand zum Führungsfahrzeug den kritischen Wert von einer Sekunde unterschritt, als Maß für die Güte der Längsregelung herangezogen.

3.12 Leistungsmaße der Nebenaufgabe im Vigilanzszenario

Die Aufgabe des Probanden während des Befahrens des Vigilanzszenarios bestand darin, Auslassungen in der gleichförmigen Tonfolge durch Drücken einer Taste auf dem Lenkrad zu markieren. Die Simulationssoftware SILAB stellt verschiedene Parameter bereit, durch die die Leistung bei der Bearbeitung dieser Aufgabe beschrieben werden kann. Von diesen wurde zum einen die Gesamtzahl der „Missings“, worunter die Auslassungen in der Tonfolge zu verstehen sind, die vom Fahrer nicht durch Drücken der Lenkradtaste markiert wurden, genutzt. Weiterhin wurde die Reaktionszeit betrachtet, mit der diese Auslassungen markiert wurden sowie die Standardabweichung dieses Leistungsmaßes.

3.13 Statistische Auswertungsmethoden

Die Auswertungen und Analysen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows Version 21 durchgeführt. Für die meisten Parameter aus der Fahrverhaltensprobe wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung (3stufig: 0.0%, 0.5%, 0.8%) berechnet. Signifikante Effekte wurden mittels t-Tests für gepaarte Stichproben weiter analysiert. War die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt oder die betrachteten Variablen nicht intervallskaliert, wurde der Friedman-Test für verbundene Stichproben als nichtparametrisches Verfahren zur Analyse herangezogen. Bei der computerbasierten Testung wurde dieses Vorgehen auch bei der Analyse der Daten aus den Testungen mit dem Determinationstest gewählt. Korrelativ wurde weiterhin der Zusammenhang zwischen der Leistung in diesem Test und verschiedenen Leistungsparametern

aus dem Fahrversuch untersucht. Ein Vergleich zwischen den Leistungsparametern der fünf absolvierten Tests am Wiener Testsystem und der nüchtern absolvierten Fahrt wurde ebenfalls deskriptiv über Korrelationen untersucht.

Bei den Angaben der Fahrer zum Ausmaß der Trunkenheit sowie zum Ausmaß der Ermüdung wurde zum Innergruppen Faktor Blutalkoholspiegel (abk. BAK; 3stufig: 0.0‰, 0.5‰, 0.8‰) ein weiterer Innergruppenfaktor in die Analyse aufgenommen, nämlich der Zeitpunkt der Befragung (Zeit). Dieser war zumeist zweistufig (vgl. Kapitel 3.6). Bei den Ergebnissen dieser mehrfaktoriellen Analysen werden die Haupteffekte mit HE abgekürzt, wobei tiefgestellt jeweils angegeben wird, um welchen es sich handelt (z.B. HE_{BAK}). Die Interaktion der beiden Faktoren wird mit WW abgekürzt. Bei Post-hoc-Tests wird das Signifikanzniveau bei den paarweisen Vergleichen nach der Bonferroni-Methode korrigiert. Für alle durchgeführten statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von 5% festgelegt. P-Werte kleiner 10% wurden als Tendenz interpretiert.

Aufgrund der Einhaltung einer hierarchischen Testprozedur, wobei zunächst stets globale Effekte geprüft wurden, dann erst spezifische, wurde keine Adjustierung des α -Niveaus durchgeführt. So wurde zunächst die globale Bewertung der Gesamtfahrten durch die Beobachter betrachtet sowie auch die von ihnen vermerkten Fahrfehler für die Fahrten als Ganzes. Hieraus resultierende signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Bedingungen rechtfertigen die Analyse von Subkategorien der beobachteten Fehler ohne Alphaadjustierung. Signifikante Unterschiede in der beobachteten Anzahl von Fehlern der Längs- und Querführung rechtfertigen wiederum die Analyse der entsprechenden Parameter aus den aufgezeichneten Messdaten, die die Simulatorsoftware zur Verfügung stellt.

Wurden Analyse rein explorativ durchgeführt, ist dies entsprechend vermerkt. Auf eine Korrektur des α -Niveaus wurde bei diesen Analysen verzichtet.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Zunächst wird anhand der ermittelten Blutalkoholkonzentrationen erläutert, in wie weit die Alkoholgabe erfolgreich war. Hierzu werden auch die subjektiven Angaben der Probanden zum Ausmaß der Trunkenheit und zu weiteren Aspekten herangezogen. Es wird auch geprüft, ob die Verblindung für die Probanden erfolgreich war oder diese erkannt haben, wann sie unter Alkoholeinfluss gefahren sind und wann nicht.

Bezüglich der Leistungsdaten werden dann zunächst die Ergebnisse aus der computerbasierten Testung mit dem Wiener Testsystem erläutert. Für den Determinationstest wird dann geprüft, ob Leistungsunterschiede durch den Alkoholeinfluss abgebildet werden konnten. Daran schließt sich die Darstellung der verschiedenen Leistungsparameter der Fahrverhaltensprobe an, die zwischen den drei Untersuchungsbedingungen verglichen werden. Abschließen werden Zusammenhänge zwischen den beiden Arten der Leistungserfassung untersucht.

4.1 Verlauf der Blutalkoholkonzentrationen

Bild 12 zeigt die Ergebnisse der im Verlauf der Erhebung durchgeführten Messungen zur Bestimmung der Blutalkoholkonzentration. Alle Probanden erschienen nüchtern zum Erhebungstermin. Erwartungsgemäß blieben die Fahrer in der Placebobedingung (0.0‰) über die gesamte Erhebung hinweg nüchtern. Nach der ersten Alkoholgabe vor der Eingewöhnungsfahrt stieg der Blutalkoholspiegel an. Im Mittel wurden die Fahrten in der 0.5‰-Bedingung auch mit diesem Blutalkoholspiegel angetreten. Auch der höhere Blutalkoholspiegel von 0.8‰ wurde bis zum Antritt der Fahrt im Mittel recht genau erreicht. Betrachtet man die Streuung der gemessenen Werte, fällt auf, dass diese in der 0.5‰-Bedingung kleiner war ($SD = .08$) als in der 0.8‰-Bedingung ($SD = .20$). Dies weist darauf hin, dass bei der Fahrt mit dem höheren intendierten Blutalkoholspiegel größere Unterschiede zwischen den Fahrern im tatsächlich erreichten Blutalkoholspiegel bestanden.

Im Verlauf der Fahrverhaltensprobe sank der Blutalkoholspiegel, wie aufgrund der Abbauprozesse von Alkohol im Körper zu erwarten, ab. Man geht hier im Allgemeinen von einer Abbaurate von bei 0.1 ‰ bis 0.2 ‰ pro Stunde aus. Bei Verlassen des Fahrsimulators am Ende der Fahrt lag der Blutalkoholspiegel in der 0.5‰-Bedingung noch bei .37‰ ($SD = .06$), in der 0.8‰-Bedingung bei .69‰ ($SD = .10$).

An das Ende der Simulatorfahrten schloss sich die Testung am Computer an. Da vor dieser Testung kein weiterer Alkohol verabreicht wurde, um den Blutalkoholspiegel wieder auf das intendierte Niveau der Bedingung anzuheben, wurden die Testung in beiden Bedingungen mit einem Blutalkoholspiegel angetreten, der im Mittel etwa 0.1‰ unterhalb des angestrebten Wertes lag. Wiederum war auch die Streuung in der Bedingung mit der niedrigeren Alkoholisierung niedriger ($SD = .06$) als in der Bedingung mit dem höheren Blutalkoholspiegel ($SD = .10$).

An das Ende der Simulatorfahrten schloss sich die Testung am Computer an. Da vor dieser Testung kein weiterer Alkohol verabreicht wurde, um den Blutalkoholspiegel wieder auf das intendierte Niveau der Bedingung anzuheben, wurden die Testung in beiden Bedingungen mit einem Blutalkoholspiegel angetreten, der im Mittel etwa 0.1‰ unterhalb des angestrebten Wertes lag. Wiederum war auch die Streuung in der Bedingung mit der niedrigeren Alkoholisierung niedriger ($SD = .06$) als in der Bedingung mit dem höheren Blutalkoholspiegel ($SD = .10$).

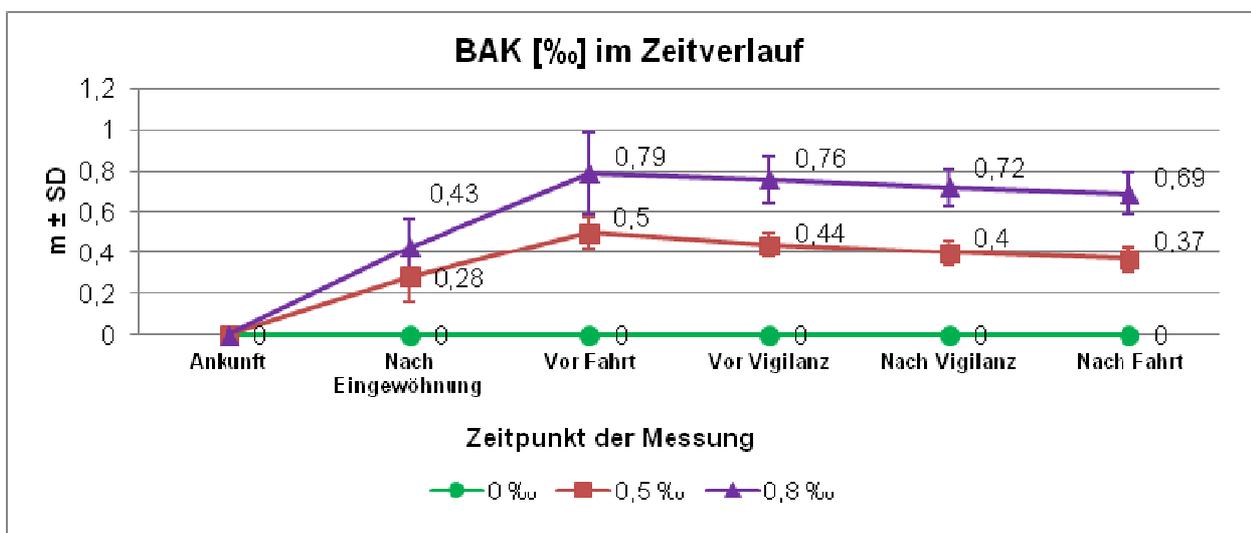


Bild 12: Mittelwert und Standardabweichung der Blutalkoholkonzentration (BAK; in ‰) im Verlauf über die Erhebung

Wie aufgrund der Kürze der Bearbeitungsdauer zu erwarten, fiel der Blutalkoholspiegel der Probanden während der Bearbeitung des Tests kaum ab. In der 0.5‰-Bedingung wurde die Testung durchschnittlich mit .36‰ (SD = .06) beendet, in der 0.8‰-Bedingung mit .67‰ (SD = .09).

4.2 Wahrgenommene Alkoholwirkungen

Ergänzend zur Atemalkoholmessung wurden die Fahrer auch nach ihrem Gefühl der Trunkenheit befragt. Bild 13 zeigt die Angaben, der Probanden zu Beginn und am Ende der Simulatorfahrt. Bei höherer Alkoholisierung fühlten sich die Probanden stets stärker betrunken (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 96.19$; $p \leq .000$). Im Verlauf der Fahrt lies das Gefühl der Trunkenheit nach (HE_{Zeit} : $F_{1, 23} = 24.40$; $p \leq .000$), wobei dieser Effekt bei höherer Alkoholisierung stärker ausgeprägt war (WW : $F_{2, 46} = 8.342$; $p \leq .001$). Die recht großen Standardabweichungen in den drei Bedingungen zeigen an, dass die Auswirkungen des Alkohols dabei verschieden stark wahrgenommen wurden. Wie die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche zeigen (Tab. 4), wurde die Stärke der Alkoholwirkung in allen drei Bedingungen unterschiedlich eingeschätzt.

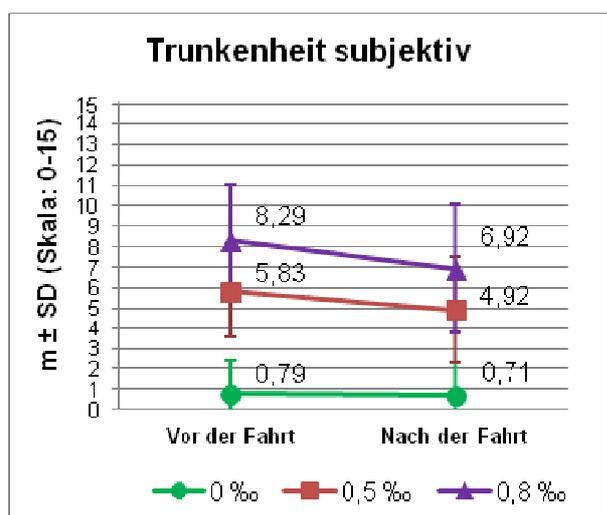


Bild 13: Angaben der Fahrer zum Ausmaß der Trunkenheit vor und nach der Simulatorfahrt (Skala: 0 (gar nicht) – 15 (sehr stark)).

Dass der Mittelwert in der Placebobedingung (Bild 13) nicht bei null liegt zeigt den Erfolg der Verblindung für die Probanden: selbst wenn das Getränk keinen Alkohol enthielt, vermuteten einige der Fahrer eine leichte Alkoholwirkung zu verspüren. Das Ausmaß der Trunkenheit wurde von den

Fahrern in dieser Bedingung maximal mit 5 angegeben, was auf der 16stufigen Skala (Bild 11) der Verbalkategorie „wenig“ entspricht. Das angegebene Ausmaß der Trunkenheit in der Placebobedingung war dabei unabhängig davon, ob diese Fahrt die erste der drei absolvierten Fahrten war oder ob die Fahrer zuvor bereits unter Alkoholeinfluss gefahren waren ($\chi^2 = 11.33$; $df = 8$; $p \leq .184$).

BAK [‰]	$p \leq$ (Korr. n. Bonferroni)
0.0 vs. 0.5	.000
0.0 vs. 0.8	.000
0.5 vs. 0.8	.000

Tab. 4: Ergebnisse der Post-hoc-Tests für HE_{BAK}

Die Ausgangsbedingungen waren dabei bei allen Fahrten gleich. So stellte sich keiner der Fahrer zum Erhebungstermin unter Alkoholeinfluss vor. Auch fühlte sich keiner der Fahrer bereits betrunken, bevor er das Getränk zu sich nahm.

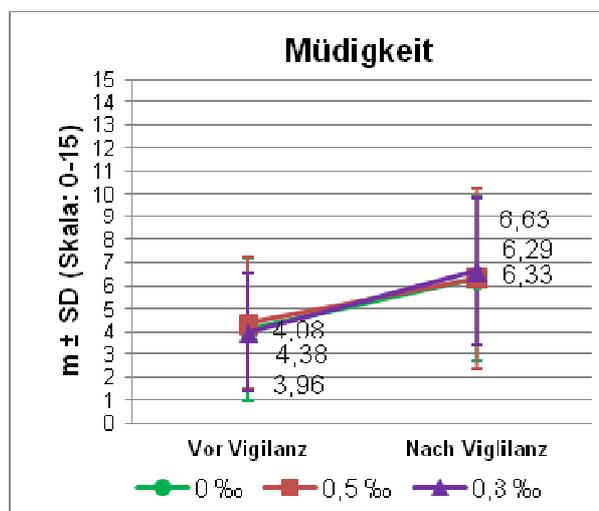


Bild 14: Angaben der Fahrer zum Ausmaß der Müdigkeit vor und nach dem Vigilanzszenario (Skala: 0 (gar nicht) – 15 (sehr stark))

Alkohol gehört zu den psychoaktiven Substanzen mit sedierender Wirkung. Im Verlauf der Untersuchung wurden die Probanden mehrfach zum Ausmaß ihrer Müdigkeit befragt. Besonders stark sollte sich die sedierende Wirkung des Alkohols unter Monotonie auswirken, wie sie im Vigilanzszenario realisiert wurde. In diesem Szenario mussten die Fahrer bei Dunkelheit auf einer recht geraden Strecke einem anderen Fahrzeug über 20 Minuten hinweg folgen. Betrachtet man die Angaben der Fahrer vor dem Vigilanzszenario und danach (Bild 14), dann zeigt sich, dass die Fahrer in allen drei

Bedingungen eine mittlere Ausprägung ihrer Müdigkeit angaben (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = .06$; $p \leq .942$). Die Müdigkeit nahm während des Szenarios etwas zu (HE_{Zeit} : $F_{2, 23} = 34.40$; $p \leq .000$). Diese Veränderung war zwischen den Bedingungen nicht unterschiedlich (WW : $F_{2, 46} = .053$; $p \leq .592$). Die zusätzliche Gabe von Alkohol wirkte sich demnach nicht verstärkend auf die Ermüdung der Fahrer aus, die durch die monotone Fahraufgabe erzeugt wurde. Dabei zeigte der Vergleich der Angaben der Fahrer zur Müdigkeit, die diese unmittelbar beim Eintreffen machten, dass bei allen Fahrten absolut vergleichbare Ausgangsbedingungen herrschten (HE_{BAK} : $F_{2, 44} = .57$; $p \leq .572$). Bei den Fahrten in allen drei Bedingungen gaben die Fahrer an sehr wenig müde zu sein ($M_{BAK 0.0\%} = 2.00$; $SD_{BAK 0.0\%} = 1.91$; $M_{BAK 0.5\%} = 2.52$; $SD_{BAK 0.5\%} = 2.73$; $M_{BAK 0.8\%} = 2.26$; $SD_{BAK 0.8\%} = 2.28$).

Unter Alkoholeinfluss bewerteten die Fahrer ihr Fahrverhalten schlechter (HE_{BAK} : $F_{1, 46} = 20.10$; $p \leq .000$): Während sie ihre Leistung bei den nüchtern absolvierten Fahrten durchschnittlich im Bereich des normalen Fahrverhaltens sahen (Tab. 5 und Tab. 6), bewerteten sie ihr Verhalten sowohl bei den Fahrten unter 0.5‰ als auch unter 0.8‰ als auffällig. Die weitere Erhöhung des Blutalkoholspiegels von 0.5‰ auf 0.8‰ führte jedoch zu keiner kritischeren Einschätzung des eigenen Verhaltens.

BAK [‰]	m	SD
0.0	2.13	1.42
0.5	3.87	1.51
0.8	4.50	2.15

Tab. 5: Subjektive Bewertung der Fahrt als Ganzes anhand der Fitness-to-Drive-Skala (Bild 10)

BAK [‰]	$p \leq$ (Korr. n. Bonferroni)
0.0 vs. 0.5	.001
0.0 vs. 0.8	.000
0.5 vs. 0.8	.288

Tab. 6: Ergebnisse der Post-hoc-Tests für HE_{BAK} für die subjektive Bewertung der Fahrt als Ganzes anhand der Fitness-to-Drive-Skala

Auch zur Leistung bei der Testung am Computer wurden die Probanden befragt. Hierfür wurde eine 16stufige Skala eingesetzt mit den Polen 0 (völlig unzureichend) und 15 (sehr gut). Auf dieser Skala

bewerteten die Probanden ihre eigene Leistung in allen drei Bedingungen als mittel (Tab. 7). Somit nahmen die Probanden bei der Testung keine Leistungsbeeinträchtigung durch den Alkohol wahr (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 1.27$; $p \leq .291$).

BAK [‰]	m	SD
0.0	8.29	2.18
0.5	7.79	2.25
0.8	8.25	2.23

Tab. 7: Bewertung der eigenen Leistung im Determinationstest (Skala: 0 (völlig unzureichend) – 15 (sehr gut))

4.3 Computerbasierte Testung

Von allen Probanden lagen Daten aus der Bearbeitung des Test-Set FEV des Wiener Testsystems vor. Diese Testung wurde im Vorfeld der Termine mit Fahrproben durchgeführt. Daher stehen diese Daten auch nur von nüchternen Probanden zur Verfügung. Zusätzlich wurde der Determinationstest, der Teil des Test-Set FEV ist, jeweils im Anschluss an die Simulatorfahrten durchgeführt. Zu diesem Test liegen somit von jedem Probanden Daten aus je einer Testung mit 0‰, 0.5‰ und 0.8‰ vor.

Nachfolgend wird zunächst das Leistungsprofil der untersuchten Gruppe im Test-Set FEV beschrieben. Im Anschluss wird die Leistung im Determinationstest in den drei untersuchten Alkoholbedingungen dargestellt.

4.3.1 Leistungsprofil der Probandengruppe

Die Hauptvariablen, die vom Testhersteller zur Leistungsbeschreibung empfohlen werden, werden in Rohform und verrechnet in Prozenträge ausgegeben. Wurde ein Prozentrang von mindestens 16 erreicht, gilt ein Test als Bestanden. Tab. 8 zeigt, dass mit Ausnahme des Tests zur Erfassung der Aufmerksamkeitsleistung (ATAVT), alle Probanden diese Mindestanforderung erfüllten und damit ein mindestens unterdurchschnittliches Ergebnis erzielten. Nur einer der Teilnehmer verfehlte dieses Kriterium in diesem Test. Hier fanden sich weder in den Aufzeichnungen des Untersuchungsleiters noch in den Kommentaren des Probanden Hinweise auf Verständnisprobleme oder Störungen.

Test	% bestanden
RT	100%
COG	100%
LVT	100%
DT	100%
ATAVT	95,8%
alle Tests	95,8%

Tab. 8: Anteil der Probanden (N = 24), der Test bestanden hat, d.h. PR \geq 16 erreichte

Die kategoriale Betrachtung danach, ob ein Test bestanden wurde oder nicht, ist recht grob. Im Weiteren sollen daher die Prozentränge zur Beschreibung des Leistungsprofils herangezogen werden. Diese Darstellung orientiert sich an einem im Handbuch zum Test-Set beschriebenen Musterbefund (Schuhfried, 2009).

Im Durchschnitt wurde in den fünf Tests des Test-Sets ein Prozentrang von 65.63 erzielt (Tab. 9), was einem durchschnittlichen Leistungsniveau entspricht. Das höchste Leistungsniveau wurde im Cognitrone erreicht, bei den übrigen Tests entsprach die Leistung der des Durchschnitts der Referenzgruppe.

Im Reaktionstest wurde eine durchschnittliche Reaktionszeit von 434 (SD = 56.37) Millisekunden erreicht, was einem Prozentrang von 48.58 und somit einer durchschnittlichen Leistung entspricht. Die Konzentrationsleistung, die mit dem Cognitrone erfasst wurde, war in der untersuchten Gruppe durchschnittlich bis überdurchschnittlich ausgeprägt (PR = 83. Die Probanden benötigten im Durchschnitt 2.33 (SD = .487) Sekunden, um korrekt zu erkennen, dass keine Übereinstimmung bei den zu vergleichenden Figuren bestand. In der Überprüfung der Orientierungsleistung mit dem Linienverfolgungstest zeigte die Gruppe ebenfalls ein durchschnittliches Leistungsniveau. Innerhalb der verfügbaren Zeit wurden durchschnittlich 14 (SD = 3.46) Aufgaben richtig gelöst. Im Determinationstest, mit dem die Belastbarkeit geprüft wird, reagierten die Probanden im Durchschnitt 250 (SD = 23.81) Mal richtig, was einem durchschnittlichen Leistungsniveau entspricht (PR = 63.75). Mit dem Tachistoskopischen Verkehrsauffassungstest, wird die Konzentrationsleistung gemessen. Hier lag die Leistung der untersuchten Gruppe ebenfalls im Durchschnitt (PR = 71.21). Es wurden durchschnittlich 12 (SD = 2.13) Verkehrssituationen vollständig und richtig erfasst.

Test	M	SD	Min.	Max.
RT	48.58	22.57	17	99
COG	82.58	16.13	31	100
LVT	62.04	25.53	21	97
DT	63.75	17.39	41	92
ATAVT	71.21	24.08	6	99
alle Tests	65.63	11.11	46.20	89.20

Tab. 9: Durchschnittlicher Prozentrang (SD) nach Testverfahren (N=24)

4.3.2 Alkoholbedingte Leistungsveränderung im Determinationstest

Bei allen drei Erhebungsterminen absolvierten die Probanden den Determinationstest im Anschluss an die Simulatorfahrten. Die Hauptvariable zur Bewertung der Leistung ist für diesen Test die Anzahl der richtigen Reaktionen.

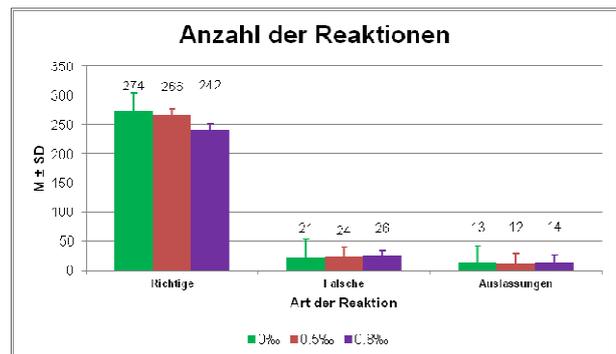


Bild 15: Anzahl der Reaktionen im Determinationstest (N = 24)

In Bild 15 ist diese Hauptvariable dargestellt. Zusätzlich sind die Häufigkeiten für die falschen Reaktionen sowie die Auslassungen angegeben. Unter Alkohol reagierten die Probanden seltener richtig (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 24.76$; $p \leq .000$). Dabei war der Leistungsunterschied zwischen 0% und 0.5% nicht signifikant, zwischen der nüchternen Testung und der unter 0.8% ergab sich jedoch eine signifikante Leistungsbeeinträchtigung. Diese war auch zwischen der niedrigen und der hohen Alkoholisierung nachweisbar (Tab. 10). Diese alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigung zeigte sich in der Tendenz auch in der Anzahl der falschen Reaktionen (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 2.69$; $p \leq .079$). Sie war unter Alkohol höher. Die Anzahl der Auslassungen war unter Alkoholeinfluss hingegen nicht unterschiedlich (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 1.47$; $p \leq .241$).

BAK [‰]	p ≤ (Korr. n. Bonferroni)
0.0 vs. 0.5	.524
0.0 vs. 0.8	.000
0.5 vs. 0.8	.000

Tab. 10: Ergebnisse der Post-hoc-Tests für HE_{BAK} für die Anzahl richtiger Reaktionen.

Zieht man die in Prozenträge transformierte Anzahl der richtigen Reaktionen heran, um die Leistungsveränderung durch den Alkohol mit dem Leistungsniveau der Referenzstichprobe zu vergleichen, so zeigt sich, dass sowohl nüchtern ($M_{PR}=78.17$; $SD_{PR}=18.03$) als auch mit 0.5‰ ($M_{PR}=73.54$; $SD_{PR}=20.57$) und 0.8‰ ($M_{PR}=57.62$; $SD_{PR}=21.26$) noch eine durchschnittliche Leistung erzielt wurde.

4.4 Fahrverhaltensprobe

Das Verhalten der Fahrer wurde über unterschiedliche Zugänge bewertet. Im Folgenden wird zunächst das Fahrleistungsrating durch die Beobachter dargestellt, dann folgt die Analyse der beobachteten Fahrfehler. Im Anschluss werden die von der Software erfassten Verhaltensdaten beschrieben. Abschließend findet sich die Darstellung der Leistungsparameter aus der Bearbeitung der Nebenaufgabe im Vigilanzszenario.

4.4.1 Fahrleistungsbewertungen und beobachtete Fahrfehler

Je höher der Alkoholspiegel war, unter dem die Fahrt angetreten wurde, umso kritischer bewerteten die Beobachter das Verhalten der Fahrer (HE_{BAK} : $F_{2,46} = 17.27$; $p \leq .000$). Auf der Fitness-to-Drive-Skala lagen die Urteile, wenn die Fahrer nüchtern waren, im Bereich des normalen Fahrens (Bild 16). Selbiges gilt auch für die Fahrten bei 0.5‰. Standen die Fahrer unter Einfluss von 0.8‰ Alkohol, erreichten die Bewertungen knapp den Bereich des auffälligen Verhaltens.

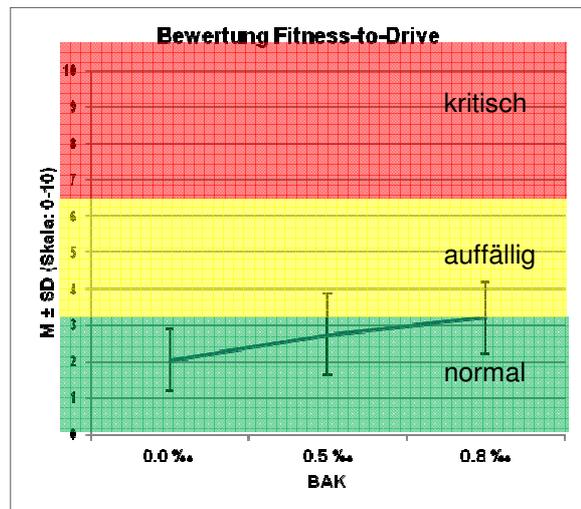


Bild 16: Globale Bewertung der Fahrleistung auf der 11-stufigen Fitness-to-Drive-Skala (Bild 10)

Zwischen dem Durchschnitt der Einzelbewertungen für die Situationen und der Gesamtbewertung der Fahrt bestand ein hoher positiver Zusammenhang (Tabelle 12). Je besser die Beobachter das Verhalten der Fahrer bei der Fahrt als Ganzes bewertet hatten, umso positiver bewerteten sie auch das Verhalten der Fahrer in den einzelnen Situationen der Fahrt. Folglich repräsentiert die globale Bewertung der Fahrten sehr gut das Verhalten der Fahrer in den einzelnen Situationen der Fahrten.

BAK [‰]	r	p ≤ (2-seitig)	N
0.0	.676	.000	24
0.5	.865	.000	24
0.8	.877	.000	24

Tab. 11: Ergebnisse der Post-hoc-Tests für HE_{BAK} für die globale Bewertung der Fahrleistung.

BAK [‰]	p ≤ (Korr. n. Bonferroni)
0.0 vs. 0.5	.015
0.0 vs. 0.8	.000
0.5 vs. 0.8	.007

Tab. 12: Korrelation (Pearson) zwischen Gesamtbewertung der Fahrt und Bewertung der Einzelsituationen (Fitness-to-Drive Skala) nach Bedingungen.

Betrachtet man die Gesamtzahl der beobachteten Fehler in den drei Bedingungen der Fahrt, so zeigt sich ebenfalls ein deutlicher Unterschied zwischen den Bedingungen (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 17.76$; $p \leq .000$; Tab. 11). Die wenigsten Fahrfehler unterliefen den Fahrern, wenn sie nüchtern fuhren ($M = 86.29$; $SD = 33.08$). Standen sie unter dem Einfluss von 0.5‰ Alkohol unterliefen ihnen mehr Fehler ($M = 122.29$; $SD = 60.89$). Die meisten Fahrfehler wurden in den Fahrten unter 0.8‰ Alkohol beobachtet ($M = 135.83$; $SD = 62.15$). Ordnet man die Fehler Kategorien zu, sind differenziertere Aussagen möglich. Sowohl bei den Längsführungsfehlern als auch bei den Fehlern in der Querführung bestand ein Unterschied zwischen den Bedingungen (Tabelle 17 auf Seite 35). Am wenigsten Fehler bei der Wahl der Geschwindigkeit unterliefen den Fahrern wenn sie nüchtern fuhren. Die Fehler in der Querführung nahmen mit der BAK zu. Je stärker die Fahrer alkoholisiert waren, umso ungenauer hielten sie die Spur sowie seitliche Abstände zu anderen Fahrzeugen und Objekten ein. Zu den kognitiven Fehlern zählen unter anderem Fehler beim Wechseln der Fahrspur, das Absichern gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern sowie die Kommunikation mit diesen, zum Beispiel durch Blinken. Auch bei diesen Fehlern bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den drei untersuchten Bedingungen. Auf die Anzahl der kritischen Situationen, also Situationen, in denen andere Verkehrsteilnehmer gefährdet wurden oder es gar zu Kollisionen kam, war kein Einfluss der Bedingung nachweisbar.

4.4.2 Fahrverhaltensdaten

Über die Fahr Simulatorsoftware standen Messgrößen der Fahrzeugbewegung und der Fahrzeugposition zur Verfügung. Aus diesen wurden situationspezifische Parameter für die Bewertung des Verhaltens der Fahrer bestimmt. Dabei wurden Verhaltensmaße selektiert, die den Inhalten der Beobachtung zuordenbar sind. Daher beschränkt sich diese Betrachtung auch auf Parameter der Längs- und Querführung. Parameter der Fahrzeug Bedienung wie beispielsweise die Betätigung von Gaspedal, Bremse und Lenkrad blieben dagegen unberücksichtigt.

In Tabelle 17 sind die Deskriptiva zusammen mit den vollständigen Ergebnissen der inferenzstatistischen Analyse zusammengestellt. Beim Vigilanzszenario stellen die in der Tabelle enthaltenen Werte den Durchschnittswert der vier Abschnitte dar. Da die Strecke jeweils zwei Rechts- und zwei Linkskurven enthielt, wurde auch hier der Durchschnittswert betrachtet. Ebenso wurden die

Parameter für das enge, kurvige Waldstück für die erste und die zweite Hälfte der Strecke bestimmt, im Weiteren dann aber der Durchschnittswert betrachtet.

Der gerade Streckenabschnitt von 2km Länge wurde unter Alkoholeinfluss nicht schneller befahren als nüchtern (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 1.332$; $p \leq .274$). Während die Linkskurven unter Alkoholeinfluss tendenziell schneller durchfahren wurden als nüchtern (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 2.644$; $p \leq .082$), trat dieser Effekt beim Durchfahren der Rechtskurven deutlicher zu Tage (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 3.628$; $p \leq .034$), ebenso beim Befahren der engen kurvigen Straße durch den Wald (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 3.369$; $p \leq .043$). In beiden Szenarien fuhren die Fahrer unter 0.8‰ schneller als nüchtern. Der Unterschied in der gefahrenen Geschwindigkeit zwischen der nüchtern absolvierten Fahrt und der Fahrt mit 0.5‰ war hingegen statistisch nicht bedeutsam. Ebenso der Unterschied zwischen beiden Stufen der Alkoholisierung.

Für die freie Fahrt in dem geraden Streckenabschnitt sowie für das Befahren des kurvigen Streckenabschnitts im Wald wurde zusätzlich die Standardabweichung der Geschwindigkeit als Maß für die Genauigkeit, mit der die Geschwindigkeit gefahren wurde, betrachtet. Hier zeigte sich keine Veränderung durch den Alkohol (Tabelle 17). Da die Aufgabe bei der Vigilanzfahrt darin bestand, einem anderen Fahrzeug zu folgen, wurde hier nicht die Fahrgeschwindigkeit als Maß für die Längsregulation betrachtet sondern die Abstandshaltung. Wie Tabelle 17 zu entnehmen ist, war der Anteil der Zeit, für den die Fahrer den kritischen Sicherheitsabstand von einer Sekunde unterschritten nicht größer. Auch auf die Genauigkeit der Abstandshaltung hatte der Alkohol in diesem Szenario keinen Einfluss, was sich in der Standardabweichung des Abstands zeigt.

In der freien Fahrt auf dem geraden Streckenabschnitt war die SDLP, das Maß für die Genauigkeit der Spurhaltung, in der Tendenz höher. Dies zeigt eine schlechtere Spurhaltung an (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 2.977$; $p \leq .061$). Die Fahrer kamen in diesem Abschnitt kaum von der Spur ab, für die Häufigkeit des Spurverlassens ergab sich in diesem Abschnitt aber dennoch ein signifikanter Alkoholeffekt (HE_{BAK} : $F_{2, 46} = 7.643$; $p \leq .001$). Unter 0.5‰ und unter 0.8‰ kamen die Fahrer häufiger von der Spur ab als nüchtern. Zwischen beiden Stufen der Alkoholisierung bestand hingegen kein statistisch bedeutsamer Unterschied. Beim Befahren der Kurven zeigte sich unter Alkoholeinfluss weder ein Anstieg der SDLP noch kamen die Fahrer dann häufiger von der Spur ab.

Beim Befahren des kurvigen Waldstücks war die SDLP bei den Fahrten unter Alkoholeinfluss tendenziell höher (HE_{BAK} : $F_{2,46} = 2.880$; $p \leq .066$). Im Vergleich zu den geraden Streckenabschnitten „Freie Fahrt“ und „Vigilanzfahrt“ kamen die Fahrer hier in allen drei Bedingungen deutlich häufiger von der Spur ab. Auf diesem Maß zeigte sich auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen (HE_{BAK} : $F_{2,46} = 8.964$; $p \leq .001$). Nachtests zeigten, dass die Fahrer unter Einfluss von 0.8‰ häufiger von der Spur abkamen als nüchtern. Zwischen dem nüchternen Fahren und dem Fahren mit 0.5‰ bestand dieser Unterschied nicht. Auch die beiden BAK wirkten sich nicht unterschiedlich auf die Anzahl der Spurfehler aus.

Ein sehr deutlicher Einfluss der Alkoholisierung auf die Querführung war im Vigilanzszenario nachweisbar. Unter Alkoholeinfluss stieg hier die SDLP an (HE_{BAK} : $F_{2,46} = 31.724$; $p \leq .000$). Sie war sowohl bei den Fahrten mit 0.5‰ als auch bei 0.8‰ höher als nüchtern. Und auch zwischen den beiden BAK unterschied sich dieses Maß für die Güte der Spurhaltung signifikant. Bei beiden BAK kamen die Fahrer häufiger von der Spur ab als nüchtern (HE_{BAK} : $F_{2,46} = 7.038$; $p \leq .002$). Wie auch bei der freien Fahrt differenzierte dieses Maß nur zwischen den nüchtern angetretenen Fahrten und denen unter 0.8‰.

4.4.3 Nebenaufgabe im Vigilanzszenario

Im Vigilanzszenario hatten die Fahrer die Aufgabe, eine akustische Nebenaufgabe zu bearbeiten. Diese bestand darin, Auslassungen in einer gleichabständigen Tonfolge durch Drücken einer Taste auf dem Lenkrad zu markieren. Bei einer Fahrt konnte die Leistung in dieser Nebenaufgabe nicht ausgewertet werden, da aufgrund eines technischen Defekts das Drücken der Taste nicht aufgezeichnet wurde. Es handelte sich dabei um eine Fahrt bei 0.5‰.

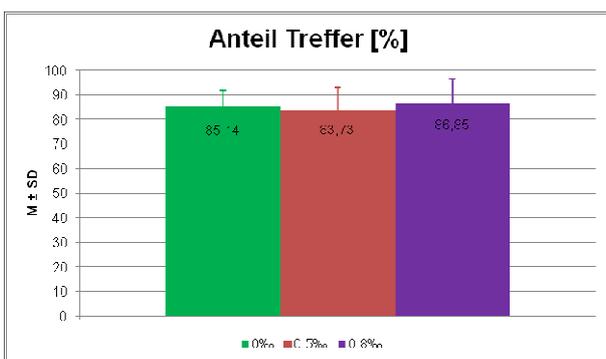


Bild 17: Anteil korrekter Reaktionen (Treffer) in der akustischen Nebenaufgaben im Vigilanzszenario

BAK [%]	M	SD	Min	Max	N
0.0	775.36	125.99	510	1002	24
0.5	769.85	147.03	447	1120	23
0.8	767.49	148.52	475	1129	24

Tab. 13: Reaktionszeit [ms] für die korrekten Reaktionen in der Nebenaufgabe nach Bedingungen

Test	Hauptvariable	r	p ≤
RT	Mittl. Reaktionszeit (msec.)	-.115	.592
COG	Mittl. Zeit korrekte Zurückw. (sec.)	.465	.022
LVT	Score	.063	.769
DT	Anzahl richtige Reaktionen	.140	.513
ATAVT	Überblicksgewinnung	-.021	.921

Tab. 14: Korrelation (Pearson) zwischen Gesamtbewertung der Fahrt (Fitness-to-Drive Skala) und Hauptvariablen (Prozentrang) nach Test (N = 24)

In allen drei Bedingungen wurde eine hohe Trefferquote erzielt. Sie lag bei etwas mehr als 80% (Bild 17). Dabei war auf diesem Leistungsmaß kein Einfluss der Alkoholisierung nachweisbar (HE_{BAK} : $F_{2,44} = 1.053$; $p \leq .358$). Die Auswertung der Reaktionszeiten ergab ebenfalls keinen signifikanten Einfluss des Alkohols (HE_{BAK} : $F_{2,44} = .232$; $p \leq .794$). Alkohol bewirkte demnach kein langsames Reagieren der Fahrer auf die fehlenden Töne in der Tonfolge hin (Tabelle 13).

4.5 Vergleiche zwischen computerbasierter Testung und Fahrverhaltensprobe

Alle Probanden absolvierten das Test-Set FEV des Wiener Testsystems bei einem Vorabtermin. Diese Testung fand ohne die vorherige Gabe von Alkohol oder Placebo statt. Für den Vergleich werden daher nur die nüchtern absolvierten Fahrten herangezogen. Dazu werden die zu Prozenträngen transformierten Hauptvariablen der fünf Tests auf deren Zusammenhang mit der Leistungsbewertung durch die Beobachter hin analysiert.

Nur für Cognitrone bestand ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zur Bewertung der Simulatorfahrten durch die Beobachter (Tabelle 14). Die

positive Korrelation zeigt hier an, dass umso höher die Leistung in diesem Test am Computer war, umso schlechter die Fahrt nach Ansicht der Beobachter absolviert wurde.

Betrachtet man die Gesamtzahl der beobachteten Fahrfehler, dann bestand auch hier der höchste Zusammenhang zur Leistung im Cognitrone. Dieser lag jedoch nur in der Tendenz vor. Wie bei der Gesamtbewertung der Fahrt nahm der Korrelationskoeffizient einen positiven Wert an, was eine schlechtere Leistung in der Fahrprobe bei besserer Leistung in der Testung am Computer anzeigt.

Test	Hauptvariable	r	p ≤
RT	Mittl. Reaktionszeit (msec.)	-.099	.647
COG	Mittl. Zeit korrekte Zurückw. (sec.)	.357	.087
LVT	Score	-.274	.196
DT	Anzahl richtige Reaktionen	.141	.511
ATAVT	Überblicksgewinnung	-.011	.960

Tab. 15: Korrelation (Pearson) zwischen Gesamtfehlerzahl und Hauptvariablen (Prozentrang) nach Test (N = 24)

BAK [%]	Maß	r	p ≤
0.0	Fitness-to-Drive	.165	.440
	Gesamtfehler	.113	.589
0.5	Fitness-to-Drive	-.093	.667
	Gesamtfehler	.024	.912
0.8	Fitness-to-Drive	-.059	.785
	Gesamtfehler	.090	.677

Tab. 16: Korrelation (Pearson) der Hauptvariablen des Determinationstests (Prozentrang) und Gesamtbewertung der Fahrt (Fitness-to-Drive Skala) bzw. Gesamtfehlerzahl nach Bedingung (N = 24)

Jeweils im Anschluss an die unter Alkohol bzw. Placebo absolvierten Fahrten im Simulator bearbeiteten die Fahrer den Determinationstest. Tab. 16 zeigt den Zusammenhang zwischen der Leistung in diesem Test und der Leistung in der Fahrverhaltensprobe. In allen drei Bedingungen bewegen sich die Korrelationen im Bereich um Null und sind nicht signifikant. Dies trifft sowohl auf die Gesamtbewertung der Fahrt als auch auf die Anzahl

der beobachteten Fehler zu. Damit steht die Leistung in diesem Mehrfachreiz-Reaktionstest in keinem Zusammenhang zur Leistung in der Fahrt.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es zu prüfen, ob die von der WIVW GmbH entwickelte Fahrprobe für die Durchführung im Fahrsimulator der BAST geeignet ist. Dabei wurde Alkohol als Referenzsubstanz herangezogen, um zu prüfen, ob Leistungsbeeinträchtigungen durch sedierend wirkende Substanzen nachgewiesen werden können. Dazu wurde, analog zur Ausgangsstudie (Kenntner-Mabiala et al., 2015), der Einfluss dreier unterschiedlicher Blutalkoholkonzentrationen (0.0‰, 0.5‰ und 0.8‰) auf das Fahrverhalten untersucht. Dieser Nachweis wurde für den Fahrsimulator der WIVW GmbH bereits erbracht (Kenntner-Mabiala et al., 2015). Dass die Simulatoren zwar mit derselben Software betrieben werden, sich aber hinsichtlich verschiedenster Ausstattungsmerkmale unterscheiden, machte die Durchführung dieser Studie notwendig. Der wesentlichste Unterschied zwischen den Simulatoren bestand darin, dass der Fahrsimulator der BAST über kein Bewegungssystem verfügt. Weitere Unterschiede, von denen eine Beeinflussung des Fahrerverhaltens angenommen werden kann, betreffen das Visualisierungssystem sowie die Fahrerkabine und das Fahrzeugmodell.

Bislang liegen vor allem noch keine verlässlichen Erkenntnisse darüber vor, wie sich die fehlende Bewegungsrückmeldung auf Leistungsmaße des Verhaltens auswirkt.

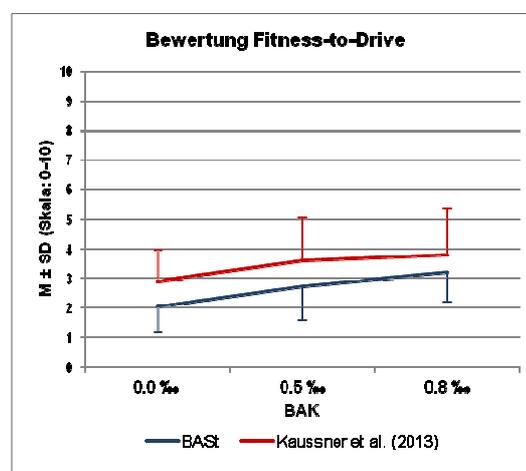


Bild 18: Gegenüberstellung der globalen Bewertung der Fahrleistung auf der 11-stufigen Fitness-to-Drive-Skala mit der Vergleichsstudie

Im Folgenden wird zunächst betrachtet, ob die drei Blutalkoholkonzentrationen wie intendiert realisiert werden konnten. Da die Studie eine Replikation der Arbeit von Kenntner-Mabiala et al. (2015) darstellt, werden alle erfassten Leistungsmaße auch im Vergleich zu dieser betrachtet. Abschließend wird noch der Vergleich zwischen der Leistung in der durchgeführten computerbasierten Testung und der Leistung in der Fahrverhaltensprobe diskutiert.

Die Atemalkoholmessungen sowie die durchgeführten Befragungen zeigten, dass die drei intendierten Blutalkoholkonzentrationen erfolgreich hergestellt werden konnten. Damit ist die zentrale Voraussetzung dafür, dass überhaupt Unterschiede zwischen den realisierten Bedingungen auftreten, erfüllt. Trotz interindividueller Unterschiede im wahrgenommenen Ausmaß der Alkoholwirkung bestand ein deutlicher Unterschied zwischen den drei untersuchten Bedingungen. Für die erfolgreiche Verblindung bei zumindest einem Teil der Probanden spricht die Tatsache, dass eine zwar schwache, jedoch deutlich vorhandene Wirkung des Alkohols auch in der Placebobedingung wahrgenommen wurde.

In Übereinstimmung mit der Vergleichsstudie schätzten die Fahrer ihre Müdigkeit nach der Vigilanzfahrt höher ein. Allerdings unterschieden sich die Müdigkeitsurteile nicht zwischen den Bedingungen. Die Müdigkeit wurde vor und nach dem Vigilanzszenario erfasst. Bei der ersten Messung gaben die Fahrer in allen drei Bedingungen an, wenig müde zu sein. Die Daten der Baselinemessung bei Eintreffen der Probanden belegen, dass absolut vergleichbare Ausgangsbedingungen herrschten. Dass sich das Ausmaß der Müdigkeit bis zum Beginn der Vigilanzfahrt zwischen den Bedingungen nicht unterschied, ist möglicherweise auf die Anforderungen des bis dahin absolvierten Streckenabschnittes zurückzuführen. Die Fahrt beinhaltete Autobahnen und Überlandstrecken, was recht anspruchsvoll war. Möglicherweise war die Alkoholdosis zu niedrig, um sich bei der recht abwechslungsreichen Fahrt auf die Müdigkeit auszuwirken. Dass es im Verlauf der Vigilanzfahrt zu keiner stärkeren Zunahme der Müdigkeit unter Alkoholeinfluss kam, widerspricht zwar den Erwartungen, stimmt jedoch mit der Vergleichsstudie überein.

Einen deutlichen Einfluss hatte die Alkoholisierung hingegen auf die Einschätzung der eigenen Leistung. Wie auch in der Vergleichsstudie bewerteten die Fahrer ihr Verhalten nüchtern als normal, unter Alkoholeinfluss hingegen als auffällig. Überein-

stimmend war kein Unterschied in der Bewertung zwischen 0.5‰ und 0.8‰ nachweisbar.

Alle drei vorgesehenen Fahrten wurden von allen Fahrern vollständig und ohne das Auftreten von Kinetose absolviert. Die von den Fahrern selbst wahrgenommene Leistungsverschlechterung unter Alkoholeinfluss zeigte sich auch in der Bewertung durch die Beobachter. Deren Urteil fiel umso kritischer aus, je höher der Blutalkoholspiegel war, mit dem die jeweilige Fahrt angetreten wurde. Wie Bild 18 zeigt, wurden die Fahrten auch in der Vergleichsstudie mit zunehmender Alkoholisierung der Fahrer schlechter bewertet. Insgesamt fiel die Bewertung dort etwas kritischer.

Wie in der Vergleichsstudie konnte ein signifikanter Alkoholeffekt für die Gesamtzahl der beobachteten Fahrfehler nachgewiesen werden. Je höher der Blutalkoholspiegel der Fahrer war, umso mehr Fehler traten auf. Dabei war die absolute Anzahl der beobachteten Fehler in der Vergleichsstudie etwas geringer. Ordnet man die beobachteten Fehler Kategorien zu, zeigt sich die alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigung bei den Fehlern in der Längs- und Querverführung, sowie bei den kognitiven Fehlern. Hier entspricht die Ergebnislage ebenfalls weitgehend der der Vergleichsstudie. Wie auch in dieser traten im Verlauf der Fahrten in allen drei Bedingungen nur äußerst selten kritische Ereignisse auf. Hierzu gehören Gefährdungen anderer Verkehrsteilnehmer oder Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern oder mit Objekten. Übereinstimmend war in beiden Studien kein Einfluss der Alkoholisierung nachweisbar auf diese Fehlerart nachweisbar.

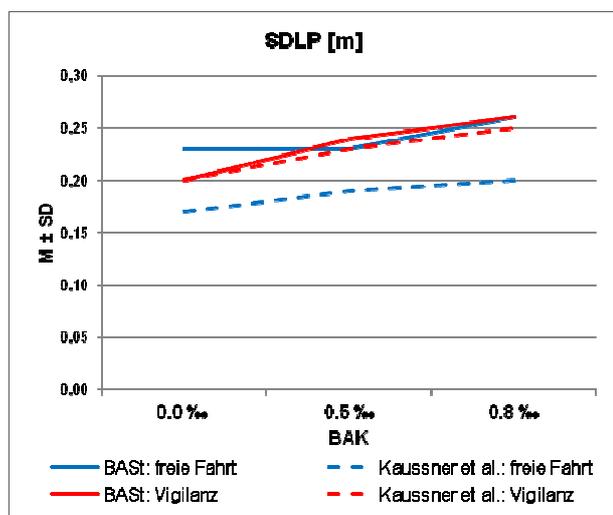


Bild 19: SDLP im Vergleich zur Referenzstudie für zwei Szenarien des Parcours

Von zentralem Interesse war bei der Studie, in wie weit sich die fehlende Bewegungsrückmeldung im Fahrsimulator der BAST auf die gemessenen Fahrleistungsparameter auswirkt. Betrachtet man die erfassten Parameter der Längs- und Querregulation, zeigt sich eine hohe Übereinstimmung sowohl in Bezug auf die absolute Höhe der erfassten Parameter als auch in Bezug auf die Auswirkungen des Alkohols. Die Szenarien der Fahrprobe, bei denen der Anforderungsschwerpunkt im Bereich der Längsführung liegt (freie Fahrt auf der Landstraße; scharfe Kurven; enges, kurvig Waldstück), wurden mit sehr vergleichbaren Geschwindigkeiten durchfahren wie im Simulator mit Bewegungssystem. Während in Übereinstimmung mit der Vergleichsstudie bei der Fahrgeschwindigkeit auf der Landstraße kein Einfluss des Alkohols auszumachen war, war dies beim Durchfahren der Kurven und dem kurvigen Waldstück der Fall. Im Gegensatz zur Vergleichsstudie, in der ein signifikanter Unterschied beider BAK-Stufen zum nüchternen Fahren nachgewiesen werden konnte, war dies in dieser Studie nur zwischen dem höheren Blutalkoholspiegel und dem nüchternen Fahren möglich. Dies deutet auf eine etwas höhere Sensitivität dieses Leistungsparameters in den betrachteten Szenarien bei vorhandener Bewegungsrückmeldung hin.

Bei der Erfassung substanzbedingter Leistungsbeeinträchtigungen kommt der SDLP eine zentrale Bedeutung zu (O'Hanlon, 1984; Verster & Roth, 2011). Dieser Leistungsparameter für die Güte der Spurhaltung wurde auch für einige Szenarien des Parcours bestimmt. Es hat sich gezeigt, dass auch dieser Parameter für den Nachweis alkoholbedingter Leistungsbeeinträchtigungen des Fahrers geeignet ist. In der Tendenz war die SDLP bei der freien Fahrt auf der Landstraße unter Alkohol höher, ebenso beim Befahren der engen kurvigen Landstraße. Bei der Vigilanzfahrt zeigte sich unter beiden Blutalkoholkonzentrationen eine deutliche Leistungsbeeinträchtigung unter Alkohol. Für das Durchfahren der scharfen Kurven war hingegen keine Leistungsveränderung nachweisbar. Im Vergleich dazu traten die Effekte in der Vergleichsstudie etwas deutlicher zu Tage. Der Alkoholeinfluss konnte hier sowohl für die freie Fahrt als auch für das Befahren der scharfen Linkskurve nachgewiesen werden sowie, übereinstimmend mit der Vergleichsstudie, auch für das Vigilanzszenario. Betrachtet man die absoluten Werte der SDLP für die freie Fahrt und das Vigilanzszenario (Bild 19) zeigt sich, dass beim Vigilanzszenario eine sehr hohe Übereinstimmung vorliegt, sich das Niveau bei der freien Fahrt jedoch unterscheidet. Da die Standardabweichungen sehr gut übereinstimmen,

wurden sie aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in der Grafik dargestellt.

Die Spurbreite ist bei beiden Szenarien gleich und die Kurven in beiden Strecken hatten ähnliche Krümmungsradien. Diese Streckenmerkmale scheiden daher als Erklärung für die gefundenen Unterschiede zwischen beiden Studien aus. Unterschiedlich waren jedoch die Fahrgeschwindigkeit sowie die Anwesenheit eines Führungsfahrzeugs. Es ist bekannt, dass die SDLP ein von der Geschwindigkeit abhängiges Maß ist. Möglicherweise wirkt sich die fehlende Bewegungsrückmeldung bei höheren Geschwindigkeiten stärker auf die SDLP aus. Denkbar wäre auch, dass das Führungsfahrzeug bei der Vigilanzfahrt einen Orientierungspunkt für die Spurposition darstellt, wodurch diese genauer eingehalten werden kann.

Auch bei der Häufigkeit des Abkommens von der Straße, dem zweiten erfassten Leistungsmaß für die Querregulation, bestanden Unterschiede zur Vergleichsstudie. Übereinstimmend wirkte sich die Leistungsbeeinträchtigung durch Alkohol in beiden Studien im Sinne eine Leistungsver schlechterung aus. Die Fahrer kamen unter Alkoholeinfluss jeweils häufiger von der Spur ab. Unterschiede zeigten sich aber in den absoluten Häufigkeiten dieser Ereignisse. In der Vergleichsstudie verließen die Fahrer die Spur in allen drei Bedingungen etwas seltener, was darauf hindeutet, dass sie die Veränderung der Spurposition in der Vergleichsstudie früher einnehmen und entsprechend korrigieren konnten. Dies ist möglicherweise auf die Bewegungsrückmeldung zurückzuführen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass der relative Einfluss von Alkohol im Sinne eine Leistungsver schlechterung trotz der Unterschiede in der absoluten Höhe der Leistungsparameter nachweisbar war. Obwohl über die Ursachen für diese Unterschiede nur Vermutungen angestellt werden können, so hat sich doch gezeigt, dass die betrachteten Leistungsmaße auch im Fahrsimulator ohne Bewegungssystem geeignet sind, alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigungen abzubilden.

Im Vigilanzszenario wurde zusätzlich die Leistung in der Nebenaufgabe betrachtet. Über alle drei Bedingungen wurden durchweg hohe Trefferraten erzielt und es war keine Veränderung aufgrund des Alkohols nachweisbar. In der Vergleichsstudie wurde dieses Leistungsmaß nicht berichtet, so dass zu vermuten ist, dass auch hier kein Effekt vorhanden war. Es kann somit von einer übereinstimmenden Ergebnislage ausgegangen werden.

Ergänzend wurde in dieser Studie eine computerbasierte Erfassung der fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereiche vorgenommen. Im dafür eingesetzten Test-Set FEV des Wiener Testsystems erreichten bis auf einen Teilnehmer alle die Mindestanforderungen (Prozentrang in allen fünf Hauptvariablen ≥ 16). Betrachtet man die in den Hauptvariablen dieser Tests erzielten Prozentränge, wurde ein durchschnittliches Leistungsniveau erreicht. Ein Zusammenhang zur Leistungsbewertung in der Fahrprobe (nüchtern absolviert), bestand nur für Cognitron. Allerdings entsprach dabei die Richtung des Zusammenhangs nicht der Erwartung. Der gefundene positive Zusammenhang zeigte nämlich an, dass je höher die Leistung in diesem Test am Computer war, umso schlechter die Fahrt nach Ansicht der Beobachter absolviert wurde. Zusammenhänge zur Leistung in den übrigen vier Tests des Test-Sets bestanden nicht.

Bereits von (Schumacher, 2014) wurde berichtet, dass kein Zusammenhang zwischen der Leistung in dieser computerbasierten Testung und der Leistung in einem Fahrversuch bestand. Zwar absolvierten die Fahrer in dieser Studie dieselben Tests am Computer, jedoch wurde keine umfassende Fahrprobe in einem Simulator durchgeführt. Die Fahrer absolvierten hier nur den Road-tracking Test, diesen jedoch im realen Straßenverkehr.

Ob eine computerbasierte Testung geeignet ist, alkoholbedingte Leistungsveränderungen in einer Fahrprobe zu präzisieren, wurde am Determinationstest untersucht. Dieser wurde im Anschluss an alle drei Fahrten absolviert, so dass Betrachtungen über die Alkoholwirkung angestellt werden können. Subjektiv bewerteten die Probanden ihre Leistung im Determinationstest, unabhängig von der Alkoholisierung, stets als eher gut. Eine Leistungsveränderung aufgrund des Alkohols wurde von ihnen also nicht wahrgenommen. Diese Einschätzung stimmte jedoch nicht mit der tatsächlich erbrachten Leistung überein. Unter Alkohol reagierten die Probanden nämlich seltener richtig als nüchtern. Die Betrachtung dieser Hauptvariablen zeigte somit eine alkoholbedingte Leistungsverschlechterung auf. Allerdings fiel diese wertemäßig eher gering aus, so dass sie von den Probanden möglicherweise nicht wahrgenommen wurde. Bezogen auf Prozentränge lag die Leistung nämlich über alle drei Bedingungen hinweg noch im durchschnittlichen Leistungsbereich.

Die Leistung in diesem Mehrfachreiz-Reaktionstest stand ebenfalls in keinem nennenswerten Zusammenhang zu der Leistung in der Fahrprobe, die mit demselben Blutalkoholspiegel absolviert wurde. Folglich werden unterschiedliche Leistungsberei-

che von computerbasiertem Test und Fahrprobe abgedeckt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die entwickelte Fahrprobe auch für die Durchführung in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem geeignet ist. Sowohl die durch geschulte Beobachter erhobenen Leistungsmaße als auch die über die Software gemessenen Verhaltensmaße haben sich als geeignet für den Nachweis alkoholbedingter Leistungsbeeinträchtigungen erwiesen. Diese Fahrprobe kann folglich auch eingesetzt werden, um andere Leistungsbeeinträchtigungen von Fahrern zu untersuchen, die mit Ermüdung einhergehen, wie sie beispielsweise auch durch Medikamente oder Erkrankungen verursacht wird. Die in dieser Studie erzeugten Daten zur Leistungsbeeinträchtigung durch Alkohol können dabei als Referenzwerte für die Einordnung des Ausmaßes der Beeinträchtigung herangezogen werden.

6 Anhang

Parameter	0.0‰ M (SD)	0.5‰ M (SD)	0.8‰ M (SD)	$F_{2, 46}$	$p \leq$	Eta ²	Post-hoc- Tests
Beobachtete Fahrfehler							
Anzahl Gesamtfehler	86.29 (33.08)	122.29 (60.89)	135.83 (62.15)	17.758	.000	.436	1, 2, 3
Anzahl Fehler Längsführung	22.17 (12.88)	33.42 (21.31)	30.79 (24.95)	5.244	.009	.186	1
Anzahl Fehler Querführung	53.54 (26.38)	74.42 (40.11)	89.08 (37,65)	21.466	.000	.483	1,2,3
Anzahl Kogniti- ve Fehler	7.46 (3.78)	9.04 (5.15)	9.46 (5.18)	3.164	.052	.121	2
Anzahl krit. Si- tuationen	3.13 (2.56)	5.42 (6.72)	6.50 (11.00)	2.305	.111	.091	
Längsführung (Durchschnittsgeschwindigkeiten in km/h)							
Freie Fahrt	99,27 (6.51)	100.32 (11.66)	101.59 (9.70)	1.332	.274	.055	
Scharfe Links- kurven	87.16 (7.15)	89.42 (8.36)	90.28 (7.41)	2.644	.082	.103	
Scharfe Rechtskurven	88.21 (7.94)	90.41 (8.39)	91.54 (6.11)	3.628	.034	.163	2
Enges, kurvig Waldstück	75.29 (4.96)	77.41 (7.78)	78.49 (5.29)	3.369	.043	.128	2
Längsführung (Prozentualer Anteil der Zeit mit einem Sekundenabstand < 1)							
Vigilanzfahrt	5.24 (14.37)	11.57 (21.03)	10.23 (24.12)	1.522	.229	.062	
Längsführung (Standardabweichung des Sekundenabstands)							
Vigilanzfahrt	0.74 (.43)	0.94 (.68)	0.93 (.50)	2.291	.113	.091	
Längsführung (Standardabweichung der Geschwindigkeit in km/h)							
Freie Fahrt	2.35 (1.43)	1.92 (1.57)	2.36 (1.82)	.988	.380	.041	
Enges, kurvig Waldstück	5.91 (1.95)	6.47 (3.17)	6.05 (2.70)	.978	.384	.041	

Tab. 17: Deskriptiva und Inferenzstatistiken zur Fahrfehlerbeobachtung und Fahrverhaltensdaten nach Szenarien. Die letzte Spalte gibt die Ergebnisse der post-hoc-Tests (Korr. n. Bonferroni) an (1 = signif. Unterschied 0.0‰ vs. 0.5‰; 2 = signif. Unterschied 0.0‰ vs. 0.8‰; 3 = signif. Unterschied 0.5‰ vs. 0.8‰)

Parameter	0.0‰ M (SD)	0.5‰ M (SD)	0.8‰ M (SD)	$F_{2, 46}$	$p \leq$	Eta ²	Post-hoc- Tests
Querführung (SDLP in m)							
Freie Fahrt	0.23 (.06)	0.23 (.08)	0.26 (.08)	2.977	.061	.115	
Scharfe Linkskurven	0.28 (.07)	0.27 (.06)	0.28 (.05)	.296	.754	.013	
Scharfe Rechtskurven	0.30 (.07)	0.30 (.07)	0.31 (.08)	.436	.649	.019	
Enges, kurviges Waldstück	0.21 (.04)	0.22 (.05)	0.22 (.05)	2.880	.066	.112	
Vigilanzfahrt	0.20 (.04)	0.24 (.05)	0.26 (.05)	31.724	.000	.580	1, 2, 3
Querführung (Häufigkeit des Spurverlassens)							
Freie Fahrt	0.33 (.92)	1.50 (2.78)	2.04 (3.20)	7.643	.001	.249	1, 2
Scharfe Linkskurven	0.27 (.49)	0.38 (.70)	0.56 (1.06)	1.862	.167	.075	
Scharfe Rechtskurven	0.69 (.91)	0.65 (.68)	0.94 (.73)	1.943	.155	.078	
Enges, kurviges Waldstück	6.23 (3.29)	7.48 (3.68)	8.54 (3.22)	8.964	.001	.280	2
Vigilanzfahrt	0.63 (1.55)	1.60 (2.48)	2.04 (2.34)	7.038	.002	.234	1, 2

Tab. 17: Fortsetzung

Abschnitt	Version 1	Version 2	Version 3
Teil 1: Überlandfahrt und Autobahn	Einfahren	Einfahren	Einfahren
	Freie Fahrt Landstraße	Scharfe Rechtskurve	Scharfe Rechtskurve
	Schlecht einsehbare Kurve	Freie Fahrt Landstraße	Freie Fahrt Landstraße
	Scharfe Rechtskurve	Schlecht einsehbare Kurve	Schlecht einsehbare Kurve
	Füllszenario	Füllszenario	Füllszenario
	Autobahn mit Drängler	Autobahn mit Drängler	Autobahn mit Drängler
	Vorbeifahren an Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr	Rechts-vor-Links-Kreuzung in Ortschaft	Tunnel
	Kreuzung mit Stoppschild	Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr	Rechts-vor-Links-Kreuzung in Ortschaft
	Scharfe Linkskurve	Tunnel	Vorbeifahren an Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr
	Schlecht einsehbare Kurve	Vorbeifahren an Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr	Vorbeifahren an Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr
Rechts-vor-Links-Kreuzung in Ortschaft	Kreuzung mit Stoppschild	Kreuzung mit Stoppschild	

Abschnitt	Version 1	Version 2	Version 3
	Vorbeifahren an Pannenfahrzeug mit Gegenverkehr	Scharfe Linkskurve	Scharfe Linkskurve
	Füllszenario	Schlecht einsehbare Kurve	Schlecht einsehbare Kurve
	Scharfe Linkskurve	Scharfe Linkskurve	Scharfe Linkskurve
	Autobahn mit Drängler	Autobahn mit Drängler	Autobahn mit Drängler
	Tunnel	Füllszenario	Füllszenario
	Scharfe Rechtskurve	Scharfe Rechtskurve	Scharfe Rechtskurve
	Enges, kurvig Waldstück	Enges, kurvig Waldstück	Enges, kurvig Waldstück
	BAB mit Baustelle und Drängler	BAB mit Baustelle und Drängler	BAB mit Baustelle und Drängler
	Abbiegen links an Stoppschild	Abbiegen links an Stoppschild	Abbiegen links an Stoppschild
Teil 2: Vigilanzfahrt	Vigilanzfahrt	Vigilanzfahrt	Vigilanzfahrt
Teil 3: Stadtfahrt	Stoppschild links abbiegen	Linksabbiegen an Ampel mit Gegenverkehr	Stoppschild links abbiegen
	Vorfahrt achten	Fußgänger ohne Zebrastreifen Stadt	Vorfahrt achten
	Tempo 30, Bus blinkt rechts	rechts abbiegen und Radfahrer überholen	Tempo 30, Bus blinkt rechts
	rechts abbiegen und Radfahrer überholen	Stoppschild links abbiegen	rechts abbiegen und Radfahrer überholen
	rechts vor links ohne Fahrzeuge	Vorfahrt achten	rechts vor links ohne Fahrzeuge
	Fußgänger am Zebrastreifen	Tempo 30, Bus blinkt rechts	Fußgänger am Zebrastreifen
	Tempo 30, Bus blinkt links	rechts abbiegen und Radfahrer überholen	Linksabbiegen an Ampel mit Gegenverkehr
	Links abbiegen an Ampel bei Gegenverkehr	rechts vor links	Fußgänger ohne Zebrastreifen
	Fußgänger ohne Zebrastreifen	Fußgänger am Zebrastreifen	rechts abbiegen und Radfahrer überholen
	rechts abbiegen und Radfahrer überholen	Tempo 30, Bus blinkt links	Tempo 30, Bus blinkt links

Tab. 18: Szenarienabfolge in den drei Parallelversionen des Parcours (Kaussner et al., 2013, S. 17)

7 Literatur

- BAST (2010). Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- BERGHAUS, G., KÄFERSTEIN, H. & ROTH-SCHILD, M. A. (2006). Arzneimittel und Fahr-sicherheit. In: Deutsches Ärzteblatt, 103 (31-32), A2104-A2109
- BIEHL, B. (2008). LVT Linienverfolgungstest. Möd-ling: Schuhfried
- BLANA, E. (1997). Driving simulator validation studies: A literature review: Institute of Transport Studies (ITS), University of Leeds, UK. Zugriff am 1.9.2014 <http://eprints.whiterose.ac.uk/2111/>
- BORKENSTEIN, F. R., CROWTHER, R. F., SHUMATE, R. P., ZEIL, W. B. & ZYLMAN, R. (1974). The role of the drinking driver in traffic accidents (The Grand Rapids Study). *Blutalkohol*, 11 (Supl.)
- BRENNER-HARTMANN, J. (2002). Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU). Zugriff am 10.7.2012 http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2006/741/pdf/brenner_01.pdf
- BRUNNAUER, A. & LAUX, G. (2008). Psycho-pharmaka und Verkehrssicherheit. In: *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 9 (2), 31–34
- BUKASA, B. & UTZELMANN, H. D. (2009). Psychologische Diagnostik der Fahreignung. In: H.-P. KRÜGER (Hrsg.), *Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete: Serie 6 Verkehrspsychologie, S. 237–284)*. Göttingen: Hogrefe
- FEUERLEIN, W., KÜFNER, H., HAF, C.-M., RINGER, C. & ANTONS, K. (1989). Kurzfragebogen für Alkoholgefährdete (KFA). Weinheim: Beltz
- FRIES, W., WILKES, F. & LÖSSL, H. (2008). *Fahreignung bei Krankheit, Verletzung, Alter, Medikamenten, Alkohol und Drogen (2. Aufl.)*. München: Beck
- GIER, J. J. DE, ALVAREZ, F. J., MERCIER-GUYON, C. & VERSTRAETE, A. G. (2009). Prescribing and dispensing guidelines for medicinal drugs affecting driving performance. In: J. C. Verster, S. Pandi-Perumal, J. Ramaekers & J. de Gier (Hrsg.), *Drugs, driving, and traffic safety* (S. 121–134). Basel: Birkhäuser
- HOFFMANN, S., KAUSSNER, Y. & KENNTNER-MABIALA, R. (2012). SPDE_DFA Driver Fitness and Ability: Anleitung zur Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung: WIVW GmbH
- HOUWING, S., HAGENZIEKER, M., MATHIJSEN, R., BERNHOFT, I. M., HELS, T., JANSTRUP, K., VAN DER LINDEN, T., LEGRAND, S.-A. & VERSTRAETE, A. G. (2011). Prevalence of alcohol and other psychoactive substances in drivers in general traffic (DRUID (Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines) Deliverable 2.2.3). Zugriff am 4.8.2012 www.druid-project.eu
- ICADTS (1999). Guidelines on experimental studies undertaken to determine a medicinal drug's effect on driving or skills related to driving. Zugriff am 20.6.2012 www.agnp.de/AGNP-Homepage-Dateien/Arbeitsgruppen/AG_Verkehr_icadts.htm
- JONGEN, S., VUURMAN, E., RAMAEKERS, J. & VERMEEREN, A. (2014). Alcohol calibration of tests measuring skills related to car driving - Springer. In: *Psychopharmacology* (231), 2435–2447
- KAUSSNER, Y. (2007). *Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson (Inaugural-Dissertation)*. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität, Philosophische Fakultät III. Zugriff am 13.8.2012 http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2007/2250/pdf/Dissertation_Yvonne_Kaussner.pdf
- KAUSSNER, Y., KENNTNER-MABIALA, R., HOFFMANN, S., KLATT, J., TRACIK, F. & KRÜGER, H.-P. (2010). Effects of oxcarbazepine and carbamazepine on driving ability: a double-blind, randomized crossover trial with healthy volunteers. In: *Psychopharmacology*, 210 (1), 53–63
- KAUSSNER, Y., KENNTNER-MABIALA, R., HOFFMANN, S. & JAGIELLOWICZ, M. (2013). Der Einfluss verschiedener Blutalkoholkonzentrationen auf die Fahrleistung im Würzburger Fahrsimulator. Eine Referenzstudie zur Beurteilung der klinischen Relevanz von Medikamentenwirkungen auf die Fahrleistung. Würzburg: WIVW GmbH

- KENNTNER-MABIALA, R., KAUSSNER, Y., JAGIELLOWICZ-KAUFMANN, M., HOFFMANN, S. & KRÜGER, H.-P. (2015). Driving performance under alcohol in simulated representative driving tasks: An alcohol calibration study for impairments related to medicinal drugs. In: *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 35 (2), 134–142
- KRÜGER, H. P. & VOLLRATH, M. (1998). Fahren unter Alkohol in Deutschland. Die Ergebnisse des Deutschen Roadside Surveys. In: H.-P. KRÜGER (Hrsg.), *Fahren unter Alkohol in Deutschland* (S. 33–57). Stuttgart: G. Fischer
- KRÜGER, H.-P. & VOLLRATH, M. (2004). The alcohol-related accident risk in Germany: procedure, methods and results. In: *Accident Analysis & Prevention*, 36 (1), 125–133
- MULLEN, N., CAHRLTON, J., DEVLIN, A. & BÉDARD, M. (2011). Simulator validity: Behaviors observed on the simulator and on the road. In: D. L. FISHER, M. RIZZO, J. K. CAIRD & J. D. LEE (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (S. 13-1 - 13-18). Boca Raton: CRC Press
- NEUKUM, A. & KRÜGER, H.-P. (2003). Fahrerreaktionen bei Lenksystemstörungen - Untersuchungsmethodik und Bewertungskriterien. In: *Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik* (Hrsg.), *Reifen, Fahrwerk, Fahrbahn: Tagung Hannover, 29. und 30. Oktober 2003* (VDI-Berichte, S. 297–318). Düsseldorf: VDI-Verlag
- NEUWIRTH, W. & BENESCH, M. (2007). *DT Determinationstest*. Mödling: Schuhfried
- O'HANLON, J. F. (1984). Driving performance under the influence of drugs: rationale for, and application of, a new test. In: *British journal of clinical pharmacology*, 18 Suppl 1, S121–S129
- PRIELER, J. (2008). *RT Reaktionstest*. Mödling: Schuhfried
- SCHNABEL, E., HARGUTT, V. & KRÜGER, H. P. (2010). Meta-analysis of empirical studies concerning the effects of alcohol on safe driving (DRUID (Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines) Deliverable 1.1.2a). Zugriff am 4.8.2012 www.druid-project.eu
- Schuhfried GmbH (2009). *Testbatterie nach FeV Anlage 5 Nr. 2: Bedienungsanleitung*. Mödling: Schuhfried
- Schuhfried GmbH (2014). *Test-Set FeV Anlage 5 Nr. 2*. Zugriff am 1.9.2014 www.schuhfried.at/wiener-testsystem-wts/tests-test-sets/alle-test-sets-von-a-bis-z/test/fev-fev-anlage-5-nr-2/
- SCHUHFRIED, G. (2009). *ATAVT - Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest*. Mödling: Schuhfried
- SCHUMACHER, M. (2014). *Erfassung der Fahrsicherheit unter psychoaktiver Medikation am Beispiel der Langzeitanwendung von Opioiden bei chronischem Schmerz*. Dissertation, Technische Universität Braunschweig. Zugriff am 14.01.2015 www.digibib.tu-bs.de/?docid=00056091
- Statistisches Bundesamt (2012). *Verkehrsunfälle - Fachserie 8 Reihe 7 - 2011*. Zugriff am 18.7.2012 www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ.html
- STONER, H. A., FISHER, D. L. & MOLLENHAUER, M. (2011). Simulator and scenario factors influencing simulator sickness. In: D. L. FISHER, M. RIZZO, J. K. CAIRD & J. D. LEE (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (S. 14.1-14.24). Boca Raton: CRC Press
- UTZELMANN, H. D. & BRENNER-HARTMANN, J. (2005). Psychologische Fahrverhaltensbeobachtung. In: W. SCHUBERT, SCHNEIDER W., W. EISENMENGER & E. STEPHAN (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung*. Kommentar (2. Aufl., S. 60–64). Bonn: Kirschbaum
- VELDSTRA, J. L., BROOKHUIS, K. A., WAARD, D. DE, MOLMANS, B. H. W., VERSTRAETE, A. G., SKOPP, G. & JANTOS, R. (2012). Effects of alcohol (BAC 0.5‰) and ecstasy (MDMA 100 mg) on simulated driving performance and traffic safety. In: *Psychopharmacology*, 222 (3), 377–390
- VERSTER, J. & RAMAEKERS, J. G. (2009). The on-the-road driving test. In: J. C. VERSTER, S. PANDI-PERUMAL, J. RAMAEKERS & J. DE GIER (Hrsg.), *Drugs, driving, and traffic safety* (S. 83–90). Basel: Birkhäuser
- VERSTER, J. & ROTH, T. (2011). Standard operation procedures for conducting the on-the-road driving test, and measurement of the standard deviation of lateral position (SDLP). In: *International Journal of General Medicine*, 359

- VOLLRATH, M. (2000). Lernprozesse bei Alkoholtoleranz. Habilitationsschrift, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Philosophische Fakultät III
- VOLLRATH, M. & KREMS, J. (2011). Verkehrspsychologie. Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker. Stuttgart: Kohlhammer
- WAGNER, M. & KARNER, T. (2008). COG Cognitrone. Mödling: Schuhfried
- WALSH, J. M., VERSTRAETE, A. G., HUESTIS, M. A. & MØRLAND, J. (2008). Guidelines for research on drugged driving. In: *Addiction*, 103 (8), 1258–1268
- WATSON, P. E., WATSON, I. D. & BATT, R. D. (1980). Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. In: *The American journal of clinical nutrition*, 33 (1), 27–39
- WIVW (2012). SILAB SPDE_DFA (Driver Fitness and Ability). WIVW GmbH

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

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
Baum, Kranz, Westerkamp € 18,00
- M 209: Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik
Heinrich, Pöppel-Decker, Schönebeck, Ulitzsch € 17,50
- M 210: Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO)
Engin, Kocherscheid, Feldmann, Rudinger € 20,50
- M 211: Alkoholverbot für Fahranfänger
Holte, Assing, Pöppel-Decker, Schönebeck € 14,50
- M 212: Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln
Färber, Färber € 19,00
- M 213: Begleitetes Fahren ab 17 Jahre – Prozessevaluation des bundesweiten Modellversuchs
Funk, Grüninger, Dittrich, Goßler, Hornung, Kreßner, Libal, Limberger, Riedel, Schaller, Schilling, Svetlova € 33,00

2011

- M 214: Evaluation der Freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger (FSF) – Wirksamkeitsuntersuchung
Sindern, Rudinger € 15,50
- M 215: Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und Optimierungsmöglichkeiten – Methodische Grundlagen und Möglichkeiten der Weiterentwicklung
Sturzbecher, Bönninger, Rüdell et al. € 23,50
- M 216: Verkehrserziehungsprogramme in der Lehreraus-/Fortbildung und deren Umsetzung im Schulalltag – Am Beispiel der Moderatorenkurse „EVA“, „XpertTalks“, „sicherfahren“ und „RiSk“
Neumann-Opitz, Bartz € 14,50
- M 217: Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009
Schmiedel, Behrendt € 16,50
- M 218: Sicherheitswirksamkeit des Begleiteten Fahrens ab 17. Summative Evaluation
Schade, Heinzmann € 20,00
- M 218b: Summative Evaluation of Accompanied Driving from Age 17
Schade, Heinzmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

- M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert € 15,50

2012

- M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahrleistung und Autobenutzung am Anfang der Fahrkarriere
Funk, Schneider, Zimmermann, Grüninger € 30,00
- M 221: Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Kleintransportern
Roth € 15,00
- M 222: Neue Aufgabenformate in der Theoretischen Fahrerlaubnisprüfung
Malone, Biermann, Brünken, Buch € 15,00
- M 223: Evaluation der bundesweiten Verkehrssicherheitskampagne „Runter vom Gas!“
Klimmt, Maurer € 15,00
- M 224: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020
Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer € 17,00
- M 225: Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie
Huemer, Vollrath € 17,50
- M 226: Rehabilitationsverlauf verkehrsauffälliger Kraftfahrer
Glitsch, Bornewasser, Dünkel € 14,00
- M 227: Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzeptes für Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 16,00
- M 228: Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA)
Pottgießer, Kleinemas, Dohmes, Spiegel, Schädlich, Rudinger € 17,50
- M 229: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer
Holte € 25,50
- M 230: Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Schulwegplänen
Gerlach, Leven, Leven, Neumann, Jansen € 21,00
- M 231: Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer
Poschadel, Falkenstein, Rinkenauer, Mendzheritskiy, Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger € 19,00
- M 232: Kinderunfallatlas – Regionale Verteilung von Kinderverkehrsunfällen in Deutschland
Neumann-Opitz, Bartz, Leipzig € 18,00

2013

- M 233: 8. ADAC/BAST-Symposium 2012 – Sicher fahren in Europa
CD-ROM / kostenpflichtiger Download € 18,00
- M 234: Fahranfängervorbereitung im internationalen Vergleich
Genschow, Sturzbecher, Willmes-Lenz € 23,00
- M 235: Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr entwickelt am Begleiteten Fahren
Glaser, Waschulewski, Glaser, Schmid € 15,00
- M 236: Unfallbeteiligung von Wohnmobilen 2000 bis 2010
Pöppel-Decker, Langner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 237: Schwer erreichbare Zielgruppen – Handlungsansätze für eine neue Verkehrssicherheitsarbeit in Deutschland
Funk, Faßmann € 18,00

M 238: Verkehrserziehung in Kindergärten und Grundschulen
Funk, Hecht, Nebel, Stumpf € 24,50

M 239: Das Fahrerlaubnisprüfungssystem und seine Entwicklungspotenziale – Innovationsbericht 2009/2010 € 16,00

M 240: Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen – Berichtsjahr 2011 – Abschlussbericht
Küter, Holdik, Pöppel-Decker, Ulitzsch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 241: Intervention für punkteauffällige Fahrer – Konzeptgrundlagen des Fahreignungsseminars
Glitsch, Bornwasser, Sturzbecher, Bredow, Kaltenbaek, Büttner € 25,50

M 242: Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit – Vorstudie
Bahamonde-Birke, Link, Kunert € 14,00

2014

M 243: Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung
Sturzbecher, Mörl, Kaltenbaek € 25,50

M 244: Innovative Konzepte zur Begleitung von Fahranfängern durch E-Kommunikation
Funk, Lang, Held, Hallmeier € 18,50

M 245: Psychische Folgen von Verkehrsunfällen
Auerbach € 20,00

M 246: Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2012 „Runter vom Gas!“
Klimmt, Maurer, Baumann € 14,50

AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:

M 115: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 1. Mai 2014
Gräcman, Albrecht € 17,50

M 247: Psychologische Aspekte des Unfallrisikos für Motorradfahrerinnen und -fahrer
von Below, Holte € 19,50

M 248: Erkenntnisstand zu Verkehrssicherheitsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer
Falkenstein, Joiko, Poschadel € 15,00

M 249: Wirkungsvolle Risikokommunikation für junge Fahrerinnen und Fahrer
Holte, Klimmt, Baumann, Geber € 20,00

M 250: Ausdehnung der Kostentragungspflicht des § 25a StVG auf den fließenden Verkehr
Müller € 15,50

M 251: Alkohol-Interlocks für alkoholauffällige Kraftfahrer
Hauser, Merz, Pauls, Schnabel, Aydeniz, Blume, Bogus, Nitzsche, Stengl-Herrmann, Klipp, Buchstaller, DeVol, Laub, Müller, Veltgens, Ziegler € 15,50

M 252 Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw
Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor, ist interaktiv und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

M 253: Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten
Schömig, Schoch, Neukum, Schumacher, Wandtner € 18,50

M 254: Kompensationsstrategien von älteren Verkehrsteilnehmern nach einer VZR-Auffälligkeit
Karthaus, Willemssen, Joiko, Falkenstein € 17,00

M 255: Demenz und Verkehrssicherheit
Fimm, Blankenheim, Poschadel € 17,00

M 256: Verkehrsbezogene Eckdaten und verkehrssicherheitsrelevante Gesundheitsdaten älterer Verkehrsteilnehmer
Rudinger, Haverkamp, Mehli, Falkenstein, Hahn, Willemssen € 20,00

M 257: Projektgruppe MPU-Reform
Albrecht, Evers, Klipp, Schulze € 14,00

M 258: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen
Follmer, Geis, Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 14,00

M 259: Alkoholkonsum und Verkehrsunfallgefahren bei Jugendlichen
Hoppe, Tekaat € 16,50

M 260: Leistungen des Rettungsdienstes 2012/13
Schmiedel, Behrendt € 16,50

M 261: Stand der Radfahrausbildung an Schulen und motorischen Voraussetzungen bei Kindern
Günther, Kraft € 18,50

M 262: Qualität in Fahreignungsberatung und fahreignungsfördernden Maßnahmen
Klipp, Bischof, Born, DeVol, Dreyer, Ehlert, Hofstätter, Kalwitzki, Schattschneider, Veltgens € 13,50

M 263: **Nachweis alkoholbedingter Leistungsveränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator der BAST**
Schumacher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

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

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.