

# **Tagesschläfrigkeit – Gefahren und Konsequenzen für den Straßenverkehr**

## **6. Gemeinsames Symposium der DGVM und DGVP am 1.–2. Oktober 2010 in Tübingen**

Deutsche Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V. (DGVM) und  
Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie e. V. (DGVP)

Herausgeber  
Barbara Wilhelm  
Egon Stephan  
Volker Dittmann

Schriftenreihe  
**Fahreignung**

KIRSCHBAUM VERLAG BONN



ISBN 978-3-7812-1823-9

© Kirschbaum Verlag GmbH, Fachverlag für Verkehr und Technik,  
Siegfriedstraße 28, 53179 Bonn, Telefon 02 28/9 54 53-0, Internet [www.kirschbaum.de](http://www.kirschbaum.de)

Satz: DTP – Unternehmer Medien GmbH · [verlag@unternehmermagazin.de](mailto:verlag@unternehmermagazin.de)

Druck: Medienhaus Plump, Rheinbreitbach

Juni 2011 · Bestell-Nr. 1823

Alle in diesem Werk enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse etc. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und von ihnen und dem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Gleichwohl sind inhaltliche Fehler nicht vollständig auszuschließen. Autoren und Verlag können deshalb für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten keine Haftung übernehmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Zuwerhandlungen sind strafbar und verpflichten zum Schadensersatz.

# Inhaltsübersicht

## Grußworte

European Commission – Directorate General for Mobility and Transport – Road Safety Unit . . . . .	5
<i>Maria Cristina Marolda (Policy Officer)</i>	
Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung . . . . .	6
<i>Dr. Peter Ramsauer</i>	
Vorsitzender des Ausschusses für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung des Deutschen Bundestages . . . . .	7
<i>Winfried Hermann MdB</i>	
Oberbürgermeister der Universitätsstadt Tübingen . . . . .	8
<i>Boris Palmer</i>	

## Kongresseröffnung

Feierliche Kongresseröffnung durch die Tagungspräsidentin . . . . .	9
<i>Barbara Wilhelm</i>	
Grußwort des Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V. . . . .	11
<i>Volker Dittmann</i>	

## Sitzung 1

### Schläfrigkeit als Unfallursache: nationale und internationale Daten, Risikofaktoren

Unfallursache Übermüdung – eine unterschätzte Gefahr . . . . .	12
<i>Claudia Evers</i>	

## Sitzung 2

### Begutachtung und Rehabilitation

Die Beurteilungskriterien zur medizinisch-psychologischen Fahreignungsdiagnostik – Wissenschaftlichkeit versus Umsetzung im StVG und der FeV . . . . .	21
<i>Rainer Mattern, Wolfgang Schubert</i>	
Diagnostische Methoden zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit . . . . .	26
<i>Hans-Günther Weeß</i>	

## Sitzung 3

### Möglichkeiten der Prävention schläfrigkeitsbedingter Verkehrsunfälle

Prävention schläfrigkeitsbedingter Verkehrsunfälle in Deutschland – Welchen Beitrag kann die Pupillographie leisten? . . . . .	37
<i>Barbara Wilhelm</i>	
Die Gestaltung von Autobahnen im Spannungsfeld von Ablenkung und Monotonie . . . . .	40
<i>Egon Stephan</i>	

## Sitzung 4

### Gemeinsame Sitzung mit der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin: Tagesschläfrigkeit und Unfallhäufigkeit beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom

Tagesschläfrigkeit und Unfallhäufigkeit beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom . . . . .	51
<i>Maritta Orth, Sylvia Kotterba</i>	
Tagesschläfrigkeit beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom . . . . .	55
<i>Sabine Eller</i>	

## Sitzung 5

### Neuere Ansätze zur Schläfrigkeitsdetektion

Ein neuer Ansatz für die Messung extremer Schläfrigkeit . . . . .	57
<i>Martin Golz, David Sommer, Thomas Schnupp, Christian Heinze</i>	

Videoanalyse als Methode zur Beurteilung von Fahrerschlufigkeit . . . . .	66
<i>Axel Muttray, Oliver Weirich, Lorenz Hagenmeyer, Britta Geiler</i>	
„Du hörst dich müde an“ – Automatische Extraktion schlufigkeitssensitiver Stimmqualitats- und Artikulationsmerkmale . . . . .	68
<i>Jarek Krajewski</i>	
<b>Sitzung 6</b>	
<b>Fahrerassistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen</b>	
Fahrerassistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	73
<i>Jörg Breuer</i>	
<b>Sitzung 7</b>	
<b>Freie Themen</b>	
Schlafapnoe und Sekundenschlaf . . . . .	77
<i>Matthias J.A. von Mulmann</i>	
Mögliche Ursachen für Schlufigkeitsunfalle auf Autobahnen . . . . .	79
<i>Werner Möhler</i>	
<b>Workshops</b>	
Workshops 1 und 7	
Tagesschlufigkeit und Aufmerksamkeitsdefizite – Gutachterliche und juristische Aspekte . . . . .	81
<i>Maritta Orth, Sylvia Kotterba</i>	
Workshops 2 und 8	
Rauschmittelgebrauch und Fahreignung – Schwerpunkt Alkohol . . . . .	83
<i>Karin Müller, Rolf Hennighausen</i>	
Workshop 3	
Möglichkeiten der Prävention schlufigkeitsbedingter Verkehrsunfälle . . . . .	85
<i>Egon Stephan, Barbara Wilhelm</i>	
Workshop 4	
Beurteilung der Eignung im Flug- und Schiffsverkehr	
Vorwort . . . . .	89
<i>Roland Quast</i>	
Refraktionsprobleme bei Piloten – kritische Anmerkungen . . . . .	90
<i>Helmut Wilhelm</i>	
Beurteilung der Eignung im Schiffsverkehr . . . . .	92
<i>Rolf Hennighausen</i>	
Workshop 5	
Wachheitsmonitoring im Fahrzeug – technische Lösungen . . . . .	93
<i>Martin Golz, David Sommer, Thomas Schnupp, Christian Heinze</i>	
Workshops 6 und 9	
Begutachtungs-Leitlinien, Beurteilungskriterien und G 25 . . . . .	101
<i>Egon Stephan, Jürgen Brenner-Hartmann, Jörg Hedtmann</i>	
Workshop 10	
Schwierige Gutachtenfalle . . . . .	107
<i>Peter Schlottke, Christian Zimmermann</i>	
<b>Kongressverabschiedung</b>	
Verabschiedung 6. Gemeinsames Symposium der DGVM und DGVP . . . . .	109
<i>Barbara Wilhelm</i>	
<b>Autorenverzeichnis</b> . . . . .	110

# Grußworte

Drowsy driving is a growing problem which has begun to be investigated, but is not yet fully understood. Detailed accident data are not available: there is no „breath test” or „blood test” for sleepiness as there is for alcohol or drug intoxication.

Sleepiness and fatigue have severe effects on driving performance, driver’s alertness, memory, concentration and reaction times, whatever the underlying cause might be: sleep deprivation, shift work, use of prescribed medicines, abuse of alcohol.

Sleep disorders being one of the major causes of daytime sleepiness, it would be very important that health care professionals, who diagnose a sleep disorder, immediately warn the patient about the risk of driving until the cause of sleepiness is fully remedied.

It is paramount to inform the population about the risk of driving when sleepy and what they should do to correct the cause of sleepiness or to prevent it. But it is as well crucial to highlight that an effective treatment of sleep disorders can reduce the risk of drowsy driving and of subsequent road crashes. This would prevent patients with

sleep disorder to avoid a medical screening fearing to lose their driving licenses. On the contrary such screening would have to be supported, in particular in occupational medicine, where shift working, irregular working hours, long-haul or night driving could be the underlying causes of undiagnosed and untreated sleep disorders.

Recognition and prevention are indeed the most effective intervention to fight the adverse effects of sleepiness on driving. Medical professionals are the best positioned to inform and advice people on the risks that can be incurred, on the symptoms to watch and the preventive measures to be taken. The performance oriented culture of our society can sometimes be the reason for pushing one’s own limits in a sleep-deprived state and make it difficult to self-determine the degree of impairment until it becomes severe: knowing the symptoms can greatly help.

Maria Cristina Marolda  
*Policy Officer*  
*European Commission – Directorate General for Mobility and Transport – Road Safety Unit*

Viele Autofahrer kennen das Problem: Gerade lange, monotone Fahrten erzeugen oder vergrößern eine Müdigkeit, die sowohl gesunde Menschen als auch Patienten mit Schlafstörungen ergreifen kann. In jedem Fall bedeutet dies eine enorme Gefahr für den Straßenverkehr. Schläfrigkeit am Steuer ist eine der häufigsten Ursachen schwerer Verkehrsunfälle. Gerade im Hinblick auf die Prävention bedarf es ihrer weiteren umfassenden Erforschung.

Es ist daher sehr begrüßenswert, dass die Deutsche Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V. und die Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. das 6. Gemeinsame Symposium dem Thema Tagesschläfrigkeit und deren Gefahren und Konsequenzen für den Straßenverkehr widmen. Mit ihrer interdisziplinären Zusammenarbeit auf den gemeinsamen Symposien leisten die beiden Fachgesellschaften einen unverzichtbaren Beitrag für die Verkehrssicherheitsarbeit.

Mein Dank gilt insbesondere Frau Professorin Dr. med. Wilhelm, die als Tagungspräsidentin ihren umfassenden wissenschaftlichen Sachverstand im Bereich der Verkehrssicherheit in das Symposium einbringt. Mein Dank geht auch an Herrn Professor Dr. Dittmann als Präsident der DGVM und an Herrn Professor Dr. Stephan als 2. Vorsitzenden der DGVP sowie an alle aktiven Mitglieder der beiden Fachgesellschaften, die zum Gelingen dieser Veranstaltung beitragen.

Ich wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des 6. Gemeinsamen Symposiums eine erkenntnisreiche Tagung und bin gespannt auf die Ergebnisse.

Dr. Peter Ramsauer  
*Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*

Sehr geehrte Tagungsgäste,

wer kennt ihn nicht, den Kampf gegen die Müdigkeit beim Autofahren. Schläfrigkeit am Steuer haben die meisten AutofahrerInnen schon erlebt. Ursache dafür sind zu wenig Schlaf, lange und monotone Fahrten oder anstrengende Nachtfahrten. Ein von vielen AutofahrerInnen unterschätztes und bagatellisiertes Risiko für Verkehrsunfälle. Doch der sogenannte Sekundenschlaf stellt eine der häufigsten Unfallursachen dar, auf den allein jeder vierte tödliche Unfall zurückgeht. Gleichwohl spielt dieses Problem in der Verkehrssicherheitsdebatte der deutschen Verkehrspolitik kaum eine Rolle.

Da die Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen vielfältiger Natur sind, ist es von zentraler Bedeutung, dass die entsprechenden Instrumente zur Verbesserung der Verkehrssicherheit sinnvoll miteinander vernetzt werden. Die Europäische Union hat ausgehend vom Basisjahr 2001 die Senkung der Zahl der Verkehrstoten um 50 % bis 2010 zum Ziel erklärt. Obwohl dies prinzipiell auch für Deutschland gilt, fehlt der Bundesregierung bisher ein Gesamtkonzept und eine entsprechende Zielmarke.

Unser Ziel sollte ein abgestimmtes Maßnahmenpaket sein, an dessen Entwicklung alle an der Verkehrssicherheitsar-

beit beteiligten Akteure mitwirken. Leitbild dafür sollte aus meiner Sicht auch in Deutschland die Umsetzung der erfolgreichen internationalen Sicherheitsphilosophie „Vision Zero“ sein, die zum Ziel hat, dass Verkehrssysteme derart zu gestalten, dass niemand mehr darin umkommen oder schwerverletzt werden kann.

Vor diesem Hintergrund stellt das 6. Gemeinsame Symposium der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. einen wichtigen Beitrag dar, um das Problembewusstsein dafür auch in der Politik zu verbessern. Ich wünsche allen TeilnehmerInnen eine spannende und anregende Tagung und freue mich, wenn wir die Erkenntnisse und Lösungsvorschläge des Symposiums in unserer Arbeit im Ausschuss für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung aufgreifen können.

Winfried Hermann MdB

*Vorsitzender des Ausschusses für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung des Deutschen Bundestages*

Liebe Tagungsgäste,

rund die Hälfte aller Autofahrten in Deutschland sind Kurzstreckenfahrten unter sechs Kilometer. Für Schläfrigkeit am Steuer gibt es in diesen Fällen ein hervorragendes Gegenmittel: Zu Fuß gehen, Bus oder Fahrrad benutzen. Das ist gesundheitsfördernd, kostensparend und äußerst wirksam zur Vorbeugung von Klimaschäden. Eine Überdosierung ist ausgeschlossen, die Dosis kann bedenkenlos erhöht und ausgedehnt werden.

Zur Vermeidung von Monotonie auf Bundesautobahnen – ein weiteres Thema Ihrer Tagung – empfehle ich ebenfalls eine gut erprobte und hochwirksame Arznei: Nehmen Sie ein spannendes Buch und dazu die Bahn. Das beugt der

Monotonie vor und dient außerdem der Gesundheit und dem Klimaschutz.

Da Autofahrten aber auch in Zukunft nicht ganz vermeidbar sind, freue ich mich, dass Sie sich als Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet mit den Schattenseiten des Straßenverkehrs auseinandersetzen. Ihrer Tagung wünsche ich anregende Diskussionen, einen guten Verlauf und fruchtbare Ergebnisse.

Boris Palmer

*Oberbürgermeister der Universitätsstadt Tübingen*



# Kongresseröffnung

## Feierliche Kongresseröffnung durch die Tagungspräsidentin

*Barbara Wilhelm*

Sehr geehrter Herr Prof. Dittmann,  
sehr geehrter Herr Prof. Schubert,  
sehr geehrte Grußwort-Referenten,  
meine sehr verehrten Damen und Herren!

Es ist mir eine große Ehre und Freude, Sie heute zum 6. Gemeinsamen Symposium der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie und der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin in Tübingen willkommen zu heißen!

Nach einer langen intensiven Phase der Vorbereitung ist es nun soweit. Ich danke allen Grußwort-Referenten dafür, dass Sie es sich trotz voller Terminkalender nicht haben nehmen lassen, heute hier persönlich zu uns zu sprechen. Die Firma Conventus, allen voran Frau Voigtmann, hat mich in der Vorbereitung dieses Symposiums ausgezeichnet und angenehm unterstützt. Prof. Stephan danke ich für die Unterstützung in der Komposition des wissenschaftlichen Programms.

Erstmals haben unsere beiden Gesellschaften als Schwerpunktthema *Tagesschläfrigkeit, Gefahren und Konsequenzen für den Straßenverkehr* gewählt. Dies ist ein Thema, mit dem manche von Ihnen bislang noch nicht sehr vertraut sind. Ich freue mich deshalb, dass Sie so zahlreich erschienen sind und damit Ihr Interesse zeigen. Das Symposium soll Sie mit vielen Kolleginnen und Kollegen aus den unterschiedlichsten Fachbereichen in einen anregenden und ergebnisreichen Gedankenaustausch bringen.

Wir möchten mit unserem diesjährigen Schwerpunktthema ein Zeichen setzen und der Bedeutung, die Schläfrigkeit als Unfallursache hat, intensiv Rechnung tragen. Damit öffnet sich unser Symposium auch nachdrücklich dem Gebiet der Schlafforschung und Schlafmedizin. Ich freue mich, dass wir Experten-Kollegen aus dem Bereich der Schlafmedizin gewinnen konnten, die Ihnen wichtige Aspekte der Thematik näher bringen werden. Die Vielfalt der eingereichten Beiträge zeigt, dass sich eine ganze Reihe von Verkehrspsychologen und Verkehrsmedizinern bereits mit dem Thema Schläfrigkeit wissenschaftlich und politisch beschäftigt und etliche Gäste aus anderen Bereichen der Medizin und Psychologie die Diskussion bereichern werden.

Schläfrigkeit am Steuer ist eine der häufigsten Ursachen schwerer Verkehrsunfälle, zu deren Prävention noch ein enormer Handlungsbedarf besteht. Nationale und europäische Daten schläfrigkeitsbedingter Verkehrsunfälle sowie deren auslösende Faktoren, Möglichkeiten der Prävention und technische Lösungen werden diskutiert. Schläfrigkeit am Steuer kann sowohl gesunde Menschen als auch Patienten mit Schlafstörungen betreffen. In der Begutachtung zur Kraftfahrereignung geht es vor allem um die Erkennung von Erkrankungen, die zu chronischer Tagesschläfrigkeit führen können. Die Neuauflage der Begutachtungsleitlinien trägt dieser Tatsache mit einem neuen Kapitel „Tagesschläfrigkeit“ Rechnung. Deshalb liegt ein weiterer Schwerpunkt des Symposiums auf Testverfahren zur Erfassung von Schläfrigkeit und daraus resultierenden Leistungsein-

schränkungen, sowie den Erfahrungsaustausch zur Begutachtung schwieriger Fälle. Ein weiterer Schwerpunkt stellt die Gestaltung des Verkehrsraumes zur Vermeidung von Monotoniebedingungen auf Bundesautobahnen dar.

Die *Interaktivität* dieses Symposiums hat eine lange Tradition, die wir in Tübingen sowohl fortschreiben als auch intensivieren möchten.

- Dieses 6. Symposium nimmt zum einen Bewährtes auf: die Länge der Vorträge von 20 Minuten plus 10 Minuten Fragen lässt viel Raum für die Diskussion. Für alle Veranstaltungen steht ein TED-System zur Verfügung, welches z.B. zur Erfassung des Wissensstandes, für Meinungsfragen und für ein Resümee genutzt werden kann.
- Wir haben die Anzahl der interaktiven Workshops, die traditionell regen Zuspruch finden, stark ausgebaut.

- Es erwartet Sie eine neue Posterkultur, welche die besondere Mühe der Posterreferenten angemessen würdigen soll und gleichzeitig viel Diskussion in kleinen Gruppen ermöglicht. Deshalb wird es am zweiten Symposiumstag eine Postersitzung mit drei Posterführungen durch Experten geben. Die Posterautoren tragen im Rahmen der Führung eine Kurzfassung vor und stehen für Fragen und Diskussion zur Verfügung.

Umrahmt wird unser diesjähriges Symposium von einem Tübinger Musiker, dem Vibraphonisten Dizzy Krusch, der weltweit einer der virtuosesten Musiker an diesem klassischen Jazz-Instrument darstellt. Deshalb bin ich froh, dass wir ihn als Highlight gewinnen konnten.

Ich wünsche uns allen ein schönes, spannendes und anregendes Symposium mit vielen Impulsen für die eigene Arbeit!

# Grußwort des Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.

*Volker Dittmann*

Sehr geehrte Frau Professor Wilhelm,  
sehr geehrte Grußwortreferenten,  
liebe Gäste,  
meine sehr verehrten Damen und Herren!

Ich freue mich, sie auch im Namen des Präsidenten der DGVP, Herrn Professor Schubert und des Mitorganisators Herrn Prof. Stephan hier in Tübingen herzlich begrüßen zu dürfen. Frau Professor Wilhelm ist bereits auf die inhaltlichen Schwerpunkte des diesjährigen Kongresses und die Bedeutung des von uns gewählten Themas eingegangen.

Die Vorstände von DGVM und DGVP haben seinerzeit den Vorschlag, in diesem Jahr die Schlafstörungen ins Zentrum zu stellen, geradezu begeistert aufgenommen. Wir danken bereits an dieser Stelle dem gesamten Organisationsteam und sind davon überzeugt, dass es gelungen ist, sehr kompetente Referentinnen und Referenten zur Gestaltung eines überaus attraktiven Programms zu gewinnen.

Das Thema „Tagesschläfrigkeit“ eignet sich in besonderer Weise, um den seit einigen Jahren von beiden Fachgesell-

schaften konsequent verfolgten Ansatz der Interdisziplinarität zu pflegen. Zum Glück sind die Zeiten der Konkurrenz, ja der gelegentlichen Feindseligkeit zwischen den verschiedenen beteiligten Fachgebieten weitgehend überwunden. Wir können die komplexen Probleme des Straßenverkehrs nur gemeinsam lösen. Es entspricht dabei unserer Grundüberzeugung, dass es in Wissenschaft und Praxis keine Hierarchie der Fächer geben darf. Im Idealfall wird jede Fragestellung primär von den zuständigen Spezialisten bearbeitet, die sich niedrigschwellig Rat bei ihren wissenschaftlichen Nachbarn holen, immer in dem Bestreben zu integrieren und zu synthetisieren.

Ich bin überzeugt davon, dass der diesjährige Kongress ein weiterer großer Schritt in die richtige Richtung ist und freue mich, dass sich damit die Gelegenheit bietet, die Kontakte zur Schlafmedizin zu intensivieren. Wir hoffen und wünschen, dass daraus eine regelmäßige Zusammenarbeit wird.

Und jetzt wünsche ich uns allen zwei spannende und ertragreiche Kongresstage!

## **Sitzung 1**

# **Schläfrigkeit als Unfallursache: nationale und internationale Daten, Risikofaktoren**



## **Unfallursache Übermüdung - eine unterschätzte Gefahr**

Claudia Evers  
Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)  
Bergisch Gladbach

„Tagesschläfrigkeit – Gefahren und Konsequenzen für den Straßenverkehr“  
6. Gemeinsames Symposium DGVM und DGVP

1.-2. Oktober 2010

**Themen**

- **Ansätze zur Erfassung der Häufigkeit von Müdigkeitsunfällen**
  - Amtliche Statistiken
  - Fragebogenstudien
  - Detaillierte Unfallanalysen
  - Feldstudien (Naturalistic Driving Studies)
- **Charakteristika von Müdigkeitsunfällen – aktuelle Analysen der amtlichen Unfallstatistik**
- **„Tagesschläfrigkeit“ in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung**

Claudia Evers
01.10.10
2

**Amtliche Unfallstatistik**

- Die Unfallursache Müdigkeit wird in der amtlichen Statistik unterschätzt (Åkerstedt, 2000)
- Einer zuverlässigen Erfassung stehen entgegen:
  - Mangel an eindeutigen Kriterien
  - Befürchtung rechtlicher bzw. versicherungstechnischer Konsequenzen
  - Fehlende Erinnerung bzw. Schwerverletzung/Tod
  - Veränderung des Zustands durch Unfall (wach!)
  - Alkohol- bzw. Drogeneinfluss, da trotz starker Interaktion Müdigkeit oftmals nicht klassifiziert wird
- Hinweise geben:
  - Aussagen der Verunfallten bzw. von Zeugen
  - Charakteristika des Unfalls (z.B. Abkommen von der Fahrbahn ohne erkennbaren Bremsengriff)

Claudia Evers
01.10.10
3

## Fragebogenstudien



- Erfassung der subjektiven Ursachen eigener Unfälle
- Verzerrungstendenzen nicht auszuschließen



Autoren	Jahr	N	% Müdigkeit
Maycock	1997	4.600 männliche Autofahrer (davon 827 mit Unfallerfahrung in den letzten drei Jahren)	<b>20%</b> auf Autobahnen, <b>14%</b> Außerorts (o. AB) <b>7%</b> Innerorts
Sagberg	1999	9.200 unfallbeteiligte Autofahrerinnen und -fahrer	<b>3,9%</b> aller Unfälle <b>19%</b> aller Nachtunfälle

## Detaillierte Unfallanalysen



- Retrospektive Analyse vorhandener Unfalldaten oder spezielle Erhebungen am Unfallort
- Detailliertere Auswertungen möglich als bei regulärer Unfallaufnahme und amtlicher Unfallstatistik



Autoren	Zeitraum	Land	% Müdigkeit	Unfälle
Horne & Reyner	1987-1992	UK	<b>20%</b>	tödliche Unfälle
Langwieder et al.	1991	Bayern	<b>24%</b>	tödliche Unfälle
Philip et al.	1994-1998	Frankreich	<b>10%</b>	Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten
Hantula	1995-1999	Finnland	<b>16-19%</b>	tödliche Unfälle
Evers & Auerbach	2003	Deutschland	<b>16-19%</b>	Lkw-Unfälle auf BAB mit Getöteten oder Schwerverletzten

**Feldstudien (Naturalistic Driving Studies)**  

**100-Car Naturalistic Driving Study  
(Dingus et al., 2006) - USA**

- 100 Fahrzeuge im Alltagseinsatz, 12 Monate, 3,6 Mio. Kilometer
- Erfassung von Müdigkeit durch Beobachter-Rating
- Müdigkeit als Faktor in  
ca. **12% aller Unfälle**,  
10% aller Beinahe-Unfälle  
7% aller unfallrelevanten Konflikte

Claudia Evers 01.10.10 6

**Charakteristika von Müdigkeitsunfällen in Deutschland**  
*WER – WANN – WO – WIE ?*

- **Alle Unfälle mit Personenschaden 1999-2009 (11 Jahre):**
  - **Gesamtzahl der Unfälle bei denen Übermüdung als Unfallursache benannt wurde (absolut)**
  - **Anteil der Übermüdungsunfälle an der Gesamtzahl der Unfälle mit sämtlichen Ursachen (relativ)**

Vorsicht bei der Interpretation der Daten !  
Hohe Dunkelziffer von Müdigkeitsunfällen

Claudia Evers 01.10.10 7

WER ?

## Verletzungsschwere

Verletzungsschwere	Anzahl Verunglückte
Getötet	1.020
Schwerverletzt	10.229
Leichtverletzt	20.985

Verletzungsschwere	Anteil in %
Getötet	1,6
Schwerverletzt	1,1
Leichtverletzt	0,5

- **20.585 Unfälle** mit Personenschaden von 1999 bis 2009, bei denen Übermüdung als Unfallursache beim Hauptverursacher erkannt wurde
  
- Müdigkeitsunfälle sind mit überproportional schweren Folgen verbunden
  
- bei 1,6 % aller Todesfälle offizielle Unfallursache Übermüdung

Claudia Evers
01.10.10
8

WER ?

## Geschlecht / Alter

Altersgruppe	HV männlich	HV weiblich
18-24	~6500	~1000
25-34	~4000	~1000
35-44	~3000	~1000
45-54	~2000	~1000
55-64	~1500	~1000
65+	~1000	~1000

Altersgruppe	HV männlich	HV weiblich
18-24	~1,1	~0,4
25-34	~0,8	~0,3
35-44	~0,6	~0,2
45-54	~0,6	~0,3
55-64	~0,5	~0,3
65+	~0,4	~0,2

- Sowohl absolute als auch relative Zahlen zeigen einen deutlich erhöhten Anteil an Müdigkeitsunfällen bei **jungen**, insbesondere **männlichen** Fahrern

Claudia Evers
01.10.10
9



**WER ?** bast

### Art der Verkehrsbeteiligung

Verkehrsmittel	Anzahl
PKW	16.827
LKW	3.271
Bus	45
Mot. Zweirad	223
Rad/Fuß	93

Verkehrsmittel	UIP, Übermüdung) / UI(P) in %
PKW	~0,65
LKW	1,25
Bus	~0,2
Mot. Zweirad	~0,1
Rad/Fuß	~0,05

- Relativ erhöhter Anteil von Müdigkeitsunfällen im Gütertransport

Claudia Evers 01.10.10 10

**WANN ?** bast

### Tageszeit

Stunde der Unfallzeit	UIP, Übermüdung)	UIP, Übermüdung) / UI(P) in %
0	~700	~1,5
2	~1000	~3,5
4	~1500	~4,8
6	~2400	~1,2
8	~800	~0,8
10	~400	~0,4
12	~500	~0,5
14	~1000	~1,1
16	~1100	~1,1
18	~500	~0,5
20	~300	~0,3
22	~600	~1,2

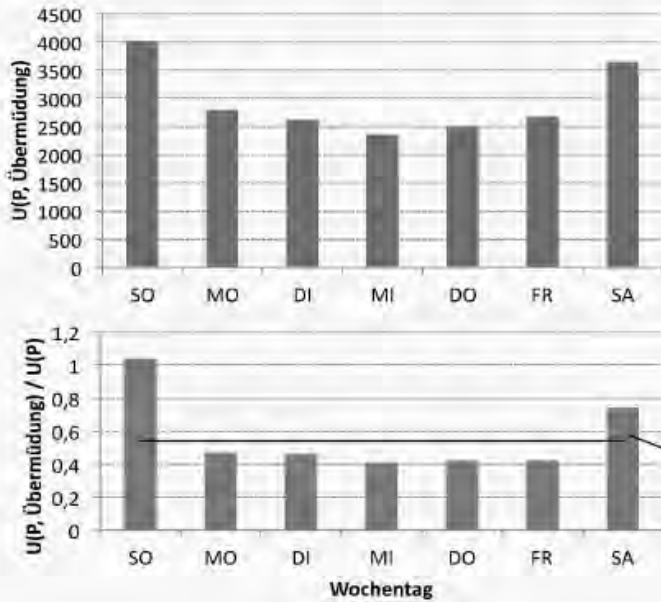
- Deutlicher Einfluss der Tageszeit
- Höchster Anteil in den frühen Morgenstunden
- „Nachmittagstief“ deutet sich an

Claudia Evers 01.10.10 11

### WANN ?



### Wochentag des Unfalls

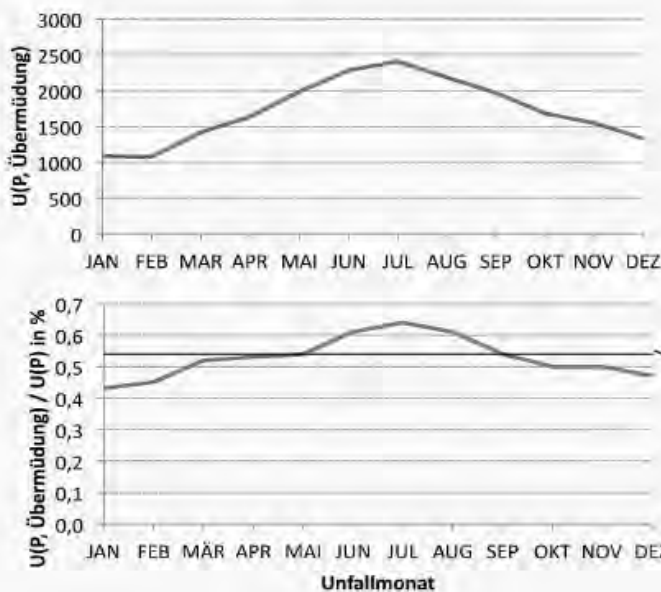


- Absolut und relativ zeigen sich an den Wochenendtagen die meisten Müdigkeitsunfälle

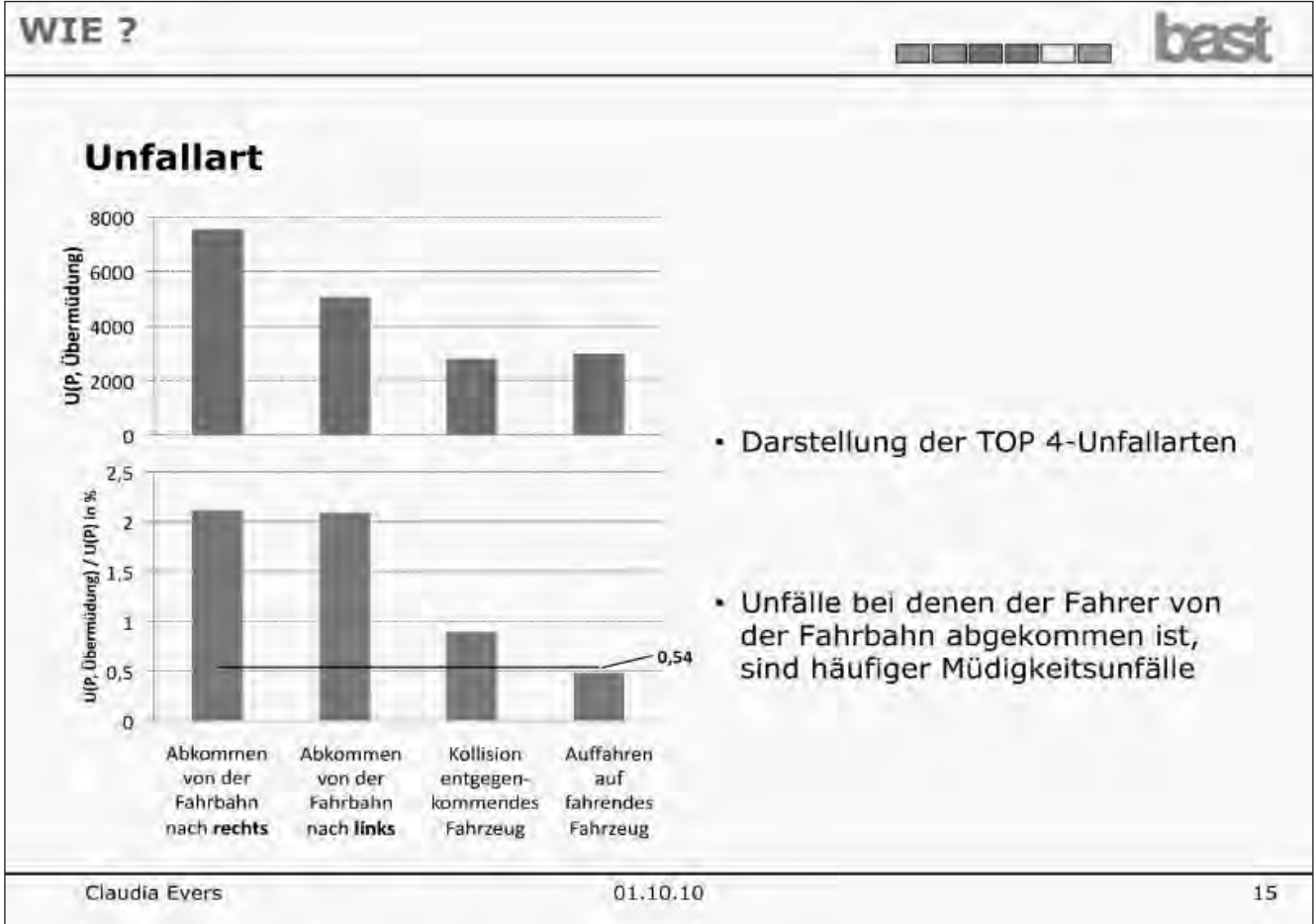
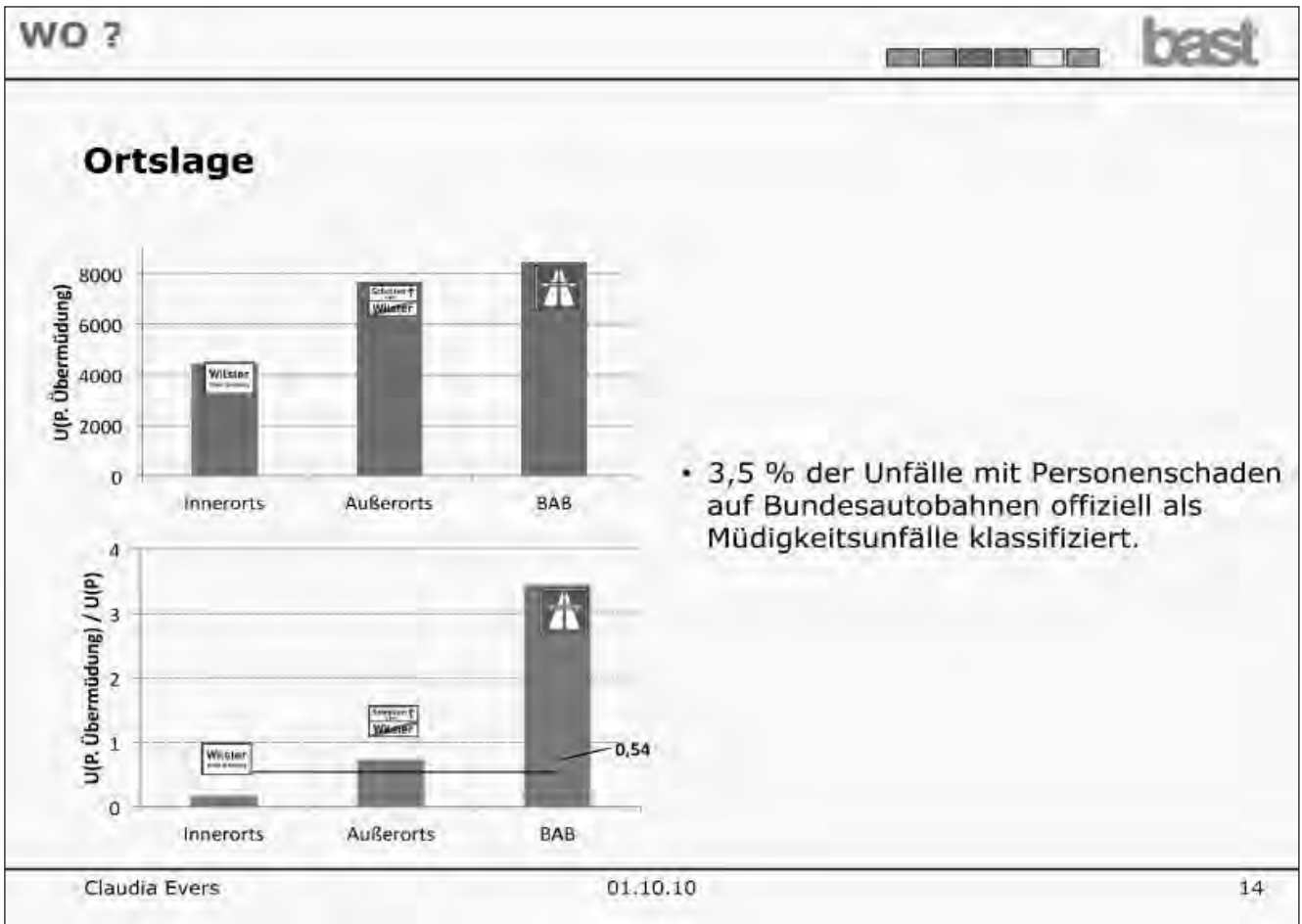
### WANN ?



### Unfallmonat



- Sommermonate zeigen erhöhte Rate von Müdigkeitsunfällen



## Begutachtungs-Leitlinien

**bast**

- Auffällige Tagesschläfrigkeit kann Verkehrssicherheit erheblich beeinträchtigen
- Anlage 4 FeV (Schlafstörungen): ungeeignet zum Führen eines Kraftfahrzeugs (alle Klassen) „wenn messbare auffällige Tagesschläfrigkeit vorliegt“
- Aufnahme der Symptomatik „**Tagesschläfrigkeit**“ in die Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung in Abstimmung mit der FeV
- Etablierung einer Arbeitsgruppe zur Erarbeitung der Leitlinien in 2008, bislang zwei Arbeitstreffen
- Geplante Inhalte u.a.: Definition und Abgrenzung, zu prüfende Funktionen (z.B. Daueraufmerksamkeit), Festlegung von Anforderungen an die Testverfahren zur Messung der Tagesschläfrigkeit



Claudia Evers

01.10.10

16

**bast**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Bundesanstalt für Straßenwesen

[www.bast.de](http://www.bast.de)

## **Sitzung 2**

# **Begutachtung und Rehabilitation**

## **Die Beurteilungskriterien zur medizinisch-psychologischen Fahreignungsdiagnostik – Wissenschaftlichkeit versus Umsetzung im StVG und der FeV**

*Rainer Mattern, Wolfgang Schubert*

Das Straßenverkehrsgesetz (StVG) und die Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) sehen vor, die Kraftfahrereignung überprüfen zu lassen, wenn Tatsachen bekannt wurden, die Bedenken an der Kraftfahrer-Eignung begründen oder wenn die Fahrerlaubnis nach Entzug wegen erwiesener Nichteignung neu erteilt werden soll<sup>1</sup>. Die Verwaltungsentscheidung kann sich auf ärztliche oder Medizinisch-Psychologische Gutachten stützen<sup>2</sup>; Gegenstand solcher Gutachten ist die Einschätzung der aktuellen und zukünftigen Kraftfahrereignung. Die Begutachtung muss nach anerkannten wissenschaftlichen Grundsätzen durchgeführt werden<sup>3</sup>.

Damit steht die Begutachtung der Kraftfahrereignung als Aussage über die zukünftige Verkehrsbewährung im Spannungsfeld von Recht auf Mobilität, vorbeugender Gefahrenabwehr, Rechtssicherheit, Einzelfallgerechtigkeit, Verhältnismäßigkeit, Bestimmtheitsgebot und wissenschaftlich belegbarer Evidenz.

### **Gesetze und Verordnungen lassen das akzeptierte Risiko offen**

Gesetze und Verordnungen legen in verfassungsrechtlich legitimierten Verfahren normativ, aber auch unter Beachtung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes, allgemeine und konkrete verbindliche Regeln fest (z. B., dass ein Kraftfahrer ungeeignet ist, wenn er missbräuchlich Alkohol konsumiert<sup>4</sup>, wenn er ständig einen diastolischen Blutdruck über 130 mmHg aufweist<sup>5</sup> oder wenn er Betäu-

1 Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) § 11.2

2 FeV § 11.2.2 und § 11.2.3

3 Anlage 15 zur FeV: Grundsätze für die Durchführung der Untersuchungen und die Erstellung der Gutachten

4 Anlage 4 zu den §§ 11, 13 und 14 FeV, Ziff. 8

5 Anlage 4 zu den §§ 11, 13 und 14 FeV, Ziff. 4.2.1

bungsmittel im Sinne des BtMG einnimmt (ausgenommen gelegentlicher Cannabiskonsum bei Fähigkeit der Trennung von Konsum und Fahren)<sup>6</sup>.

Der Ausschluss ungeeigneter Fahrer folgt aus dem Schutzauftrag des Staates, Verkehrsteilnehmer vor erhöhten Unfallrisiken durch ungeeignete Kraftfahrer zu schützen. Welcher Grad der Erhöhung des Unfallrisikos nicht mehr hinnehmbar erscheint, erschließt sich nicht klar aus Gesetz und Verordnung.

Die FeV hat z. B. die Überprüfung von Eignungszweifeln ab einer Blutalkoholkonzentration von 1,6 Promille<sup>7</sup> normativ festgelegt. Dieser Grad an Alkoholbeeinflussung lässt sich mit epidemiologisch erfassten Erhöhungen der Unfallrate um das ca. 25-Fache verknüpfen<sup>8,9</sup>. Welche Annahmen zur Risikoerhöhung den weiteren normativ genannten Anlässen zur Überprüfung von Eignungszweifeln zugrunde liegen, bleibt unklar. Diese Unklarheit betrifft auch oben genannte und weitere Tatbestandsmerkmale in der Anlage 4, die Ungeeignetheit normativ indizieren.

Es stellt sich die Frage, ob Klarheit zu fordern wäre. Jedenfalls kann eine Begutachtung die Gebote nach Rechtssicherheit, Rechtsgleichheit, Bestimmtheit und Einzelfallgerechtigkeit schwer erfüllen, wenn dieser Maßstab der nicht mehr zu akzeptierenden Gefährdungssteigerung durch Eignungsmängel nicht benannt und begründet wird.

### Die wissenschaftliche Begründung der Prognosen im Einzelfall stützt sich auf eine spärliche Datenbasis

Noch schwieriger ist es, das zukünftige Unfallrisiko eines einzelnen Kraftfahrers wissenschaftlich begründet zu benennen, dessen Eignung begutachtet werden soll, aber auch sein Risiko, durch Fahrunsicherheit wegen unzureichender Eignung eine gefährliche Verkehrssituation herbei zu führen. Erkenntnisse zu erhöhten Unfallrisiken bestimmter – als ungeeignet geltender – Kraftfahrer beziehen sich immer auf epidemiologische Erkenntnisse retrospektiv beobachteter Kollektive definierter Gruppen:

Wenn z.B. als wissenschaftlich erwiesen gelten sollte, dass alkoholauffällige Kraftfahrer innerhalb von 9 Jahren zu etwa 45 % rückfällig werden<sup>10</sup>, heißt dies gleichzeitig, dass ein aktuell zu untersuchender einzelner alkoholauffälliger Kraftfahrer rückfällig werden kann oder nicht!

Sollte es für denkgesetzlich zulässig gehalten werden, auch im Einzelfall von seiner statistischen Chance zu sprechen, nicht rückfällig zu werden, so wäre die Chance der Verkehrsbewahrung sogar größer als das Rückfallrisiko. Es ist allerdings fraglich, ob historische Häufigkeiten anderer Kollektive für die Beurteilung des Einzelfalls taugen: Denn innerhalb eines prognostizierten Zeitraums kann denkgesetzlich beim Einzelnen nur das eine oder andere als nächstes eintreten. Der Eintritt der Gefährdungssituation ist kein stochastisches Ereignis, auf das die Regeln der Spieltheorie angewandt werden dürfen.

Deshalb eignet sich das Gruppenrisiko, das dem Gesetzgeber Anlass für seine Regelung gab, zwar zur Quantifizierung der Gefährdung durch Eignungsmängel am definierten Kollektiv (auch wenn der Gefährdungsgrenzwert und die Art seiner Ermittlung nicht genannt wird) und zur Entscheidung der Frage, ob normativ eingegriffen werden soll, nicht aber zur Prognose der zukünftigen Eignungsentwicklung im Einzelfall.

Als wissenschaftliche Grundlage zur Rückfallprognose ist deshalb zu fordern, Kriterien und Indikatoren anzuwenden, die sich in retrospektiven Untersuchungen als einigermaßen verlässliche Prädiktoren erwiesen haben, Rückfälliger von Nicht-Rückfälligen zu unterscheiden.

Möglicherweise ließe sich am retrospektiven Kollektiv mit der „leave one out“-Methode<sup>11</sup> die Prädiktionsgüte und ihr Konfidenzintervall bestimmen. Dann müsste Konsens hergestellt werden, welche Prädiktionsicherheit erreicht sein soll, um eine positive oder negative Prognose zu bestimmen.

Solche Ansätze der Prognostik sind in der Fahreignungsbegutachtung nicht verbreitet – die wissenschaftliche Datenlage ist mager.

Eher kann es gelingen, durch Untersuchung zu beurteilen, ob Krankheiten, missbräuchlicher Konsum oder abweichende Verhaltenseigenschaften, die Eignungszweifel oder Eignungsausschluss begründeten, durch Therapie oder Spontanverlauf zum Zeitpunkt der Untersuchung beseitigt sind.

Auch das ist nicht einfach – und wenn es nach anerkannten wissenschaftlichen Grundsätzen erfolgen soll, müssen diese Grundsätze allen Gutachtern bekannt sein.

Dazu dienen Leitlinien und – als Richtlinien ihrer konkreten Umsetzung – Beurteilungskriterien<sup>12</sup>. Auch diese Quellen müssen sich durch Rückgriff auf allgemein akzeptierte wissenschaftliche Erkenntnisse legitimieren.

6 Anlage 4 zu den §§ 11, 13 und 14 FeV, Ziff. 9.1

7 FeV §13 Klärung von Eignungszweifeln bei Alkoholproblematik Abs. 2c

8 Borkenstein R., Crowther FR., Shumate RP, Ziel W, Zylman R. (1974). The role of the drinking driver in traffic accidents (The Grand Rapids Study). Blutalkohol, 11, Supplement 1

9 Krüger H-P, (1995). Das Unfallrisiko unter Alkohol: Analyse, Konsequenzen, Maßnahmen. Elsevier, München; 161 S

10 Skurtveit S, Christophersen AS, Beylich KM, Bjørneboe A, Mørland J. (1998) Study of rearrests for drunken driving in Norway Forensic Sci Int. 1998 Mar 2;92(1):21-8.

11 Härdle W, Lütkepohl H, Chen R (1997) A Review of Nonparametric Time Series Analysis. International Statistical Review Volume 65, Issue 1, April 1997, Pages: 49-72

12 Schubert W, Mattern R (Hrsg.) 2009: Beurteilungskriterien. 2. Auflage 228 S Kirschbaum Verlag Bonn

## Gefährdungsgrade durch Eignungsmängel müssen genauer bestimmt werden

Welche Gesichtspunkte dabei beachtet werden können und sollten, hat kürzlich das Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie-, Herz- und Kreislaufforschung e.V. zur Fahreignung bei kardio-vaskulären Erkrankungen in Erinnerung gebracht.<sup>13</sup> Die dort präsentierte „risk of harm formula“ geht auf Vorschläge der kanadischen Gesellschaft für Kardiologie aus 1992 zurück<sup>14</sup>. Sie lautet:

$$\text{Schädigungswahrscheinlichkeit} = TD \times V \times SCI \times Ac$$

TD („time spent behind the wheel“) entspricht der Zeit am Steuer oder der gefahrenen Strecke, V (vehicle) steht für die Art des Kraftfahrzeuges, SCI („sudden cardiac incapacitation“) für das Risiko eines plötzlichen kardiovaskulär bedingten Kontrollverlustes und Ac („accident risk“) für die Wahrscheinlichkeit, dass ein solches Ereignis tödlich oder mit anderen schwerwiegenden Verletzungsfolgen für andere Verkehrsteilnehmer ausgeht.

Am Beispiel eines Lkw-Fahrers der nach den aktuell gültigen Begutachtungs-Leitlinien 6 Monate nach einem Herzinfarkt wieder als geeignet begutachtet werden darf, wenn er keine Rhythmusstörungen, keine eingeschränkte Pumpfunktion, kein Herzwandaneurysma und keine Angina pectoris in Ruhe hat<sup>15</sup>, berechnen die Autoren unter Anwendung der „risk of harm formula“ das kardiovaskuläre krankheitsbedingte Risiko für einen schweren Unfall (Tod oder schwere Verletzungen) auf 1:20.000 pro Jahr. (S 5 a.a.O.) Sie vergleichen, bezogen auf das Jahr 2006, dieses Risiko mit dem Risiko jugendlicher Fahrer der Altersgruppe 18 – 21 Jahre, das mit 99 tödlichen Unfällen auf 100.000 zugelassene Fahrzeuge rund 20-fach höher liegt und in Kauf genommen wird.

Dieser Vergleich macht deutlich, dass im Hinblick auf Rechtsstaatlichkeit und das Bestimmtheitsgebot dringend eingegrenzt werden muss, welche Risikozunahme durch prognostizierte Eignungsbeeinträchtigung noch hingenommen werden kann und welche in die Gruppe „nicht geeignet“ zu kategorisieren ist.

Die aktuell gültige Fassung der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung<sup>16</sup> postuliert, dass ein Betroffener ein Kraftfahrzeug nur dann nicht sicher führen kann, wenn aufgrund des individuellen körperlich-geistigen (psychischen) Zustands beim Führen eines Kraftfahrzeugs eine Verkehrsgefährdung zu erwarten ist. (S 11 a.a.O)

„Für die gerechtfertigte Annahme einer Verkehrsgefährdung hat der Beirat unterstellt, dass die nahe durch Tatsachen begründete Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schädigungsereignisses gegeben sein muss.“

Diese sehr allgemein gehaltene Formulierung findet sich bereits in der ersten Fassung des Gutachtens „Krankheit und Kraftverkehr 1973“<sup>17</sup> (S 16) unter Hinweis auf Floegel-Hartung: „Straßenverkehrsrecht“<sup>18</sup> und dessen Formulie-

rungsalternativen in der 17. Auflage<sup>19</sup> „dass die Möglichkeit, dass ein Schaden eintritt, über die latente Gefährdung hinaus akut geworden ist“. Die Bezugnahme auf diese Zitate ist ab der 4. Auflage des Gutachtens Krankheit und Kraftverkehr 1985 nicht aufgenommen.<sup>20</sup>

Welche Tatsachen, verknüpft mit welchen Wahrscheinlichkeiten der Gefährdung zugrunde zu legen sind, um zu der „gerechtfertigten Annahme“ der Nicht-Eignung zu kommen, wird nicht konkretisiert und scheint damit in das Wissen der Gutachter gestellt.

Auf welche Weise Gutachter die unbestimmten Begriffe konkret umsetzen, die die Leitlinien für den nicht mehr zu tolerierenden Gefährdungsgrad vorgeben, ist nicht genau bekannt. Der Mangel an Konkretisierung wird dennoch selten in Publikationen und Diskussionen beklagt. Es hat den Anschein, Verordnungsgeber, Qualitäts-Begutachter, Verwaltung und Gutachter hätten damit keine Probleme.

Dann wären im Regelfall bei in engem Sinne gleichartigen Sachverhalten gleichartige Gutachten-Ergebnisse zu erwarten. Ob dies der Fall ist, könnte bei der Qualitätsbegutachtung der Begutachtungsstellen für Fahreignung durch die Bundesanstalt für Straßenwesen überprüft werden. Erkenntnisse solcher Analysen sind nicht allgemein bekannt.

Selbst wenn man Gleichbehandlung im oben genannten Sinn unterstellte, wäre noch nicht belegt, dass die Eignungskategorisierungen in den Gutachten zutreffend sind. Um dies zu klären bedürfte es eines kontinuierlichen, quasi institutionalisierten Abgleichs eines repräsentativen Anteils der Gutachten-Prognosen an der Verkehrsbewährung, vor allem auch der Negativprognosen. (Dies würde den nach dem geltenden Recht nicht ohne Sonderbeschlüsse

13 Klein HH, Krämer A, Pieske BM; Trappe H-J, de Vries H (2010): Fahreignung bei kardiovaskulären Erkrankungen. Der Kardiologe S. 1 - 26

14 4. Simpson C, Dorian P, Gupta A et al (2004) Assessment of the cardiac patient for fitness to drive: Drive subgroup executive summary. Can J Cardiol 20: 1314–1320.

15 Gräcmann N, Albrecht M (2010) : Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft M 115 S 22 Kap. 3.3.4

16 Gräcmann N, Albrecht M (2010): Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung Bundesanstalt für Straßenwesen

17 Lewerenz H(1973): Krankheit und Kraftverkehr. Gutachten des Gemeinsamen Beirats für Verkehrsmedizin beim Bundesminister für Verkehr und beim Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit. Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr Heft 45, 141 S. Druck- und Verlagsanstalt Neue PRESSE GmbH Coburg

18 Floegel-Hartung: Straßenverkehrsrecht 16. Auflage S 74

19 Floegel-Hartung: Straßenverkehrsrecht 17. Auflage S 71

20 Lewerenz H, Friedel B (1985): Krankheit und Kraftverkehr. Gutachten des Gemeinsamen Beirats für Verkehrsmedizin beim Bundesminister für Verkehr und beim Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit. Schriftenreihe Heft 67. Herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr

gangbaren Untersuchungsansatz voraussetzen, negativ beurteilte Begutachtete doch fahren zu lassen).

Wenn die Begutachtung – und auch die Gesetzes- und Verordnungsgebung – wissenschaftlichen Erkenntnissen folgen soll, muss die Möglichkeit zur Forschung rechtlich und materiell hinreichend gegeben sein.

### **Verantwortung der Fachgesellschaften für die wissenschaftliche Herleitung der Leitlinien und von Konkretisierungen.**

Für Forschung sind Wissenschaftler zuständig – aber nicht jede Äußerung eines Wissenschaftlers, sei es im Vortrag oder in einer Publikation, hält der kritischen Überprüfung stand. (Das kann auch für die wissenschaftliche Nachvollziehbarkeit z. B. politischer Aussagen, von Gesetzen, Gerichtsbeschlüssen und von Urteilen gelten.)

Jeder ist berechtigt, Äußerungen eines Wissenschaftlers kritisch zu überprüfen; vor allem ist es aber Aufgabe der Wissenschaftsgemeinschaft und der wissenschaftlichen Fachgesellschaften: Sie haben festzustellen, was unumstritten ist, welcher Grad an Evidenz einer Erkenntnis zukommt und zu welchen Fragestellungen unterschiedliche Auffassungen bestehen, von denen keine als die der „herrschenden Meinung“ angesehen werden kann.

Die Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher medizinischer Fachgesellschaften (AWMF) hat Methoden erarbeitet (Deutsches Leitlinien-Bewertungs-Instrument DELBI), welche die Qualität wissenschaftlicher Erkenntnisse und den Grad ihrer Evidenz für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im medizinischen Bereich explizit benennen.<sup>21</sup>

Die Begutachtungs-Leitlinien der Kraftfahrereignung berufen sich bisher nicht auf die Qualitätsanforderungen der AWMF oder eine ähnlich validierte Methode, Leitlinien wissenschaftlich legitimiert zu formulieren; sie sind auch nicht explizit Empfehlungen der wissenschaftlichen Fachgesellschaften.

Die Beurteilungskriterien zur medizinisch-psychologischen Fahreignungsdiagnostik sind von zwei der zuständigen wissenschaftlichen Fachgesellschaften (DGVM und DGVP) herausgegeben. Präsidiumsmitglieder einer dritten wissenschaftlichen Fachgesellschaft, der deutschen Gesellschaft für forensische und toxikologische Chemie (GTFCh), haben mitgearbeitet und sollten zukünftig ihre Verantwortung durch Mitherausgeberschaft unterstreichen. Die genannten Fachgesellschaften sind dabei, die methodischen Grundlagen ihrer Empfehlungen – ähnlich wie die AWMF, möglicherweise auch mit ihr zusammen – darzulegen.

Die Verantwortung wissenschaftlicher Fachgesellschaften für die Beurteilungskriterien besteht u.a. darin, den Stand der Wissenschaft, soweit es die Begutachtung der Fahreignung betrifft, zusammenzufassen, kritisch zu bewerten<sup>22</sup> und zu erweitern, die Erkenntnisse allen Interessierten zur Verfügung zu stellen, aber auch, Änderungen wissenschaftlicher Erkenntnis rechtzeitig wahrzunehmen und ihre Rele-

vanz zu prüfen. Die Fachgesellschaften übernehmen die Pflicht zur Weiterentwicklung und zur zeitnahen Verbreitung neuer Erkenntnisse, z.B. durch Informationsschreiben, aber auch durch öffentliche Workshops und Symposien.<sup>23, 24, 25</sup> Weiter entsenden sie Fachvertreter in Gremien, die sich mit der Verordnungsgebung und der Überwachung des Begutachtungsprozesses befassen (z. B. Fachausschuss Fahreignung bei der BAST, Sektor-Komitee Forensik bei der DAkKs, Grenzwert-Kommission beim BMVBS)

Auf diese Weise erhalten alle in den Fachgesellschaften organisierten Wissenschaftler Gelegenheit zur Mitwirkung und es kann sich eine begründete herrschende Meinung darüber herausbilden, was gesichert ist oder umstritten, ob das nicht Gesicherte durch Forschung geklärt werden kann und soll oder ob und warum außerhalb des wissenschaftlichen Schließens liegende Gründe zur „herrschenden Meinung“ geworden sind oder werden sollen, im Sinne einer „normativen Entscheidung“. Bei solchen Festlegungen sollte sich die Wissenschaft vergewissern, dass ihre Normen den politischen und gesellschaftlichen Konsens haben. Das alles kann nur gelingen, wenn die Fachgesellschaften materiell und personell dazu in die Lage versetzt werden.

Auch nach Darlegung der zugrunde liegenden Methoden werden Empfehlungen und Leitlinien von Fach-Gesellschaften – hier unterliegen sie ähnlichen Einschränkungen wie Gesetze und Verordnungen – nicht jede Einzelfallgestaltung umfassend regeln können. Es bedarf der sachkundigen Anwendung und Interpretation durch erfahrene und fortgebildete Gutachter.

In diesem Feld der Ermessensspielräume ist mit Interpretationsunterschieden zu rechnen, die – wenn nicht anders klärbar – nach rechtsstaatlichen Regeln zu entscheiden sind, z.B. durch Gerichtsverfahren, zu denen Wissenschaftler als Experten geladen werden, durchaus als Gutachter und Gegengutachter. Nicht immer erweist sich dabei die wissenschaftliche Wahrheit: Wenn sie auch unter Wissenschaftlern umstritten bleibt, wird nach Beweislast entschieden.

21 Kopp I, Müller W, Lorenz W. Leitlinien im System der AWMF: aktueller Stand und Perspektiven. Z Arztl Fortbild Qualitätssich 2003;97(10):733-5.

22 Schubert W, Schneider W, Eisenmenger W, Stephan E ( Hrsg.) (2005): Kommentar- Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung. 2. Auflage Kirschbaum Verlag Bonn 264 S

23 Schubert w, Mattern R, Nicke W-R (Hrsg.) (2008): Prüfmethode der Fahreignungsbegutachtung in der Psychologie und im Ingenieurwesen. Tagungsband 3. Gemeinsames Symposium DGVP & DGVM 2007 in Dresden. Kirschbaum Verlag Bonn 136 S.

24 Miltner E, Mattern R, Schubert W (Hrsg.) (2009): Unbestimmte Begriffe in der Begutachtung von Fahrtüchtigkeit und Fahreignung. Tagungsband 4. Gemeinsames Symposium DGVM & DGVP 2008 in Neu-Ulm. Kirschbaum Verlag Bonn 56 S.

25 Schubert W, Dittmann V ( Hrsg.) (2010): Faktor Mensch - Zwischen Eignung, Befähigung und Technik. Tagungsband 5. Gemeinsames Symposium DGVP & DGVM 2009 in Weimar. Kirschbaum Verlag Bonn 56 S.



Solche Fälle geben Anlass zur konstruktiven wissenschaftlichen Debatte. Als mögliche Folgen solcher Debatten kommen aus Sicht der DGVM, der DGVP und der GTFCh – abgestimmt auf Symposien und in den Fachkreisen – Anpassungen der Beurteilungskriterien in Betracht, die Weiter- oder Neuentwicklung von Methoden, vielleicht auch die wissenschaftlich begründete Anerkennung, dass eine Entscheidung nach dem Stand der Erkenntnis nicht möglich ist.

## Zusammenfassung

Wenn die Begutachtung der Kraftfahrereignung und die Prognose zukünftiger Verkehrsbewährung wissenschaftlich begründet und den Geboten der Rechtsgleichheit, Rechtssicherheit, Erforderlichkeit und Bestimmtheit genügen soll, müssen verschiedene Maßstäbe konkreter benannt werden. Dazu gehören:

- politisch und gesellschaftlich konsenterte Grenzwerte der gerade noch und der gerade nicht mehr akzeptierten zusätzlichen Verkehrsgefährdung durch Fahrer-Eignungsmängel;
- die Darlegung der wissenschaftlichen Methoden und ihrer Validierung, diesen Grad der Gefährdung zu bestimmen;

- die kontinuierliche Überprüfung der Prognosequalität der Gutachten an der Verkehrsbewährung sowohl der positiv als auch der negativ Begutachteten.

Diese Forderungen sind derzeit nur teilweise erfüllt und erfüllbar.

Mit den Beurteilungskriterien haben die Deutschen Gesellschaften für Verkehrsmedizin (DGVM), Verkehrspsychologie (DGVP) und toxikologische und forensische Chemie (GTFCh) wesentliche Voraussetzungen für die Wissenschaftlichkeit und die Richtigkeit der Begutachtungen gelegt; sie zeigen Möglichkeiten der Weiterentwicklung und sorgen für die Fortbildung.

Soweit die gesetzlichen Anforderungen an Eignung und an zu akzeptierte Gefährdung unpräzise sind, ist zu befürchten, dass das Ideal von Rechtsgleichheit für die verschiedenen Arten der Eignungsbeeinträchtigung nicht erreicht wird.

Die Forschung braucht diese Rahmenbedingungen und sie braucht die Unterstützung des Ordnungsgebers; sie hat aber auch die Methoden und deren Grenzen offen zu legen, die in retrospektiven Analysen auf Gruppengefährdungsgrade bestimmter Eignungs-Beeinträchtigungen schließen lassen und im Einzelfall das Gutachtenergebnis wissenschaftlich legitimieren.

# Diagnostische Methoden zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit

*Hans-Günter Weeß*

## 1 Einleitung

Tagesschläfrigkeit und daraus resultierende Einschränkungen am Arbeitsplatz, bei der Fahrtüchtigkeit oder in anderen sozialen Anforderungssituationen stellen ein wesentliches Symptom vieler Erkrankungen und speziell vieler Schlafstörungen dar. Ein mit 31 % nicht unwesentlicher Teil der Bevölkerung über 16 Jahren gibt unspezifisch an, manchmal oder häufig an Schläfrigkeit zu leiden. 6,7 % der Patienten in Allgemeinarztpraxen geben ebenfalls unspezifisch Müdigkeit als Ursache für den Arztbesuch an. In einem schon fast literarischen Beispiel wird in einer Studie des HUK-Verbandes (eines Versicherungsunternehmens) berichtet, dass ca. 25 % aller tödlichen Unfälle auf bayerischen Autobahnen auf Schläfrigkeit am Steuer zurückgeführt werden können. Zahlreiche Katastrophen, wie der Untergang der Exxon Valdez, der Absturz der Challenger Raumfähre, oder industrielle Unfälle, wie Tschernobyl, Three Mile Island und Bophal werden unter anderem auch auf Arbeitsfehler in Folge von Tagesschläfrigkeit zurückgeführt.

Müdigkeit und Schläfrigkeit können die Lebensqualität der Betroffenen und das Leistungsvermögen am Tage erheblich beeinträchtigen. In der Folge sind Arbeitsfähigkeit und Fahrtauglichkeit nicht selten eingeschränkt. Soziale Interaktionen können durch Schläfrigkeit und auch Müdigkeit so gestört werden, dass sich die Betroffenen von gewohnten Sozialkontakten zurückziehen. Hobbys, Vereinstätigkeiten, Unternehmungen im Familien- und Freundeskreis werden aufgegeben. Insuffizienzgefühle und Selbstunsicherheit infolge des fehlenden Leistungsvermögens sind nicht selten Auslöser und Grundlage sich entwickelnder erheblicher psychasthener und depressiver Störungsbilder.

## 2 Anamnese von Schläfrigkeit, Müdigkeit und Leistungsvermögen am Tage

Obwohl alle Patienten gleichermaßen über Müdigkeit oder Tagesschläfrigkeit klagen, finden sich bei genauerer Exploration Unterschiede in der Qualität der schläfrigkeits- oder müdigkeitsbezogenen Einschränkungen.

Der Begriff Müdigkeit beschreibt das subjektive Gefühl der Erschöpfung und des „Ausgelaugtseins“, wie es eher bei psychosomatischen Störungen auftritt. Schläfrigkeit hingegen hat kein psychisches Korrelat. Sie tritt häufig infolge unerholsamen oder reduzierten Schlafes auf. Typisch ist hierbei die erhöhte Einschlafneigung, insbesondere in monotonen Situationen.

Patienten mit Klagen über Müdigkeit schildern primär ein Gefühl der psychischen Erschöpfung, welches nicht selten unter Stress verstärkt wird. Es kann als Ausdruck eines chronisch erhöhten Anspannungsniveaus verstanden werden. Nicht selten tritt ein Gefühl des „Überfordertseins“ auf. Die müdigkeitsbezogenen Einschränkungen stehen selten in Abhängigkeit zu situativen Bedingungen, wie z.B. Autofahren, Besprechungen, Sport oder anderen Tätigkeiten. Vielmehr lassen sich eher intrapsychische Bedingungen, wie z.B. vermehrtes Stresserleben eruieren. Ausgeprägte tageszeitliche Schwankungen sind seltener zu beobachten. In Situationen, welche Schlaf erlauben, tritt Schlaf nicht auf. So finden sich bei entsprechenden Untersuchungsverfahren zur Erfassung von Schläfrigkeit am Tage, wie dem MSLT, dem MWT oder auch dem pupillographischen Schläfrigkeitstest (Kap. 4.2) keine pathologischen Schläfrigkeitwerte.

Ein anderes klinisches Bild ergibt die Schläfrigkeit am Tage, häufig infolge unerholsamen Schlafes, wie sie bei organischen Erkrankungen und organisch bedingten Schlafstörungen ohne psychogene Auslöser und ohne erhöhtes Anspannungsniveau beobachtet werden kann. Sie ist durch eine deutlich erhöhte Einschlafneigung am Tage gekennzeichnet. Ist Schlaf am Tage möglich, tritt er innerhalb kurzer Zeit ein. In Tagschlafuntersuchungen (MSLT, MWT, Kap. 4.2) findet sich sehr häufig eine verkürzte Einschlaflatenz, im pupillographischen Schläfrigkeitstest ein pathologischer Testwert (PUI). Intrapsychische Anspannung, z.B. Stress, führt bei diesen Patienten eher zur Abnahme der Schläfrigkeit. Ebenso können interessante, motivierende Aufgaben oder Situationen die Schläfrigkeit reduzieren. In monotonen, eher reizarmen Situationen, z.B. beim Fahren auf der Autobahn, beim Fernsehen, Kino- oder Theaterbesuch, bei Vorträgen oder lang andauernden Besprechungen tritt die Schläfrigkeit vermehrt auf. Nicht selten sind ausgeprägte circadiane Schwankungen mit vermehrter Schläfrigkeit am Morgen nach dem Aufstehen (Hang-over) und in den frühen Nachmittags- und Abendstunden. Die Menge des Nachtschlafes ist unauffällig oder sogar verlängert. Im Polysomnogramm lassen sich feinstrukturell jedoch häufig erhöhte Schlafragmentierung mit gehäuften Stadienwechseln sowie erhöhte Leicht- und reduzierte Tiefschlafanteile feststellen. Insbesondere am Wochenende und im Urlaub werden verlängerte Schlafzeiten beobachtet.

Selbstverständlich gibt es zwischen den beiden diametral erscheinenden Formen der Schläfrigkeit und Müdig-

Tabelle 1: Charakteristika von Müdigkeit und Schläfrigkeit

Müdigkeit	Schläfrigkeit
Subjektives Gefühl und Erleben von verminderter Leistungsfähigkeit bei körperlichen, psychischen und kognitiven Anforderungssituationen	Reduktion der zentralnervösen Aktivierung, der Wachheit
Intrapsychische Gebundenheit der Müdigkeit: Mattigkeit, Gefühl der Überforderung, unter Stresserleben verstärkt auftretend	Einschlafdrang; kein intrapsychisches Korrelat; unter Stresserleben Reduktion der Schläfrigkeit
In Situationen, in denen Schlaf möglich oder erwünscht ist, tritt Schlaf nicht auf; keine Tagschlafepisodes	In Situationen, in denen Schlaf möglich oder erwünscht ist, tritt Schlaf auf; Tagschlafepisodes
Keine Monotonie-Intoleranz	Monotonie-Intoleranz
Keine ausgeprägte circadiane Rhythmik	Circadiane Rhythmik
Monotone Situationen sind kein Schlafstimulus	Monotone Situationen als Schlafstimulus
Schlafmenge in der Nacht normal bis reduziert	Schlafmenge in der Nacht normal bis erhöht, ggf. Schlaf-fragmentierung
Einschlaflatenz am Tage und in der Nacht unauffällig bis verlängert	Einschlaflatenz am Tage und in der Nacht unauffällig bis verkürzt
Schlafmenge am Wochenende oder im Urlaub eher unverändert	Schlafmenge am Wochenende oder im Urlaub eher verlängert

Müdigkeit und Schläfrigkeit werden in der internationalen Literatur als *Fatigue* und *Sleepiness* bezeichnet.

keit viele Varianten, in denen organische und psychogene Anteile gemischt und interdependent sind. Die dargestellten charakteristischen Merkmalstypen sind jedoch nicht nur theoretischer Natur, sie weisen auch für die praktisch durchzuführende Therapie auf unterschiedliche Ansatzpunkte hin. Die Tabelle 1 zeigt die Qualitäten schläfrigkeits- und müdigkeitsbezogener Einschränkungen im Überblick.

### 3 Definitionen und Randbedingungen bei der apparativen Untersuchung schläfrigkeits- und müdigkeitsbezogener Einschränkungen am Tage

Das wissenschaftliche Interesse an der Tagesschläfrigkeit nimmt in den letzten Jahren deutlich zu, allerdings stellt die Tagesschläfrigkeit einen jungen Forschungsbereich mit noch geringem Erkenntnisstand dar. Eine einheitliche wissenschaftliche Definition und Begriffsbestimmung der *Tagesschläfrigkeit* ist derzeit noch nicht gegeben. Auch eine Abgrenzung gegenüber dem im Englischen als *fatigue* bezeichneten verwandten Phänomen der *Müdigkeit* ist bislang nicht eindeutig erfolgt.

Unter Berücksichtigung des gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes kann unter Tagesschläfrigkeit eine verminderte Wachheit oder eine Reduktion der zentralnervösen Aktivierung verstanden werden. Variationen der zentralnervösen Aktivierung stellen eine universelle menschliche Erfahrung dar und sind im circadianen Rhythmus physiologisch. Kennzeichen einer reduzierten zentralnervösen Aktivierung oder einer erhöhten Tagesschläfrigkeit können Aufmerksamkeitsstörungen, Monotonieintoleranz, Einschlafneigung, Sekundenschlaf und imperative Einschlafattacken sein. Diese stehen in direk-

tem Zusammenhang zum Leistungsvermögen in sozialen Anforderungssituationen wie sie z.B. am Arbeitsplatz oder im Straßenverkehr gegeben sind.

In der Schlafmedizin steht der nicht erholsame Schlaf als Ursache der Tagesschläfrigkeit im Mittelpunkt der diagnostischen und therapeutischen Bemühungen. Aus differentialdiagnostischen Gründen gilt es neben Schlafstörungen, körperliche Erkrankungen und situativen Faktoren auch die circadiane Phasenlage als potentielle Ursache der Tagesschläfrigkeit in die diagnostischen und therapeutischen Bemühungen zu integrieren.

Ein theoretisches Zusammenhangsmodell zwischen nicht erholsamen Schlaf und den dem Leistungsvermögen zugrunde liegenden aufmerksamkeitsbezogenen Prozessen wird nachfolgend dargestellt. In diesem neuropsychologischen Modell, welches hinsichtlich der aufmerksamkeitsbezogenen Komponenten auf Posner & Rafal zurückgeführt werden kann und im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen Bestätigung fand, werden fünf aufmerksamkeits- bzw. schläfrigkeitsbezogene Aspekte, die der Leistungsfähigkeit zugrunde liegen, unterschieden. Elaboriertere Modelle dürften eher wissenschaftlichen Fragestellungen vorbehalten und für praxisbezogene Fragestellungen als zu komplex betrachtet werden.

Das Modell beinhaltet die nicht der bewussten Kontrolle unterliegende tonische und phasische zentralnervöse Aktivierung. Unter der tonischen Komponente versteht man den allgemeinen Grad der Wachheit, welcher circadianen Schwankungen unterliegt. Die phasische Komponente beinhaltet die Fähigkeit, das tonische Aktivitätsniveau auf eine Anforderung, einen kritischen Reiz hin zu erhöhen. Das neuronale Substrat der Wachheit oder auch des zentral-

nervösen Aktivierungsniveaus wird in der Formatio reticularis des Hirnstamms angenommen. Dessen Aktivitätsniveau spiegelt sich u.a. im Frequenzbild der elektrischen Hirnaktivität, in der Herzfrequenz, im Hautwiderstand und der Pupillenweite wider (Tabelle 2).

Die Aktivierung geht den bewussten Anteilen der Aufmerksamkeit, der Vigilanz, der geteilten und selektiven Aufmerksamkeit voraus.

Unter Vigilanz wird in der neuropsychologischen Terminologie die Fähigkeit verstanden, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum auf einem höheren oder hohen Niveau zu halten. Auf selten und zufällig auftretende Reize wird eine adäquate Reaktion gefordert. Hohe Anforderungen an die Vigilanz stellen z.B. Steuerungs- oder Überwachungsaufgaben in Kraftwerksanlagen oder längere Autofahrten dar. Wichtig ist, dass diese Vigilanzdefinition nicht mit physiologischen Definitionen in Übereinstimmung steht. Dort wird der Begriff Vigilanz im Sinne der zentralnervösen Aktivierung (Grad der Wachheit) verwandt (Tabelle 2).

Geteilte Aufmerksamkeit beschreibt als neuropsychologischer Terminus die Fähigkeit zur schnellen, automatisierten und kontrollierten Informationsverarbeitung einschließlich der Fähigkeit zu serieller und paralleler Handlungsbereitschaft, wie beispielsweise beim Autofahren in unübersichtlichen, verkehrsreichen Situationen. So muss z.B. bei der Anfahrt an eine Kreuzung der PKW-Führer sich bewegende und stehende Fahrzeuge wahrnehmen, muss Beschilderungen, Ampelanlagen, Fußgänger usw. beachten und gleichzeitig motorische Handlungen wie Lenken, Blinken, Kupeln und Bremsen koordiniert durchführen (Tabelle 2).

Unter selektiver Aufmerksamkeit wird die Fähigkeit verstanden, aus der Summe aller auf das Individuum einströmender Reize eine (selektive) Auswahl relevanter Stimuli zu treffen. Ein schon literarisches Beispiel ist der Bankbeamte kurz vor Schalterschluss, der seinen Kassensturz unter hohem zeitlichem Druck exakt durchzuführen hat. Er hat sich (selektiv) auf seine Aufgabe, das Geld zu zählen,

zu konzentrieren und Störungen (Interferenzen) auszublenken, die durch das hektische Treiben in der Schalterhalle kurz vor Geschäftsschluss gegeben sind (Tabelle 2.).

Tagesschläfrigkeit wird durch eine Vielzahl von intrinsischen und extrinsischen Bedingungen wie z.B. Lärmfluss, Temperatur, Aktivität, Körperhaltung, Tageszeit, Motivationslage, Einschlaffähigkeit, psychophysiologisches Arousal oder Einnahme von sedierenden bzw. aktivitätssteigernden Substanzen beeinflusst. Diese gilt es in der Untersuchungssituation zu beachten und zu kontrollieren.

Vorausgehend wurden definitorische Grundlagen bei der Erfassung der Tagesschläfrigkeit für das bessere Verständnis des Lesers dargestellt. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen diagnostischen Methoden ausführlich erläutert. In Deutschland haben sich einige Schlafzentren und andere medizinischen Einrichtungen auf die aufwändige Diagnostik von Tagesschläfrigkeit, Arbeitsfähigkeit und Fahrtauglichkeit bei Schlafstörungen spezialisiert. Bei entsprechenden Fragestellungen können Patienten dorthin verwiesen werden.

Trotzdem wird von einem Schlafzentrum gefordert, dass es in der Lage ist, das Risiko für eine pathologische Tagesschläfrigkeit und deren negative Auswirkungen auf das soziale Leben methodengestützt abzuschätzen. Bei positivem Befund erfolgt dann die Überweisung in ein spezialisiertes Schlafzentrum bzw. zu einem Facharzt für Arbeits- oder Verkehrsmedizin.

#### 4 Diagnostische Verfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit

Ergibt sich aus den Fragebogendaten oder der Anamneseerhebung (Kap. 2.; 4.6) der begründete Verdacht auf das Vorliegen von pathologischer Tagesschläfrigkeit, kommen insbesondere bei Risikopatienten objektive Untersuchungsverfahren (siehe Tabelle 3) zur Anwendung.

Bei der umfassenden objektiven Erfassung von Tagesschläfrigkeit kommt jeweils mindestens ein Untersuchungs-



Abb. 1: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und schläfrigkeitsbezogenen Einschränkungen am Tage: Die bei Schlafstörungen verminderte Schlafqualität hat eine Verminderung der nicht der bewussten Kontrolle unterliegende tonischen und phasischen zentralnervösen Aktivierung (Tagesschläfrigkeit) zur Folge. Diese reduziert wiederum die der bewussten Kontrolle unterliegende Vigilanz, die geteilte und selektive Aufmerksamkeit.

Tabelle 2: Definition Schläfrigkeit und assoziierte Aufmerksamkeitsprozesse

Aufmerksamkeitskomponente	Merkmale
Tonische Aktivierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Circadianer Aspekt des allgemeinen Erregungsniveaus, der Wachheit</li> <li>– Unterliegt nicht der bewussten Kontrolle</li> <li>– Der Vigilanz, der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit vorausgehend</li> </ul>
Phasische Aktivierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fähigkeit, das tonische Aktivierungsniveau auf einen kritischen Stimulus hin zu erhöhen</li> </ul>
Selektive Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fähigkeit, unter hohem Tempo, die Aufmerksamkeit über längere Zeiträume für eine bestimmte Aufgabe aufrecht zu erhalten</li> <li>– Fähigkeit Störreize, Interferenzen und Ablenkungen „auszublenden“</li> </ul>
Geteilte Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung</li> <li>– Fähigkeit zu geteilter und paralleler Informationsverarbeitung</li> <li>– Fähigkeit zu automatisierter und kontrollierter Verarbeitung</li> </ul>
Vigilanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Unspezifische organismische Reaktionsbereitschaft, über lange Zeiträume auf seltene und zufällig auftretende Reize zu reagieren</li> <li>– Unterliegt der bewussten Kontrolle</li> </ul>

verfahren zu den schläfrigkeitsbezogenen Funktionen

- Zentralnervöse Aktivierung
- Selektive Aufmerksamkeit
- Geteilte Aufmerksamkeit
- Vigilanz

zum Einsatz. Diese werden im Kap. 4.2 einzeln ausführlich vorgestellt.

Ergibt sich aus der Anamneseerhebung der begründete Verdacht auf das Vorliegen von Müdigkeit kommen aufgrund mangelnder Sensitivität (siehe auch Kap. 2) keine objektiven Verfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit in Betracht. Vielmehr wird die Diagnosestellung Müdigkeit ggf. durch den Einsatz entsprechender standardisierter psychologischer Fragebogenverfahren, wie z.B. Fragebogen zur Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit, Befindlichkeitsskalen, State Trait Anxiety Inventory, Beck Depressionsskala, Stressverarbeitungsfragebogen oder Landecker Inventar für Schlafstörungen weiter gesichert.

Für die Erfassung schläfrigkeitsbedingter Einschränkungen stehen eine Reihe von diagnostischen Methoden zur Verfügung (Tabelle 3). Die Untersuchungsverfahren erfassen jeweils Teilaspekte der Tagesschläfrigkeit auf verschiedenen physiologischen, kognitiven und subjektiven Funktionsebenen. Sie unterliegen in sehr unterschiedlichem Ausmaß der bewussten Kontrolle. Es ist charakteristisch, dass die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsmethoden, wenn sie unterschiedliche Funktions- oder Leistungsbereiche erfassen, meist nur geringe Korrelationen aufweisen. Es ist aufgrund der genannten Unterschiede bisher nicht gelungen, ein einzelnes Verfahren zu etablieren, das als Standard für die Validierung von anderen Methoden dienen kann.

Grundsätzlich scheinen PC-gestützte, neuropsychologische Verfahren wie sie z.B. in der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), im Wiener Testsystem vorkommen, hinsichtlich des Vorliegens einer wissenschaft-

lichen Normierung elektrophysiologischen Methoden (z.B. Multipler Schlaf-Latenz Test (MSLT), Multipler Wachbleibe Test (MWT)) eher überlegen zu sein. In Einzelfällen liegen hier sogar alters- und intelligenzbereinigte Werte vor. Der Pupillographische Schläfrigkeitstest (PST) weist als physiologische Messmethode eine wissenschaftliche Normierung auf, welche testtheoretischen Ansprüchen genügt.

**4.1 Randbedingungen der Untersuchungssituation**

Die einzelnen Komponenten der Tagesschläfrigkeit (zentralnervöse Aktivierung, selektive und geteilte Aufmerksamkeit, Vigilanz) stehen in Abhängigkeit zu zahlreichen beeinflussenden Faktoren, die es im diagnostischen Prozedere zu berücksichtigen bzw. zu kontrollieren gilt:

- Dem Untersuchungstag sollte ein ungestörter und normaler Nachtschlaf, kontrolliert unter polysomnographischen Bedingungen, vorausgehen.
- Es ist darauf zu achten, dass es sich dabei nicht um die Adaptationsnacht (first night-effect) im Schlaflabor handelt.
- Eine Medikamenten- und Suchtmittelanamnese sollte erfolgen, um Schläfrigkeit verstärkende oder reduzierende Medikamente und Substanzen erfassen zu können. Dazu kann insbesondere bei gutachterlichen Fragestellungen ein Urinscreening indiziert sein.
- In der Untersuchungssituation darf nicht geraucht werden und das Rauchen sollte zumindest 30 Minuten vor der jeweiligen Untersuchung eingestellt werden.
- Grundsätzlich nehmen die Patienten am Untersuchungstag keinen Alkohol oder andere stimulierende Substanzen zu sich. Entgegen anders lautenden Empfehlungen in der Literatur sollte bei gewohnheitsmäßigem regelmäßigem Konsum von Koffein dieser nicht vollständig vermieden werden. Vielmehr sollte

Tabelle 3: Diagnostische Verfahren zur Erfassung schlafrigkeitsbedingter Einschränkungen

Aufmerksamkeitskomponente	Geeignete Testverfahren
Tonische Aktivierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Multipler Schlaf Latenz Test (MSLT)</li> <li>– Multipler Wachbleibe Test (MWT)</li> <li>– LZ-EEG (mit und ohne Verhaltensprotokoll)</li> <li>– Pupillographischer Schlafrigkeitstest (PST)</li> <li>– Psychomotorischer Vigilanztest (PVT)</li> <li>– Alpha Attenuation Test (ATT)</li> <li>– Osler Test (OT)</li> <li>– Andere Reaktionszeitmessungen, z.B. Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Wiener Testsystem (WT)</li> </ul>
Phasische Aktivierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktionszeitmessungen mit Warnreiz (z.B. TAP)</li> <li>– EKP, z.B. CNV, SN</li> </ul>
Selektive Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– z.B. Arbeitsleistungsserie, Test „Selektive Aufmerksamkeit“ der TAP</li> <li>– Reaktionszeitmessungen mit hoher zeitl. Anforderung (z.B. FCRT)</li> </ul>
Geteilte Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wiener Determinationsgerät</li> <li>– Test „Geteilte Aufmerksamkeit“ der TAP</li> </ul>
Vigilanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– z.B. Test „Vigilanz“ des WT oder der TAP, Vigimar</li> </ul>
Selbsteinschätzungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Epworth Sleepiness Scale (ESS)</li> <li>– Stanford Sleepiness Scale (SSS)</li> <li>– Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)</li> <li>– Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST)</li> <li>– Fragebogen zur Erfassung von Schlafrigkeit und Müdigkeit (FSM)</li> </ul>

EKP = Ereigniskorrelierte Potentiale; CNV = Contingent Negative Variation; SN = Sharp Negative Variation; FCRT = Four Choice Reaction Time Task

am Untersuchungstag im üblichen Maße konsumiert werden.

- Der Untersuchungsraum sollte wohltemperiert, geräuschisoliert und im Falle von Untersuchungsverfahren, welche die Einschlaflatenz als Zielgröße beinhalten, abdunkelbar sein.
- Übermäßige körperliche Aktivitäten oder emotionale Belastungen, insbesondere vor der jeweiligen Untersuchung, sind zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sollte auch erwähnt werden, dass die Mitteilung des medizinischen Untersuchungsbefundes oder die tägliche Visite eine emotionale Anspannung beim Patienten und in der Folge ein verändertes Untersuchungsergebnis hervorrufen können.
- Eine wesentliche Bedingung, die kontrolliert werden muss, ist die Tageszeit der Untersuchung, da es im Tagesverlauf zu ausgeprägten, zirkadian und homöostatisch bedingten Schwankungen der Schlafrigkeit (zentralnervösen Aktivierung) kommt.

**4.2 Diagnostische Verfahren zentralnervöse Aktivierung**

Für die meisten Verfahren zur zentralnervösen Aktivierung, mit Ausnahme des PST, liegen entweder nur unzureichende Normdaten vor, oder es zeigt sich bei Gesunden eine derart breite Streuung der Ergebnisse (z.B. MSLT), dass eine diagnostische Trennung zwischen normalen und patho-

logischen Werten für den Einzelnen nur in extremen Fällen gelingt. Für eine diagnostische Beurteilung ist daher in der Regel eine Synopsis aus mehreren Verfahren erforderlich, die unterschiedliche Messebenen erfassen. Dabei muss bei den meisten Verfahren die Motivationslage des Probanden in Rechnung gestellt werden.

Zu den klinisch-diagnostischen Verfahren der zentralnervösen Aktivierung gehören der MSLT, der MWT, der PST, der Psychomotorische Vigilanztest (PVT), der Osler Test und andere Reaktionszeitmessungen, wie sie z.B. in der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) und dem Wiener Testsystem (WT) vorkommen. Weitere Verfahren, wie beispielsweise die evozierten Potentiale, das LZ-EEG und der Alpha Attenuation Test finden eher bei wissenschaftlichen Fragestellungen Anwendung. Sie werden aus praktischen Gründen an dieser Stelle nur rudimentär besprochen

**4.2.1 Der Multiple Schlaf-Latenz-Test (MSLT)**

Die Methode des MSLT basiert auf elektrophysiologischen Ableitungen. Es werden zu mindestens fünf standardisierten Zeitpunkten am Tage über jeweils 20 min anhand von EEG, EOG und EMG die Einschlaf latenzen bestimmt.

Der MSLT beruht auf der Annahme, dass sich die Einschlaf latenz mit zunehmender Schlafrigkeit verkürzt darstellt. Er wurde erstmals 1977 von M. Carskadon und W.C. Dement als Verfahren zur Messung der Tagesschlaf rigkeit vorge-

schlagen. Durchschnittliche Einschlafzeiten < 5 Minuten galten lange Zeit als Hinweis auf das Vorliegen einer pathologischen Tagesschläfrigkeit. Gesunde erwachsene Schläfer besitzen nach Carskadon Einschlafzeiten zwischen 10 und 20 Minuten, so dass sich für auffällige, aber nicht sicher pathologische Einschlafzeiten Werte zwischen 5 und 10 Minuten ergeben.

Die American Sleep Disorders Association (ASDA) hat Anfang der 1990er Jahre angesichts der zunehmenden Bedeutung der Tagesschläfrigkeit und deren sozialmedizinischen Risiken ebenfalls eine fragwürdige, nicht evidenzbasierte Zuordnung zwischen Einschlafzeiten im MSLT und der Schwere der Tagesschläfrigkeit getroffen. Demnach entsprechen Einschlafzeiten zwischen 10 und 15 min einer leichten, zwischen 5 und 10 Minuten einer moderaten und zwischen 0 und 5 Minuten einer schweren Tagesschläfrigkeit.

Bei den angegebenen Grenzwerten handelt es sich nicht um empirisch gewonnene Grenzwerte, vielmehr basierten sie auf Erfahrungswissen und hielten empirischen Überprüfungen nicht stand.

Der MSLT hatte sich seit seiner Einführung bis in die jüngere Vergangenheit weltweit als Standardverfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit in der Schlafmedizin etabliert (sogenannter „experimenteller“ MSLT). Eine Meta-Analyse, die von der Atlas Task Force der AASM im Jahr 2005 publiziert wurde, ergab jedoch eine sehr eingeschränkte Aussagekraft und Validität des MSLT hinsichtlich der Erfassung von Tagesschläfrigkeit. Auf Basis dieser Meta-Analyse wurden für den MSLT nachfolgende Empfehlungen für die deutlich eingeschränkte Indikation, seine standardisierte Durchführung und Auswertung getroffen. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse haben ihn als Standardverfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit abgelöst. Allerdings bleibt seine hohe diagnostische Validität für die Narkolepsie („klinischer MSLT“) unbestritten.

Empfehlungen zur Interpretation:

Da die mittlere Einschlafzeit im MSLT deutlich altersabhängig ist, wurden sowohl für die klinische als auch die experimentelle Version gemeinsame altersabhängige Normen ermittelt, die in der Tabelle 2.11 dargestellt werden. Die Meta-Analyse der AASM ergab zwischen klinischer und experimenteller Version des MSLT, mit Ausnahme für die Gruppe der 30-39 Jährigen, entgegen theoretischer Annahmen keine signifikanten Unterschiede. Aus diesem Grunde wurden die Werte der beiden Versionen in der Tabelle 4 gepoolt.

Die AASM sieht folgende Indikationen für den MSLT

1. Der MSLT ist bei Patienten mit der Verdachtsdiagnose „Narkolepsie“ zur Diagnosesicherung indiziert.
2. Der MSLT kann als Teil des diagnostischen Prozesses zur Abgrenzung einer idiopathischen Hypersomnie von einer Narkolepsie indiziert sein.
3. Der MSLT ist in der klinischen Routine bei der Diagnostikstellung oder Therapieevaluation des obstruktiven Schlafapnoe Syndroms nicht indiziert.
4. Der MSLT ist in der klinischen Routine zur Bestimmung der Schläfrigkeit bei medizinischen und neurologischen Störungen (ausgenommen die Narkolepsie), der Insomnie und der circadianen Rhythmusstörungen nicht indiziert.

Der MSLT scheint ein Verfahren zu sein, welches die Fähigkeit, einzuschlafen, erfasst. Diese wird von dem Vorhandensein von Tagesschläfrigkeit, aber auch von zahlreichen anderweitigen Bedingungen, wie z.B. der Fähigkeit, abzuschalten, beeinflusst. Die Fähigkeit, rasch einzuschlafen, stellt offensichtlich nicht notwendigerweise ein pathologisches Phänomen dar, sie könnte viel-

Tabelle 4: Altersabhängigkeit des experimentellen und klinischen MSLT

Altersgruppe	Mittlere Einschlafzeit	SD	Anzahl Studien	Bemerkungen
10	10,0	4,5	25	–
20	10,4	5,4	284	Sign Diff zu 50, 80
30	10,8	3,9	192	Sign Diff zu 50, 80
40	11,7	4,4	72	Sign Diff zu 80
50	12,1	1,1	11	Sign Diff zu 80
60	11,2	5,2	54	Sign Diff zu 80
70	–	–	–	–
80	15,2	6,0	22	Sign Diff zu Allen

Sign Diff zu = signifikante Differenz zu

mehr auch ein adaptives physiologisches Verhalten sein, das es dem Individuum erlaubt, sehr rasch von Aktivität auf Ruhe „umschalten“. Der MSLT sollte deshalb zur Einschätzung der Tagesschläfrigkeit allenfalls als eines von mehreren Verfahren herangezogen werden. Für Aussagen am Einzelfall, insbesondere zur Arbeitsfähigkeit oder Fahrtauglichkeit, ist seine Aussagekraft stark eingeschränkt. Bei der Narkolepsie-Diagnostik gilt die Validität des Verfahrens jedoch als unbestritten.

#### 4.2.2 Der Multiple Wachbleibe Test (MWT)

Der MWT entwickelte sich aus dem MSLT und stellt eine Abwandlung desselben dar. Methodisch basiert er auf identischen elektrophysiologischen Parameter wie der MSLT: EEG, EOG und EMG. Ihm liegt die Annahme zugrunde, dass in der Schlafmedizin, insbesondere bei Hypersomnien, weniger die Fähigkeit einzuschlafen, als vielmehr die Fähigkeit wach zu bleiben interessiert. Der MWT besitzt im Vergleich zum MSLT eine höhere Augenscheinvalidität oder auch ökologische Validität. Aus diesem Grunde wird die Untersuchung in Abwandlung zum MSLT im Sitzen, z.B. in einem bequemen Lehnstuhl, durchgeführt und der Patient instruiert, wach zu bleiben. Grundsätzlich unterliegt der MWT denselben beeinflussenden Faktoren wie der MSLT (s.o.).

Die Atlas Task Force der AASM gibt folgende Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung des MWT. Den Empfehlungen liegen Erkenntnisse einer Studie von Doghramji und Mitarbeitern zugrunde und wurden durch Expertenmeinungen, welche in einem Konsensusprozess ermittelt wurden, ergänzt.

#### Empfehlungen der Atlas Task Force der AASM zur Durchführung und Auswertung des MWT

1. Es wird ein MWT mit 4 Durchgängen zu 40 min in 2 h Intervallen 1,5 bis 3 h nach dem gewöhnlichen morgendlichen Erwachen des Patienten empfohlen. Üblicherweise führt dies zu einem ersten Durchgang um 9 oder 10 Uhr morgens.
2. In Abhängigkeit von den klinischen Bedingungen entscheidet der Untersucher, ob eine vorausgehende Nacht mit polysomnographischer Ableitung erforderlich ist.
3. Im Rahmen der Konsensusfindung konnte keine Einigung dahingehend erzielt werden, ob der Patient ein Schlaftagebuch im Vorfeld führen sollte. Unter bestimmten klinischen Bedingungen mag das Führen eines Schlaftagebuches im Vorfeld der Untersuchung indiziert sein.
4. Der Untersuchungsraum muss von Außenlicht maximal abdunkelbar sein. Eine Lichtquelle wird knapp

hinter dem Patienten angebracht, so dass diese sich gerade außerhalb seines Gesichtsfeldes befindet. Die Lichtquelle sollte eine Leuchtstärke zwischen 0,10 und 0,13 Lux auf Ebene der Cornea aufweisen (dies wird üblicherweise erreicht, wenn eine 7,5 Watt Birne ca. 30 cm oberhalb des Bodens und ca. 90 cm seitlich des Kopfes des Patienten platziert wird). Die Raumtemperatur sollte vom Patienten als angenehm empfunden werden. Der Patient befindet sich während der Untersuchung in einem bequemen Lehnstuhl oder mit erhöhtem Rückenteil im Bett, so dass er sich bequem mit Rücken und Kopf anlehnen kann (alternativ können auch entsprechende Sitzkissen verwendet werden).

5. Ein möglicher Konsum von Alkohol, Koffein und anderen Substanzen vor oder während des MWT wird vom Untersucher vor dem MWT festgelegt. Ein Drogen- und Medikamentenscreening kann indiziert sein, um sicherzustellen, ob eine festgestellte Wachheit oder Schläfrigkeit nicht durch andere als verschriebene Medikamente beeinflusst wird. Das Drogen- und Medikamentenscreening wird in der Regel am morgen vor der Untersuchung durchgeführt, kann jedoch je nach klinischen Gegebenheiten vom Untersucher modifiziert werden. Ein leichtes Frühstück wird ca. 1 h vor dem ersten Durchgang empfohlen, ein leichtes Mittagessen gleich nach dem 2. Durchgang.
6. Der MWT sollte nur von geschultem und erfahrener Personal durchgeführt werden.
7. Die Standard Elektrodenmontage des MWT beinhaltet zwei zentrale EEG Ableitungen (C<sub>3</sub>-A<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>-A<sub>1</sub>) und occipitale (O<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>-A<sub>1</sub>) Ableitungen, ein EOG am linken und rechten Auge, ein mentales / submentales EMG und ein einkanaliges EKG.
8. Vor jedem Durchgang werden die Patienten nochmals s.o. gefragt, ob sie die Toilette aufsuchen möchten oder noch andere Dinge für ihr Wohlbefinden benötigen. Die Biosignaleichung vor jedem Durchgang umfasst folgende Standardinstruktionen: (1) Bitte liegen Sie bei geöffneten Augen 30 s ruhig und entspannt. (2) Bitte schließen Sie beide Augen für 30 s (3) Bitte blicken Sie, ohne dabei den Kopf zu bewegen, nach rechts, dann nach links, dann wieder rechts, links, rechts, links und noch mal nach rechts. (4) Blinzeln Sie bitte langsam 5-mal und (5) Beißen Sie dann die Zähne fest zusammen.
9. Der Patient wird vor jedem Durchgang angewiesen: „Bitte sitzen Sie ruhig und bleiben Sie solange wie möglich wach. Schauen Sie geradeaus und nicht direkt in das Licht“. Dieselbe Anweisung sollte vor jedem Durchgang gegeben werden. Unmittelbar darauf werden die Lichter als Zeichen des Untersuchungsbeginns im Patientenzimmer ge-



löscht. Den Patienten wird nicht erlaubt, Selbststimulationen vorzunehmen, wie beispielsweise singen oder sich ins Gesicht schlagen oder kneifen. Eine Videoüberwachung während des MWT kann hilfreich sein. Zwischen den Durchgängen ist der Patient nicht im Bett und wird am Schlafen gehindert. Diese Prozedur verlangt eine kontinuierliche Überwachung durch das Personal.

10. Schlafbeginn wird durch die erste 30 s Epoche mit mehr als 15 s kumuliertem Schlaf definiert.
11. Der Durchgang wird nach 40 Minuten beendet, wenn kein Schlaf auftritt, oder nach eindeutigem Schlaf, welcher durch 3 aufeinander folgende Epochen Stadium 1 oder eine Epoche eines anderen Schlafstadiums definiert ist.
12. Folgende Daten werden protokolliert: Beginn und Ende jedes Durchgangs, Einschlaflatenz, totale Schlafzeit (TST), Schlafstadien, die im jeweiligen Durchgang erreicht wurden und die mittlere Schlaflatenz über alle 4 Durchgänge (arithmetisches Mittel).
13. Ereignisse und Bedingungen die Abweichungen vom Standard Protokoll erforderlich machen, müssen vom durchführenden Personal sorgfältig protokolliert werden, so dass diese vom Auswerter bei der Interpretation berücksichtigt werden können.

Die AASM stellt ebenfalls, wie für den MSLT, keine Grenzwerte für das Vorliegen einer pathologischen Einschlaf latenz im MWT dar. Vielmehr wird auf die unbefriedigende Studienlage bzgl. Normwerten und den mannigfaltigen Einflüssen auf die Einschlaf latenz verwiesen. Die AASM verweist auf die Daten von Doghramji et al., welche in der Tabelle 5 dargestellt werden.

**Tabelle 5: Mittlere Einschlaf latenz im MWT 40 min Protokoll bei Kontrollpersonen (Doghramji et al. 1997)**

Mittlere Einschlaf latenz (Auf treten erste Epoche mit Schlaf)	30,4 + / - 11,2 min
Obere Grenze des 95% Vertrauensintervall (ceiling effect)	40,0 min
Untere Grenze des 95% Vertrauensintervall	12,9 min

Entsprechend der unteren Grenze des 95% Vertrauensintervalles, welche einer Abweichung von 2 Standardabweichungen vom Mittelwert von 30,4 min entspricht, werden Einschlaf latenzen unterhalb eines Wertes von 13 min als pathologisch gewertet. Es sei angemerkt, dass diese Art der Grenzwertbildung statistischen Konventionen entspringt. Sie begründet sich nicht auf Normierungsstudien mit hypersomnischen Patienten.

Die Atlas Task Force der AASM sieht folgende Indikationen für den MWT:

1. Beim MWT handelt es sich um ein objektives und valides Untersuchungsverfahren zur Erfassung der Fähigkeit, über einen bestimmten Zeitraum wach zu bleiben.
2. Der MWT wird in Verbindung mit der klinischen Anamnese zur Erfassung der Fähigkeit wach zu bleiben durchgeführt.
3. Das MWT 40 min Protokoll wird zur objektiven Erfassung der individuellen Fähigkeit wach zu bleiben, gefordert.
4. Um eine valide Erfassung von Schläfrigkeit oder Wachheit zu gewährleisten, muss der MWT unter angemessenen Bedingungen (Ableittechnik, anerkannte Durchführungsprotokolle, erfahrener und qualifizierter Auswerter) durchgeführt werden.

Der MWT ist als alleinige Methode zur Erfassung der Schläfrigkeit ungeeignet. Vielmehr wird empfohlen, weitere Testverfahren anzuwenden und die klinische Symptomatik des Patienten zu berücksichtigen.

Der MWT stellt einen wichtigen Baustein im diagnostischen Prozedere der zentralnervösen Aktivierung dar. Er bietet im Gegensatz zum MSLT eine höhere Augenscheinvalidität, da in der Schlafmedizin häufiger die Fähigkeit wach zu bleiben, als die Fähigkeit, einzuschlafen, interessiert. Ähnlich, wie der MSLT stellt der MWT ein personal- und zeitintensives Verfahren dar. Empirisch gewonnene Norm- bzw. Grenzwerte liegen nur sehr eingeschränkt vor. Aussagen am Einzelfall erscheinen, wie beim MSLT nicht unproblematisch und bedürfen zumindest der Bestätigung durch andere Verfahren zur Tagesschläfrigkeit.

#### 4.2.3 Der pupillographische Schläfrigkeitstest

Blickt eine gesunde, wache Person ins Dunkle, erweitert sich ihre Pupille unmittelbar. Im wachen Zustand bleibt die Pupillenweite unter Ausschluss von Licht für lange Zeit stabil. Bei starker Tagesschläfrigkeit treten dagegen bereits nach wenigen Minuten starke Schwankungen der Pupillenweite auf. Diese Wellenphänomene wurden von ihrem Erstbeschreiber Löwenstein „fatigue-waves“ genannt. Die niederfrequenten Pupillenoszillationen nehmen mit dem Ausmaß der Schläfrigkeit stark zu, dabei steigt ihre Amplitude bis zu mehreren Millimetern an.

Dem pupillographischen Schläfrigkeitstest (PST) liegt die Messung der spontanen Pupillenmotorik in Dunkelheit zu Grunde. Er gibt Auskunft über den Grad der unbewusst kontrollierten, zentralnervösen Aktivierung. Eine stabile Pupillenweite zeigt ein hohes Aktivierungsniveau an, dagegen drückt Instabilität der Pupillenweite Schläfrigkeit aus.

Tabelle 6: Perzentile des Normwertbereiches für ln PUI und PUI

Wertebereich	MW-2SD	MW-SD	MW	MW+SD	MW+2SD
ln PUI/ [mm/min]	0,73	1,11	1,50	1,89	2,28
Perzentilen [%]	2,3	15,9	50	84,1	97,7
PUI [mm/min]	2,07	3,05	4,50	6,64	9,80

Bei der Durchführung sitzt der Patient in einem bequemen Stuhl am Messtisch, der Kopf ruht auf einer kombinierten Kinn-/Stirnstütze. Die Augen sind mit einer weichen, lichtdichten Brille (Infrarotgläser) vor Lichteinfluss geschützt. Das typische schläfrigkeitsbezogene Verhalten der Pupille wird beim PST mittels Infrarot-empfindlicher Videokamera und anschließender PC-gestützter Auswertung erfasst. Zielvariablen sind sowohl der Pupillenunruheindex (PUI) in mm pro Minute als auch das Amplitudenspektrum  $\leq 0,8$  Hz als Maß für die Schwankungen der Pupillenweite.

In einem Normkollektiv von 349 Personen zwischen 20 und 60 Jahren fand sich ein Mittelwert für den Zehnerlogarithmus (ln) des PUI von  $1,50 \pm 0,39$  mm/min. Der Normwertbereich ist in Tabelle 6 dargestellt. Damit ergeben sich auffällige Werte ab einem ln PUI  $> 1,89$  und pathologische Werte ab einem ln PUI  $> 2,28$ . Diese kritische Grenzwertbestimmung entspricht statistischen Konventionen und resultiert weniger aus inhaltlichen Überlegungen. Gegenüber den klassischen Verfahren der Schlafmedizin, wie dem MSLT und dem MWT, besitzt der PST eine deutlich höhere Ökonomie. Unter Berücksichtigung der kurzen Entwicklungsdauer des Verfahrens liegt bereits eine umfangreiche Prüfung testtheoretischer Gütekriterien vor.

#### 4.3 Diagnostische Verfahren zur Erfassung der Vigilanz

Unter Vigilanz wird als neuropsychologischer Terminus die Fähigkeit verstanden, in langandauernden und monotonen Situationen auf seltene und zufällig auftretende Reize rasch und adäquat zu reagieren.

Grundsätzlich sei angemerkt, dass sich einige Untersuchungsverfahren auf dem Markt befinden, deren Reizdichte so hoch ist, dass sie weniger eine Vigilanz, als vielmehr eine Daueraufmerksamkeitsaufgabe darstellen. Auch ist auf die Aufgabendauer streng zu achten. Methoden, deren Aufgabendauer bedeutsam unter 30 min liegt, können häufig, vermutlich aufgrund motivationaler Einflüsse, nicht zwischen Gesunden und tagesschläfrigen Patienten unterscheiden bzw. maskieren die Vigilanzeinschränkungen bei Kranken.

##### 4.3.1 Vigilanztest nach Quatember und Maly

Das computerunterstützte Testverfahren „Vigilanz“ aus dem Wiener Testsystem (Abb. 2) basiert auf dem "Clocktest", der 1950 von Mackworth zur Messung der Vigilanz

bei amerikanischen Soldaten entwickelt wurde. Anhand des Verfahrens konnten Soldaten ermittelt werden, welche eine gute Entdeckungsleistung bei der Radarüberwachung zeigten.



Abb. 2: Proband bei der Bearbeitung des Vigilanztests nach Quatember und Maly.

Der Proband hat einen springenden Lichtpunkt entlang einer Kreisperipherie am Computer-Bildschirm zu beobachten. Immer dann, wenn der Lichtpunkt einen doppelt-weiten Sprung macht, hat der Proband rasch mit dem Drücken einer Taste zu reagieren. Es liegen drei verschiedene Testversionen vor, die sich im Aufbau, in der Gesamtdauer, der Anzahl der kritischen Reize, der Schrittdauer, der Anzahl der Teilzeiten, der Schritte und Sprünge unterscheiden. Die Testdauer bei Verdacht auf eine Einschränkungen der Vigilanz, z.B. bei schlafbezogenen Atmungsstörungen, sollten optimalerweise zwischen 60 und 90 min, minimal 30 min betragen. Eine Testdauer von 30 min oder weniger führt häufig zu einer starken Gewichtung motivationaler Effekte und damit zur Maskierung von Vigilanzeinschränkungen. Eine Normierung des Vigilanztests ist gegeben, allerdings nur eingeschränkt in der Version mit einer Testdauer von 66 Minuten. Die Beschreibung aller Normstichproben ist nicht befriedigend. Eine Version des Vigilanztests nach Quatember und Maly wurde von der Siesta Gruppe Wien gemeinsam mit der AG Vigilanz der DGSM an 200 Schlafgesunden normiert.

##### 4.3.2 Untertest „Vigilanz“ der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Zur Bearbeitung der Vigilanzaufgabe sitzt der Proband vor einem Bildschirm. Vier Aufgaben mit verschiedenen Reizen (optisch, akustisch, optisch/akustisch) stehen zur Verfü-

gung. Alle Verfahren können mit hoher oder niedriger Reizdichte durchgeführt werden. Die bei der Erfassung der Vigilanz insbesondere zu berücksichtigende Dauer der Untersuchung kann bis zu 60 Minuten variiert werden. Eine ausreichende Normierung mit guter Beschreibung der Normstichprobe liegt vor. Es stehen noch weitere Verfahren zur Erfassung der Vigilanz, wie z.B. der Vigimar der Marburger Arbeitsgruppe zur Verfügung.

#### 4.4 Diagnostische Verfahren zur Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit

Die selektive Aufmerksamkeit beinhaltet die Fähigkeit eines Individuums, aus der Summe aller auf das Individuum einströmenden Reize eine selektive Auswahl relevanter Reize zu treffen. Die Reize können unterschiedlichen Modalitäten entspringen. Nachfolgend werden beispielhaft die zwei am häufigsten in der Schlafmedizin verwandten computergestützten Verfahren vorgestellt. Sie werden auch in der Arbeitsmedizin und zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit häufig verwendet.

##### 4.4.1 Arbeitsleistungsserie „Pauli-Test“ Version 3.00 des Wiener Testsystems

Bei der Arbeitsleistungsserie des „Wiener Testsystems“ handelt es sich um ein computergestütztes Verfahren zur Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit. Die Probanden haben je nach Schwierigkeitsstufe unterschiedliche Rechenaufgaben zu lösen, je nach Testversion stehen ihnen 10 bis zu 20 min zur Verfügung. Der Test gilt als intelligenzunabhängig. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

##### 4.4.2 Go/NoGo der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Die selektive Aufmerksamkeit kann mit dem Subtest Go/Nogo der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) geprüft werden. Es werden zwei Durchführungsvarianten angeboten, wobei die 2. Variante speziell die selektive Aufmerksamkeit misst. 5 Quadrate mit unterschiedlichem Füllmuster werden auf einem Bildschirm dargeboten. Der Patient hat dann zu reagieren, wenn eines der 5 Quadrate mit den 2 vorgegebenen Quadraten, den kritischen Reizen, übereinstimmt. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

#### 4.5 Diagnostische Verfahren zur Erfassung der geteilten Aufmerksamkeit

Situationen, in denen geteilte Aufmerksamkeit gefordert wird, sind eher die Regel als die Ausnahme. Prüfbar ist die geteilte Aufmerksamkeit mittels sogenannter dual-task Aufgaben, bei denen Probanden gleichzeitig zwei Reizdarbietungen, z.T. unterschiedlicher Modalität beachten müssen. Nachfolgend werden beispielhaft zwei computergestützte Verfahren vorgestellt, welche sowohl in der Schlafmedizin aber auch in der Arbeitsmedizin und zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit häufig Anwendung finden.

##### 4.5.1 Test „Geteilte Aufmerksamkeit“ der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Der Proband sitzt vor einem Computerbildschirm und hat zu reagieren, wenn sich aus einer Reihe sich in ihrer Position rasch verändernder Kreuze ein Quadrat ergibt. Gleichzeitig wird als akustische Aufgabe die Überprüfung einer monotonen Tonabfolge gestellt. Es kann zwischen vier verschiedenen Reizfolgen gewählt werden, um u.a. Lerneffekte bei der Testwiederholung zu vermeiden. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

##### 4.5.2 Wiener Determinationsgerät

Das computergestützte „Wiener Determinationsgerät“ (Wiener Testsystem, WDG) bietet ein Verfahren zur Messung sensorisch-motorischer Funktionen im Wahlreaktionsverhalten. Optische Reize mit Lämpchen in fünf verschiedenen Farben sind durch Drücken ihnen zugeordneter Tasten zu beantworten. Das Aufleuchten zweier zusätzlicher weißer Lämpchen muss mit linkem und rechtem Fußpedal erwidert werden. Zwei akustische Reize, ein hoher und ein tiefer Ton, erfordern das Drücken einer jeweils eigenen Taste. Bis zu vier Reize können gleichzeitig angeboten werden. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

#### 4.6 Subjektive diagnostische Verfahren zur Beurteilung schlafritigsbezogener Einschränkungen

Selbstbeurteilungsverfahren werden zur qualitativen wie quantitativen Erfassung des subjektiven Leidensdruckes der Patienten mit schlafritigsbezogenen Störungen eingesetzt. In wissenschaftlichen Untersuchungen finden sich häufig nur geringe Beziehungen zwischen subjektiven und objektiven Maßen. Dies gilt insbesondere für den MSLT und den MWT, aber auch für neuropsychologische Untersuchungsverfahren. Hintergrund dürfte sein, dass subjektive Verfahren unsystematisch sowohl bei Schlafritigs als auch Müdigkeit zur Anwendung kommen. Weiterhin werden mit objektiven Verfahren in der Regel Aspekte der Schlafritigs erfasst, wohingegen subjektive Verfahren eher auf das subjektiv belastende Phänomen Schlafritigs in seiner Gesamtheit abzielen. Auch könnte die Abhängigkeit subjektiver Fragebogendaten von der Introspektionsfähigkeit der Patienten als weitere Ursache diskutiert werden.

Grundsätzlich sollten subjektive Angaben und Beschwerden auch bei unauffälligen objektiven Befunden nicht vernachlässigt werden, zumal einige in der Schlafritigsmedizin eingesetzte objektive Verfahren testtheoretischen Gütekriterien kaum genügen. Bei gutachterlichen Fragestellungen ist auch auf die Verfälschbarkeit der Ergebnisse (Simulation oder Dissimulation) bei Fragebogendaten zu achten.

Nachfolgend werden Fragebogenverfahren zur Erfassung der subjektiven Schlafritigs und ein Fragebogen zur differentialdiagnostischen Erfassung von Schlafritigs und Müdigkeit vorgestellt. Beide finden in der internationalen Schlafritigsmedizin verbreitete Anwendung.

#### 4.6.1 Die Stanford Sleepiness Scale

Die Stanford-Schläfrigkeitsskala (SSS) wird in der klinischen Routine und aber vor allem bei wissenschaftlichen Untersuchungen im Intra- oder Intergruppen-Vergleich eingesetzt. Patienten schätzen in regelmäßigen Zeitabständen, z.B. auch vor jeder Durchführung des MSLT, den Grad ihrer Wachheit anhand einer siebenstufigen Skala ein. Zur Erfassung des circadianen Verlaufs der subjektiven Schläfrigkeit wird die Bewertung von einer Stunde in 15 min Intervallen innerhalb von 3 h Blöcken über den Tag verteilt empfohlen.

Untersuchungen zur Sensitivität ergaben, dass bereits Bewertungen in 15 min Intervallen diskrete Veränderungen des Grades der Wachheit wiedergeben. Aus den Punktwerten für jedes Zeitintervall wird ein Summenwert gebildet. Validitätsprüfungen im eigentlichen Sinne sind dem Autor nicht bekannt. Der Test korreliert nur schwach mit der Einschlafzeit im MSLT. Aufgrund der fraglichen Validität des MSLTs dürfen derartige geringe Korrelationen jedoch nicht überbewertet werden.

Die SSS ist ein gutes, weit verbreitetes Fragebogenverfahren zur Erfassung des individuellen circadianen Verlaufs der subjektiven Tagesschläfrigkeit. Da aber immer noch eine Normierung aussteht, ist eine interindividuelle Bewertung der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich. Für den intraindividuellen Vergleich, zum Beispiel bei der Therapieevaluation, dürfte es ein gut geeignetes Verfahren darstellen.

#### 4.6.2 Die Epworth Sleepiness Scale

Die Epworth-Schläfrigkeitsskala (ESS) stellt ein einfaches Verfahren zur Quantifizierung der Einschlafneigung in Alltagssituationen dar. Aufgrund verhaltensnaher Fragen (Items) ist von einer ausreichenden interindividuellen Vergleichbarkeit auszugehen. Die Patienten werden nach der Wahrscheinlichkeit ihres Einschlafens in acht typischen Alltagssituationen befragt. Die Einzelergebnisse werden zu einem Gesamtwert zwischen 0 und 24 summiert. Die Ergebnisse müssen allerdings dann zurückhaltend interpretiert werden, wenn Patienten gewisse abgefragte Alltagssituationen gar nicht erleben, z.B. Theaterbesuche, Beifahrer im Auto etc., da die dann niedrigeren Werte der ESS das eigentliche Ausmaß der Störung verschleiern würden. Validitätsprüfungen und Normierungsstudien im eigentlichen Sinne liegen nicht vor. Aufgrund einiger klinischer Studien wird ein Punktwert größer als 10 als pathologisch betrachtet.

Bei der ESS handelt es sich um das am meisten verwendete und am besten akzeptierte Verfahren zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit und Einschlafneigung in monotonen Alltagssituationen. Es wird durch Angaben zur Wahrscheinlichkeit, in bestimmten Alltagssituationen einzuschlafen, operationalisiert. Summenwerte größer 10 gelten als pathologisch.

#### 4.6.3 Das Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST)

Bei dem LISST handelt es sich um ein faktoren- und clusteranalytisch entwickeltes Screening-Verfahren, welches nicht nur zur differentialdiagnostischen Erfassung von verschiedenen Schlafstörungen und deren Auswirkungen auf das Erleben und Verhalten am Tage eingesetzt werden kann, sondern auch zur Erfassung von Leistungseinschränkungen und Tagesschläfrigkeit am Tage.

Die Risikoabschätzung der pathologischen Tagesschläfrigkeit im Routineschlaflabor umfasst eine ausführliche Schläfrigkeitssanamnese mit besonderem Augenmerk auf Risikofaktoren in der Vergangenheit, ein Verfahren zur subjektiven Einschätzung der Tagesschläfrigkeit, z.B. ESS, und sowohl ein objektives Verfahren zur zentralnervösen Aktivierung, z.B. MWT oder PST, als auch ein Verfahren zur Überprüfung der Vigilanz mit einer Testdauer von mindestens 30 min. Dabei ist zu beachten, dass die beiden Verfahren zur zentralnervösen Aktivierung und zur Vigilanz nach Möglichkeit zu zwei Tageszeitpunkten (Vormittag: Leistungshoch, Nachmittag: Leistungstief) Anwendung finden sollten.

#### Literatur

American Academy of Sleep Medicine Hrsg (2008): Das AASM-Manual zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen: Regeln, Technologie und technische Spezifikationen, Steinkopff-Verlag, Heidelberg.

Weeß, H.G.; Sauter, C.; Geisler, P.; Böhning, W.; Wilhelm, B.; Rotte, M.; Gesele, C.; Schneider, C.; Schulz, H.; Lund, R.; Steinberg, R.: Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit – Diagnostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien. *Somnologie* 4 (2000), 20-38.

Kryger, M.H.; Roth, T.; Dement, W.C. (2005): *Principles and Practice of Sleep Medicine* (4th ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders.

Kushida, C.A.; Littner, M.R.; Morgenthaler, T.M. et al. (2005): „Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: An update for 2005“. *Sleep* 28: 499-519.

Portable Monitoring Task Force of the American Academy of Sleep Medicine: Nancy A. Collop (Chair); W. McDowell Anderson; Brian Boehlecke; David Claman; Rochelle Goldberg; Daniel J. Gottlieb; David Hudgel; Michael Sateia; Richard Schwab (2007). *Clinical Guidelines for the Use of Unattended Portable Monitors in the Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea in Adult Patients*. *JCSM Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3, 7, 737-747.

# **Sitzung 3**

## **Möglichkeiten der Prävention schlafbedingter Verkehrsunfälle**

### **Prävention schlafbedingter Verkehrsunfälle in Deutschland – Welchen Beitrag kann die Pupillographie leisten?**

*Barbara Wilhelm*

Angesichts der großen Rolle, die Sekundenschlaf und Tagesschläfrigkeit am Steuer als Unfallursache spielt, kommt der Prävention derartiger Unfälle große Bedeutung zu. Um tatsächlich wirksam zu werden, muss eine solche Prävention mehrgleisig erfolgen. Hierbei geht es um Maßnahmen zur Früherkennung krankheitsbedingter Tagesschläfrigkeit im Rahmen der Untersuchungen nach der Fahrerlaubnisverordnung, um die Eigenverantwortung des Fahrers im richtigen Umgang mit Tagesschläfrigkeit, Maßnahmen der Automobilindustrie (Fahrerassistenzsysteme), Gestaltung von Fahrbahnen und Strecken, das Beachten günstiger Arbeitsbedingungen zur Verhinderung von Tagesschläfrigkeit, sowie um Möglichkeiten im Rahmen von polizeilichen Verkehrskontrollen im Berufskraftverkehr, Tagesschläfrigkeit zu erfassen.

Von all diesen genannten Ansatzpunkten kann die Pupillographie in zwei Bereichen sinnvoll eingesetzt werden: im Rahmen der Eignungsuntersuchung und bei Verkehrskontrollen.

#### **Pupillographie beim Screening**

Im Rahmen der Eignungsuntersuchung bietet der pupillographische Schläfrigkeitstest (PST, AMTech, Dossenheim)

die Möglichkeit, über die Anamneseerhebung und subjektive Befragung hinaus, auffällige Tagesschläfrigkeit zu detektieren. Die Machbarkeit des PST in diesem Zusammenhang ist durch langjährige klinische Anwendung und Referenzdaten sowie die Objektivität des Verfahrens gegeben. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass eine solche Früherkennung von auffälliger Tagesschläfrigkeit, die von den Betroffenen bei chronischen Erkrankungen oft nicht mehr wahrgenommen oder unterschätzt wird, bzw. bei der die Gefahr der Dissimulation im Rahmen einer Eignungsuntersuchung besteht, für den Betroffenen positive Konsequenzen hat. Sie kann dazu beitragen, dass unter anderem eine schlafbezogene Atmungsstörung mit erheblichem Risiko für Folgeerkrankungen frühzeitig erkannt und erfolgreich behandelt wird. Daraus resultiert für den Betroffenen eine höhere Lebensqualität und erhöhte Sicherheit sowohl für ihn selbst als auch für die anderen Verkehrsteilnehmer. Gerade bei den schlafbezogenen Atmungsstörungen steht im Zusammenhang mit der Fahreignung im Mittelpunkt die Frage, ob und in welchem Ausmaß erhöhte Tagesschläfrigkeit besteht. Diese Frage sollte auch unter einer laufenden Therapie mit nasaler Atemmaske und erfolgreicher Einstellung der Atmungsstörung objektiv geprüft werden. Nur dann besteht ausreichende Sicherheit, dass der betreffende Fahrer nicht in

der Fahrsituation Opfer seiner Tagesschläfrigkeit oder Sekundenschlaf werden kann. Bei persistierender Tagesschläfrigkeit unter erfolgreicher Atemmaskenbehandlung (etwa 10 – 20 % der Fälle) besteht die Möglichkeit, die Tagewachheit medikamentös zu unterstützen. Derzeit ist unter Federführung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und Hinzuziehung von Experten aus der Schlaforschung und Schlafmedizin ein neues Kapitel der Begutachtungsleitlinien mit dem Titel Tagesschläfrigkeit in Vorbereitung. Derzeit fehlen nämlich in den Begutachtungsleitlinien noch wichtige Hinweise über die Phänomenologie und Vorgehensweisen zur Abklärung von erhöhter Tagesschläfrigkeit.

Zwar bergen schlafbezogene Atmungsstörungen ein vielfach erhöhtes Unfallrisiko, jedoch sind Einschlafunfälle nur zu einem vermutlich geringen Teil durch Patienten mit manifesten Schlafstörungen verursacht, sondern mehrheitlich durch Gesunde unter entsprechender Überforderung, Schlafmangel oder Einbußen der Schlafqualität. Dies trifft in besonderem Maße für Berufskraftfahrer zu. Aus diesem Grunde ist es wünschenswert, dass die Polizei Möglichkeiten erhält, im Rahmen von Routineverkehrskontrollen auch den Fahrerzustand hinsichtlich Wachheit/Schläfrigkeit zu erfassen.

### Einsatz der Pupillographie bei Verkehrskontrollen

Eine positive Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (Heft M194, Evers und Auerbach) zeigte, dass in 19 % aller schweren Autobahnunfälle unter Einbeziehung mindestens eines LKW über 7 Tonnen Schläfrigkeit oder Einschlafen am Steuer die Ursache war. Von Schlaforschungsseite wurden seit 2001 wiederholt Feldstudien mit dem pupillographischen Schläfrigkeitstest durchgeführt, die in Form von Aufklärungskampagnen und Messungen auf freiwilliger Basis von Pkw- und Lkw-Fahrern an Autobahn-Raststätten stattfanden. Hierbei zeigte sich die Machbarkeit und Robustheit des PST unter Feldbedingungen, die auch aus Studien am Arbeitsplatz im Tunnelbau usw. bekannt ist. Die Identifikation extrem schläfriger Fahrer im Rahmen von Verkehrskontrollen beinhaltet ein bedeutsames Potential zur Prävention von Einschlafunfällen. Die Konsequenzen für den Betroffenen wären durchaus positiv besetzt. Durch eine einfache Gegenmaßnahme, den nachgewiesenermaßen wirksamen Kurzschlaf (10 – 15 min.) und ohne weitere Sanktionen kann ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der eigenen Sicherheit und der allgemeinen Verkehrssicherheit geleistet werden. Wünschenswert wären Pilotanwendungen in einzelnen Bundesländern nach vorheriger Schulung des polizeilichen Personals.

### Methode Pupillographischer Schläfrigkeitstest

Beim PST werden spontane Veränderungen des Pupillendurchmessers in Dunkelheit während einer Messzeit von 11 min. aufgezeichnet und Schwankungen des Durchmessers genauer analysiert. Aufgrund des engen Zusammenhangs mit den wachheitsfördernden noradrinergen Kerngebiet Locus coeruleus ist es möglich, anhand von spon-

tanen Pupillenoscillationen in Dunkelheit direkte Rückschlüsse auf den Wachheitszustand der untersuchten Person durchzuführen. Die Zielgröße der Messung ist der Pupillenunruheindex, PUI, für den eine umfangreiche Normierung vorliegt. Für die Messung beispielsweise am Arbeitsplatz oder auch im Rahmen von Verkehrskontrollen eignet sich am besten die mobile Version F2D des Testes, bei dem ein Infrarot-Videosystem in eine Messbrille integriert ist. Bei den o.g. Autobahnstudien wurde die Feldtauglichkeit für die Anwendung innerhalb von Fahrpausen unter Beweis gestellt. Auch nach vorherigem Koffein- oder Nikotin-Konsum und nicht völlig auszuschließenden Lärmereinflüssen, Anwesenheit von Kamerateams usw. wurde Tagesschläfrigkeit in einem erstaunlichen Prozentsatz der Messungen festgestellt. Immer wieder kam es trotz der anregenden Rahmenbedingungen zu unbewussten Einschlafereignissen der Betroffenen.

### Ergebnisse Autobahnstudien

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über verschiedene Autobahnstudien. Dabei liegen die zahlenmäßig größten Erfahrungen aus Oberösterreich vor, wo im Rahmen von Verkehrskontrollen – wenn auch auf freiwilliger Basis – pupillographische Messungen gesammelt wurden. Ebenfalls im Rahmen polizeilicher Verkehrskontrollen wurden 2008 an der Raststätte Sindelfinger Wald unter Federführung des Landesgesundheitsamtes Regierungspräsidium Stuttgart und Mitarbeit der Autobahnpolizei Lkw-Fahrer untersucht. Gerade diese beiden Studien zeigen, dass es auch unter Stress des Fahrers, der mit einer Verkehrskontrollsituation verbunden ist, möglich ist, extreme Schläfrigkeit zu detektieren. Die Fahrer wurden jeweils pupillographiert, während ihre Fahrtenschreiber und Fahrzeuge überprüft wurden, d.h. sie entsprechende Befürchtungen über den Ausgang der Kontrolle befürchten mussten, bzw. darüber im Unklaren waren.

### Definition justizabler Grenzwerte

Vor einer breitflächigen Anwendung des PST zur Erkennung von einschlaggefährdeten Berufsfahrern im Rahmen von Verkehrskontrollen ist die wissenschaftliche Untermauerung justiziabler Grenzwerte bzw. die Validierung des PST anhand der tatsächlichen Fahrleistung notwendig. Ein komplexes Studienkonzept mit mehreren Modulen wurde vom STZ eyetrial gemeinsam mit weiteren Forschungspartnern, allen voran dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Heidelberg, entwickelt und liegt vor. Bei einer entsprechenden finanziellen Förderung könnten auf diesem Wege in mehreren Schritten justiziable Grenzwerte für den pupillographischen Schläfrigkeitstest ermittelt werden. Jedoch könnten für solche aufwendigen Studien in der benötigten Zeitspanne Messungen auf freiwilliger Basis durchaus schon im Rahmen von Verkehrskontrollen stattfinden, so wie bei den bisherigen Anwendungen in Oberösterreich oder der Studie am Sindelfinger Wald. Bereits durch diese freiwillige Anwendung und das Empfehlen geeigneter Gegenmaßnahmen (Kurzschlaf, Koffein) könnte zeitnah ein wichtiger Beitrag zur Prävention von einschlagbedingten Unfällen geleistet werden.

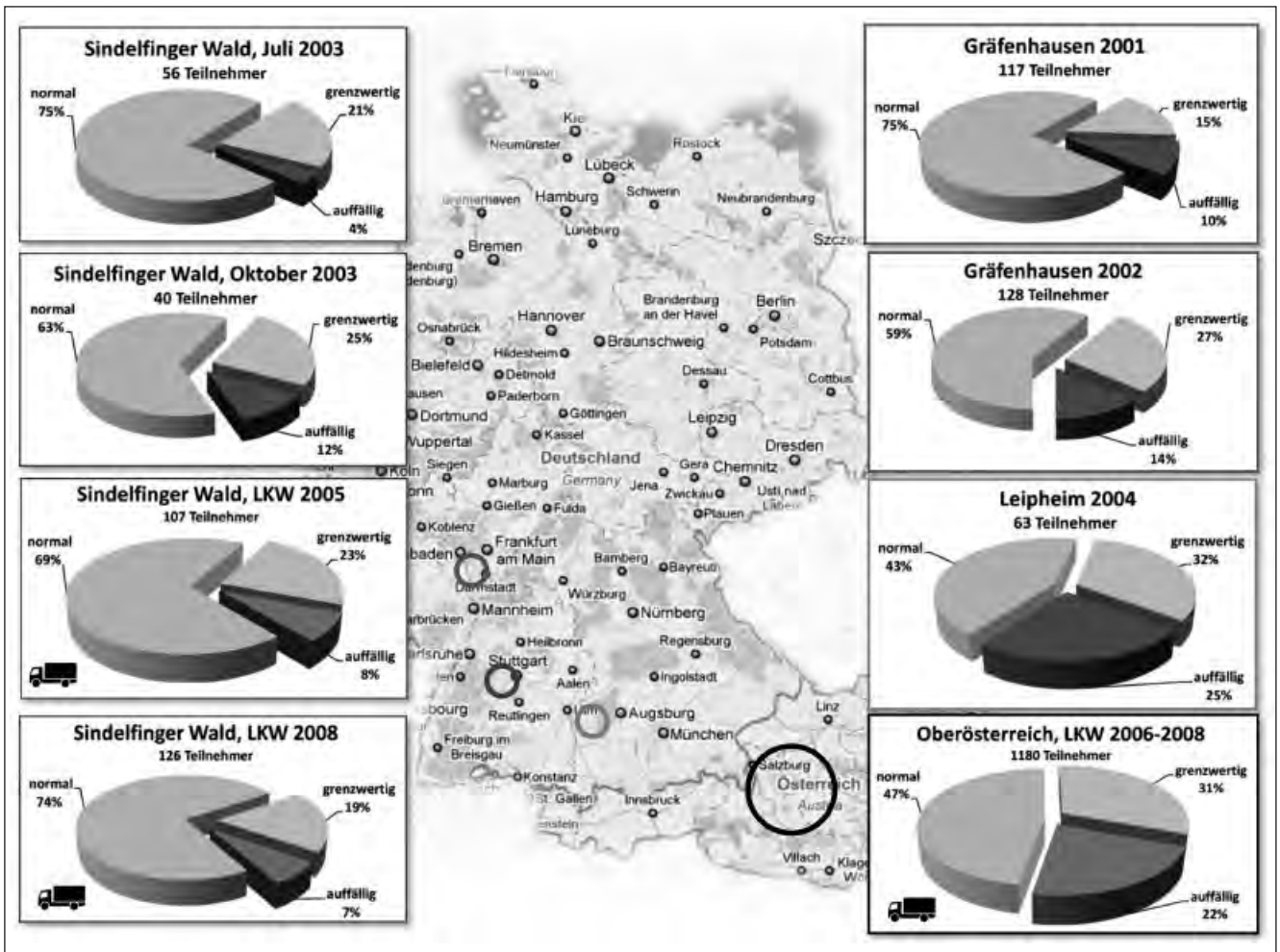


Abb. 1: Übersicht über bisherige Anwendungen/Studien an Autobahnen in Deutschland und Oberösterreich mit Klassifizierung der Messergebnisse anhand der vorliegenden Normwerte

### Fazit

Schlafmüdigkeitsmessungen mit der Pupillographie können sinnvoll eingesetzt werden bei der Untersuchung der Fahreignung und Verkehrskontrollen. Weitere Studien zur Untermauerung der Validierung des PST hinsichtlich der Fahrleis-

tung und zur Definition justizabler Grenzwerte sind erforderlich und streben derzeit eine finanzielle Förderung an. Die Konsequenzen der Detektion von erhöhter Tagesschlafmüdigkeit wären sowohl im Rahmen der Untersuchung auf Fahreignung als auch bei Verkehrskontrollen für die Sicherheit und Lebensqualität der betroffenen Fahrer positiv besetzt.

# Die Gestaltung von Autobahnen im Spannungsfeld von Ablenkung und Monotonie

*Egon Stephan*

## Vorbemerkung

Dieser Beitrag ist ein Werkstattbericht aus einem laufenden interdisziplinären Forschungsprojekt. Der folgende Text enthält in zentralen Passagen Auszüge aus einem Gastbeitrag des Autors für den Geschäftsbericht Landesbetriebes Straßenbau NRW im Jahr 2009 (siehe Literaturverzeichnis) sowie aus dem nicht veröffentlichten Zwischenbericht zu diesem Projekt mit Forschungsstand 2009 (siehe Literaturverzeichnis). Auf eine Kennzeichnung der Eigenzitate wird wegen der besseren Lesbarkeit verzichtet.

## 1 Einführung: Zum Spannungsverhältnis zwischen sicherheitsgefährdenden und sicherheitsfördernden Aufmerksamkeitsreizen im Verkehrsraum

Das Führen eines Kraftfahrzeuges ist eine Arbeitsaufgabe wie andere auch. Alle Erkenntnisse der Arbeitswissenschaften und der Arbeitspsychologie, die zu Fragen von Belastung und Beanspruchung, Unterforderung und Überforderung, Aufmerksamkeit und Monotonie gewonnen wurden, gelten daher auch uneingeschränkt für das Führen von Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr. Bisher haben die Erkenntnisse der Verkehrspsychologie, der Arbeitspsychologie und der Arbeitswissenschaften im Allgemeinen in Verkehrsplanung und Straßenbau zu wenig Eingang gefunden.

Dabei haben aus technischer Perspektive Verkehrsplanung und Straßenbau in der Bundesrepublik zweifelsohne ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht. Insbesondere die Bundesautobahnen sind hinsichtlich ihrer technischen Funktionalität so optimiert, dass auch ein hohes Verkehrsaufkommen weitgehend reibungslos und sicher bewältigt werden kann. Dennoch haben sich aus der Sicht selbstkritischer Verkehrsplaner und Straßenbauer in den letzten Jahren zunehmend Zweifel ergeben, ob die erreichte hohe technische Funktionalität bereits das Optimum für die Verkehrssicherheit darstellt.

Insbesondere die Prämisse, je weniger ablenkende Reize für den Fahrer im Verkehrsraum sichtbar sind, desto konzentrierter wird sich der Fahrer um seine Fahraufgabe kümmern, wird zunehmend hinterfragt.

Die Prämisse von der bisher implizit in Verkehrsplanung und Straßenbau ausgegangen wurde, lässt sich durch die folgende, auf den ersten Blick sehr schlüssige Gleichung zusammenfassen:

- je einfacher die Verkehrsführung und
  - je weniger ablenkende Reize
- = desto mehr Verkehrssicherheit

Bei Annahme der Gültigkeit dieser Gleichung ergibt sich, dass Verkehrsführung und Verkehrsraumgestaltung dann im Interesse der Verkehrssicherheit als optimal gelungen angesehen werden können, wenn der Fahrzeugführer für die Bewältigung der eigentlichen Lenkaufgabe sehr wenig Aufmerksamkeit benötigt und wenn zugleich, so weit wie überhaupt nur möglich, verhindert wird, dass er im Verkehrsraum mit für seine Fahraufgabe irrelevanten Reizen konfrontiert wird. Die Annahme, dass der Fahrer bei besonders einfacher Lenkaufgabe und besonders geringer Ablenkung besonders viel Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitungskapazität für die Verkehrssicherheit zur Verfügung stellt, ist jedoch aus zwei sehr essenziellen Gründen eine Fiktion! Der erste essenzielle Grund besteht darin, dass die Verkehrsteilnehmer eben nicht nur durch Reize, die der Außenwelt entstammen, sondern mindestens ebenso sehr durch Reize, die aus der Innenwelt stammen (also durch Gedanken und Gefühle), abgelenkt werden können und auch tatsächlich abgelenkt werden (vgl. hierzu u. a. Rabe, Gericke und Trimpop, 2006 sowie Gericke, Rabe und Trimpop, 2008). Je reizärmer die Außenwelt ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich der Verkehrsteilnehmer den aus seiner Innenwelt stammenden Reizen zuwendet und dabei so effektiv abgelenkt wird, dass er das Verkehrsgeschehen zeitweise gar nicht mehr bewusst wahrnimmt. Die Gewährleistung eines „reizarmen“ Verkehrsraumes bietet also keineswegs nur Vorteile für die Verkehrssicherheit! Das schiere Gegenteil kann eintreten. Verschärft werden die aus dem reizarmen Verkehrsraum resultierenden Gefahren für die Verkehrssicherheit aber auch noch durch einen zweiten für die Verkehrssicherheit ebenso ausschlaggebenden Faktor: Die Leistungsfähigkeit bezüglich Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitungskapazität variiert nicht nur erheblich zwischen Menschen, sie variiert darüber hinaus auch bei dem einzelnen Menschen je nach aktueller Aktivierung des Individuums sehr stark. Der Begriff „Aktivierung“ ist hier gleichbedeutend mit der Energie, die eine Person mobilisiert bzw. bereit hält um die aktuell an sie gestellten Aufgaben zu bearbeiten. So kann die verstärkte Aktivierung durch zusätzliche stimulierende Reize durchaus dazu führen, dass bei den Verkehrsteilnehmern eine aktuell erhöhte Informationsver-



beitungskapazität zur Verfügung steht und so im Ergebnis – trotz ablenkender Wahrnehmungsreize – paradoxerweise überraschend auftretende schwierige Verkehrssituationen besser bewältigt werden können.

Hinzu kommt eine weitere Gefahrenquelle, die aus einem reizarmen Verkehrsraum resultiert:

Eine reizarme, monotone Gestaltung des Verkehrsraumes wird regelmäßig bei einem erheblichen Teil der Verkehrsteilnehmer monotoniebedingter Schläfrigkeit auslösen (Krüger & Hargutt, 2005). Hieraus ergeben sich offenkundig erhebliche Nachteile für die Verkehrssicherheit (Ingre et al. 2006).

Aber selbst wenn keine Schläfrigkeit eintritt, kommt es häufig zumindest zu geistiger Abwesenheit. Nahezu jeder routinierte Autofahrer kennt die Erfahrung, dass er auf der Autobahn schon erhebliche Distanzen zurückgelegt hat, ohne sich hinterher an die gefahrene Strecke oder an sein eigenes Fahrverhalten erinnern zu können.

Die Erwartung, dass der Kraftfahrer der Fahraufgabe selbst um so mehr Aufmerksamkeit und Konzentration widmen wird, je weniger er durch die Fahraufgabe gefordert und durch die Gestaltung des Verkehrsraumes abgelenkt ist, geht an der Alltagserfahrung also ebenso vorbei, wie am psychologisch gesicherten Kenntnisstand über menschliches Erleben und Verhalten, wie durch zwei kontrastierende Szenarien beispielhaft demonstriert werden kann:

### Szenario A

**Faktor 1:** einfache Straßenführung (gerader BAB-Abchnitt), wenig Verkehr, reizarmer Verkehrsraum

**Faktor 2:** Der durch die Fahraufgabe wenig beanspruchte Fahrer wendet sich seiner Innenwelt zu, er erinnert sich an den letzten, sehr entspannenden Urlaub und die angenehmen Erinnerungen lenken ihn nicht nur ab, sie führen auch noch zu einem erheblichen Absinken seines Aktivationsniveaus.

Die Folge für die Verkehrssicherheit ist ein unaufmerksamer, sehr entspannter Fahrer, der auf eine plötzliche Gefahrensituation nur deutlich verzögert reagieren kann.

Innerhalb desselben Szenarios ist aber auch noch eine Variante zu Faktor 2 häufig anzutreffen: Der durch die Fahraufgabe wenig beanspruchte Fahrer denkt an einen kurz zurückliegenden Streit, bei dem er sich völlig zu Unrecht angegriffen sah. Die Erinnerung an die Streitszene ist so lebhaft, dass er zwar hoch aktiviert ist, aber auch mit seinen gesamten Gedanken und seiner gesamten Aufmerksamkeit in dem Streitgespräch und nicht im Straßenverkehr ist.

Die Folge für die Verkehrssicherheit ist ein zwar hoch aktivierter Fahrer, der eigentlich günstige Voraussetzungen hätte, um auf eine plötzliche Gefahrensituation schnell zu reagieren, aber die Gedanken, die ihn so stark aktiviert

haben, halten ihn im virtuellen Streitgespräch fest. So ist es sehr fraglich, ob er eine gefährliche Entwicklung auf der Straße schnell genug wahrnimmt.

### Szenario B

**Faktor 1:** Der Fahrer nähert sich einem BAB-Kreuz, an dem er die Autobahn wechseln muss. Er weiß, dass er sich besonders konzentrieren muss, weil bei diesem Autobahnkreuz noch eine weitere Ausfahrt ausgeschildert ist – hier hat er sich schon einmal verfahren. Der Fahrer hat erhebliche Mühe sich visuell zu orientieren.

**Faktor 2:** Eine Zuwendung zu inneren Prozessen ist aufgrund der hohen Außenanforderungen nicht gegeben.

Unter diesen Bedingungen ist der Fahrer hoch aktiviert, seine gesamte Aufmerksamkeit ist der Außenwelt zugewandt. Falls sich in dieser Situation ein anderer Verkehrsteilnehmer falsch verhält, ist dieser Fahrer – obwohl ihn die Straßenführung selbst schon stark beansprucht – weit besser in der Lage schnell und richtig mit einem Fahrmanöver zu reagieren als unter den Bedingungen des Szenarios A.

Zusammenfassend ist festzustellen: Die Prämisse, dass der Fahrer die gesamte, ihm zur Verfügung stehende, Kapazität uneingeschränkt und vollständig für die Informationsverarbeitung, für die Fahrzeugsteuerung sowie für die Beobachtung des rollenden Verkehrs und seine dabei notwendigen Reaktionen auf das Verhalten der übrigen Verkehrsteilnehmer bereitstellt, ist in der Regel unzutreffend. Damit ist aber auch die Prämisse „wenig Ablenkung ergibt viel Sicherheit“ aus arbeits- und verkehrspsychologischer Sicht offenkundig unzutreffend.

Zwar wurden von Seiten der Arbeitspsychologie schon seit Jahrzehnten und in der Verkehrspsychologie schon seit einer ganzen Reihe von Jahren die vorgenannten Fragen diskutiert sowie Überlegungen und Modelle zu einer menschengerechten Gestaltung des Verkehrsraumes vorgestellt (Vergleiche hierzu u.a. Kastner, 1985, Schlag, 2003, Echterhoff, Kroj & Schneider 2009). Bisher sind die praktischen Auswirkungen dieser Beiträge der Verkehrspsychologie auf Verkehrsplanung und Straßenbau aber noch eher unbefriedigend geblieben. Es bedarf daher weiterer Anstrengungen die Kooperation zwischen den Verkehrsplanern, Straßenbauern und Verkehrspsychologen zu intensivieren.

In dem vorliegenden Beitrag wird über ein, noch nicht abgeschlossenes, interdisziplinäres Projekt berichtet an dem Verkehrspsychologie einerseits sowie Verkehrsplanung und Straßenbau andererseits beteiligt sind. Durch dieses Projekt soll ein Beitrag zu einer menschengerechteren Gestaltung des Verkehrsraumes von Bundesautobahnen auf der Basis empirisch abgesicherter Erkenntnisse geleistet werden.

Beteiligt sind an dem Projekt

- das Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

- der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen
- die Universität zu Köln
- die Obergutachterstelle des Landes Nordrhein-Westfalen zur Beurteilung der Kraftfahreignung.

## 2 Fragestellung

Bei der Auseinandersetzung mit der Frage ob durch ablenkende Reize unter bestimmten Bedingungen monotoniebedingte Schläfrigkeit vermieden und durch wohldosierte Ablenkung die Verkehrssicherheit nicht gemindert sondern sogar erhöht werden kann, bedarf es der objektiven Messung der Auswirkungen konkreter Reizkonstellationen im Straßenverkehr auf den Fahrer. Dies ist zwingend erforderlich, weil es von zentraler Bedeutung ist, dass das bisher erreichte hohe Maß an Verkehrssicherheit auf den Bundesautobahnen durch vorzuschlagende Änderungen in der Gestaltung des Verkehrsraumes nicht gefährdet sondern gesteigert wird. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass zu viel Ablenkung von der Fahraufgabe für die Verkehrssicherheit ebenso gefährlich ist wie zu wenig. Für eine angemessene Problemlösung im Interesse der Verkehrssicherheit sollte es vor diesem Hintergrund das Ziel sein, einen goldenen Mittelweg zwischen einer die Verkehrssicherheit gefährdenden Reizüberflutung einerseits und einer die Verkehrssicherheit ebenso gefährdenden Reizarmut zu finden.

Auf dem Weg zu diesem Ziel ist Forschungsgegenstand des hier präsentierten Projektes die Frage, ob es möglich ist ein objektives empirisches Messinstrument zu entwickeln, das es erlaubt, konkrete Autobahnabschnitte mit den dort jeweils gegebenen Reizkonstellationen und der dadurch ausgelösten Beanspruchung für die Informationsverarbeitungskapazität des Fahrers objektiv und valide zu messen. Gelingt dies, so kann eine empirische Basis gewonnen werden um zu bestimmen, auf welchen Autobahnabschnitten monotoniebedingte Schläfrigkeit droht und deshalb die Aufmerksamkeit weckende und damit den Fahrer aktivierende Reize implementiert werden sollten. Im Umkehrschluss gilt, dass es ein solches Messinstrument auch ermöglichen sollte, Autobahnabschnitte zu identifizieren, auf denen die Beanspruchung der Fahrer so hoch ist, dass die zusätzliche Implementation von für die Verkehrsführung unnötigen Reizen kontraindiziert ist. In einer zweiten Forschungsstufe ist empirisch zu überprüfen, ob Änderungen im Verkehrsraum (Baumaßnahmen auf der BAB 42) auf empirisch identifizierten Autobahnabschnitten die Monotoniebedingungen tatsächlich in der erhofften Richtung und in dem erhofften Umfang reduziert haben und ob dadurch die Verkehrssicherheit erhöht wurde.

## 3 Empirische Untersuchung

### 3.1 Theoretischer Hintergrund: Differenzierung zwischen Belastung und Beanspruchung sowie Zusammenhänge zwischen Monotonie, Aufmerksamkeit und Leistungsgüte

Traditionell wird in der Arbeitspsychologie zwischen (objektiv gegebener und messbarer) Belastung und (subjektiv

von dem betreffenden Mitarbeiter erlebter) Beanspruchung unterschieden. Definitionsgemäß wird bei der Abgrenzung von Belastung gegen Beanspruchung die Belastung als eine objektiv wirksame Größe aufgefasst; in vielen Arbeitssituationen kann daher das Ausmaß der Belastung als physikalisch definierte Größe exakt bestimmt werden, unabhängig davon wie der Mensch das Einwirken dieser Größe auf sich selbst subjektiv erlebt. Unter Beanspruchung wird dagegen das verstanden, was vom Menschen als Auswirkung dieser objektiven Belastung subjektiv erlebt wird (Rohmert & Rutenfranz, 1975).

So mag ein Kraftfahrzeuglenker ein ironisches Streitgespräch, das er parallel zum Lenken seines Kraftfahrzeuges mit einem Beifahrer führt, als eine (subjektiv) angenehme – also nicht belastende – Beanspruchung erleben, obwohl dieses Gespräch zusätzlich zur Lenkaufgabe objektiv betrachtet eine zusätzliche Belastung des Fahrers darstellt. Für einen anderen Kraftfahrzeuglenker kann jedoch die objektiv gleiche Belastung durch das Lenken eines Kraftfahrzeuges und ein parallel dazu geführtes ironisches Wortgefecht subjektiv als eine sehr hohe und deshalb unangenehme Beanspruchung erlebt werden.

Ein in diesem Kontext wichtiges Modell ist das „Person-Environment-Fit“-Modell (P-E-Fit; vgl. Abb. 1), von Edwards, Caplan & Harrison (2000; zit. n. Semmer & Udris, 2004). Dieses Modell berücksichtigt nicht nur die Anforderungen, welche die Leistungssituation an den Menschen stellt, sondern auch die Anforderungen/Ansprüche, die der Mensch an die Leistungssituation stellt; dabei steht die Übereinstimmung zwischen Person und Umwelt im Vordergrund. Gemäß dem Modell führt eine Nicht-Übereinstimmung zwischen den Anforderungen der Umwelt und den Fähigkeiten der Person (abilities-demands-misfit) und/oder zwischen den Angeboten der Umwelt und den Bedürfnissen der Person (needs-supplies-misfit) zu physiologischen Stressreaktionen, Arbeitsunzufriedenheit und negativem Befinden bis hin zur Depression. Es gibt unterschiedliche Annahmen bezüglich möglicher „Fehlpassungen“, welche die Beziehung zwischen einem Mangel an Person(P)-Umwelt(E)-Übereinstimmung und Stress als Folge dieser mangelnden Übereinstimmung weiter präzisieren (vgl. Abbildung 1).

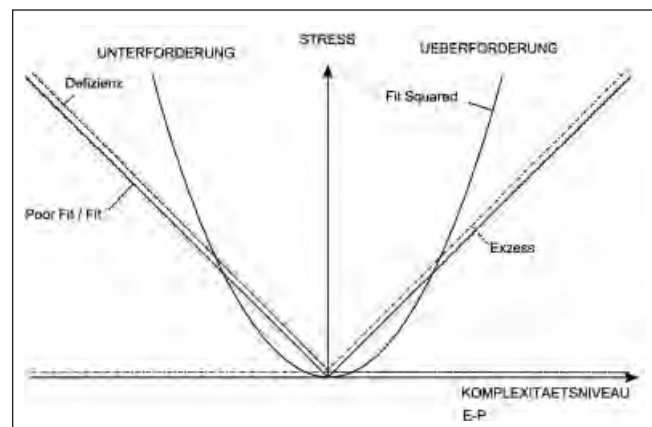


Abb. 1: Hypothesen verschiedener Modelle zu Konsequenzen von Person-Umwelt-Fehlpassungen

Studien zur Überprüfung von verschiedenen Fit-Modellen (zu weiteren Quellennachweisen vergleiche Rosenstiel, 2007; Wiendieck, 1994) zeigten, dass Stressreaktionen dann am geringsten ausfallen, wenn E und P geringfügig differieren. Bei niedriger gewünschter und tatsächlicher Arbeitskomplexität waren die allgemeine Arbeitsunzufriedenheit, die Unzufriedenheit mit dem Arbeitsinhalt und die Niedergeschlagenheit am geringsten, wenn die Anforderungen ein bisschen höher waren als gewünscht. Bei hoher erwünschter sowie tatsächlich gegebener hoher Arbeitskomplexität zeigte sich hingegen, dass die negativen Reaktionen dann am geringsten ausfielen, wenn die Anforderungen geringfügig unter dem erwünschten hohen Niveau lagen. Aus dem hier vorgestellten Modell ergibt sich, dass es grundsätzlich erstrebenswert ist, unter Leistungsbedingungen eine optimale Passung zwischen den Leistungsvoraussetzungen des Einzelnen und den durch die jeweilige Arbeitsaufgabe an ihn gestellten Leistungsanforderungen herzustellen. Optimal ist die Passung dann, wenn die Anforderungen so hoch sind, dass sie ohne übergroße Anstrengung gerade noch erfüllt werden können.

Besonders interessant für Verkehrsplanung und Straßenbau erscheinen die arbeitspsychologischen Erkenntnisse über die Auswirkungen des Monotonie-Erlebens bei der Bewältigung von Arbeitsaufgaben. Monotonie entsteht, so weiß man aus der Arbeits- und Organisationspsychologie, wenn Menschen sich von einer Aufgabe, die sie nicht in ausreichendem Maße fordert, nicht lösen können. Aufmerksam bleibt ein Autofahrer nur in einem die Aufmerksamkeit immer wieder fordernden Verkehrsraum. „Demgegenüber ist der Monotoniezustand eine Folge einförmiger Arbeit, ein Zustand der Deaktivierung, also herabgesetzter Aktivität als spezifische Folge einer ständig erforderlichen Zuwendung zur Aufgabe bei eingegengtem Beachtungsumfang.“ (Bartenwerfer, 1960, zit. n. Richter & Hacker, 1997).

Richter und Hacker erläutern den Monotonie-Zustand in gleicher Weise:

„Die Aufgabenerfüllung erlaubt einerseits kein vollständiges Lösen von der Tätigkeit, gewährt andererseits aber zugleich keine ausreichenden Möglichkeiten zur sachbezogenen gedanklichen Auseinandersetzung mit der Tätigkeit selbst.“ (Richter & Hacker 1997). Richter und Hacker (1997) heben zugleich hervor, dass Monotonie-Zustände auch Überforderungen sind, die allerdings durch Unterforderung entstehen.

Folgen des Monotoniezustandes sind:

Ein Absinken der Wachheit, das keine Folge von Ermüdung ist, Zustände des Dösens und der nachlassenden Aktivierung (objektivierbar an Veränderungen der EEG-Aktivität in Richtung einer Deaktivierung, (Schmidt 2010)). Dabei werden ohnehin gegebene Schwankungen in der Arbeitskurve durch Monotonie-Zustände noch verstärkt. Die durchschnittliche Leistung wird im Monotonie-Zustand geringer und die Fehlerhäufigkeit steigt. Regelmäßig wird eine Verlängerung der Reaktionszeiten sowohl auf Signale aus der jeweiligen Tätigkeit wie auch auf Zusatzreize festgestellt.

Ferner finden sich im Monotonie-Zustand am häufigsten gesteigerter Lidschluss, Verlangsamung der Grobmotorik und ein Erschlaffen der gesamten Körperhaltung. (vgl. hierzu Richter & Hacker (1997)) Die Leistungsfähigkeit von Menschen sinkt also besonders stark unter Monotonie-Bedingungen und gleichzeitig sind Menschen in entsprechenden Situationen besonders beansprucht.

Es liegt auf der Hand, dass beispielsweise das schnelle Fahren auf einer eintönigen Autobahn die durch vorgenannte Zitate skizzierten Monotonie-Bedingungen sehr exakt erfüllt. Übertragen auf den Verkehr bedeutet dies also, dass für einen Verkehrsteilnehmer auf der subjektiven Ebene durch eine (objektiv) allzu geringe Belastung ebenso wie durch eine (objektiv) allzu große Belastung eine ähnlich hohe unangenehme (subjektive) Beanspruchung ausgelöst werden kann.

### 3.2 Untersuchungsinstrumente und Untersuchungsablauf

#### 3.2.1 Kurzer Überblick zu den eingesetzten Untersuchungsverfahren und der Stichprobe

Aus Raumgründen wird an dieser Stelle nur ein sehr knapper Überblick zur empirischen Untersuchung gegeben:

Für die Teilnahme an der Untersuchung wurden über die regionalen Zeitungen und an den Kraftfahrzeug-Anmeldestellen der nahe gelegenen Verkehrsbehörden nach Zufall Freiwillige angeworben. Den Untersuchungsteilnehmerinnen und -teilnehmern an den Versuchsfahrten wurde als Gratifikation für die Teilnahme ein persönliches Gutachten über ihre bei der Versuchsfahrt erbrachten Leistungen zugesagt.

In die Untersuchung wurden jeweils circa 70 Streckenkilometer der BAB 31, BAB 57, BAB 4 und BAB 42 einbezogen, da diese Autobahnen sehr unterschiedliche Charakteristika hinsichtlich Verkehrsfluss, Streckenführung (in der Ebene und geradlinig, mit Steigungen und Gefälle sowie Kurven etc) aufweisen. Je einzelne Autobahn wurden etwas mehr als 50 Untersuchungsfahrten mit vorausgegangenem Interview zu dem zu befahrenden Autobahnabschnitt und zu Autobahnen im Allgemeinen durchgeführt. Ergänzend wurde zu den jeweiligen Autobahnabschnitten mit weiteren 50 Personen Interviews mit denselben Inhalten ohne Versuchsfahrt gemacht. Anzumerken ist, dass nur solche Teilnehmerinnen und Teilnehmer akzeptiert wurden, die eine hinreichend große Fahrpraxis und eine hinreichend gute Kenntnis der jeweiligen Autobahn bzw. des jeweiligen Autobahnabschnitts glaubhaft machen konnten. Von den mehr als 200 Versuchsfahrten waren 199 auswertbar. Dies bedeutet, dass Messungen bei Versuchsfahrten über insgesamt ca. 14.000 gefahrene Kilometer vorliegen. Ferner standen 413 Interviews für die Auswertung zur Verfügung. Bei den Versuchsfahrten wurde der bei der Versuchsfahrt jeweils gegebene Verkehrsfluss mit nach vorn gerichteter Videokamera registriert.

Dabei wurde jeder Streckenabschnitt von 50 Untersuchungsteilnehmerinnen und -teilnehmern bei paralleler

Lösung der Zweitaufgabe befahren. Eine Abweichung war bei der BAB 42 gegeben. Hier wurde zusätzlich, neben der Videoregistrierung nach vorne durch eine sehr leichte auf der Nase befestigte Kamera, das Blickverhalten durch eine auf die linke Pupille gerichtete Kamera festgehalten. Das hierfür notwendige aufwändige Messinstrumentarium (Dikablis) wurde dankenswerterweise von der Firma Ergoneers zur Verfügung gestellt. Bei dem eingesetzten System kann in der Auswertung per Software festgestellt werden, wohin innerhalb ihres Blickfeldes die Versuchspersonen zu einem jeweils gegebenen Zeitpunkt geschaut haben. Um festzustellen wann, wie oft und wohin die Versuchspersonen (auf die Autobahn vor sich oder auf Objekte an den Seitenrändern) geschaut haben, wurde bei der BAB 42 die Versuchsanordnung insoweit geändert, dass jeweils nur auf der Hälfte der Fahrstrecke die Zweitaufgabe (abwechselnd entweder auf der Hin- oder auf der Rückfahrt) zu bearbeiten war. Dies erschien sinnvoll, weil bei der Bearbeitung der Zweitaufgabe die Versuchspersonen zwangsläufig veranlasst sind, ihren Blick wechselweise auf die Fahrbahn und auf das Display der Zweitaufgabe, hinter dem Steuer – auf der Konsole – befestigt, zu richten. Unter dieser Bedingung bleibt kein Freiraum für das Schweifenlassen des Blicks auf die Seitenränder der Autobahn.

Als weiterer noch nicht realisierter Untersuchungsschritt ist vorgesehen – nachdem in der Zwischenzeit bauliche Maßnahmen an Brücken und den Seitenstreifen auf dem untersuchten Abschnitt der Bundesautobahn 42 vorgenommen worden sind – zu überprüfen, inwieweit die zwischenzeitlich vorgenommenen baulichen Veränderungen die Aufmerksamkeit beziehungsweise die Blicke der Untersuchungsteilnehmerinnen und -teilnehmer auf sich ziehen und wie sich dies auf ihre Informationsverarbeitungskapazität auswirkt.

### 3.2.2 Exkurs zum Kölner Verfahren zur vergleichenden Erfassung der kognitiven Beanspruchung im Straßenverkehr (K-VEBIS) als Instrument zur empirischen Messung des Aufmerksamkeits-Sicherheits-Index (A-S-I)

#### Zur Entwicklungsgeschichte und zur technischen Ausgestaltung des K-VEBIS (Stephan et al. 2000 a) und b))

Das Ziel bei der Entwicklung des K-VEBIS war es, ein portables Messinstrument verfügbar zu machen, mit dem sich in der realen Verkehrssituation unter verschiedenen Bedingungen Unterschiede in der Beanspruchung des Fahrers durch die Fahraufgabe objektiv erfassen und exakt messen lassen. Zur Messung des Anforderungsumfanges, ausgelöst durch das Führen des Kraftfahrzeuges im Straßenverkehr, wird im K-VEBIS auf das Doppelaufgabenparadigma zurückgegriffen. Dieses Verfahren besteht darin, dass neben der Hauptaufgabe, hier das Führen des Kraftfahrzeuges, zeitlich parallel eine Nebenaufgabe/Zweitaufgabe zu bearbeiten ist. Je weniger Kapazität des Fahrers durch das Bewältigen der Hauptaufgabe in Anspruch genommen wird, desto mehr Kapazität steht für die Bearbeitung der Zweitaufgabe zur Verfügung. Dieser Versuchsaufbau beruht theoretisch auf dem Modell der elementaren und

komplexen menschlichen Informationsverarbeitung (ME-KIV) nach Hussy (1993). Unter der empirisch und durch die Alltagserfahrung begründeten Annahme einer begrenzten Informationsverarbeitungskapazität soll der verbleibende Rest an Ressourcen, der nicht durch die Hauptaufgabe (in unserem Fall das Führen des Kraftfahrzeuges) in Anspruch genommen wird, in vollem Umfang durch das zeitlich parallele Bewältigen der Zweitaufgabe ausgeschöpft werden.

Vor diesem Hintergrund wurde das K-VEBIS ursprünglich im Rahmen eines Projektes der Forschungsvereinigung der Automobilindustrie (FAT) entwickelt um eine objektive und exakte Messmöglichkeit zur Erfassung der Auswirkungen von Fahrerassistenzsystemen auf die Verkehrssicherheit zu gewinnen.

Bei dem Projekt stand die Überlegung Pate, dass es durch die Fülle an Informationen, die dem Fahrer durch Assistenzsysteme zur Verfügung gestellt werden können, zu einer Reizüberflutung kommen kann, die die Verkehrssicherheit gefährdet; dabei ist insbesondere dann mit einer Gefährdung im Straßenverkehr zu rechnen, wenn sich parallel zur Überflutung durch Informationen überraschend eine kritische Verkehrssituation entwickelt. Ist zum Zeitpunkt einer solchen unvorhergesehenen, unfallträchtigen Entwicklung zeitlich parallel die Informationsverarbeitungskapazität des Fahrers durch die Verarbeitung der Informationen des Assistenzsystems schon vollständig ausgeschöpft, verbleibt keine Restkapazität zur Registrierung und damit auch zur Bewältigung der unerwarteten Gefahrensituation (vgl. Stephan et al. 2000 a und 2000 b).

Um messen zu können, ob dem Fahrer bei Nutzung der Fahrerassistenzsysteme mehr oder weniger freie Informationsverarbeitungskapazität für die Hauptaufgabe (Führen des Kraftfahrzeuges im Verkehr) verbleibt, sollte daher mit dem oben erläuterten Paradigma der Zweitaufgabe gearbeitet werden.

Die „intellektuellen“ Anforderungen durch die Zweitaufgabe, die vom Fahrer neben der Führung des Fahrzeuges zu bearbeiten ist, müssen extrem gering sein, denn es geht nicht um eine Messung der individuellen Intelligenz, sondern um das vollständige Ausschöpfen der Informationsverarbeitungskapazität des einzelnen Fahrers während der gesamten Messzeit. Dementsprechend wurde eine äußerst einfache Leistungsaufgabe entwickelt:

Die Zweitaufgabe wird auf einem kleinen Display präsentiert, auf dem sieben Leuchtdioden in symmetrischer Konstellation angebracht sind. Von diesen sieben Leuchtdioden leuchten jeweils drei Dioden, die entweder in gerader Linie angebracht sind oder ein Dreieck bilden. Bei „gerader Linie“ ist die eine Antworttaste zu drücken, bei „Dreieck“ die andere. Eine Messplattform (Varioport) misst das Antwortverhalten mit einer zeitlichen Auflösung von 128 Hz. Derartige am psychologischen Institut der Universität zu Köln entwickelte Messplattformen werden seit 20 Jahren für Forschungszwecke genutzt; sie wurden kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert. Das Varioport-System hat dementsprechend eine hohe Anwendungsreife erreicht.

Um die neben der Lenkaufgabe verbleibende Restkapazität in der Informationsverarbeitung exakt messen zu können reicht es aber nicht aus, die intellektuelle Anforderung durch die Aufgabe extrem gering zu halten, sondern es müssen noch zwei weitere Voraussetzungen gewährleistet werden:

- Zum einen muss das Beobachten/Kontrollieren des Displays – parallel zum Führen des Kraftfahrzeugs – besonders einfach sein, d.h. es darf kein Abwenden des Blicks von der Fahrbahn erforderlich sein.
- Zum andern darf der Fahrer auch nicht dadurch in Anspruch genommen werden, dass er auf einem Gerät die richtige Taste zum Beantworten suchen muss.

Diese beiden Anforderungen sind technisch folgendermaßen erfolgreich gelöst worden:

Das Display mit den Leuchtdioden wird auf der Konsole vor dem Fahrer, also zwischen Steuerrad und der Windschutzscheibe des Fahrzeuges, angebracht und mittels Saugnapf an der Scheibe befestigt. Durch diese Platzierung ist gewährleistet, dass der Fahrer das Display bei der Bewältigung seiner Fahraufgabe mühelos im Auge behalten kann, ohne die Verkehrssicherheit zu gefährden.

Ein Suchvorgang für das Finden der richtigen Taste zum Beantworten der jeweils gestellten Aufgabe entfällt, weil die zwei verschiedenen Antworttasten mit Klettverschlüssen am linken und am rechten Zeigefinger des Fahrers befestigt werden. Sobald der Fahrer sich jeweils entschieden hat, ob er die linke oder die rechte Taste zur Beantwortung der gerade präsentierten Aufgabe drücken muss, kann er die entsprechende Taste gegen das Steuerrad drücken und dadurch die Antwort geben. Auf diese Weise wird gleichzeitig auch das Loslassen des Lenkrads unnötig.

Sobald eine Aufgabe beantwortet ist, gibt die Messplattform die nächste Aufgabe vor. Durch das Tempo seines eigenen Antwortverhaltens gibt der Fahrer also vor, in welcher Geschwindigkeit ihm die jeweils nächste Aufgabe präsentiert wird bzw. wie viele Aufgaben ihm pro Zeiteinheit zur Bearbeitung präsentiert werden (self pacing). Richtige Antworten, Fehler und die Reaktionszeiten werden mit hoher Messgenauigkeit elektronisch erfasst und gespeichert. Auf diese Weise kann im Nachhinein eine sehr präzise Auswertung erfolgen. Es liegt auf der Hand, dass über dieses Verfahren zu jedem Zeitpunkt die, neben der Fahraufgabe gegebene, Restkapazität der Informationsverarbeitung des Fahrers voll ausgeschöpft bzw. gemessen werden kann.

### **Zu den Einsatzmöglichkeiten des K-VEBIS im Rahmen des vorliegenden Projektes**

Mit dem K-VEBIS können nicht nur die Auswirkungen von Fahrerassistenzsystemen sondern ebenso gut die Auswirkungen unterschiedlicher Verkehrsbedingungen (dichter Verkehr, Fahrten bei Nacht etc.) erfasst werden. Gerade wenn es um die Frage geht, ob durch zusätzlich in den

Verkehrsraum eingebrachte visuelle Reize, welche die Aufmerksamkeit des Fahrers auf sich ziehen, dessen Informationsverarbeitungskapazität in problematischem Umfang beansprucht wird, bietet das K-VEBIS eine valide und objektive Möglichkeit zur exakten Messung einer Über- oder Unterforderung der Kraftfahrzeugführer.

Hieraus ergibt sich die Nützlichkeit des K-VEBIS für die objektive Messung der Auswirkungen, welche die auf einem definierten Straßenabschnitt gegebenen Bedingungen auf die Informationsverarbeitungskapazität von Verkehrsteilnehmern haben. Darauf basiert in der Folge auch die Möglichkeit, die baulichen Veränderungen an den Seitenrändern der Autobahn hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit objektiv zu evaluieren. Dies ist jedenfalls dann möglich, wenn, wie in diesem Projekt geplant, umfangreiche Vorher- und Nachhermessungen durchgeführt werden.

Während es bei dem oben vorgestellten Projekt zur Wirkung von Assistenzsystemen um die Frage ging, ob der Fahrer durch die Informationen des Assistenzsystems überlastet oder entlastet wird, geht es in dem hier vorliegenden Projekt um die Frage, ob der Fahrer auf einem konkreten Straßenabschnitt jeweils unter- oder überfordert ist. Besonders wichtig ist es zu prüfen, ob die Straßenführung allzu „einfach“ ist, so dass sich aus der Unterforderung des Fahrers die nahe liegende Gefahr ergibt, dass er seinen Gedanken nachhängt bzw. im schlimmsten Fall sogar „döst“.

Durch das K-VEBIS-Instrumentarium kann die Informationsverarbeitungskapazität, die dem Fahrer neben der Lösung seiner Fahraufgabe verbleibt, nicht nur für jeden Zeitabschnitt, sondern per GPS-Logger auch für jeden Streckenabschnitt exakt bestimmt werden. Dabei gilt die Grundannahme: Je häufiger/effektiver pro definiertem Streckenabschnitt der Autobahn die Zweitaufgabe richtig bearbeitet wird, desto niedriger sind für den Fahrer die Anforderungen durch das Führen des Fahrzeuges auf diesem Abschnitt.

Die Präzision der Messergebnisse und die Interpretationsmöglichkeiten werden durch die zusätzlich eingesetzten Videoaufnahmen ergänzt. Selbstverständlich ist es sinnvoll und notwendig die Anforderungen des einzelnen Straßenabschnittes an die Informationsverarbeitungskapazität nicht nur bei einem einzelnen Fahrer festzustellen, sondern die durchschnittliche Leistung einer hinreichend großen Anzahl von Versuchspersonen – bezogen auf den jeweiligen Straßenabschnitt – zu errechnen.

Auf diese Weise können für jeden festgelegten Autobahnabschnitt – vorgesehen sind als kleinste Einheit Intervalle von jeweils 0,5 Kilometer – die (durchschnittlichen) Leistungsanforderungen an die Autofahrer errechnet werden. Im Hinblick auf den so „vermessenen“ Straßenabschnitt kann dann auch entschieden werden, ob an dem jeweiligen BAB-Streckenintervall ein zusätzlicher Stimulus, der die Aufmerksamkeit auf sich zieht, für die Verkehrssicherheit günstig oder gefährlich wirken dürfte.

## 4 Datenauswertung und Ergebnisse

### 4.1 Autobahn-Teilabschnitte als Untersuchungsobjekte und Aufmerksamkeit-Sicherheits-Index (A-S-I)

Bei dem hier vorgestellten Projekt geht es um die Beurteilung beziehungsweise messtechnische Erfassung von Streckenabschnitten auf Bundesautobahnen. Basis dieser messtechnischen Erfassung sind die Daten der beteiligten Versuchspersonen, die jeweils für den einzelnen Streckenabschnitt (in der kleinsten Einheit 0,5 km) summiert und gemittelt werden. Insoweit geht es also nicht um die Herausarbeitung der individuellen Leistung, der UntersuchungsteilnehmerInnen sondern um die durchschnittliche Leistung bezogen auf den jeweiligen Autobahn-Teilabschnitt.

Bei der Auswertung wird im Übrigen von der folgende Prämisse ausgegangen: Je länger die Fahrer im Durchschnitt brauchen um auf die Signale der Zweitaufgabe zu reagieren bzw. je weniger Aufgaben sie pro Zeiteinheit auf dem jeweiligen Streckenabschnitt korrekt bearbeiten, desto größer sind die Anforderungen zur Bewältigung der Fahraufgabe auf dem jeweiligen Streckenabschnitt und desto mehr spricht dafür, auf diesem Abschnitt der Autobahn auf keinen Fall zusätzliche ablenkende Reize auf den Seitenstreifen der Autobahn zu etablieren.

Analog gilt: Reagiert der Fahrer auf einer längeren Strecke durchgängig sehr schnell und meist richtig auf die Signale auf dem Display und bewältigt somit die Zweitaufgabe sehr oft erfolgreich/effizient, so sind die Anforderungen an den Fahrer auf dem entsprechenden Streckenabschnitt offenkundig sehr gering. Wird dies bei einem großen Teil der untersuchten Stichprobe beobachtet, folgt hieraus, dass zusätzliche, die Aufmerksamkeit des Fahrers weckende Reize in diesem Streckenabschnitt empfehlenswert sind um – indirekt – die Aufmerksamkeit für den Verkehrsraum zu aktivieren und präventiv monotoniebedingte Schläfrigkeit zu vermeiden.

### 4.2 Ergebnisse der vorläufigen Analyse zum Aufmerksamkeit-Sicherheits-Index

#### (A-S-I) und der weiteren K-VEBIS-Daten zu den vier Autobahnabschnitten

Der Aufmerksamkeit-Sicherheits-Index (A-S-I) wird aus den K-VEBIS-Daten bezogen auf die einzelnen Autobahn-Teilabschnitte (kleinster Teilabschnitt 0,5 km) berechnet. Der A-S-I ergibt sich aus den Mittelwerten aller Versuchsteilnehmer für den jeweiligen 0,5 km-Abschnitt. Für den A-S-I wird die durchschnittliche Gesamtanzahl der bei der Zweitaufgabe gegebenen richtigen Antworten, unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Fahrzeit durch diesen Abschnitt sowie unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Fehleranzahl beim Durchfahren berechnet. Beim gegenwärtigen Auswertungsstand steht bereits fest, dass eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den A-S-I-Werten und der Unfallhäufung auf bestimmten Autobahn-Teilabschnitten gefunden wurde. Dies kann als erster wichtiger – aber dennoch vorläufiger – Beleg für die Validität dieses neuen

Messverfahrens bzw. des A-S-I zur Beurteilung der Anforderungs- und Monotonie-Bedingungen der gemessenen Autobahn-Teilabschnitte angesehen werden.

In der folgenden Tabelle sind andere wichtige Kennwerte aufgeführt, die sich während der Versuchsfahrten aus der – parallel zur Führung des Kraftfahrzeuges – bearbeiteten Zweitaufgabe auf den untersuchten vier Autobahnabschnitten – im Durchschnitt bezogen auf die Gesamtstrecke des jeweiligen Autobahn-Gesamtabschnittes – ergeben haben. Es handelt sich hierbei, wie in diesem Bericht insbesondere in der Einleitung und der Methodenbeschreibung ausführlich dargestellt, um eine objektive Erfassung der, auf den einzelnen Autobahnabschnitten neben der Bewältigung der Fahraufgabe verbleibenden, Restkapazität für die Informationsverarbeitung. Die neben der Bewältigung der Fahraufgabe verbleibende freie Kapazität der Informationsverarbeitung ist ihrerseits der zentrale Faktor, um beurteilen zu können, ob die Nutzer auf bestimmten Autobahnabschnitten durch die Fahraufgabe unterfordert oder überfordert sind.

Vor diesem Hintergrund gibt es nur einen wenig differenzierten Überblick über die Möglichkeiten des hier vorgestellte Messverfahrens, da hier jeweils Gesamt-Kennwerte für die ganzen untersuchten Autobahnabschnitte (maximal wäre jeweils die Berücksichtigung von 60 Streckenkilometer möglich) der einzelnen Autobahnen (BAB 4, BAB 31 und die BAB 57) in die Berechnungen eingingen. Um eine zeitliche Standardisierung zu gewährleisten, wurden zur Berechnung der hier vorgestellten Werte jeweils nur die ersten 15 Minuten der Versuchsfahrten (und damit jeweils nur ein Teil des 60 Streckenkilometer) berücksichtigt.

Die hier vorgestellten Daten haben lediglich explorative Bedeutung, da es letztlich für die Anwendung des Verfahrens für den Straßenbau bzw die Gestaltung des Verkehrsraumes um präzise Aussagen zu kurzen Teilabschnitten etwa zwischen 0,5 und 2 Streckenkilometer gehen soll. Es erschien sinnvoll diese Daten hier vorzustellen, weil sie zeigen, dass mit den K-VEBIS-Daten relevante Gesamtcharakteristika längerer Autobahnabschnitte erfasst werden können.

Wie bereits auf der Basis der Befragung der Autobahn-Nutzer durch die subjektiven Daten, die auf Einschätzungen der Autobahnnutzer beruhen (hier nicht mitgeteilt), erwartet wurde, ergeben sich hinsichtlich der untersuchten Autobahnstrecken erhebliche Unterschiede. Referiert werden die Ergebnisse zu drei Variablen, in denen die vier Autobahnen beziehungsweise Autobahnabschnitte verglichen werden können:

- Der relative Anteil falsche Reaktionen an der Gesamtzahl der erfolgten Reaktionen (Fehler-Prozent),
- ferner die Anzahl von Reaktionen (gleichgültig ob richtig oder falsch) pro Minute sowie
- die Bearbeitungseffizienz, das heißt die Anzahl der richtigen Reaktionen weniger der Anzahl der falschen Reaktionen pro Minute.

In der Tabelle 1 sind die zentralen Werte zu den Abschnitten der vier untersuchten Autobahnen aufgeführt.

**Tabelle 1: Wichtige Kennwerte der verglichenen 4 Autobahnabschnitte**

	A 31	A 57	A 4	A 42
<b>Fehlerprozent</b>	1,4306 %	0,9879 %	0,9910 %	2,1900 %
<b>Reaktionshäufigkeit</b> (pro Minute)	25,92	23,65	24,91	25,76
<b>Bearbeitungseffizienz</b> (pro Minute)	25,10	23,00	24,04	17,93

Die BAB 31 schneidet mit einem Fehlerprozentwert, der fast 50 % über dem der BAB 57 und der BAB 4 liegt, vergleichsweise schlecht ab. Allerdings ist der entsprechende Wert der BAB 42 noch weit schlechter und liegt sogar mehr als doppelt so hoch, wie die entsprechenden Werte auf der BAB 57 und der BAB 4. Besonders wichtig ist die Bearbeitungseffizienz, das heißt die (statistisch korrigierte) Anzahl der richtigen Reaktionen pro Minute. Hier schneidet die BAB 31 am besten ab. Allerdings ist dieser Wert nur geringfügig besser als bei der BAB 57 und der BAB 4!

Zu berücksichtigen ist aber vor allem, dass bei der BAB 31 gleichzeitig auch der Fehler-Prozent-Wert fast um 50 % höher lag als bei BAB 57 und BAB 4. Auf der BAB 31 arbeiteten die UntersuchungsteilnehmerInnen also schnell aber gleichzeitig auch besonders fehlerhaft. Mit weitem Abstand am schlechtesten schneidet die BAB 42 ab. Der Fehler-Prozent-Wert liegt mehr als doppelt so hoch wie bei BAB 57 und BAB 4, gleichzeitig ist die – positiv zu bewertende – Bearbeitungseffizienz (Anzahl der richtigen Antworten) im Vergleich zu den anderen drei Autobahnen wesentlich schlechter. Beispielsweise lag der Wert richtige Antworten bei der BAB 4 rund 20 % höher als bei der BAB 42.

Bei der effektiv erreichten positive Leistung (Bearbeitungseffizienz) schneidet also die BAB 42 mit Abstand am schlechtesten ab. Die Untersuchungsteilnehmer auf der BAB 42 haben zwar schnell und damit auch häufig reagiert, sie haben dabei aber auch die größte Anzahl von Fehlreaktionen in Kauf genommen. Da es sich bei den Teilstichproben zu den vier Autobahnen jeweils (abgesehen von der BAB 42) um rund 50 Personen handelte, können die Unterschiede in den Ergebnissen nicht auf interindividuelle Unterschiede (zum Beispiel hinsichtlich der persönlichen Sorgfalt) der Untersuchungsteilnehmer in den verschiedenen Teilstichproben zurückgeführt werden. Dies ist darin begründet, dass sich bei 25 bis 50 Personen solche individuellen Variationen über die jeweilige Stichprobengröße ausgleichen.

Vor diesem Hintergrund ist also davon auszugehen, dass die Rahmenbedingungen auf der BAB 42 insgesamt gesehen und im Hinblick auf die Bearbeitung der Zweitaufgabe besonders ungünstig waren. Dies ergibt sich auch aus den im Folgenden dargestellten Grafiken. In diesem Zusammenhang ist auch noch zu berücksichtigen, dass sich bei

der BAB 31 gleichfalls Schwächen in der Bearbeitung bei der Zweitaufgabe zeigten! Dies dürfte aber auf unterschiedliche Ursachen zurückgehen:

Auf der BAB 31 waren die UntersuchungsteilnehmerInnen durch Monotonie-Bedingungen unterfordert; auf der BAB 42 waren die UntersuchungsteilnehmerInnen durch besonders großes Verkehrsaufkommen eher überfordert.

Zwar war die Bearbeitungs-Effizienz bei der BAB 31 am höchsten, dies wurde aber mit dem zweithöchsten Fehler-Prozent-Wert (nach der BAB 42) erkaufte. Vermutlich ist dies am ehesten so zu interpretieren: Auf der BAB 31 hatten die Untersuchungsteilnehmer reichlich Zeit zur Bearbeitung, weil sie durch Streckenführung und Verkehr außergewöhnlich wenig beansprucht waren. Auf der BAB 31 sind also die oben beim theoretischen Hintergrund beschriebenen ungünstigen Monotonie-Bedingungen in nahezu perfekter Ausformung gegeben:

Die Autobahn verläuft gerade, ohne Steigungen oder Senkungen, das Verkehrsaufkommen ist gering. Die Fahrzeuglenker sind nur äußerst geringen Anforderungen ausgesetzt. Ihr Aktivationsniveau ist niedrig. So konnten sie bei der Zweitaufgabe zwar viele richtige Antworten geben, wegen des geringen Aktivationsniveaus machten sie aber gleichzeitig auch besonders viele Fehler.

**Kurz gesagt dürften die vielen Fehler auf der BAB 31 einen empirischen Beleg für die negativen Auswirkungen der Unterforderung von Autofahrern durch Monotonie-Bedingungen auf deren Aufmerksamkeit und damit deren Leistungsfähigkeit darstellen.**

Im Vergleich hierzu waren die Rahmenbedingungen auf der BAB 57 und der BAB 4 offensichtlich günstiger. Auf der BAB 4 sind für die Verkehrsteilnehmer anregende Bedingungen gegeben (Höhenunterschiede, Kurven, abwechslungsreiche Landschaft, erhebliche, aber nicht zu hohe Verkehrsdichte), sodass die Verkehrsteilnehmer auf einem hohen positiven Aktivationsniveau sind und bleiben. Ausgehend von diesem hohen Aktivationsniveau bewältigen sie die Fahraufgabe und parallel dazu die Zweitaufgabe mit hoher Effizienz, bei weitgehender Vermeidung von Fehlern.

Bei der BAB 57 sind die äußeren Rahmenbedingungen (eher monotoner Verlauf der Straßenführung, wenig Abwechslung der Landschaft, keine Höhenunterschiede) nicht so günstig. Andererseits sind die Verkehrsteilnehmer auf der BAB 57 aber durch die große Verkehrsdichte dennoch auf einen günstigen – recht hohen – Aktivationsniveau. Das hohe Aktivationsniveau der Nutzer der BAB 57 ausgelöst durch ein hohes – aber eben nicht zu hohes – Verkehrsaufkommen dürfte letztlich die Ursache für die gute Bearbeitungseffizienz sein.

Bei BAB 4 und BAB 57 ist also letztlich eine besonders gute Passung zwischen der Aktivierung der Fahrer/innen und den bei der Fahraufgabe gegebenen Leistungsanforderungen gegeben.

## 5 Zusammenfassung

Planung und Bau von Autobahnen haben aus planerischer und technischer Perspektive in der Bundesrepublik ein außergewöhnlich hohes Sicherheitsniveau erreicht. Dennoch erscheinen weitere Verbesserungen möglich: Es wurde seit Jahrzehnten gemäß der Prämisse geplant und gebaut, dass die Fahrer dem fließenden Verkehr zu Gunsten der Verkehrssicherheit umso mehr Aufmerksamkeit widmen werden je weniger sie durch Straßenführung und die Gestaltung der Fahrbahnränder abgelenkt werden.

Bei kritischer Betrachtung erweist sich diese grundlegende Prämisse allerdings als Fiktion. Werden an die Fahrer durch Straßenführung und Steuerung des Kraftfahrzeuges nur sehr geringe Anforderungen gestellt und bietet die Gestaltung des Seitenstreifens der Fahrbahn keine die Aufmerksamkeit weckenden Reize, wird keineswegs für den fließenden Verkehr eine besonders hohe Aufmerksamkeit gesichert. Viel eher tritt das Gegenteil ein: Erleben von Monotonie und daraus resultierend Schläfrigkeit, Tagträumerei und „automatisches Fahren“. Auswirkungen, die die Verkehrssicherheit nicht fördern, sondern gefährden. Daher erscheint es notwendig die Auswirkungen der „traditionell“ – reizarmen – Gestaltung des Verkehrsraumes Autobahn und Seitenränder, ihre Vorteile und Risiken für die Verkehrssicherheit empirisch zu überprüfen.

In diesem Beitrag wird ein objektives Messverfahren vorgestellt, das in einem laufenden interdisziplinären Projekt erprobt wird. Dieses Messverfahren ermöglicht es durch eine Zweitaufgabe auf den jeweils überprüften Autobahnabschnitten festzustellen wie groß, die im überprüften Streckenabschnitt gegebenen Anforderungen an die Informationsverarbeitungskapazität des Fahrers sind.

Der aus der Messung resultierende Aufmerksamkeits-Sicherheits-Index (A-S-I) erlaubt empirisch fundierte Aussagen darüber an welchen Autobahnabschnitten durch das Etablieren von ablenkenden Reizen bei der Gestaltung der Autobahnseitenstreifen ein Sicherheitsgewinn durch die Vermeidung von Monotonie zu erwarten ist und in welchen Autobahnabschnitten solche zusätzlichen Reize wegen der Gefahr der Reizüberflutung kontraindiziert sind.

Die Umsetzung der Projektergebnisse in der Gestaltung der Seitenstreifen von Autobahnen ist am ehesten durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Verkehrsplanern, Straßenbauern und Verkehrspsychologen zu leisten.

Dieser Beitrag versucht einige Anregungen zu einer solchen interdisziplinären – empirisch fundierten – Zusammenarbeit zu bieten. Dabei ist einschränkend zu beachten, dass sich dieser Beitrag insbesondere auf Bundesautobahnen und baulich vergleichbar gestaltete Verkehrswege bezieht.

## 6 Ausblick

Fasst man die in diesem Bericht referierten Ergebnisse für einen Ausblick zusammen, so sind die folgenden Eckpunk-

te hervorzuheben:

Sowohl auf der Ebene der subjektiven Bewertung durch die Autobahnnutzer wie auf der Basis der objektiven Leistungsmessung ergeben sich sehr große Unterschiede zwischen den untersuchten vier Autobahnen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine besonders große Leistungsfähigkeit der Kraftfahrzeugführer – und damit günstige Bedingungen für die Verkehrssicherheit – durch hohe Aktivierung dann gegeben ist, wenn die Kraftfahrzeugführer stark gefordert werden, ohne überfordert zu sein. Hieraus kann abgeleitet werden, dass es der Verkehrssicherheit dienen kann, wenn an der richtigen Stelle zusätzliche Anreize gesetzt werden, die die Aufmerksamkeit der Kraftfahrer fordern.

Die BAB 42 schneidet im Vergleich zu den übrigen drei Autobahnen sowohl auf der Ebene der subjektiven Bewertung wie auf der Ebene der objektiven Leistungsmessung am schlechtesten ab. Dies spricht für die Notwendigkeit nach Möglichkeiten zu suchen, die geeignet erscheinen, die Rahmenbedingungen bei der BAB 42 zu verbessern. Ob die in den Jahren 2009 und 2010 auf der BAB 42 realisierten Maßnahmen zu der erhofften Verbesserung auf subjektiver und objektiver Ebene geführt haben, wird die geplante Kontrolluntersuchung nach Durchführung der Maßnahmen zeigen können.

Detaillierte Aufschlüsse über die Zusammenhänge zwischen den Rahmenbedingungen des von den Verkehrsteilnehmern auf bestimmten Autobahnabschnitten wahrnehmbaren Verkehrsraumes, der frei verfügbaren Informationsverarbeitungskapazität sowie der Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer werden die weiteren Analyseschritte zur objektiven Leistungsmessung und zu den Videoaufnahmen erbringen können.

Der Aufmerksamkeits-Sicherheits-Index soll durch eine weitere Studie unter Alltagsbedingungen überprüft werden. Hierbei sollen die Versuchspersonen allein ohne Bearbeitung einer Zweitaufgabe auf den untersuchten Autobahnabschnitten ambulant im Fahrzeug einer EEG-Messung unterzogen werden. Hierbei ist zu erwarten, dass sich auf der BAB 31 monotoniebedingte Schläfrigkeit feststellen lässt, während dies auf der BAB 4 nicht der Fall. Würde diese Erwartung bestätigt, so könnte dies als weiterer empirische Beleg für die Validität des Aufmerksamkeits-Sicherheits-Index angesehen werden.

## Literatur

- Bartenwerfer, H.G. (1960): Untersuchungen zum Monotonieproblem. *Zentralblatt für Arbeitswissenschaft*, 14. 231-234.
- Echterhoff, W.; Kroj, G.; Schneider, W. (2009): Gesellschaftliche und politische Aufgaben der Verkehrspsychologie. In: Krüger, Hans-Peter (Hrsg.): *Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie*, 567-586. Göttingen: Hogrefe.
- Frieling, E.; Sonntag, K. (1999): *Lehrbuch Arbeitspsychologie*. Bern: Huber.
- Gericke, G.; Rabe, S.; Trimpop, R. (2008): Angestrengt und abgelenkt? Unfallgefährdungsfaktoren bei Arbeitswegen und Wegeunfällen. In:



- Schade, J. & Engeln, A. (Hrsg.): Fortschritte der Verkehrspsychologie. Beiträge vom 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, 31-50. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hussy, W. (1993): Denken und Problemlösen. Stuttgart: Kohlhammer.
- Ingre, M.; Torbjörn, A.; Peters, B.; Anund, A.; Kecklund, G.; Pickles, A. (2006): Subjective Sleepiness and Accident Risk Avoiding the Ecological Fallacy. *Journal of Sleep Research* 15(2), 142-148.
- Kastner, M. (1986): Veränderung der Verkehrsumwelt im Hinblick auf verkehrssicheres Verhalten. In: Schorr, A. (Hrsg.): Bericht über den 13. Kongress für Angewandte Psychologie. Bonn, September 1985. Band I: Arbeits- und Organisationspsychologie, Ausbildung in Psychologie, Politische Psychologie, 353-357. Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Krüger, H.P.; Hargutt, V. (2005): Vigilanzminderung, Ermüdung, Müdigkeit – Ursachen, Erkennung und Gegenmaßnahmen. In: Madea, B., Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Kongressbericht der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V. Bonn, 10. bis 12. März 2005, 112-116. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Rabe, S.; Gericke, G.; Trimpop, R. (2006): Angestrengt, abgelenkt, aufgefahren? Eine Analyse von Gefährdungsfaktoren auf Arbeitswegen und bei Wegeunfällen *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 52, (3), 125-129.
- Richter, P.; Hacker, W. (1997): Belastung und Beanspruchung, in: Lehrbuch des Masterstudienganges Organisationspsychologie.
- Rohmert, W.; Rutenfranz, J. (1975): Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen Arbeitsplätzen. Bonn: Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung.
- Rosenstiel, L. v. (2007): Grundlagen der Organisationspsychologie (6. Aufl). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Semmer, N. ; Udris, I. (2004) : Bedeutung und Wirkung von Arbeit. In H. Schuler (Hrsg.), *Lehrbuch Organisationspsychologie* (S. 157-195). Bern: Huber.
- Schlag, B. (2003): Ansätze einer psychologisch fundierten Verkehrsplanung. In: Schlag, B., Heger, R. (Hrsg.): *Verkehrspsychologie. Mobilität – Verkehrssicherheit – Fahrerassistenz*. Lengerich: Pabst Science Publ.
- Schmidt, E.A. (2010): Die objektive Erfassung von Müdigkeit während monotoner Tagfahrten und deren verbale Selbsteinschätzung durch den Fahrer. Univ. Diss: Kumul. Diss.: [docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-16540](http://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-16540)
- Stephan, E.; Hussy, W.; Follmann, W.; Hering, K.; Klaffer, K.; Mutz, G.; Thiel, S. (2000a): Kölner Verfahren zur vergleichenden Erfassung der kognitiven Beabspruchung im Straßenverkehr. *Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT)*, Nr. 159.
- Stephan, E.; Hussy, W.; Follmann, W.; Hering, K.; Thiel, S. (2000b): Eichung und Anwendungserprobung von K-VEBIS. *Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT)*, Nr. 160.
- Stephan, E. (2008): Gastbeitrag für den Geschäftsbericht des Landesbetriebes Straßenbau Nordrhein-Westfalen.
- Stephan, E.; Frank, K.; Mühlensiep, M.; Braun, P. (2009): Zwischenbericht: Zur empirischen Überprüfung der Auswirkungen von Verkehrsführung und Verkehrsraumgestaltung auf die Informationsverarbeitungskapazität Untersucht an Abschnitten von BAB 31, BAB 57, BAB 4 sowie BAB 42.
- Unveröffentlichtes Manuskript, Köln
- Wiendieck, G. (1994): *Arbeits- und Organisationspsychologie*. Berlin; München: Quintessenz



## Sitzung 4

# Gemeinsame Sitzung mit der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin: Tagesschläfrigkeit und Unfallhäufigkeit beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom

## Tagesschläfrigkeit und Unfallhäufigkeit beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom

*Maritta Orth, Sylvia Kotterba*

### Müdigkeit im Straßenverkehr

Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit stellen anhand wissenschaftlicher Erhebungen eine wesentliche Ursache von Unfällen dar. So konnte in den USA ermittelt werden, dass 60 % aller Autofahrer bereits einmal müde am Steuer gesessen hatten, 17 % gaben zu, dass sie beim Steuern ihres Kraftfahrzeuges bereits einmal eingenickt waren [29, 30]. Vergleichbare Daten liegen auch aus Kanada vor. Die Befragung von 750 Autofahrern ergab, dass 58,6 % bereits einmal schläfrig am Steuer gesessen hatten, 14,5 % waren beim Steuern ihres Fahrzeuges bereits einmal eingeschlafen und 2 % der Unfälle der Befragten im vorangegangenen Jahr waren auf Einnicken am Steuer zurückzuführen [27]. Als wesentliche Gründe für die Verursachung von Unfällen wurde in dieser Untersuchung übermäßiger Alkoholgenuss und der Gebrauch illegaler Drogen genannt, jedoch war Schläfrigkeit beim Fahren in immerhin 59,6 % der Fälle der Grund für das Einnicken am Steuer. Ähnliche Daten liegen auch in Deutschland vor. In der Untersuchung des HUK-Verbandes von Langwieder konnte nachgewiesen werden, dass 24 % aller Unfälle auf Bayerischen Autobahnen mit Getöteten im Jahre 1999 auf Müdigkeit am Steuer zurückzuführen waren [13]. Das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) ist sicherlich eine der wesentlichen Ursachen für das Auftreten von Tagesschläfrigkeit, daneben gibt es noch zahlreiche weitere (ca. 80) verschiedene Krankheitsbilder, die zu Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit [5] führen können, und

die in der schlafmedizinischen Klaviatur der Differentialdiagnose berücksichtigt werden müssen.

An dieser Stelle sei noch einmal auf die Unterscheidung zwischen Schläfrigkeit und Müdigkeit hingewiesen. Tagesschläfrigkeit beinhaltet den zwanghaften Drang insbesondere bei monotonen Situationen, insbesondere wenn sie in die Phasen der physiologischen Leistungstiefs fallen, zwanghaft einzuschlafen, d.h. sich nicht wachhalten zu können. Müdigkeit hingegen bezeichnet eher den Zustand der Erschöpfung, „einer Aufgabe überdrüssig“ zu sein, beinhaltet aber nicht den o.g. zwanghaften Schlafdrang [21].

Ein besonderes Augenmerk ist auf die professionellen Bus- und Lkw-Fahrer zu richten. In einer argentinischen Untersuchung an 738 Langstrecken-Lkw-Fahrern konnte nachgewiesen werden, dass die Schlafdauern extrem kurz waren (3.76 h (SD 2.4)), die Fahrtzeiten dafür umso länger (15.9 h (SD 5.6)), 43 % der Fahrer gaben an, müde Auto zu fahren und der gleiche Prozentsatz klagte über häufiges Schnarchen [20]. Ähnliche Daten stammen aus Brasilien, wo angegeben wurde, dass der Müdigkeit durch Trinken von Kaffee (90 %), Alkohol (20 %) und Einnahme von Stimulanzien entgegengewirkt wird [24]. Die letztgenannten Maßnahmen sind hierbei sicherlich kontraproduktiv.

Sichere Faktoren, die das relative Risiko, einen Unfall zu verursachen relevant erhöhen, sind die akut angegebene Müdigkeit (OR 8.2), das Fahren zwischen 2 und 5.0 Uhr

morgens (OR 5.6) und weniger als 5 Stunden Schlaf (OR 2.7) in den letzten 24 Stunden [4]. Hinzu kommt, dass die Prävalenz des OSAS gerade in der Gruppe der professionellen Fahrer deutlich gegenüber der Normalbevölkerung (2 % Frauen, 4 % Männer in der Altersgruppe zwischen dem 30. und 60. Lebensjahr (32), um das ca. 4fache, also auf 16 % erhöht ist [31]. Es handelt sich hierbei schlussendlich um ein Patientenkollektiv, dem ärztlicherseits besondere Aufmerksamkeit zukommen muss.

### Arbeits- und sozialmedizinische Aspekte müdigkeitsbedingter Unfälle

Untersuchungen aus Australien haben ergeben, dass die Kosten für Erkrankungen, die mit Müdigkeit bzw. Schläfrigkeit einhergehen im Jahre 2004 ca. 7.5 Mrd. Dollar betragen. Für müdigkeitsbedingte Arbeits- und Autounfälle wurden Kosten von 2.8 Mrd. Dollar errechnet [10].

Anschaulicher wird das Thema Kosten im Rahmen einer Studie von Sassani et al. Diese ergab anhand von Medline Recherchen bzw. Befragung des National Safety Council, dass im Jahre 2000 ca. 800.000 Fahrer in OSAS-bedingte Unfälle verwickelt waren. Diese Unfälle forderten 1400 Todesfälle und kosteten 15.6 Mrd. US-Dollar. Die hypothetische Gegenrechnung ergab, dass eine Behandlung aller Fahrer ca. 3.8 Mrd. US Dollar gekostet hätte, 980 Menschenleben hätten gerettet werden können und 11.1 Mrd. Dollar hätten eingespart werden können [23].

### Unfallhäufigkeit bei OSAS

Hier sei exemplarisch auf die Tabelle 1 verwiesen, in der die Ergebnisse einiger fallkontrollierter Studien zusammengestellt sind. Es muss davon ausgegangen werden, dass das relative Risiko, einen Unfall zu verursachen, bei Vorliegen eines OSAS mindestens um den Faktor 2.3 bis hin zum Faktor 8.2 erhöht ist [1, 15, 26, 32].

### Risikofaktoren für Unfälle bei OSAS

Der wichtigste Risikofaktor für die Verursachung von Unfällen, wobei dies auch für Gesunde gilt, ist die Tageszeit.

Tabelle 1: Unfallhäufigkeit bei OSAS

Autor	Studientyp	Ergebnis
Barbé [1]	case-control (60-60)	OR 2.3 (1 Unfall/3 Jahre) OR 5.2 (> 1 Unfall/3 Jahre)
Young [31]	Kohortenstudie, 913	OR 7.3 (> 1 Unfall/5 Jahre, AHI > 15/h)
Téran-Santos [26]	case-control (102-152)	OR 6.3 (1 Unfall, AHI > 10/h)
Masa [15]	Interview (4002), case-control (107-109)	OR 8.5 (AHI > 15/h, Müdigkeit)

Abhängig von der zirkadianen Rhythmik und den entsprechenden Leistungstiefs finden sich gehäuft Unfälle in den frühen Morgenstunden zwischen 2.00 und 5.00 Uhr, sowie in der Mittagszeit ca. zwischen 14.00 und 16.00 Uhr [6]. Der letztgenannte Gipfel mag neben der zirkadianen Rhythmik auch als Ursache das meist in dieser Zeit ausgeprägte postprandiale Leistungstief, aber auch das vermehrte Verkehrsaufkommen in dieser Zeit haben.

Eine Prädiktion der Unfallhäufigkeit anhand polysomnographischer Befund, sei es anhand der Störung der Schlafarchitektur oder am Ausprägungsgrad der Ventilationsstörung wäre wünschenswert, konnte aber bislang in keiner Studie nachgewiesen werden [1].

Entscheidend für die Abschätzung des Unfallrisikos scheint die Angabe von Tagesschläfrigkeit. Es konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden, dass bei ehrlicher Angabe dieses Symptoms, das Risiko, einen Unfall zu verursachen, signifikant ansteigt [11, 25].

### Unfallhäufigkeit bei OSAS unter Therapie

Es ist eindeutig nachgewiesen, dass durch eine effiziente CPAP-Therapie die Anzahl der schlafapnoe-bedingten Unfälle drastisch reduziert werden kann. Dies zeigt u.a. die Studie von Cassel et al., die nachweisen konnten, dass 1 Jahr nach eingeleiteter CPAP-Therapie sowohl die Anzahl der Gesamtunfälle, insbesondere aber die der schlafapnoe-bedingten Unfälle signifikant reduziert werden konnte [3]. Ähnlich Daten konnten Krieger et al. nachweisen, wobei in dieser Studie auch insbesondere die Zahl der Beinahe-Unfälle signifikant reduziert werden konnte. Gleichermaßen reduzierte sich die Anzahl der erforderlichen Krankenhausbehandlungstage auf 10 % [12].

### Risikostratifizierung für Unfälle

Für die Beurteilung der Tagesschläfrigkeit kommen unterschiedliche Verfahren zur Anwendung:

#### 1. Nichtapparative Verfahren/Anamnese

Die schlafspezifische Anamneseerhebung erfolgt unter Verwendung standardisierter Fragebögen. International gebräuchlich zur Einschätzung der Tagesschläfrigkeit ist die Epworth-Sleepiness-Scale (ESS), wobei ein Wert > 11 eine pathologisch vermehrte Tagesschläfrigkeit impliziert.

#### Apparative Testverfahren

Die Tests wurden nach neuropsychologischen Aufmerksamkeitsmodellen entwickelt [9, 20]. Aufmerksamkeit ist die Grundvoraussetzung für Leistungsfähigkeit. Nach psychologischen und neuropsychologischen Aufmerksamkeitsmodellen lassen sich mindestens vier Aufmerksamkeitskomponenten unterscheiden:

- zentralnervöse Aktivierung bzw. Aufmerksamkeitsaktivierung („alertness“)
- selektive Aufmerksamkeit

- geteilte Aufmerksamkeit
- längerfristige Aufmerksamkeitszuwendung.

Die *zentralnervöse Aktivierung* (sog. „alertness“ bzw. „Aufmerksamkeitsaktivierung“) bezeichnet das unbewusste, durch das vegetative Nervensystem und physiologische Tagesschwankungen beeinflusste Aktivitätsniveau eines Organismus. Sie umfasst eine „tonische“ (= stabile Höhe des Aufmerksamkeitsniveaus über einen längeren Zeitraum; Beispiel: Wachheit des Zuhörers während eines Vortrages) und eine „phasische“ Komponente (= Fähigkeit, auf einen Warnreiz hin, das Aktivierungsniveau für eine nachfolgende Reaktion zu steigern; Bsp: während des Vortrages wendet sich der Redner einem einzelnen Zuhörer zu oder schnelle Bremsreaktion bei einer unerwartet über die Fahrbahn laufenden Person).

Die *selektive oder fokussierte Aufmerksamkeit* beschreibt die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Merkmal zu richten bzw. bei einer Aufgabe möglichst schnell auf relevante Reize zu reagieren, irrelevante jedoch zu vernachlässigen (z.B. auf die Ampelschaltung zu reagieren, obwohl das Radio spielt).

Als *geteilte Aufmerksamkeit* wird die Fähigkeit zur schnellen, automatisierten und kontrollierten Informationsverarbeitung sowie die Fähigkeit zu serieller und paralleler Informationsverarbeitung bezeichnet. Hierbei müssen mindestens zwei Reizquellen gleichzeitig beachtet werden, und es muss auf relevante Reize, die in der einen oder anderen Reizquelle auftauchen können, reagiert werden (übliche Anforderungen bei Autofahrten in dichterem Verkehr).

Bei der *„längerfristigen Aufmerksamkeitszuwendung“* werden die Komponenten *Daueraufmerksamkeit* und *Vigilanz* unterschieden. Daueraufmerksamkeit beschreibt die längerfristige Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit bei hoher Reizfrequenz, während die Vigilanz die Fähigkeit bedeutet, auch bei sehr eingeschränkten Reizbedingungen

(Monotonie) über eine lange Zeit (bis zu Stunden) aufmerksam zu bleiben (z.B. Fahrten in der Nacht, Kontrollarbeit in einem Kraftwerk).

Für die o.g. Aufmerksamkeitsleistungen stehen unterschiedliche Testinstrumente zur Verfügung (Tabelle 2, zur Einzelbewertung siehe Wess et al. [28]). Die Auswahl richtet sich nach der gutachterlichen Fragestellung. Die Ergebnisse der neuropsychologischen Testungen sind normiert in Prozenträngen zu ermitteln [9].

Bei Tagesschläfrigkeit sollte immer die Vigilanz beurteilt werden. Es empfiehlt sich der Quatember-Maly-Test. Unter bestimmten Fragen ist ein Monitoring mittels EEG und ggf. Verlängerung auf eine Testdauer von 60 Minuten notwendig. Zu beachten ist ferner, dass ein MSLT oder MWT nur nach einer Polysomnographie durchgeführt werden darf, da die Schlafqualität in die Testergebnisse einfließt. Dabei kann die Elektrodenmontage direkt beibehalten werden. Studien zum MSLT haben gezeigt, dass die Einschlaf latenz oft eine individuelle Eigenschaft ist und sich unter Therapie nicht verlängert, der MWT aber die Fähigkeit des Patienten dokumentiert, sich der Schläfrigkeit zu widersetzen. Therapieeffekte bei Tagesschläfrigkeit sollten daher mittels MWT dokumentiert werden [14].

Bei Fragen speziell zur Fahrtüchtigkeit hat sich der Einsatz von Fahrsimulatoren bewährt. Der Vorteil von Fahrsimulatoruntersuchungen liegt in dem fehlenden Risiko, in der relativen Orts- und Zeitunabhängigkeit und der Untersuchungsökonomie. Obwohl Fahrsimulationen nicht komplett auf die Realität übertragbar sind, berichten Patienten mit hoher Fehlerrate am Fahrsimulator zumeist auch über eine erhöhte Unfallneigung im Straßenverkehr. Insbesondere für das OSAS konnte mit unterschiedlichen Fahrsimulatoren eine signifikant höhere Unfallrate in der simulierten Fahrsituation gegenüber Gesunden sowie eine deutliche Absenkung der Unfallhäufigkeit unter CPAP (continuous positive airway pressure)-Therapie nachgewiesen wer-

Tabelle 2: Testverfahren zur Beurteilung unterschiedlicher Aufmerksamkeitskomponenten

Aufmerksamkeitskomponente	Empfohlene Testverfahren
Tonische Aktivierung	Multipler-Schlaf-Latenz-Test (MSLT) Maintenance of Wakefulness Test (MWT) LZ-EEG Pupillographie Reaktionszeitmessungen
Phasische Aktivierung	Reaktionszeitmessungen mit Warnreiz (z. B. Zimmermann Testbatterie – TAP) Ereigniskorrelierte Potenziale
Selektive Aufmerksamkeit	Reaktionszeitmessungen mit hoher zeitlicher Anforderung Arbeitsleistungsserie (Wiener Testsystem) Test „Selektive Aufmerksamkeit“ (TAP)
Geteilte Aufmerksamkeit	Test „geteilte Aufmerksamkeit“ (TAP) Wiener Determinationsgerät
Vigilanz	Vigilanztest nach Quatember und Maly Test „Vigilanz“ (TAP) Vigimar

den [8, 15, 16, 17, 18, 19]. Ziel der Fahrsimulatoruntersuchung ist die möglichst realitätsnahe Erfassung der komplexen Fahrleistung, die in unterschiedlichem Ausmaß die oben beschriebenen Aufmerksamkeitskomponenten widerspiegeln und gleichzeitig einer Situation mit der höchsten Einschlafneigung (Monotonie, ausreichende Zeitdauer) entsprechen muss. Entscheidend ist die Auswahl von Testinstrumenten, die der jeweiligen Arbeitsplatzanforderung entsprechen sollten.

Mit Hilfe der genannten Untersuchungsmethoden können die Leitsymptome des OSAS Tagesschläfrigkeit und imperativer Schlafdrang und ihrer Auswirkungen unter z.B. unter gutachterlichen Fragestellungen beurteilt werden.

## Literatur

1. Barbé, F. et al. (1998): Automobile Accidents in Patients with Sleep Apnea Syndrome. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 1998; 158:18-22
2. Carter, N. et al.: Sleep debt, sleepiness and accidents among males in the general population and male professional drivers. *Accident Analysis and Prevention* 2003; 35:613-17
3. Cassel, W. et al.: Risk of traffic accidents in patients with sleep-disordered breathing: reduction with nasal CPAP. *Eur Respir J* 1996; 9:2606-11
4. Connor, J. et al.: Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *BMJ* 2002; 324:1125-9
5. Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin: S3-Leitlinie, Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen. *Somnologie* 2009; 13:4-160
6. Garbarino, S. et al.: The contributing role of sleepiness in highway vehicle accidents *Sleep* 2001; 24:203-6
7. George, C.F.P.: Vigilance impairment: assessment by driving simulators. *Sleep.* 2000; 23:115-8
8. George, C.F.P.; Boudreau, A.C.; Smiley, A.: Effects of nasal CPAP on simulated driving performance in patients with obstructive sleep apnoea. *Thorax.* 1997; 52:648-53
9. Hartje, W.; Poeck, K.: *Klinische Neuropsychologie.* Thieme, Stuttgart, New York, 1997
10. Hillman, D. et al.: The economic cost of sleep disorders *Sleep* 2006; 29:299-305
11. Howard, M.E. et al.: Sleepiness, sleep-disordered breathing, and accident risk factors in commercial vehicle drivers. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004; 170:1014-21
12. Krieger, J. et al.: Accidents in obstructive sleep apnea patients treated with nasal continuous positive airway pressure: a prospective study. The Working Group ANTADIR, Paris and CRESGE, Lille, France. *Association Nationale de Traitement à Domicile des Insuffisants Respiratoires.* *Chest* 1997; 112:1561-6
13. Langwieder, K. et al.: Struktur der Unfälle mit Getöteten auf Autobahnen im Freistaat Bayern im Jahr 1991. HUK-Verband, Büro für Kfz-Technik, München 1994
14. Littner, M.R. et al.: Practice parameters for clinical use of the multiple sleep latency test and the maintenance of wakefulness test. *Sleep* 2005; 28:113-21
15. Masa, J.F. et al.: Habitually sleepy drivers have a high frequency of automobile crashes associated with respiratory disorders during sleep. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162:1407-12
16. Nowak, D. et al. (Hrsg.): *Bewertung und Begutachtung in der Pneumologie: Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie.* Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart 2007
17. Orth, M. et al.: Driving simulator performance and neuropsychological testing in OSAS before and under CPAP. *Eur Respir J.* 2005; 26:898-903
18. Orth, M. et al.: Fahrsimulatoruntersuchung bei Patienten mit obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom: Konsequenzen für die Beurteilung der Fahrtüchtigkeit? *Dtsch Med Wochenschr* 2005; 130:2555-60
19. Orth, M. et al.: Abschätzung des Unfallrisikos bei obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) durch Fahrsimulation. *Pneumologie.* 2002; 56:13-8
20. Pérez-Chada, D. et al.: Sleep habits and accident risk among truck drivers: A cross-sectional study in Argentina *Sleep* 2005; 28:1103-8
21. Peter, H. et al. (Hrsg.): *Enzyklopädie der Schlafmedizin,* Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2007
22. Posner, M.; Rafal, R.: Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. In: Meier, M., Benton, A., Diller, L. (eds.): *Neuropsychological rehabilitation.* Churchill Livingstone, Edinburgh 1987
23. Sassani, A. et al.: Reducing motor-vehicle collisions, costs and fatalities by treating OSAS. *Sleep* 2004; 27:453-8
24. Souza, J.C. et al.: Sleep habits, sleepiness and accidents among truck drivers *Arq Neuropsychiatr* 2005; 63:925-30
25. Stoohs, R.A. et al.: Traffic Accidents in Commercial Long-Haul Truck Drivers – The Influence of Sleep-Disordered Breathing and Obesity. *Sleep* 1994; 17(7):619-23
26. Terán-Santos, J. et al.: The association between sleep apnea and the risk of traffic accidents. *N. Engl. J. Med.* 1999; 340:847-51
27. Vanlaar, W. et al.: Fatigued and drowsy driving: a survey of attitudes, opinions and behaviors. *J Safety Res* 2008; 39:303-9
28. Weeß, H.G. et al.: Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit – Diagnostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien. *Somnologie* 4 (2000) 20 – 38
29. Wise, M.S. *J Clin Neurophysiol* 2006; 23: 39-49, National Highway Traffic Safety Administration
30. [www.nhtsa.org](http://www.nhtsa.org), National Sleep Foundation *Sleep in America* 2005, [www.sleepfoundation.org](http://www.sleepfoundation.org)
31. Young, T. et al.: Sleep-disordered breathing and motor vehicle accidents in a population-based sample of employed adults. *Sleep* 20 (1997) 608 – 613
32. Young, T. et al.: The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N. Engl. J. Med.* 1993; 328:1230-5

# Tagesschläfrigkeit beim obstruktiven Schlafapnoesyndrom

*Sabine Eller*

Das obstruktive Schlafapnoesyndrom stellt eine bedeutsame Rolle bei der Klärung von massiver Tagesschläfrigkeit und Konzentrations- und Leistungseinbußen dar. Daher gewannen in den letzten Jahrzehnten schlafbezogene Atemstörungen im klinischen Alltag immer mehr an Beachtung. Vor allem sind Themen wie Monotonieintoleranz und drohender Sekundenschlaf wichtige Parameter bei der Beurteilung der Fahrtüchtigkeit.

## 1 Was ist ein obstruktives Schlafapnoesyndrom?

Es ist eine enge Korrelation von Schnarchen und Atempausen im Schlaf beschrieben. Während bis zu 60 % der Bevölkerung mit zunehmendem Lebensalter schnarchen (sog. kompensiertes oder benignes Schnarchen), liegt die Prävalenz für das klinisch relevante obstruktive Schlafapnoesyndrom bei 4 %. Dabei wird mehr als 5x pro Stunde durch wiederholten Kollaps der oberen Atemwege der Atemfluss meist lautstark unterbrochen. Dies wird – vom Betroffenen selbst unbemerkt – nur in der Partnerbeobachtung augenfällig. Männer und postmenopausale Frauen sind stärker betroffen. Auch steigendes Lebensalter, Gewicht und genetische Faktoren werden als prädestinierende Faktoren benannt.

## 2 Wie entsteht die charakteristische Tagesschläfrigkeit ?

Die Tagesschläfrigkeit entsteht aus den Konsequenzen des massiv gestörten Nachtschlafs. Die Verengungen im oberen Atemweg führen zunächst über intrathorakale Druckschwankungen, dem Anstieg des CO<sub>2</sub> und konsekutiven Sauerstoffabfällen zu sogenannten Arousals. Diese kortikalen Weckreaktionen, meist unter der subjektiven Weckschwelle, sind als Folge zunehmender Streßhormone zu deuten, die sich u.a auch in der Variationen der Herzfrequenz und im Blutdruckanstieg zeigen. Der Schlaf wird so zunächst in seiner Mikroebene, aber dann auch auf der Makroebene im Hinblick auf reduzierten Tief- und REM-Schlaf negativ verändert. Nächtliches Schwitzen, wiederholtes Aufwachen, nächtliches Wasserlassen, verschlechterte geistige Leistung, Persönlichkeitsveränderung, Aggression, depressive Verstimmung, sexuelle Funktionsstörungen und gastroesophagealer Reflux können zusätzliche Folgen sein. Daneben steigen die Risiken für Herz- und Kreislauferkrankungen auf das 2,5 bis 3-fache an (Malhotra, Lancet 2002 Jul 20; 360(9328):237-45). Die erhöhte Mortalität bei schwerem

OSAS ist bedeutsam. (Sleep Disordered Breathing and Mortality: Young T et al. – Sleep 2008; 31:1071-1078)

## 3 Wie wird OSAS behandelt

Der Goldstandard zur Behandlung der obstruktiven Schlafapnoe ist die Schienung des oberen Atemwegs im Schlaf mit kontinuierlichem Dauerdruck mittels Maske und Überdruckgerät (CPAP). Tagesschläfrigkeit und kardiovaskuläre Risiken können bei den allermeisten Patienten deutlich reduziert werden. („CPAP is more effective than placebo in improving sleepiness and quality of life measures for people with obstructive sleep apnoea“ Cochrane Library, 4-2002 )

In leichteren Fällen kann die kontrollierte Seitenlage, der Einsatz von Kieferprotrusionsschienen oder die Gewichtsreduktion hilfreich sein.

## 4 Problematik

Obwohl die CPAP-Therapie weltweit medizinisch einen hervorragenden Ruf genießt, ist der menschliche Faktor der limitierende. Studien zeigen, dass langfristig höchstens eine 70 %-ige Compliance besteht. (Weaver und Grunstein (2008) , Proc Am Thorac Soc 5(2); 173-178) Aus unterschiedlichen Ursachen (fehlende Schulung, fehlende Krankheitseinsicht, störende Nebenwirkungen) kommt es zum Abbruch der Therapie (5-50 % in den ersten 7 Tagen (Kushida: 2006 Sleep 29(3), 375-380). Zudem muss mit sogenannter „residualer Schläfrigkeit“ trotz ausreichender CPAP-Nutzung bei einigen Erkrankten gerechnet werden (“After having excluded associated restless leg syndrome, major depressive disorder and narcolepsy as confounding causes, the final prevalence rate of RES was 6.0 % Patients with RES were younger and more sleepy at diagnosis.” Pepin et al. Eur Respir J. 2009 May; 33(5):1062-7).

## Zusammenfassung

Bei einem Teil der Bevölkerung ist das Schlafapnoesyndrom als Ursache von Tagesschläfrigkeit verantwortlich zu machen. Diese Gruppe setzt sich zusammen aus der Zahl noch unentdeckt Erkrankter, aber auch aus Patienten nach Therapieabbruch und sogar aus CPAP-Nutzern, bei denen der erwartete Therapieeffekt ausbleibt. Diese Komplexität macht eine differenzierte Sicht erforderlich.





## Sitzung 5

# Neuere Ansätze zur Schläfrigkeitsdetektion

6. Gemeinsames Symposium  
DGVM & DGVP  
Tübingen, 1. – 2. Oktober 2010

## Ein neuer Ansatz für die Messung extremer Schläfrigkeit

*Martin Golz*     *David Sommer*  
*Thomas Schnupp*     *Christian Heinze*

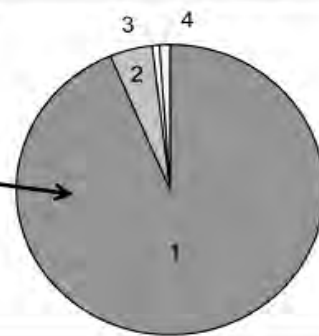
*Fachhochschule Schmalkalden, Thüringen*

## Motivation

- Europäische Union: jährlich
  - 1,3 10<sup>6</sup> Unfälle im Straßenverkehr
  - 1,7 10<sup>6</sup> Verletzte
  - 40.000 Tote
  - Kosten: 1,6 10<sup>11</sup> €



- Ursachen [Gründl 2005]
  - GIDAS Datenbank (German in Depth Accident Study)
  - 93,5 % Humanfaktoren
  - 4,6 % Umweltbedingungen
  - 0,7 % Technische Mängel
  - 1,2 % Andere Gründe



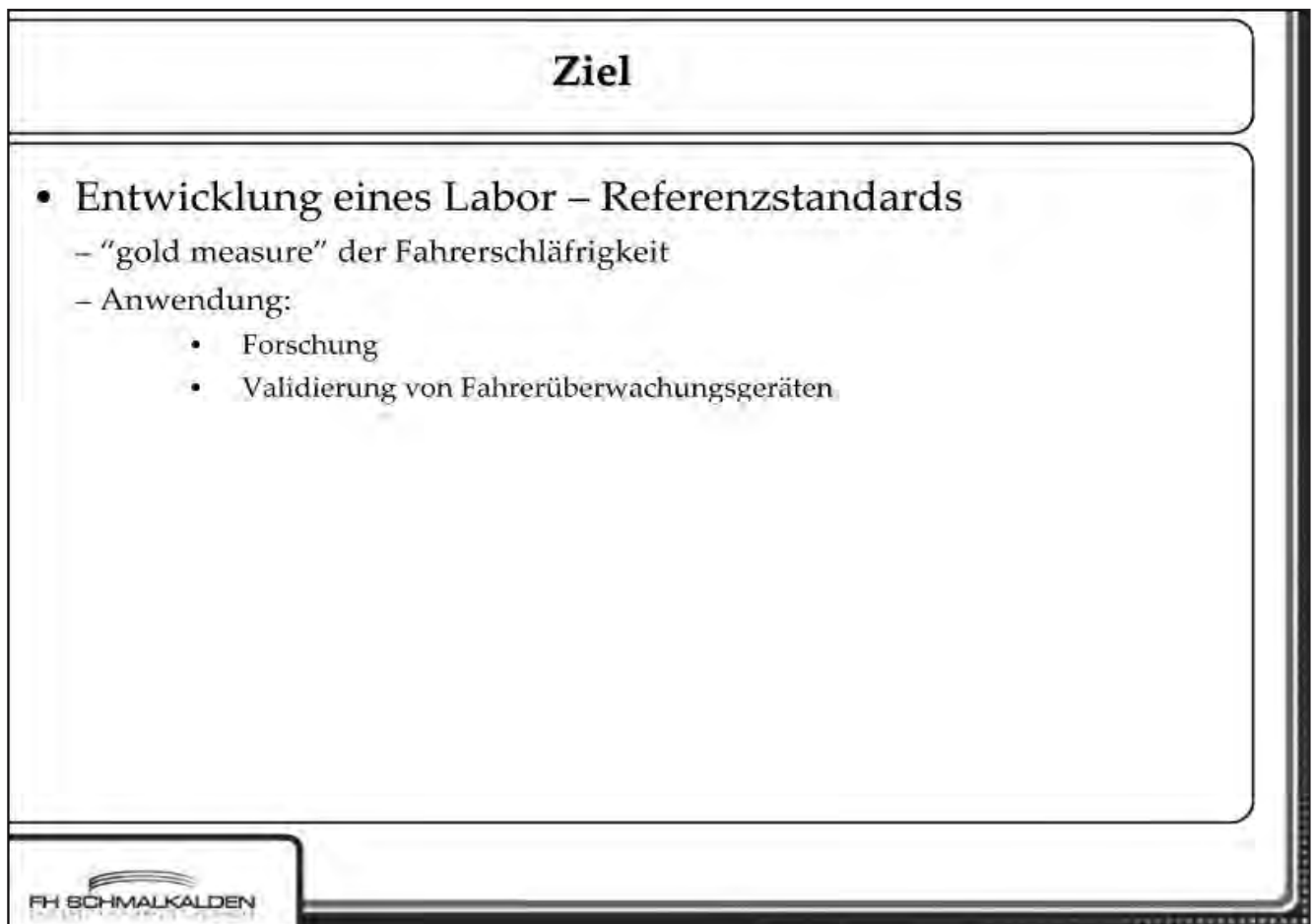
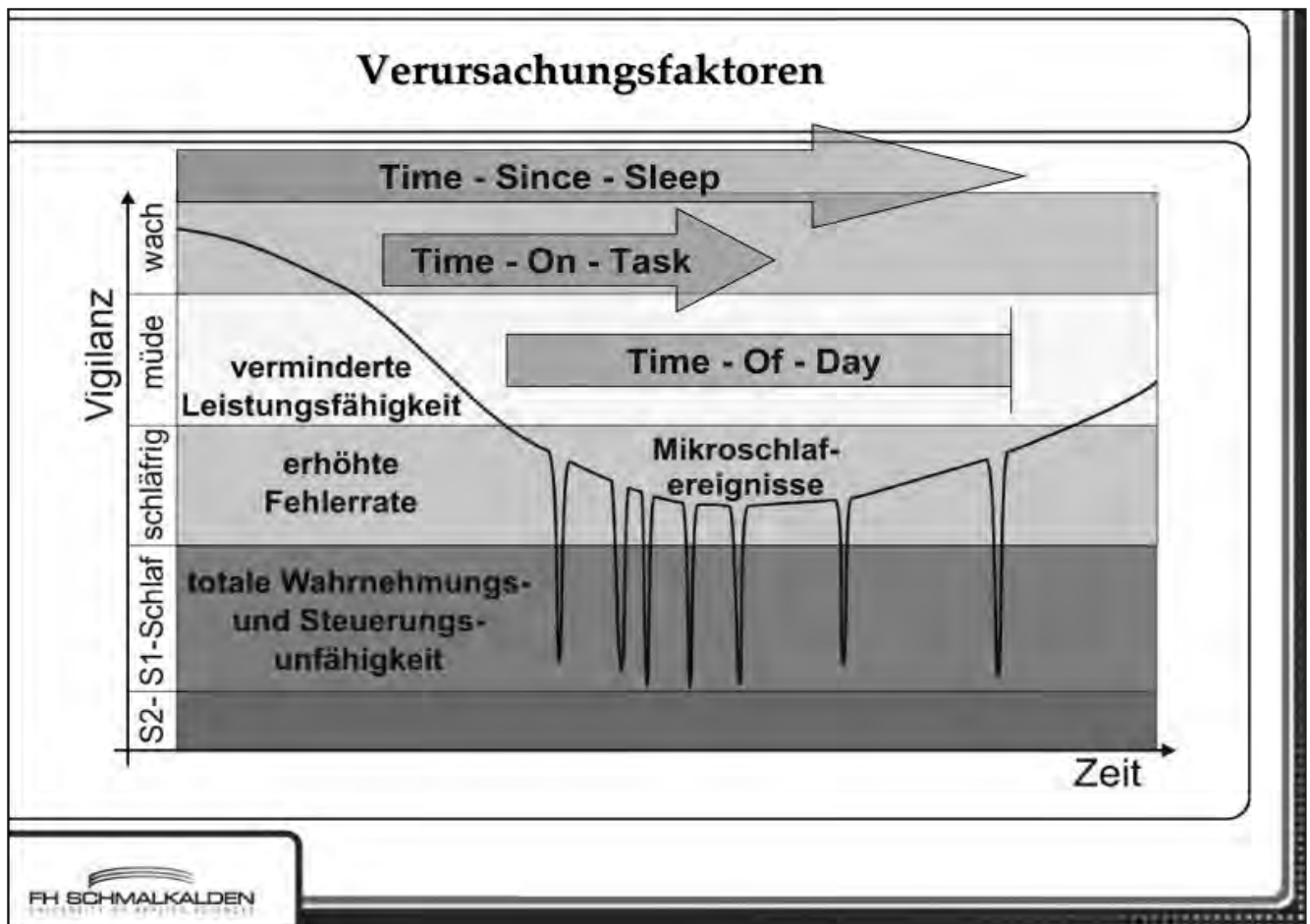
## Motivation

- Prävalenz:

- |                                 |                                   |                               |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| - 16 % fatigue, 22 % microsleep | Truck driver, Brasilia (N = 438)  | [Canani et al, 2005]          |
| - 45 % fatigue, 32 % microsleep | Bus driver, Peru (N = 239)        | [Rey de Castro, 2004]         |
| - 24 % fatigue                  | Truck driver, Australia (N = 161) | [Howard et al, 2004]          |
| - 35 % fatigue                  | Car driver, Spain                 | [Lardelli-Claret et al, 2006] |
| - 44 % microsleep               | Truck dr., Argentina (N = 738)    | [Pérez-Chada et al, 2005]     |
| - 29 % microsleep               | Driver, U.K. (N = 4621)           | [Maycock, 1996]               |
| - 16 % fatigue                  | Driver, U.K.                      | [Horne & Reyner, 1995]        |
| - 24 % fatigue                  | Driver, FRG (Bavaria)             | [Langwieder et al, 1994]      |
| - 19 % fatigue                  | Driver, FRG (Cologne)             | [Ten Toren et al, 2003]       |

- Schichtarbeiter mit erhöhtem Risiko:

- |  |         |                  |
|--|---------|------------------|
| - 50 % night shift, 20 % morning shift | Finland | [Härmä, 2002]    |
| - 45 % night shift, 15 % morning shift | USA     | [Smith, 1994]    |
| - 45 % night shift                     | Sweden  | [Folkhard, 2002] |



## Methoden

- Messung von Biosignalen so nah wie möglich an der Verursachungsquelle
  - EEG
  - EOG

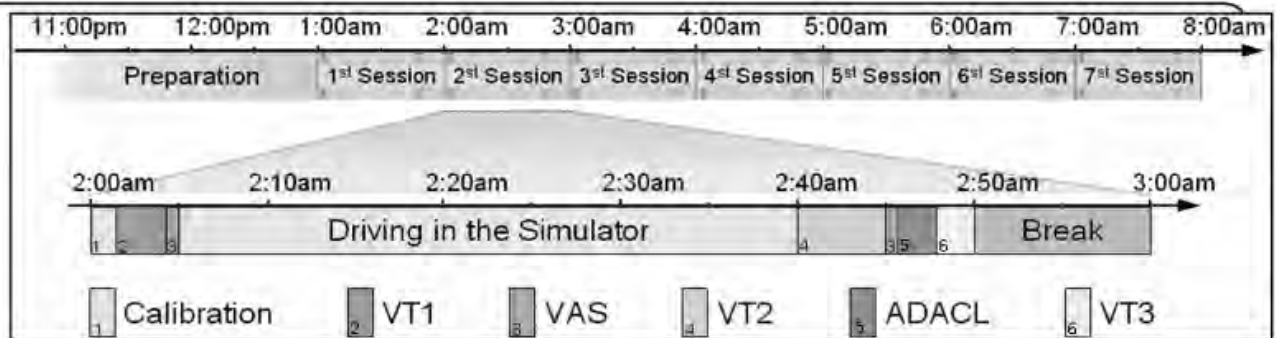
Funktionelle Abbildungen mit hoher Zeitauflösung
- Mustererkennung
  - Lineare & nichtlineare Biosignal-Analyse
  - Nichtlineare Diskriminanzanalyse
  - Methoden der Computergestützten Intelligenz

## Ansatz

- Beobachtung von deutlich feststellbaren Mikroschlafereignissen
  - Meist verlängerte Lidschlüsse
  - Langsame schweifende Augenbewegungen
  - Langsame oder abrupte Kopfbewegungen
- Anpassung einer Mustererkennung
  - Training lernfähiger Algorithmen
  - Optimierung ihrer Generalisierungsfähigkeit
- Anwendung auf Gesamtheit aller Beobachtungen
  - Zählung  
wie häufig Mikroschlaf-verdächtige Biosignale detektiert wurden



## Laborstudie

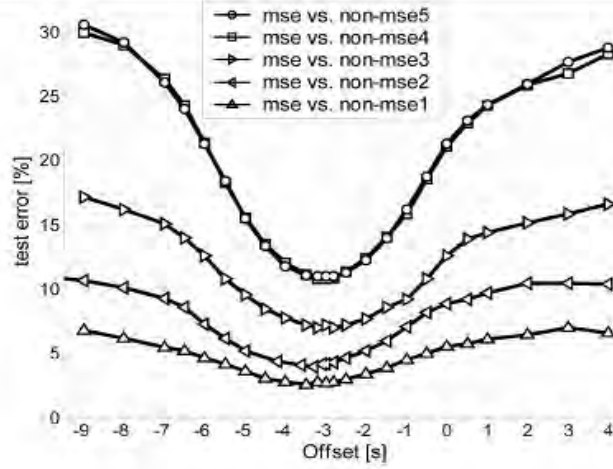


- 14 Probanden

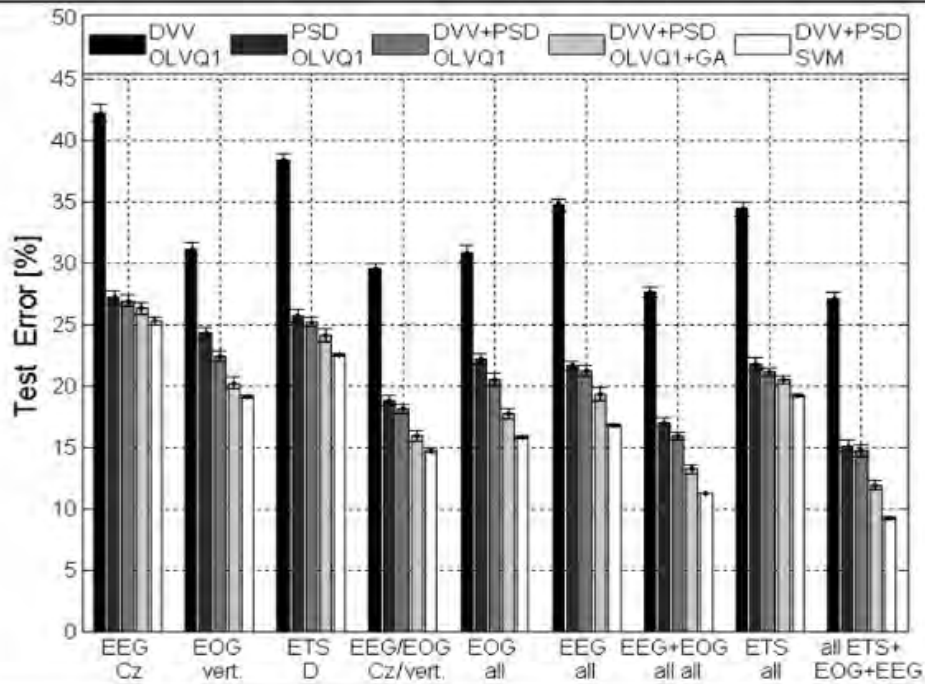
- Aufruf zur Teilnahme: E-Mail an 3.000 Studenten
- Zufällig ausgewählt, 134 Interessierte
- Alter:  $24,4 \pm 3,1$
- PSQI:  $3,8 \pm 1,6$

- 4 Probanden brachen ab (3 x wegen Übelkeit, 1 x wegen Rückenschmerzen)

## Mustererkennung 1: Evidente BM



## Mustererkennung 1: Evidente BM



## Mustererkennung 1: Evidente BM

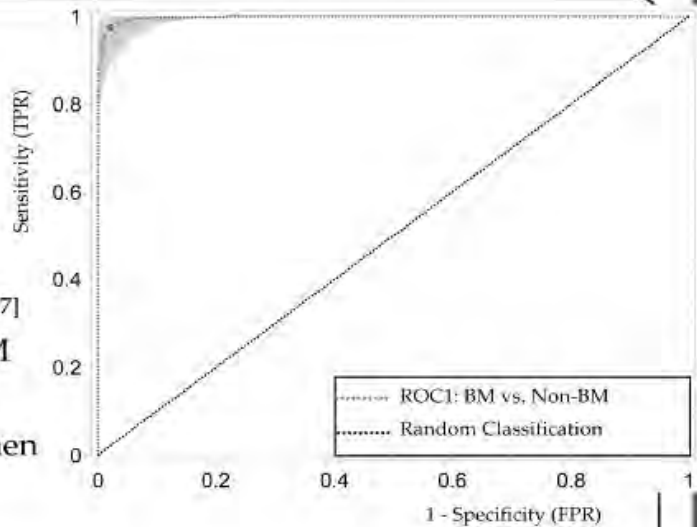
- Ergebnisse

- Mean test error = 2,3 %
- Accuracy = 97,7 %
- Sensitivity = 97,8 %
- Specificity = 97,5 %
- AUC = 99,8 %

→ Genauer BM-Detektor [Golz et al. 2007]  
evidente BM & evidente Nicht-BM

- Jedoch

diese evidenten Beispiele überstreichen  
nur 15 % der gesamten Fahrdauer



## Mustererkennung 2: Fortlaufende Klassifikation

- Anwendung des BM-Detektors

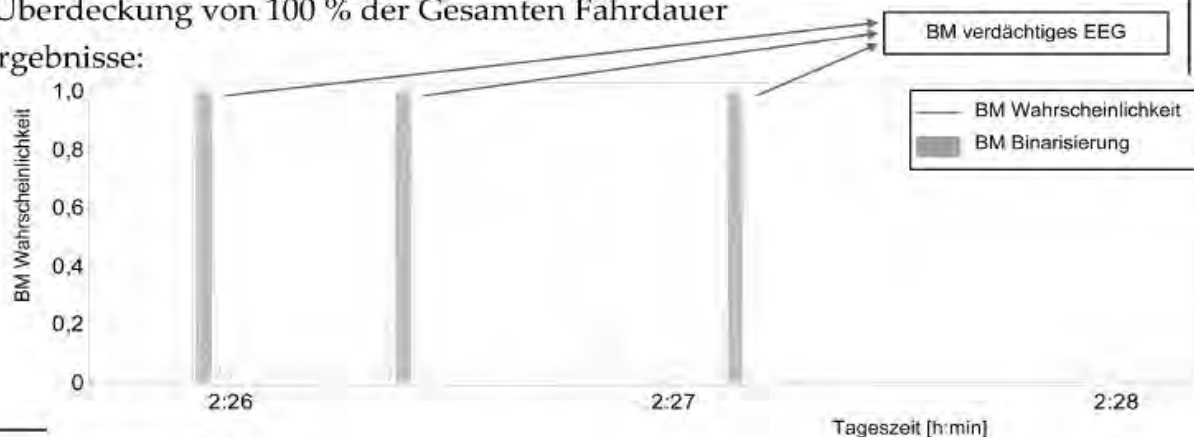
- Abrufmodus (recall), keine weitere Anpassung (training)
- Fortlaufend: Schrittweite = 0,1 s

- Merkmalsextraktion & Klassifikation

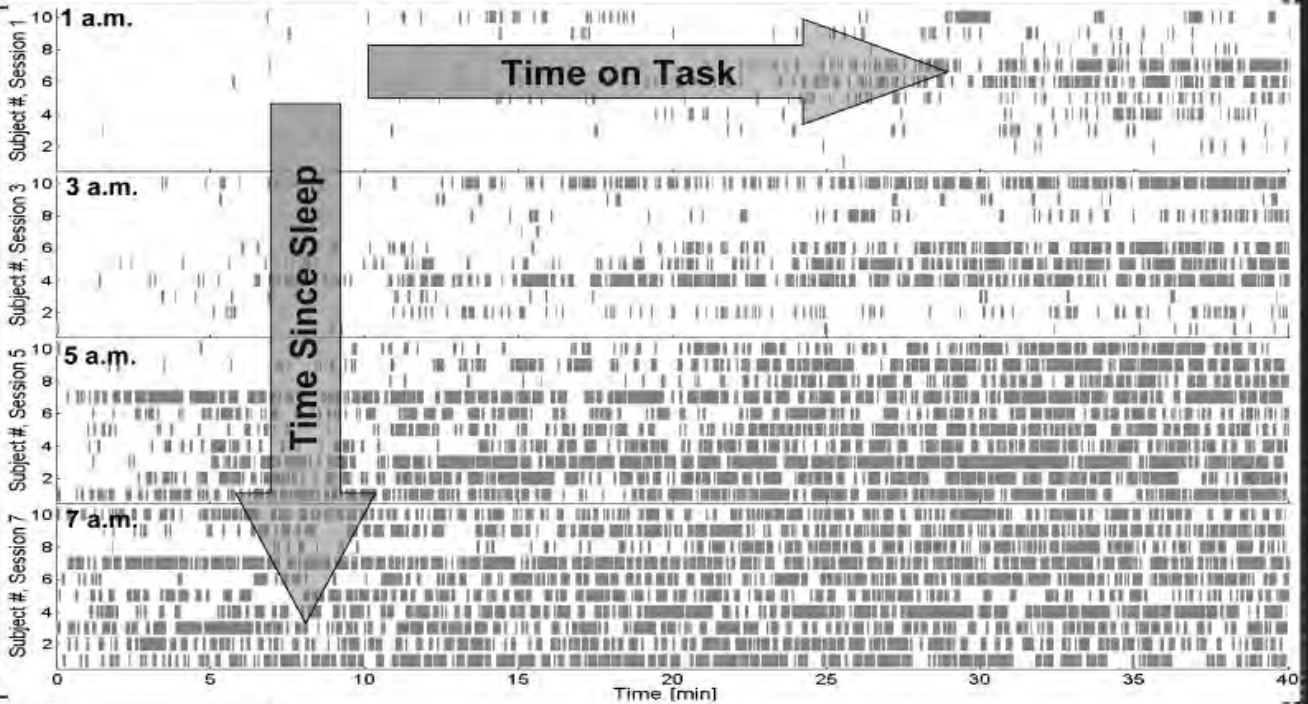
- Genauso wie zuvor

→ Überdeckung von 100 % der Gesamten Fahrdauer

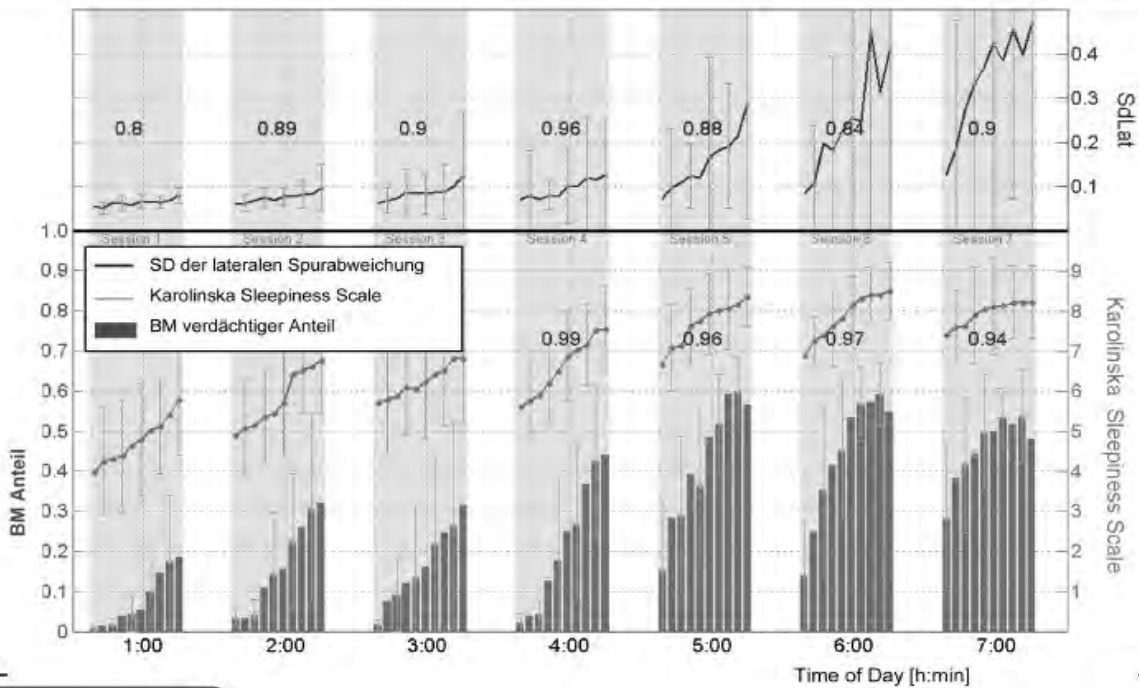
- Ergebnisse:



# Mustererkennung 2: Fortlaufende Klassifikation

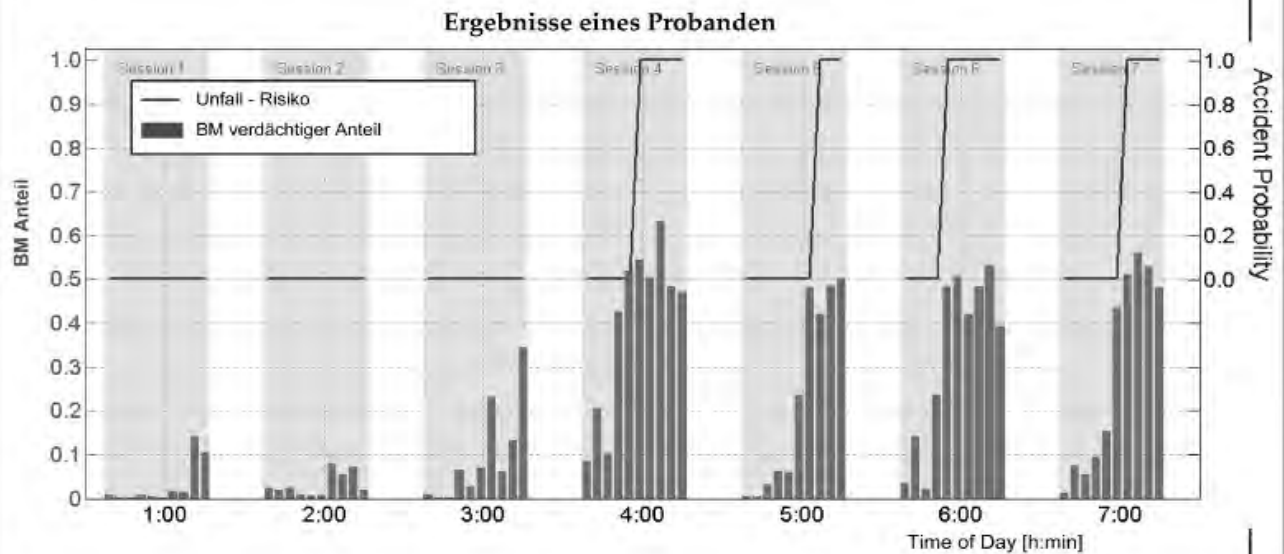


# Mustererkennung 2: Fortlaufende Klassifikation





## Mustererkennung 2: Fortlaufende Klassifikation



## Zusammenfassung

- **BM Dichte ist eine neue Schläfrigkeitsmessgröße**
  - Basierend auf EEG und EOG
  - Linearer & nichtlineare Biosignal-Verarbeitung
  - Computergestützte Intelligenz
  - Zeigt den Anteil an Mikroschlaf-verdächtigem Abschnitten an
- **BM Dichte hat das Potential für einen Referenzstandard**
  - Genaue Detektion von BM
  - Starke Korrelation mit
    - Selbst-Einschätzung der Schläfrigkeit (KSS),
    - Fahrleistung (SdLat),
    - Unfallrisiko
  - Validierungs - Werkzeug für Überwachungsgeräte

# Videoanalyse als Methode zur Beurteilung von Fahrerschläfrigkeit

*Axel Muttray, Oliver Weirich\*, Lorenz Hagenmeyer, Britta Geißler*

## Einleitung

Etwa ein Viertel aller tödlichen Unfälle auf deutschen Autobahnen wird durch Fahrerschläfrigkeit verursacht. In internationalen Studien werden Prozentsätze in einer vergleichbaren Größenordnung berichtet (Geißler et al. 2007). Mittels unterschiedlicher neuro- und psychophysiologischer Methoden wird versucht, Fahrerschläfrigkeit zu detektieren und zu quantifizieren. Von Wierwille und Ellsworth (Wierwille und Ellsworth 1994) wurde ein Verfahren zur Einschätzung der Fahrerschläfrigkeit mittels Videoanalyse durch trainierte Bewerter vorgeschlagen. Für die Klassifizierung von einminütigen Segmenten verwendeten die Autoren eine kontinuierliche Skala mit fünf Ankerpunkten von „nicht schläfrig“ bis „extrem schläfrig“. Die Deskriptoren der Ankerpunkte wurden in einer Instruktion für die Bewerter erläutert. Eine eigene Bewertung der wissenschaftlichen Literatur ergab jedoch, dass einige methodische Fragen noch ungeklärt waren (Muttray et al. 2007). Ziel mehrerer eigener Experimente war die Weiterentwicklung der Methode im Hinblick auf die Reliabilität und die Validität. Im aktuellen Beitrag wird aus heutiger Sicht zu den Möglichkeiten und Grenzen der Methode Stellung genommen.

## Methoden

In Vorversuchen wurde die von Wierwille und Ellsworth (Wierwille und Ellsworth 1994) publizierte Methode erprobt. Mit einer leicht modifizierten Methode (vgl. Kapitel Ergebnisse) wurden mehrere Experimente durchgeführt.

In *Experiment 1* wurden drei verschiedene Algorithmen (A) für die Auswertung von Video-filmen von über 30 Stunden Dauer erarbeitet und von einem Bewerter miteinander verglichen (Muttray et al. 2007). A1 lehnte sich an die Wierwille-Methode an, und es wurden alle fünfminütigen Videosegmente betrachtet. Beim A2 konnten Segmente übersprungen werden, wenn zuvor keine Fahrerschläfrigkeit (Score < 1) beobachtet worden war. Beim A3 erfolgte zunächst ein Screening mit doppelter Filmgeschwindigkeit, nur bei Anzeichen von Schläfrigkeit wurden Segmente mit normaler Geschwindigkeit betrachtet und bewertet.

In *Experiment 2* (Muttray et al. 2008) analysierten drei geschulte Bewerter voneinander unabhängig je zweimal im Abstand von einem Monat dreihundert einminütige Videosequenzen von verschiedenen Fahrern. Es handelte sich um 28 Busfahrer, die im Reisefernverkehr gefilmt worden

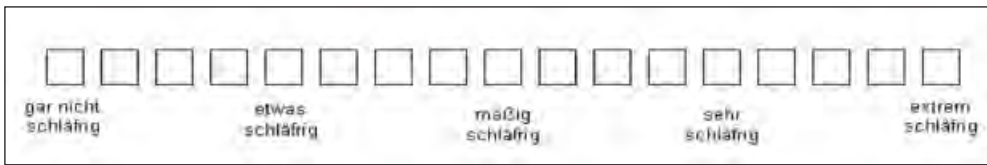
waren, sowie um 14 Simulatorfahrer nach Schlafentzug. Als Maß für die Übereinstimmung von Verfahren bzw. von den Videoscores von Bewertern wurde in den Experimenten 1 und 2 das Kappa-Maß berechnet (Altman 1999). Dafür wurden die Scores in vier Klassen zusammengefasst. Zur graphischen Darstellung für die Übereinstimmung der unterschiedlichen Verfahren wurden Bland-Altman-Diagramme erstellt (Bland und Altman 1986).

*Experiment 3* (Muttray et al. 2009) war eine Pilotstudie zur externen Validierung. 20 gesunde Mitarbeiter eines Schlaf-labors (Alter 21 – 40 Jahre) fuhren während ihrer Nachtschicht oder im Anschluss daran 30 Minuten lang auf einem PC-gestützten Fahrsimulator. Der Fahrkurs war ein modifizierter Lane Change Test mit einer ausgeprägten Monotonie. Vor Fahrtbeginn wurden die subjektive Schläfrigkeit mit der Karolinska Sleepiness Scale (KSS) und der Pupillenunruheindex (PUI, 2 Messungen nicht auswertbar) mit dem Pupillographischen Schläfrigkeitstest gemessen. Während der Fahrt wurden Videoaufnahmen von den Fahrern und dem Fahrkurs angefertigt und das EEG abgeleitet. Für die 30 einminütigen Segmente wurden jeweils der Schläfrigkeitsscore (Bewertung in Anlehnung an Wierwille und Ellsworth), das Schlafstadium im EEG (gemäß dem Manual der American Academy of Sleep Medicine (AASM)) und die Anzahl der Fahrfehler (Verlassen der Fahrspur) ermittelt. Die Effekte potentieller Einflussgrößen auf die Zielgröße Fahrfehler pro Minute wurden mit einem generalisierten gemischten Poissonmodell untersucht. Unsere Experimente mit Probanden waren von der Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz gebilligt worden.

## Ergebnisse

Unsere Vorversuche ergaben, dass eine Ordinalskala von 0 bis 4 mit 16 Intervallen von 0,25 gut praktikabel war. L.H. und A.M. hatten unabhängig voneinander Videosegmente von verschiedenen Fahrern mit einem unterschiedlichen Ausmaß an Schläfrigkeit bewertet, dabei wichen die Scores von Fahrerschläfrigkeit um nicht mehr als 0,25 voneinander ab. Die von uns modifizierte Klassifikation von Schläfrigkeit mit den dazu gehörenden Deskriptoren ist im Detail (Muttray et al. 2007) publiziert. Die Skala ist im Bild 1 dargestellt.

\* Ein Teil der Daten stammt aus der medizinischen Dissertation von O. Weirich, in Vorbereitung



**Bild 1:**  
Ordinalskala zur Bewertung  
von Fahrerschlufigkeit

*Experiment 1* ergab, dass die vollständige Betrachtung aller Videosegmente mit normaler Geschwindigkeit keinen wesentlichen Mehrbedarf an Zeit bedeutete. Diese Vorgehensweise wurde deshalb für die nachfolgenden Experimente gewählt. Die Intra-Rater-Reliabilität des einen trainierten Bewerbers war gut, obwohl die mit drei verschiedenen Auswertelgorithmen erzielten Messwerte den Berechnungen zugrunde gelegt worden waren (Kappa bei allen 3 Vergleichen  $> 0,6$ ; ein Wert von  $> 0,6$  bedeutet eine gute Übereinstimmung zwischen zwei Messergebnissen; gute Übereinstimmung in den Bland-Altman-Diagrammen.).

In *Experiment 2* betrug das (ungewichtete) Kappa-Ma bei allen Ratern sowohl bei der Intra- als auch bei der Inter-Rater-Reliabilität mehr als  $0,6$ . Die Bland-Altman-Diagramme ergaben ebenfalls eine gute Übereinstimmung.

In *Experiment 3* war der Videoscore für Fahrerschlufigkeit eindeutig die stärkste Einflussgroe ( $p < 0,001$ ). Einen schwächeren Einfluss wiesen der Kaffeekonsum ( $p = 0,063$ ) und das EEG-(Schlaf)Stadium ( $p = 0,089$ ) auf. KSS-Score, Alter, Geschlecht und Rauchen waren nicht mit der Anzahl der Fahrfehler assoziiert. In einem zweiten Modell ( $n = 18$ ) wurde auch der PUI eingeschlossen, der keinen Einfluss auf die Zielgroe hatte.

## Diskussion

Bei gut trainierten Bewerbern besitzt die von uns weiter entwickelte Methode eine gute Intra- und Inter-Rater-Reliabilität. Die Pilotstudie zur Validierung deutet auf eine möglicherweise gute Validität hin. Aus der Literatur sind uns keine Studien bekannt, die eine hinreichende Validität der Wierwille-Skala beweisen. In der „100-Car Naturalistic Driving Study“ (Klauer et al. 2006) trug Fahrerschlufigkeit zu  $> 20\%$  der Unfälle und Beinahe-Unfälle bei. Kriterium für Schlufigkeit war ein Score von  $\geq 60$  auf der Wierwille-Skala. Dies würde auf unserer Skala einem Wert von  $2,4$  entsprechen, wenn die Skala stetig wäre. Leider machten die Autoren keine Angaben zur Reliabilität ihres Auswertungsverfahrens. Von anderen Arbeitsgruppen wurde  $\ddot{u}$ ber alternative Verfahren zur Beurteilung von Fahrerschlufigkeit mittels Videoanalyse berichtet (Dittrich et al. 2009, Wylie 1998). Hinreichende Daten zur Reliabilität und Validität dieser Methoden sind uns nicht bekannt. Für die Validierung eines Fahrerassistenzsystems („Attention Assist“) zur Detektion von Fahrerschlufigkeit wurde bei einem Teil der Versuchsfahrten ebenfalls die Videoanalyse eingesetzt. Leider waren keine methodischen Details dazu zu erfahren.

Im Gegensatz zu den von der Industrie angestrebten technischen Lösungen ist eine Bewertung der Fahrerschlufigkeit mittels Videoanalyse nur nach Abschluss der Fahrt und nur mit einem relativ hohen personellen Aufwand möglich. Somit ist die Methode Beurteilung von Fahrerschlufigkeit mittels Videoanalyse nicht für den Alltag, sondern nur für wissenschaftliche Fragestellungen geeignet. Durch die Verhaltensbeobachtung erhält der Untersucher aber zusätzliche Informationen, so dass die Methode ggf. später zur Evaluierung anderer Verfahren zur Einschätzung von Fahrerschlufigkeit beitragen könnte.

## Danksagung

Ein Teil der Experimente wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin unterstützt.

## Literatur

- Altman, D.G.: Practical statistics for medical research. CRC Press, Boca Raton (1999)
- Bland, J.M.D., G. Altman: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327 (1986) 307-310
- Dittrich, E., S. Brandenburg, M. Thüring: Beobachtungsbasierte Erfassung von Müdigkeit im Kfz – die TUBS-Skala. In: Lichtenstein, A., Stöbel, C., Clemens, C. (Hrsg.): Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, 123-128. VDI Verlag, Düsseldorf, 2009
- Geiler, B., L. Hagenmeyer, U. Erdmann, A. Muttray: Sekundenschlaf – eine unterschätzte Gefahr? *ErgoMed* 31 (2007) 16-21
- Klauer, S.G., T.A. Dingus, V.L. Neale, J.D. Sudweeks, D.J. Ramsey (2006) The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic driving study data. U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. [http://www.nsc.org/safety\\_road/Distracted\\_Driving/Documents/The%20Impact%20of%20Driver%20Inattention%20on%20Near-Crash.pdf](http://www.nsc.org/safety_road/Distracted_Driving/Documents/The%20Impact%20of%20Driver%20Inattention%20on%20Near-Crash.pdf)
- Muttray, A., L. Hagenmeyer, B. Unold, J.-B. du Prel, B. Geiler: Videoanalyse der Schlufigkeit von Fahrern. *Z Arb Wiss* 61 (2007) 245-254
- Muttray, A., O. Weirich, J.-B. du Prel, K. Meinken, B. Geiler, L. Hagenmeyer: Zur Reliabilitat der Methode „Videoanalyse von Fahrerschlufigkeit“ (Abstract). *Somnologie* 12 Suppl 1 (2008) 28-29
- Muttray, A., C. Kortsik, O. Weirich, H. Gotte, R. Seiberth, L. Hagenmeyer, G. I. B.: Pilotstudie zur Validierung der Methode Videoanalyse von Fahrerschlufigkeit (Abstract). *Somnologie* 13 Suppl 2 (2009) 19-20
- Wierwille, W.W., L.A. Ellsworth: Evaluation of driver drowsiness by trained raters. *Accid Anal Prev* 26 (1994) 571-581
- Wylie, D. (1998) Driver drowsiness. Length of prior principal sleep periods, and naps. Transportation Development Centre Safety and Security Group Transport Canada. Publication No. TP 13237E.

# „Du hörst dich müde an“ – Automatische Extraktion schläfrigkeitssensitiver Stimmqualitäts- und Artikulationsmerkmale

*Jarek Krajewski*

**Kurzfassung:** Schläfrigkeit nimmt wie es im kognitiv-phonetischen Mediatormodell deutlich wird, Einfluss auf Artikulations- und Stimmqualitätsgrößen, die in einem nachfolgenden Schritt Grundlage eines phonetisch-akustischen Messverfahrens bilden. Der Vorzug eines stimmbasierten Messansatzes liegt in der belästigungsarmen, sensorapplikationsfreien Handhabung. Das hier gewählte Stimmanalyseprozedere folgt dem aus der Sprachemotionserkennung entlehnten Standardvorgehen: Aufnahme des Testsatzes, Berechnung von Prosodie, Artikulation und Stimmqualität beschreibenden Kennzahlen, Maschinelles Lernen und Evaluation. In einer partiellen Schlafdeprivationsstudie (N=62) wurden insgesamt 429 spontansprachliche 1-minütige Aufnahmen gesammelt. Als externer Validierungsdiente diente der aus einem selbst- und zwei fremdberichten gemittelte Karolinska Sleepiness Scale (KSS) Schläfrigkeitswert. Als besonders schläfrigkeitssensitiv erwiesen sich die mit Artikulationspräzision verwandten Differenzen der Resonanzfrequenzpositionen ( $r = -.36$ ; Formant<sub>1</sub> – Formant<sub>2</sub>).

**Key Words:** Phonetisch-akustische Merkmale, Stimme, Schläfrigkeit

Auch wenn die individuelle Unfallwahrscheinlichkeit einer schläfrigen Autofahrt – trotz einer hohen relativen Risikosteigerung, aber wegen der verschwindend geringen Grundrate überhaupt zu verunglücken (pro 200 Millionen gefahrener km ein tödlicher Unfall) – klein ausfallen kann, summieren sich bei jährlichen 1000 Milliarden gefahrenen km in Deutschland auch kleine individuelle Wahrscheinlichkeiten zu einer großen Zahl von Schläfrigkeitsunfällen (MacLean et al. 2003). Zu berücksichtigen bleibt bei dieser für alle gesellschaftlichen Risikobetrachtungen wichtigen Perspektive, dass die betriebs- und volkswirtschaftlich relevante Zielgröße (absolute Anzahl von vermeidbaren Unfällen) sich von der für den individuellen Lebensalltag relevanten Zielgröße (Unfallwahrscheinlichkeit einer x km langen Müdigkeitsfahrt) unterscheidet. So kann trotz einer hohen Sensitivität (Wahrscheinlichkeit von „Müdigkeit“ unter der Bedingung „Unfall eingetreten“ = ca. 20 %) eines Risikoauslösers der für die individuelle Handlungsauswahl in einer Müdigkeitssituation relevante positive prädiktive Wert sehr niedrig ausfallen.

Festzuhalten bleibt, dass der durch schläfrigkeitsbedingte Zwischenfälle verursachte volkswirtschaftliche Schaden

z.B. für die USA aufgrund von Produktionsverlusten und Unfällen auf jährlich 18 bis 56 Milliarden Dollar geschätzt wird (Caldwell 2001). Auch wenn sich aus diesen Zahlen nicht zwingend ein individueller oder betrieblicher Handlungsbedarf ableitet, so dann aber doch ein volkswirtschaftlicher, der die Beschäftigung mit dem Forschungsfeld Schläfrigkeit, d.h. ihrer auslösenden Faktoren, Erfassungsmethoden und geeigneten Bewältigungsstrategien legitimiert.

Die Entwicklung von Instrumenten zur Erfassung von Schläfrigkeit ist nicht nur notwendige Bedingung der grundlagenwissenschaftlichen Analyse des Forschungsfeldes, sondern kann in zahlreichen betrieblichen (Gefährdungsbeurteilungen, Fit-for-Duty Kurzttest, Bewertung von Schicht- und Pausensystemen, Starten von Schläfrigkeits-Gegenmaßnahmen), schlafmedizinischen (Schläfrigkeit als Begleitphänomen von Erkrankungen) und pharmakologischen (Schläfrigkeit als unerwünschte Nebenwirkung) Anwendungskontexten eine wichtige Rolle spielen. Ferner kann die automatisierte und technologiebasierte Erfassung von Schläfrigkeit die (selbstbilddienliche und zeitgeistkonforme) Wahrnehmungsverzerrung eines stets leistungsbereiten Menschen korrigieren und so dazu beitragen, auch unpopuläre, jedoch effektive Gegenmaßnahmen einzuleiten (wie z.B. Kurzschlaf/Napping).

Als Ansatzpunkte der Erfassung von Schläfrigkeit können Indikatoren des ZNS (z.B. kortikales Arousal, kognitive und emotionale Komponenten), des ANS (kardiovaskuläre, peripher-physiologische Komponenten) aber auch behaviorale Zugänge (Psychomotorik, Mimik, Gestik, Posturalbalance, Einschlafvorgänge, Mikroschlafdichte) dienen. Neben diesen jeweils unabhängig voneinander zu erfassenden Phänomenbereichen und Begleiterscheinungen können Messansätze auch nach der ihnen zugrundeliegenden Sensorik in technologiefreie (Selbst- und Fremdbeobachtungen) und technologiegestützte (z.B. kamera-, mikrofon- oder elektrodenbasiert) unterteilt werden. Hinsichtlich der zeitlichen Auflösung und der primärtätigkeitunterbrechenden Charakteristik der Messansätze lassen sich kontinuierliche Monitoringverfahren (Golz et al. 2010) von Kurzttestverfahren (Fit-for-Duty Test) unterscheiden.

Trotz zahlreicher Versuche der Entwicklung von Schläfrigkeitsmessinstrumenten blieben die schläfrigkeitsbezogenen Informationen des stimmlichen Ausdrucks bislang un-

genutzt. Gründe für die wachsende Beschäftigung mit phonetisch-akustischen Stimmanalysen ist die zunehmende Präsenz von sprachlicher Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) sowie die Entwicklung der notwendigen Prozessorleistungen und Speicherkapazitäten.

**Vorzüge akustischer Schläfrigkeitmessverfahren.** Aus der Anwendungsperspektive labor- und feldexperimenteller Schläfrigkeitsforschung besitzen akustische Messansätze vor allem als Fit-for-Duty-Schnelltest (d.h. die Primärtätigkeit wird unterbrochen und eine isolierte Testsituation hergestellt) prinzipiell eine Reihe von Vorzügen gegenüber bisherigen Messansätzen. So bietet im Gegensatz zu elektrophysiologischen Ansätzen der akustische Stimmanalyse-Ansatz die Vorzüge eines berührungsfreien Messzugangs, der ohne die Applikation von Elektroden auskommt. Gegenüber (infrarot-)kamerabasierten Systemen erlauben mikrofonbasierte Systeme einen kostengünstigen, von widrigen, wechselnden Licht- und Probandenbedingungen (Gesichtsbehaarung, schmale Lidspalten, Brille, Bild-Okklusionen) unbeeinflussten Messzugang. Ein weiterer Vorzug gegenüber bisherigen Fit-for-Duty Testsystemen (z.B. Posturographischer Test, Schnupp et al., 2011; oder Pupillographischer Schläfrigkeitstest, 11 Min. Messdauer, Wilhelm et al. 2001) wäre die kurze – maximal einminütige – Messstrecke. Im Bereich des kontinuierlichen Schläfrigkeitsmonitorings bieten sich für die akustische Schläfrigkeitsanalyse vor allem Tätigkeiten mit regelmäßigen Spracheingaben an, wie sie z.B. im Flugverkehrskontext vorliegen. Denkbar sind darüber hinaus auch Anwendungen im Rahmen von sprachgesteuerten MMI (z.B. Telecare Anwendungen oder Fahrerassistenzsysteme). Ferner könnten phonetisch-akustische Messkanäle zum Aufbau von (vielfach geforderten) multimodalen Messsystemen beitragen, indem Sie elektrophysiologische (z.B. EEG, EOG, EDA, EMG) oder kamerabasierte Schläfrigkeitssysteme mit zusätzlichen Informationen versorgen.

## Schläfrigkeit und Sprachveränderungen

**Kognitiv-phonetisches Mediatormodell.** Das kognitiv-phonetische Mediatormodell verknüpft schläfrigkeitsinduzierte kognitive Beeinträchtigungen mit Sprachproduktionsmodellen und vermuteten Veränderungen der Stimme zu einem Erklärungsmodell schläfrigkeitsinduzierter Sprachveränderungen (Krajewski & Kröger, 2007). Parallel zu kognitiven Prozessen werden auch eine Reihe physiologischer Komponenten der Sprachproduktion durch Schläfrigkeit beeinflusst. So ist wachsende Schläfrigkeit mit einer Abnahme der zentralnervösen und autonomen sympathischen Aktivierung verbunden. Damit assoziiert nehmen Herzfrequenz sowie Atemfrequenz und -tiefe ab, der Blutdruck sinkt, die Körpertemperatur fällt und der Muskeltonus wird schwächer. Die Respirationsphase der Sprachproduktion wird daher vermittelt über eine reduzierte Aktivität der Brustmuskeln (Diaphragma und Intercostales externi), die zu einem reduzierten Atemzugvolumen und einem verringerten subglottalen Druck führt, beeinträchtigt. In der nächsten Phase der Sprachproduktion, der Phonation, führt der reduzierte Muskeltonus der Stimmlippenmuskulatur zu einer Abnahme der Spannung und Elas-

tizität und somit zu einer Reduktion der Vibrationsrate der Stimmlippen. Darüber hinaus kann es durch eine schläfrigkeitsinduzierte verringerte Spannung des Vocalis-Muskels und einer verringerten Myoelastizität der Stimmlippen zu einem unvollständigen Stimmlippenschluss kommen – die Folge sind weiche Stimmeinsätze und eine behauchte Stimme, bei der die Stimmlippen vibrieren, aber keinen kompletten Kontakt in der Schließungsphase haben. Ferner kann es zur Knarrstimme kommen, bei der der hintere Teil der Stimmlippen während der Stimmhaftigkeit geschlossen bleibt, da aufgrund des verminderten subglottalen Drucks der Verschluss der Stimmlippen nicht vollständig gesprengt wird. Der verringerte Muskeltonus wirkt sich neben der Phonation auch auf die Artikulation aus. Reduzierte Präzision, Geschwindigkeit und Fluidität der Zungen- und Kieferbewegungen sowie eine, über einen gedämpften emotionalen Befindenzustand vermittelte, ausdrucksärmere Mimik verändern die Filter- und Abstrahlungscharakteristika und somit die Artikulationspräzision von schläfrigen Sprechern. Eine weitere mögliche Folge des verringerten Muskeltonus ist das Absinken des Velums und somit die Zuschaltung nasaler Resonanzräume, die auditiv die Wahrnehmung stimmlicher Nasalität hervorruft. Nach Laver ist die „sensuous nasality“ auf eine allgemeine Entspannung des oropharyngealen Bereichs (zwischen Epiglottis und Velum) zurückzuführen. Eine schläfrigkeitsbedingte reduzierte Wärmeabstrahlung der Vokaltraktwände in den Vokaltrakt könnte Strömungsverhältnisse und Turbulenzphänomene zusätzlich beeinflussen. Auch könnte ein schläfrigkeitsbedingt reduzierter Muskeltonus die Elastizität der Vokaltraktwände erhöhen, und somit zu einer Dämpfung des Schallsignals beitragen.

## Phonetisch-akustische Stimmanalyse

Der Einsatz akustischer Kennzahlen zur Bestimmung des Befindlichkeitszustandes ist schon seit vielen Jahren anvisiert (Vollrath, 1993). Aber erst mit Hilfe aktueller Prozessorleistungen ist es teilweise möglich, auditiv-perzeptuelle Höreindrücke in akustisch messbare Kennzahlen zu überführen. Beispiele für die Prosodie-, Artikulations- und Stimmqualitätsphänomene beschreibenden akustischen Merkmale sind in der Tabelle 1 aufgeführt und werden im Folgenden näher erläutert:

**Tabelle 1: Grundlegende phonetisch-akustische Kennzahlenfamilien und ihre Indikatorfunktion für auditiv-perzeptuelle Stimmphänomene und Vokaltraktmerkmale**

Akustische Beschreibungskategorie	Indikatorbereich
Intensität	Lautstärke, Betonungsstruktur
Fundamental Frequenz (Fo)	Intonationsverlauf, Tonhöhe
Langzeit-Spektrum	Stimmklang, Stimmfülle, Stimmqualität
Cepstrale Koeffizienten	Ganzheitliche Repräsentation des Spektrums
Formant-Positionen (F1-F6)	Artikulationsposition (Kieferwinkel, Zungenposition)
Formant-Bandbreiten	Schwingungseigenschaften der Vokaltraktwände

**Formanten-Position.** Zu den wichtigsten stimmlichen Kennzahlen zählen die Resonanzfrequenzen des Vokaltrakts (Maxima der Transferfunktion des Vokaltrakts), die Formanten. Sie sind sensitiv für kleine Veränderungen der Vokaltraktform, wie sie durch Veränderung des Kieferöffnungswinkels, der Lage des Zungenkörpers, des Zungenspitzenwinkels, der relativen Lippenhöhe, der Lippenstülpung oder der Oberkörperkrümmung bewirkt werden. In diesem Zusammenhang sind die Lage der ersten fünf Formanten (F1-F5) sowie ihr Bezug zu phonetischen Normwerten (Formantenpräzision) typische Kenngrößen.

**Auditive und akustische Korrelate der Schläfrigkeit.** Die bisherigen Forschungsbemühungen zur Entwicklung phonetisch-akustischer Schläfrigkeitssensoren blieben bis jetzt jedoch nur auf anekdotischen und bezüglich einer automatisierten ausreichend messgenauen Perspektive auf eher rudimentärem Niveau. Ziel dieses Beitrags ist es daher, ein diese Defizite aufarbeitendes, aus der Sprach-Emotionserkennung entlehntes Analyseprozedere zur Detektion kritischer Schläfrigkeitszustände anzuwenden (Batliner et al., 2010).

## Methode

### Stichprobe, Prozedere und Instrumente

Die 62 freiwillig an der Studie teilnehmenden Probanden wurden instruiert, ihre normalen Schlafgewohnheiten und ihr normales Schlafverhalten beizubehalten. Die Studie folgte einem within-subject Design mit partieller Schlafdeprivation (20.00 bis 04.00 Uhr). Während der Nacht der Schlafdeprivation wurde ein gut etabliertes und standardisiertes Schläfrigkeitssensormessinstrument, die Karolinska Schläfrigkeitsskala (KSS), von den Probanden (Selbstbeurteilung) und zusätzlich von zwei Versuchsassistenten (Fremdbeurteilung) unmittelbar vor den Sprachaufnahmen angewendet. In der hier verwendeten Version reichen die Scores von 1 bis 10: äußerst wach (1), weder wach noch schläfrig (5), äußerst schläfrig, kann nicht wach bleiben (10). Als Hilfestellung zur Beurteilung wurde, wie in beobachtungsbasierten Schläfrigkeitssensormessverfahren üblich (Muttray et al., 2009), eine Liste mit möglichen Schläfrigkeitsindikatoren wie Manierismen, Lidschlussverhalten, Blickbewegungen und fehlender gestischer oder mimischer Aktivität verteilt.

Um die Reliabilität der Messung über Messwiederholungen zu erhöhen, wurden im Einklang mit dem in der Sprachemotionsforschung üblichen Standardvorgehen jeweils drei KSS-Scores (eine Selbstbeurteilung und zwei Fremdbeurteilungen) ungewichtet gemittelt (intraclass correlation = .86). Im Lauf der Nacht war der Aufenthalt der Probanden auf das Labor beschränkt, wo sie während der gesamten Dauer beaufsichtigt wurden. Nicht-koffeinhaltige Getränke und Essen waren nach Belieben verfügbar.

Die Aufnahmen fanden mittels Ansteck-Mikrofon (Sampling Rate: 44.1 kHz, 16 Bit) in einem Laborraum mit gedämpfter Akustik statt. Das verbale Material bestand aus der 1-minütigen Beschreibung ihrer momentanen Befind-

lichkeit (429 im Stunden Rhythmus aufgezeichnete Sprachproben). Insgesamt berechneten wir: 12 Intensitäts-, 14 Fo-, 55 F1-F5 Positions-, 15 F1-F5 Bandbreiten-, 36 MFCC- und 38 Spektralmerkmale, resultierend in einer Gesamtanzahl von 170 akustischen Merkmalen pro Sprachprobe. Weitere Details finden sich in Krajewski (2009).

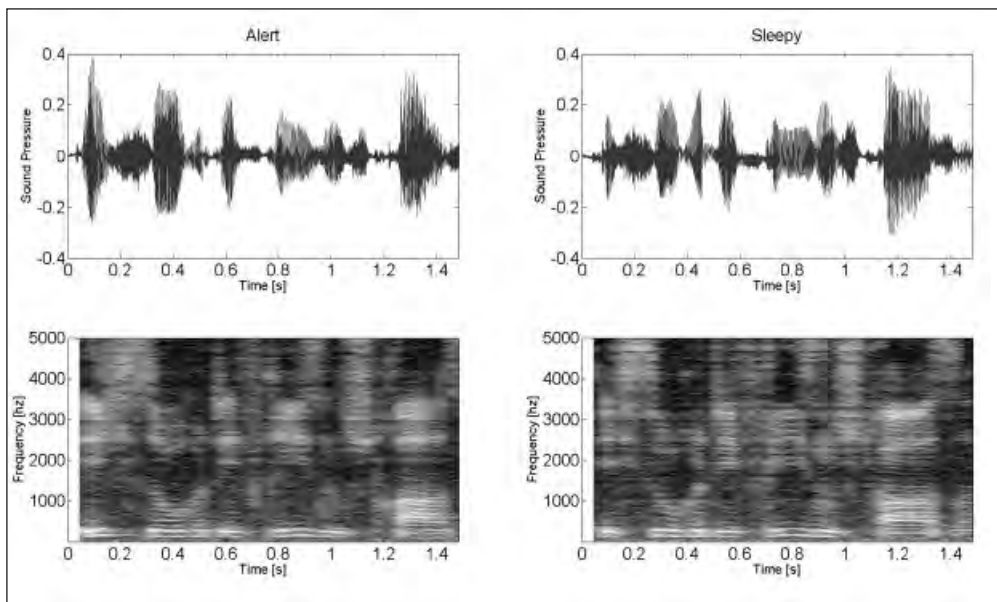
## Ergebnisse

**Relevanz einzelner phonetisch-akustischer Merkmale.** Diese aus Abbildung 1 abgeleiteten Hinweise über schläfrigkeitssensitive Veränderungen der Stimme können über alle Sprachsamples nachgewiesen werden. Der stärkste linear-korrelative Zusammenhang zur gemessenen Schläfrigkeit findet sich für die Artikulations-bezogene Kennzahlen: Differenz der Formant 1 Frequenzposition und der Formant 2 Frequenzposition: Korrelation = -.36; sowie für die Differenz der Formant 1 Frequenzposition und der Formant 3 Frequenzposition: Korrelation = -.25.

## Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Konstruktion eines automatisierten phonetisch-akustischen Schläfrigkeitssensormessverfahrens vorzubereiten, das Kennzahlen der prosodischen, stimmqualitativen und artikulatorischen Veränderungen schläfriger Sprache anwendet. Die Hauptbefunde der vorliegenden Studie können wie folgt zusammengefasst werden. Es konnten zahlreiche phonetisch-akustische Schläfrigkeitssensorkorrelate identifiziert werden. Die wichtigsten Stimmmerkmalsfamilien sind in diesem Zusammenhang Artikulations-bezogene Kennzahlen. Diese Ergebnisse korrespondieren weitgehend mit den Vorhersagen des kognitiv-psychologischen Mediatormodells der Schläfrigkeit, das Prosodie-, Artikulations- und Stimmqualitätsveränderungen postuliert.

**Limitationen und Forschungsdesiderate.** Eine Reihe von Sachverhalten limitieren die Aussagekraft und Generalisierbarkeit unserer Ergebnisse. Die Hauptkritik bezieht sich auf die Wahl der angewandten Grundgenauigkeit. Die verwendete Fusion von Selbstbericht und zwei Beobachterberichten zur Messung könnten wegen ihrer (semi-)subjektiven Natur kritisiert werden. Zukünftige Studien könnten das hier gewählte Konsensusprozedere mit weiteren physiologischen Schläfrigkeitssensorkorrelaten anreichern. Insbesondere die in Kürze zu erwartenden EEG/EOG basierten Goldstandard-Verfahren (Sommer et al., 2008) könnten zu einer wichtigen Ergänzung des hier gewählten Validitätsansatzes beitragen. Eine weitere Optimierung könnte über eine (a) differenziertere Beobachtungsskala (Diettrich et al., 2009; Muttray et al., 2009, einen (b) erhöhten Raterumfang (in der Sprachemotionserkennung werden 5-10 Rater zur Bestimmung der „ground truth“ genutzt) und (c) einen prototypbasierten Ansatz (Vorselektion der Fälle mit Konkordanz aller Validierungsinstrumente) erzielt werden. Zusammenfassend müssen vor dem Hintergrund der oben genannten Einschränkungen die Validierungsergebnisse als vorläufig interpretiert werden. Replikationen mit umfangreichen und diversifizierten Probandenkollektiven sind wichtig, um die für einen breiten Einsatz notwendige



**Abbildung 1:**  
Waveform und Spektrogramm  
und des Satzes „Rufen Sie den  
Notdienst an“ für einen  
wachen (links; KSS = 4) und  
einen schläfrigen Sprecher  
(rechts; KSS = 8). Hohe spek-  
trale Leistungsdichten (PSD)  
sind weiß kodiert, niedrige  
PSD sind schwarz gefärbt.

Evidenzgrundlage aufzubauen. Zudem sollten zukünftige Forschungsbemühungen die Weiterentwicklung der phonetisch-akustischen Schläfrigkeitsanalyse insbesondere über die Anwendung diverser Mustererkennungs- und Machine Learning Verfahren (Support Vector Machine) sowie über eine geschlechtsspezifische Modellierung angehen.

Zusammenfassend kann bezüglich der anwendungspraktischen Bedeutung des hier vorgestellten Verfahrens festgehalten werden, dass für moderate Nebengeräuschbedingungen eine Messungen von Schläfrigkeit insbesondere im mittleren und starken Schläfrigkeitsbereich umgesetzt werden kann. Diese Messung kann bislang jedoch nur als Fit-for-Duty Testsituation realisiert werden.

## Literatur

- Batliner, A.; Steidl, S.; Schuller, B.; Seppi, D.; Vogt, T.; Wagner, J.; Devillers, L.; Vidrascu, L.; Aharonson, V.; Kessous, L.; Amir, N. (2010): Whodunnit – Searching for the most important Feature types signaling emotion-related user states in speech. *Computer Speech and Language*. In press
- Dittrich, E.; Brandenburg, S.; Thüning, M. (2009): Beobachtungsba- sierte Erfassung von Müdigkeit im Kfz – die TUBS-Skala. In A Lichten- stein, C. Stöbel & C. Clemens (Hrsg.). *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (pp. 123-128). VDI Verlag: Düsseldorf
- Golz, M.; Sommer, D.; Trutschel, U.; Sirois, B.; Edwards, D.: Evaluati- on of fatigue monitoring technologies. *Somnologie* 14, 187–199, 2010
- Heinze, C.; Trutschel, U.; Schnupp, T.; Sommer, D.; Schenka, A.; Kra- jewski, J.; Golz, M. (2009): Operator fatigue estimation using heart rate measures. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, IFMBE Proceedings*, 25 (9), 930-934
- Krajewski, J.; Kröger, B. (2007): Using prosodic and spectral charac- teristics for sleepiness detection. In H. van Hamme, R. van Son (Eds.), *Interspeech Proceedings* (pp. 1841-1844). Antwerp: University Antwerp
- Muttray, A.; Weirich, O.; Du Prel, J.B.; Meinken, K.; Geißler, B.; Hagenmey- er, L. (2009): Beurteilung von Fahrerschläfrigkeit von Berufskraftfahrern mittels Videoanalyse. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed*, 44, 114
- Schnupp, T.; Schenka, A.; Edwards, D.; Krajewski, J.; Golz, M. (2009): Is Posturography a candidate for a vigilance test? *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, IFMBE Proceedings*, 25 (9), 388-392
- Sommer, D.; Golz, M.; Krajewski, J. (2008): Consecutive detection of driver's microsleep events. In J. Vander Sloten, P. Verdonck, M. Nys- sen, J. Haueisen (Eds.), *IFMBE Proceedings*, 22, (pp. 243-247). Springer: Berlin
- Vollrath, M. (1993): Mikropausen im Sprechen. *Apparative Registrie- rung und psychologische Bedeutung*. Frankfurt: Peter Lang
- Wilhelm, B.; Giedke, H.; Lüdtke, H.; Bittner, E.; Hofmann, A.; Wilhelm, H. (2001): Daytime variations in central nervous system activation measured by a pupillographic sleepiness test. *Journal of Sleep Re- search*, 10, 1-7





# Sitzung 6

## Fahrerassistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen

# Fahrerassistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen

*Jörg Breuer*

## 1 Motivation

Ein häufig unterschätztes Problem im Straßenverkehr ist Müdigkeit: Laut Studien der deutschen Versicherer ist rund ein Viertel aller Autobahnunfälle mit Todesfolge auf Einschlafen am Steuer zurückzuführen (Hell 2004). Damit ist Müdigkeit eine der Hauptursachen schwerer Verkehrsunfälle. Die Wahrscheinlichkeit, durch Übermüdung tödlich zu verunglücken, ist mehr als 2,5-mal größer als bei allen anderen Unfallursachen. Der verursachte Sachschaden liegt in Deutschland bei ca. 5 Milliarden Euro. Erhöht wird dieses „Einschlafisiko“ durch eine gerade und monotone Straßenführung, verbunden mit langer Fahrzeit und schlafenden Mitfahrern. Auch ausländische Unfallforscher bestätigen diese Erkenntnisse. Die amerikanische Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) schätzt, dass sich in den USA wegen Übermüdung der Autofahrer jährlich über 100000 Unfälle mit 71000 Verletzten und rund 1500 Getöteten ereignen. Das Risiko eines Unfalls oder Beinahe-Unfalls steigt laut NHTSA bei Müdigkeit um das Vier- bis Sechsfache. Die sog. 100-car-study kam auf der Basis von über 2 Millionen Meilen, die von 242 Teilnehmern gefahren worden sind, zu dem Ergebnis, dass 80 % der Unfälle und 65 % aller Beinahe-Unfälle mit Unaufmerksamkeit des Fahrers einhergingen. Müdigkeit war ein ursächlicher Faktor in 20 Prozent der aufgetretenen Unfälle (NHTSA 2006). Autofahrer schätzen ihren Zustand offensichtlich häufig falsch ein und fahren im übermüdeten Zustand (DOG 2007). Genau hier

können Fahrerassistenzsysteme helfen, die Müdigkeit erkennen und eine entsprechende Rückmeldung an den Fahrer geben.

## 2 Zielsetzung

Bei Mercedes-Benz begann die Entwicklungsarbeit für das ATTENTION ASSIST genannte System Anfang 2004. Ziel war, ein System zu entwickeln, das möglichst viele Fahrer bei längeren Fahrten auf Autobahnen und Fernstraßen unter allen Praxisbedingungen möglichst zuverlässig unterstützt. Dazu soll der gleitenden Übergang vom Wachzustand zur Ermüdung, also von hoher Konzentrationsfähigkeit zu deutlichem Aufmerksamkeitsdefizit, erkannt und der Fahrer gewarnt werden, bevor es zu einer gefährlichen Situation kommt.

## 3 Kamerabasierte Ansätze

Zu Beginn wurden, u.a. im EU-Projekt AWAKE, Ansätze in Versuchen bewertet, die aus Parametern des Lidschlußverhaltens auf Müdigkeit des Fahrers schließen. Die Umsetzung in eine Serienlösung erfolgte nicht, da die Erkennung der relevanten Parameter aus dem Kamerabild nicht zuverlässig möglich war. Das Vorliegen bestimmter Fahrer-Physiognomien sowie das Tragen von Brillen führten z.B. dazu, dass die Augen nicht eindeutig erfasst werden konnten. Ein weiteres Problem war das eindeutige Differenzieren zwischen einem Lidschluß und einem Blick in das

<b>Zunehmende Müdigkeit</b>	<b>I. Wiederkehrende, kurze Phasen der Unaufmerksamkeit</b> • Typische Lenkmuster	<b>In der Regel folgenlos</b>
	<b>II. Längere Phasen der Unaufmerksamkeit</b> • Übersehen von plötzlich aufgetretenen Hindernissen • Evtl. Spurüberschreitungen • Evtl. kritische Annäherung an Vorfahrer	<b>Erhöhte Unfallgefahr</b>
	<b>III. Sekundenschlaf</b> • Mit offenen Augen bzw. mit geschlossenen Augen • Fahrer kurzzeitig inaktiv	<b>Hohe Unfallgefahr</b>
	<b>IV. Einschlafen</b> • Fahrer dauerhaft inaktiv	<b>In der Regel schwerer Unfall</b>

Bild 1: Phasen der Ermüdung beim Autofahren

Kombi-Instrument. An der Lösung dieser Probleme wird weiterhin gearbeitet.

Kamerabasierte Systeme, die aus der Bewertung der Spurlage auf Müdigkeit schließen, sind auf vorhandene und erkennbare Fahrbahnmarkierungen angewiesen und damit in ihrer Verfügbarkeit eingeschränkt.

#### 4 Lenkmuster als Basis für Müdigkeits-erkennung

Basis für die Entwicklung des ATTENTION ASSIST war eine Versuchsreihe im Berliner Fahrsimulator der Daimler AG. 32 fahrerfahrene Probanden im Alter zwischen 24 und 49 Jahren absolvierten nach ihrem regulären Arbeitstag zunächst eine 30-minütige Referenzfahrt. Später (ab 22.00 h) erfolgte eine Fahrt unter eher monotonen Bedingungen (Autobahn, 130 km/h) im Fahrsimulator, die spätestens dann abgebrochen wurde, wenn zum 6. Mal die Fahrbahn

verlassen wurde. Somit konnte das „normale“ Fahren sowie Veränderungen im Fahrerverhalten bis hin zum Ereignis des Einschlafens beobachtet werden. Erhoben wurden auch physiologische Daten zur Beanspruchung sowie Kennwerte des Lidschlussverhaltens.

Es gelang mit dieser Basis, nicht nur einzelne Phasen zunehmender Müdigkeit zu unterscheiden (Bild 1), sondern vor allem Muster im Lenkverhalten zu identifizieren, deren Auftreten mit ansteigender Müdigkeit zunimmt.

Das Bild 2 zeigt eine (starke) Ausprägung eines solchen Lenkmusters, das geprägt wird von einer passiven Phase, in der praktisch kein aktives Lenken stattfindet, und einer Korrekturphase mit einem schnellen und überschießenden Lenken. Einzelne Parameter des Musters unterliegen ebenso wie die Häufigkeit beim „normalen“ (wachen) Fahren vor allem interindividuellen Streuungen.

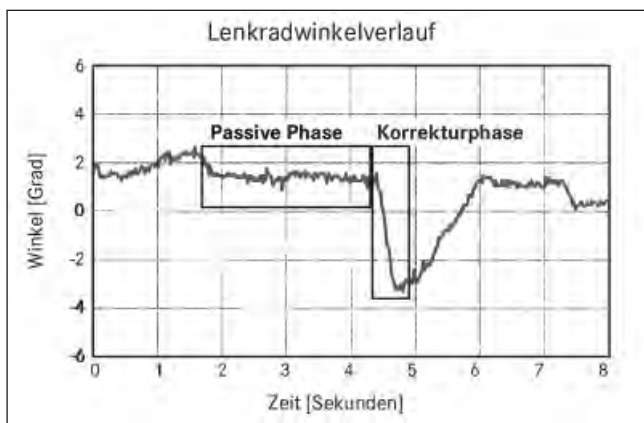


Bild 2: Beispiel für ein Lenkmuster

#### 5 Umsetzung im Seriensystem

Zur zuverlässigen Erfassung der häufig sehr schwach ausgeprägten Lenkmuster ist ein Lenkradwinkelsensor erforderlich, der im relevanten Lenkwinkelbereich eine deutlich höhere Auflösung aufweist (ca. 0,1° gegenüber den vorher üblichen ca. 2°). Die ersten Minuten einer Fahrt werden zur Identifikation des Fahrstils (insbesondere der Lenkgeschwindigkeiten) genutzt. Nach ca. 20 Minuten Effektivzeit wird eine fahrerbezogene Warnschwelle (Lenkmuster über Zeit) festgelegt, vorher gilt eine Standard-Warnschwelle.

Außerdem nutzt ATTENTION ASSIST eine Vielzahl von Informationen aus bereits im Fahrzeug vorhandener Sensorik. Es werden unterschiedliche Faktoren berücksichtigt, zum Beispiel der individuelle Fahrstil, die Fahrtdauer, die

Tageszeit und Merkmale der aktuellen Fahrsituation. Zu den für die Müdigkeitserkennung benutzten Messgrößen gehören außerdem Geschwindigkeit, Längs- und Querschleunigung, Blinker- und Pedalbetätigungen sowie bestimmte weitere Bedienhandlungen.

Einige Größen werden berücksichtigt, um müdigkeitsbedingte Lenkmuster von solchen zu unterscheiden, die aufgrund von äußeren Faktoren wie z.B. Seitenwind oder Bodenwellen bzw. durch Bedienhandlungen z.B. an Lenkradtasten erzeugt werden.

Da bei sportlicher Fahrweise auf kurviger Strecke das Ermüdungsrisiko aufgrund der höheren Fahreraktivität geringer ist, werden Lenkmuster in solchen Fahrtabschnitten nicht berücksichtigt. Das System ist in einem Geschwindigkeitsbereich von 80 bis 180 km/h aktiv.

Die Empfindlichkeit der Müdigkeitserkennung wird in Abhängigkeit von Fahrtdauer und Uhrzeit verändert.

Werden müdigkeitsbedingte Veränderungen im Fahrverhalten festgestellt, erhält der Fahrer einen optischen und akustischen Hinweis, eine Pause einzulegen. Verbessert sich die Fahrweise nicht, so erfolgt eine Wiederholung frühestens nach 15 Minuten. Die Warnfunktion ist abschaltbar.

ATTENTION ASSIST ergänzt damit die Liste der bereits bestehenden Assistenzsysteme für Längs- und Querregelung erstmalig um eine Fahrerzustandsbeobachtung (Bild 3).

## 6 Wirksamkeit und Akzeptanz

Zur systematischen Bewertung der Wirksamkeit unter kontrollierten Bedingungen wurden Versuche mit Normalfahrern unter Realbedingungen durchgeführt. Bei einer weitgehend monotonen Autobahnfahrt mit vorgegebener Geschwindigkeit (130 km/h) – ohne Gespräche mit dem Versuchsleiter und ohne Nutzung von Unterhaltungsmedien – wurde die erlebte Müdigkeit von den Probanden alle 15 Minuten bzw. bei Änderungen auf der übersetzten Karolinska Sleepiness Scale KSS (Akerstedt 1990) eingestuft. Der geschulte Versuchsleiter verfügte aus Sicherheitsgründen über eine Zweitpedalerie. Sobald der Fahrer angab, zu müde zu sein, wurde der Versuch beendet. Auch der Versuchsleiter konnte bei Anzeichen von Müdigkeit abbrechen. Das Bild 4 zeigt beispielhaft Verläufe einer solchen Nachtfahrt, bei der Warnungen ausgegeben wurden. In ausgewählten Versuchsreihen wurde auch das EEG zur objektivierten Ermüdungsbewertung eingesetzt (Schmidt et al. 2007).

Daneben wurden Tagfahrten unter kontrollierten Bedingungen, Dauerläufe unter extremen Bedingungen sowie kundennahe Fahrerproben durchgeführt (Probanden nutzen ein mit System ausgestattetes Fahrzeug für ihre persönlichen Fahrten über einen Zeitraum von bis zu 7 Tagen). Das so gewonnene Datenmaterial (1.400.000 km mit über 1.000 Fahrern) wurde dazu genutzt, Erkennungs- und Falschauslösungsraten in die jeweiligen Zielbereiche zu bringen.



Bild 3: ATTENTION ASSIST im Überblick



Bild 4: Nachtfahrt unter kontrollierten Bedingungen: Verläufe der vom Fahrer subjektiv eingestuft und vom System ermittelten Müdigkeit

Wie jedes Assistenzsystem unterliegt auch der ATTENTION ASSIST Einschränkungen. So kann das System bereits zu Fahrtbeginn vorliegende Müdigkeit evtl. erst zu spät erkennen. Es kann auch zum Ausbleiben von Warnungen kommen, wenn bestimmte Faktoren dauerhaft vorliegen, z.B. Spurwechsel, kurvenreiche Strecken, Bedienhandlungen, Bodenwellen, Seitenwind oder dynamische Fahrweise. Die Fahrzeit im aktiven Bereich wird dann ggf. zu kurz. Außerdem können bestimmte Fahrertypen das System vor besondere Herausforderungen stellen, z.B. Fahrer mit sehr ruhigem oder sehr aktivem Lenkverhalten. Auf allen Handlungsfeldern werden in der Entwicklung aktuell Verbesserungsmöglichkeiten gesucht.

Das System gehört bereits in mehreren Baureihen zur Serienausstattung. Die Rückmeldungen systematisch befragter Kunden lassen ebenso wie spontane Mitteilungen aus dem Feld vermuten, dass Systemnutzung und Systemnutzen auf sehr ermutigendem Niveau liegen. Verbesserungen und Erweiterungen des ATTENTION ASSIST fließen in kommende Baureihen ein.

## Literatur

- Akerstedt, T.: Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int. J. Neurosci.*, 1990, 52: 29-37
- DOG Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft e.V. 2007: Presse-Information vom 21. September 2007 Jeder vierte Autofahrer sitzt übermüdet am Steuer ([http://www.dog.org/wpcontent/uploads/2009/12/PM\\_04\\_Pupillomat.pdf](http://www.dog.org/wpcontent/uploads/2009/12/PM_04_Pupillomat.pdf))

EU-Projekt AWAKE [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/fatigue/countermeasures/in\\_vehicle\\_detection\\_and\\_warning\\_devices.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/fatigue/countermeasures/in_vehicle_detection_and_warning_devices.htm)

Hell, W. (Verkehrstechnisches Institut der Deutschen Versicherer): Unfallursache "Einschlafen" - Auftreten und Prävention von Müdigkeitsunfällen im Straßenverkehr. 42. Deutscher Verkehrsgerichtstag – 28. bis 30.1.2004, Goslar

Schmidt, E.A.; Kincses, W.E.; Schrauf, M.; Haufe, S.; Schubert, R.; Curio, G.: Assessing drivers' vigilance state during monotonous driving.

4th Int. Driving Assessment Symposium, Washington. Proceedings 138-145. 2007

U.S: Department of Transportation: The Impact of Driver Inattention On Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. DOT HS 810594.

(<http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Crash%20Avoidance/2006/DriverInattention.pdf>)

# Sitzung 7

## Freie Themen

# Schlafapnoe und Sekundenschlaf

*Matthias J. A. von Mülmann*

Die Schlafapnoe ist eine mit etwa 2 % bis 3 % weitverbreitete Erkrankung in der Gesamtbevölkerung, von der vorwiegend Männer betroffen sind. Mit zunehmendem Alter steigt das Erkrankungsrisiko auch für Frauen insbesondere mit Beginn der Menopause. Die Symptome sind relativ unspezifisch und erschweren so die Diagnosestellung falls keine Fremdanamnese erhoben werden kann. Während von der *Schlafapnoe* alleine nur Befindlichkeits- und auch (schwere) Gesundheitsstörungen ausgehen, ist der *Sekundenschlaf* als häufige Folge auch für Unbeteiligte von nicht unerheblichen Konsequenzen, wenn z.B. hierdurch ein Verkehrsunfall verursacht wird.

Die Symptome der Schlafapnoe sind sehr allgemein gehalten. Zunehmender Leistungs- und Konzentrationsverlust, Unausgeglichenheit, Gereiztheit, Persönlichkeitsveränderungen und -störungen und Reduzierung der sozialen Kontakte bis hin zu organischen Manifestationen wie Erektionsstörungen und Impotenz können mannigfaltige Ursachen haben. Die Folge ist eine u.U. langwierige Diagnostikkette, die nicht selten in einer Psychotherapie endet, die naturgemäß nicht mit einem Erfolg enden kann. Als Risikofaktoren gelten allgemein zunehmendes Alter, erhöhter BMI, Rauchen oder neurologische Erkrankungen, die die Funktion der Atemmuskulatur beeinträchtigen. Als Auslöser kommen sowohl die eher seltene zentrale wie die häufigere obstruktive Form in Betracht. Erstere kann nur symptomatisch mit einer Atemmaske zur Sauerstoffinsufflation bzw. einer nasalen Sauerstoffbrille behandelt werden. Die periphere Variante hingegen kann auch sehr gut durch operative Eingriffe wie Raffung des Gaumensegels und Kappung der Uvula angegangen werden.

Besondere Bedeutung haben beide Erkrankungen für Personen aus dem Bereich *Fahr-, Steuer und Überwachungs-personal*, also der Kreis gemäß G20 und hier insbesondere Luftfahrzeugführer ohne Berücksichtigung der Art der Lizenz – *siehe JAR-FCL 3.160 (g), Abschnitte B und C*. Prinzipiell können sie in diesen Bereichen zunächst nicht eingesetzt werden sondern erst unter einer erfolgreichen Therapie. Für alle Tauglichkeitsklassen besteht eine weitere Barriere – das medizinische Tauglichkeitszeugnis muss zunächst verweigert und erst danach kann ein Überprüfungsverfahren eingeleitet werden. In jedem Falle wird aber die Auflage *OML* (Nur gültig als/mit qualifizierte(r/m) Co-Pilot(en)) ausgesprochen werden müssen um alle Belange der Flugsicherheit zu erfüllen.

Im *Aero Medical Center Frankfurt* der *Deutschen Lufthansa AG* wurden während eines 131/2monatigen Zeitraumes 777 Flugzeugführer (763 männlich, 14 weiblich) mit dem standardisierten Fragebogen *Epworth Sleepiness Scale* befragt. Zwei Fragestellungen wurden dabei verfolgt:

1. *Allgemeine Häufigkeit des Sekundenschlafes als möglicher Hinweis auf eine (unerkannte) Schlafapnoe.*
2. *Besteht ein (möglicherweise) berufsbedingter Zusammenhang durch die besondere Exposition wiederkehrender Zeitverschiebungen)?*

Die Altersverteilung entspricht der allgemeinen Statistik in der Gruppe aller Piloten während Frauen in dieser Umfrage im Verhältnis zur absoluten Anzahl deutlich unterrepräsentiert sind.

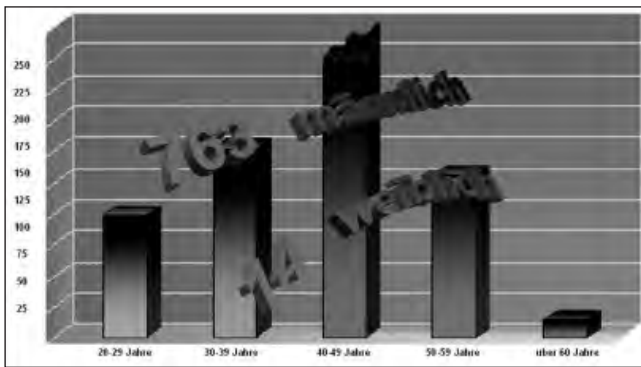


Abb. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung

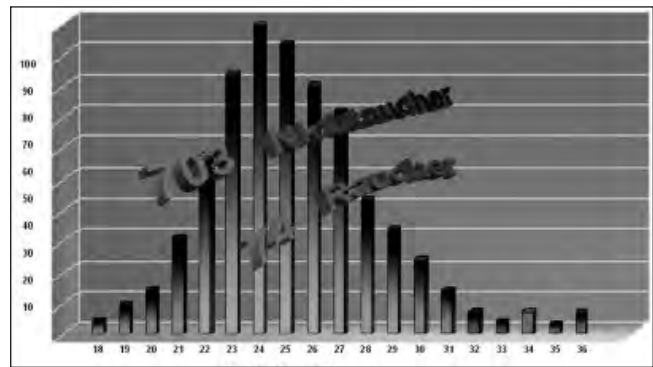


Abb. 2: Risikofaktoren

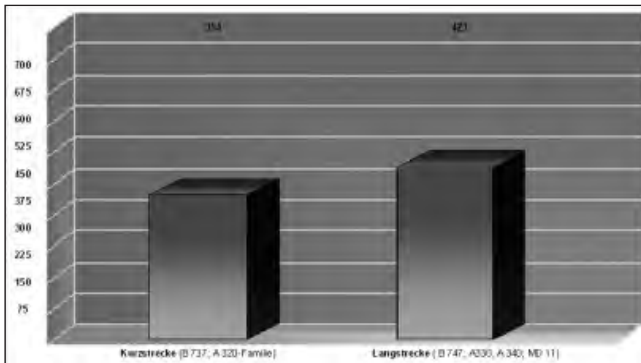


Abb. 3: Einsatzspektrum (Kurz- und Langstrecke)

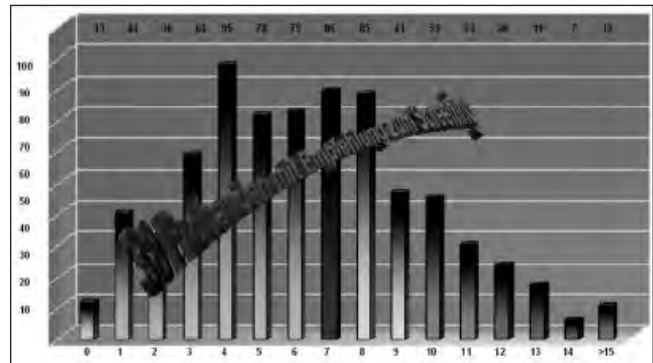


Abb. 4: Gesamtbewertung

Knapp 10 % der Befragten sind Raucher. Der Body Mass Index zeigt eine normale Verteilungskurve. 36 Probanden hatten mit 36 einen höheren BMI als in den Tauglichkeitsbestimmungen erlaubt. Da sie aber die in diesem Fall geforderten Zusatzuntersuchung ohne Beanstandung absolvierten und sich keine weiteren pathologischen Ergebnisse zeigten, z.B. oraler GTT, Ergometrie etc., blieb die Tauglichkeit davon unberührt.

Die Verteilung auf Kurz- bzw. Langstrecke entspricht ebenfalls den tatsächlichen Gegebenheiten. Um ein Langstreckenflugzeug im Einsatz zu halten, bedarf es auf Grund der längeren Strecken und den daraus resultierenden ebenfalls längeren Ruhezeiten einer höheren Anzahl von Crews als im Kurzstreckenbereich.

Bei der Gesamtauswertung des *Epworth Sleepiness Scale* erreichten 38 Probanden einen Punktwert, der weitere Untersuchungen empfehlenswert erscheinen ließ. Es erfolgte eine entsprechende Beratung. Da die Befragung außerhalb der eigentlichen Tauglichkeitsuntersuchung stattfand, ist es bekannt, ob dieser Empfehlung gefolgt wurde bzw. ein Schlafapnoe-Syndrom bestätigt oder ausgeschlossen wurde.

Die Auswertung zeigte, dass zwar allgemeine Müdigkeitsercheinungen, bedingt durch die kontinuierlich aufeinanderfolgenden Flüge mit Zeitverschiebung einerseits aber auch durch die Kurz- und Mittelstreckenflüge mit äußerst irregulären Dienstzeiten andererseits, häufiger zu verzeichnen waren. Hier wird innerbetrieblich aber durch Verstärkung der Besatzungen und ein Pausensystem einschließlich einer *Napping-Policy* für einen Ausgleich gesorgt. Es fanden sich hingegen keine eindeutigen Hinweise, dass die

Schlafapnoe in dieser Berufsgruppe häufiger wäre als in der Allgemeinbevölkerung – hier ist eher das Gegenteil mit einer Unterrepräsentierung der Fall. Die Ursache bleibt zunächst unklar, da kein weiterführendes Screening stattgefunden hat. Möglicherweise spielen die medizinische Auswahl, berufliche Motivation, gesündere Lebensführung (*Healthy-Worker-Effekt*) und Ähnliches eine Rolle.

Zum Sekundenschlaf wurden zwar anamnestisch eine Reihe von singulären Episoden berichtet, die im Einzelnen nicht zahlenmäßig erfasst wurden. Die Zahl ist aber etwa vergleichbar mit der Anzahl der Fragebögen mit erhöhtem Punktwert von bis 12 bzw. darüber liegend, also etwa 0,1 %.

Es gibt immer wieder Pressemeldungen über Flugzeuge, die weit über ihr Ziel hinausgefliegen seien und die Besatzung sei nicht erreichbar gewesen. Hier handelt es sich nicht um Episoden von Sekundenschlaf, sondern es befand sich die ganze Cockpit-Crew komplett in einer Schlafphase. Die Zusammenhänge sind immer relativ einfach aufzuklären – infolge einer irregulären Dienstplangestaltung baute sich ein Schlafdefizit auf, das beide Piloten dann nicht mehr beherrschen konnten.

## Zusammenfassung

Schlafapnoe und Sekundenschlaf spielen in der kommerziellen Luftfahrt unter Aspekten der Flugsicherheit keine Rolle, auch wenn immer wieder einzelne Vorkommnisse gemeldet werden. Hier handelt es sich aber in der Vergangenheit immer um Ereignisse, die zum regulären Schlaf im Cockpit, bedingt durch Übermüdung, Unterschreitung der gesetzlichen Ruhezeiten, Schlafdefizit etc., geführt haben.

# Mögliche Ursachen für Schläfrigkeitsunfälle auf Autobahnen

Werner Möhler

Unfälle im Straßenverkehr ohne Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern, wie das Abkommen von der Fahrbahn oder Kollisionen im Längsverkehr, sind typischerweise mit technischen Mängeln oder Fremdeinflüssen nicht zu erklären. Während nur in seltenen Fällen nach dem Unfall eine medizinische oder psychologische Nachweismöglichkeit von Schläfrigkeit besteht, können deutliche technische Hinweise bei einer sorgfältigen Unfallaufnahme auch noch später isoliert werden. Kriterien, die auf einen Schläfrigkeitsunfall unmittelbar schließen lassen, sind z.B. das Fehlen einer Bremsaktion vor dem Auffahren oder dem Abkommen von der Fahrbahn. Aufgedeckt werden kann dies u. a. durch die Untersuchung von Diagrammaufschrieben, Glühlampen der Bremsleuchten oder durch die Analyse des Spurenbilds. Bei hohen Kollisionsgeschwindigkeiten ist jedenfalls mit einem Ausschlag der Diagrammschreiber-nadel oder einem starken Geschwindigkeitsabfall oberhalb der Bremsverzögerung im Aufschrieb zu rechnen. Auch kann die Auswertung von Daten aus der Steuerelektronik eines Fahrzeuges (verdeckte Datenschreiber) zu Aufklärung beitragen. Reine Driftspuren (ausschließlich querweisende Spurendetails) weisen ebenfalls auf das Fehlen einer Bremsung und damit ggf. einer Reaktion hin.

Als plausible Ursache für Unfälle ohne Fremdeinwirkung oder (äußert seltene, weit unter 5 %) technische Mängel kommt oft nur noch menschliches Versagen, zu vermuten in vielen Fällen verbunden mit Tagesschläfrigkeit (bis 50 % nach verschiedenen Quellen), in Frage. Der weitaus überwiegende Teil der Auffahrunfälle auf Autobahnen geschieht, obwohl prinzipiell hinreichend Zeit für eine Reaktion verfügbar gewesen wäre. Trotzdem erfolgt oft keine adäquate Abwehrhandlung oder sie setzt erheblich verzögert ein. All dies zeigt die große Bedeutung des Faktors „Schläfrigkeit“ für die Verkehrssicherheit.

Betrachtet man den Tagesablauf von Lkw-Fahrern (bedingt übertragbar auch auf andere Verkehrsteilnehmer), so lassen sich zwei Ursachengruppen für Tagesschläfrigkeit unterscheiden: a) Bedingungen außerhalb des Fahrbetriebs, in den vorgeschriebenen Ruhezeiten und während der Nachruhe und b) im Fahrbetrieb.

a) Durch die – grundsätzlich – straff reglementierten Lenk- und Ruhezeiten kommen Berufskraftfahrer in Situationen, bei denen sie in Zeiten hoher Vigilanz Ruhepausen einlegen müssen und danach ggf. trotz ansteigender Schläfrigkeit am Verkehr teilnehmen, weil ihre Ruhezeit „verbraucht“ ist. Die Lage der Ruhezeiten und Lenkzeiten

stimmt allenfalls zufällig mit der Tagesganglinie der Schläfrigkeit überein. Viele Lkw-Fahrer (Pilotbefragungen in 2008 bis 2010 bei Fernfahrerstammtischen der Autobahnpolizei) beschreiben Situationen als üblich, in denen sie aufgrund der unflexiblen Ruhezeitregelung gezwungen sind, Pausen in Zeiten hoher Vigilanz einzulegen und danach in Phasen ansteigender Schläfrigkeit hinein zufahren.

Der Nachtschlaf von Berufskraftfahrern ist zudem in vielfältiger Weise gestört. Ernährung bzw. Bewegungsmangel bedingte Adipositas ist einer der Auslöser für Schlafapnoe. Die schlafhygienischen Bedingungen an Autobahnrastplätzen sind zudem – bis auf wenige Ausnahmen – unzulänglich. Dies wird entgegen anderslautender Untersuchungsergebnisse von zahlreichen Lkw-Fahrern in vertrauten Gesprächen auch vorgetragen. Fahrzeuge werden auf den meisten Autobahnraststätten mit der Front zur Autobahn geparkt. Der Schallpegel in der Fahrerkabine liegt verkehrsbedingt im Mittel deutlich über 50 dB(A). Gemessen wurden diesseits häufig Spitzenwerte durch den vorbeifließenden Verkehr bis über 70 dB(A) hinaus. Hinzu kommen Störgeräusche durch die zwangsläufig enge Aufstellung der Fahrzeuge (Türenschlagen, Kühlaggregate, Starts ...). Immer wieder wird auch von Fernfahrern die Angst vor Überfällen und Diebstählen berichtet. Die Durchlüftung der Schlafkabinen ist oft unzureichend. Verschärft wird diese Situation durch Abgase und die Staubbelastung an den BAB, bei einer Parkstand-Entfernung von oft weniger als 20 m zur Fahrbahn. Auch werden wegen der nicht ausreichenden Anzahl von Abstellmöglichkeiten auf Autobahnraststätten oder Autohöfen immer wieder verkehrstechnisch unsichere Abstellmöglichkeiten gewählt.

b) Monotonie bei Fahraufgaben führt zu einer Abnahme an Aufmerksamkeit und einer Reduzierung der Qualität von Wahrnehmungsprozessen. Laboruntersuchungen zeigten, dass bekannte Fahrstrecken ein Sicherheitsgefühl und das Gefühl der Situationskontrolle hervorriefen, was zu einer Reduktion an Aufmerksamkeit führte (Mader, Bresges et al., Neuroscience Letters 2009). Monotonie entsteht aber nicht nur infolge gewohnter Strecken, sondern auch durch reizarme Situationen wie bei Kolonnenfahrten mit gleichförmiger Geschwindigkeit, besonders auf strukturarmen Strecken. Moderne Nutzfahrzeuge unterfordern offenbar den Fahrer, zumal wenn Tempomate genutzt werden. Dies äußert sich auch in diversen beobachtbaren funktionsfremden Tätigkeiten am Steuer, wie z. B. das Lesen von Zeitungen oder Büchern, der ausgiebigen Körperpflege etc. Offenbar stehen für diese Tätigkeiten hinreichend Ka-

pazitäten zur Verfügung. Sie binden aber Aufmerksamkeit, was bei plötzlich auftretenden Situationsänderungen des Fahrbetriebs zur Verlängerungen von Reaktionszeiten oder einer Qualitätsminderung bei der Wahl von Korrektur- oder Kompensationsmaßnahmen führt. Werden die freien Kapazitäten nicht derart genutzt, so kann vermutet werden, dass dann die betriebsbedingte Monotonie Tagesschläfrigkeit provoziert.

Das sehr häufig beobachtbare zu dichte Auffahren beschneidet primär die Möglichkeiten einer reaktiven Anpassung an plötzlich auftretende Änderungen des Verkehrsflusses. Die Verzögerung ist dann zu kurz. Daneben tritt aber auch ein optischer Effekt auf, der die visuelle Wahrnehmung mit abnehmender Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug massiv beeinflusst. Ein typisches Lkw-Heck hat eine Breite von 2,5 m und eine Höhe von 4 m. Auf eine durchaus nicht unübliche Distanz von 10 m wird damit im zentralen Sehfeld des nachfolgenden Fahrers ein Horizontalwinkel von 14° verdeckt, bei 25 m Abstand immer noch ein Winkel von rund 6°. Bei 10 m Distanz ist dies einer Fahrt mit einem DIN A4-Blatt in ca. 1 m vor dem Gesicht vergleichbar. Neben dieser zentralen Sichtverdeckung entsteht eine visuelle Monotonie gerade im wichtigen zentralen Sehbereich. Untersuchungen zum nutzbaren Sehfeld weisen darauf hin, dass die Abnahme an Aufmerksamkeit auch die periphere visuelle Wahrnehmung berührt (Rogé et al. *Vision Research* 44, 2004), dass also, was in den oben geschilderten Situationen Lkw-Fahrern alleine verbleibt. Zwar wird die Okulomotorik nicht einheitlich als tragfähiger Indikator für die Detektion von einsetzender Schläfrigkeit im Verhältnis zur Pupillometrie eingestuft. Gleichwohl konnten Zusammenhänge zwischen Fixationsdauer und Müdigkeit dargestellt werden (Schleicher et al., *Ergonomics* 2008). Es stellt sich nun die Frage, welchen Einfluss die visuelle Monotonie im zentralen Sehfeld mit der zu vermutenden, mangels Sehzielen abnehmenden Okulomotorik auf die Tagesschläfrigkeit nimmt. Untersuchungen zu Effekten der bei Realfahrten präsentierten Straßenszenen zeigten Zusammenhänge zwischen der Fixationsfrequenz und der Reizdichte, z. B. an Ortseingängen (Diss. Möhler RWTH Aachen 1988). Die Fixationsfrequenz stieg, wie zu erwarten, mit wachsender Reizdichte und fiel bei monotonerem Umfeld.

Zwar kann daraus ohne weitere Untersuchungen nicht unmittelbar der Schluss gezogen werden, dass eine Kausalkette zwischen einem mangelnden Angebot an Sehreizen (bzw. dem Ausschluss) im zentralen Sehfeld, wahrscheinlich reduzierter Okulomotorik und Schläfrigkeit besteht. Auch wird es schwer sein, die beschriebenen Einflussgrößen zu separieren. Sicher ist jedoch, dass die sowohl außerhalb des Fahrbetriebs, als auch bei der Fahrt im gebundenen Verkehr beschriebenen Faktoren wesentlich zur Risikohöherung beitragen und dass es dringend einer Kompensation – sei es auf regulativer oder auf technischer Ebene – bedarf.

Maßnahmen zur Verbesserung der Schlafhygiene, Fahrerassistenzsysteme zur Abstandaufweitung und im Notfall zur Abwehr von Kollisionen oder zur Vorbeugung des Abkommen von der Fahrlinie sind genauso notwendig, wie Tempomate kontraproduktiv erscheinen – zumindest soweit sie nicht in ein Gesamtkonzept von Fahrerassistenzsystemen eingebunden sind. Es gilt, Monotonie zu verhindern und nicht durch eine immer weiter gehende Entlastung vom Fahrbetrieb zu fördern. Erste technische Hilfen zur frühzeitigen Signalisierung von Schläfrigkeit sind inzwischen auf dem Markt. Diese Geräte erkennen z. B. über Fahrzeugparameter die Gefahr einer einsetzenden Schläfrigkeit des Fahrers. Über eine Signalisierung an den Fahrer gehen die derzeit von Mercedes-Benz und Volkswagen verbauten Systeme vorerst jedoch nicht hinaus. Hier besteht noch ein erheblicher juristischer Klärungsbedarf, sowohl hinsichtlich weiterführender Techniken, etwa mit Eingriffen in den Fahrablauf, als auch hinsichtlich der möglichen Konsequenzen einer Nichtbeachtung von Warnhinweisen. Verunfallt ein Fahrer nach einem technischen Hinweis auf Schläfrigkeit, so ist er ggf. willentlich ein erhöhtes Risiko bei seiner Weiterfahrt eingegangen. Es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, dass mit Mitteln der Unfallanalyse auch nach Kollisionen gezeigt werden kann, dass ein Warnhinweis ergangen war. Zivilrechtlich könnte dies den Vorwurf der groben Fahrlässigkeit und damit den Verlust des Versicherungsschutzes zur Folge haben. Strafrechtlich könnte der Vorwurf des bedingten Vorsatzes erhoben werden, was gegenüber einem fahrlässig verschuldeten Unfall – insbesondere bei Personenschäden – zu einer erheblichen Strafverschärfung führen kann.

## Fazit

Tagesschläfrigkeit ist eine häufige, aber vielfach nicht erkannte Ursache für schwere Verkehrsunfälle. In der polizeilichen Unfallaufnahme werden nur selten Vermutungen zur Schläfrigkeitsursachen erwähnt und kaum weiterverfolgt. Auch in der juristischen Beurteilung von Unfällen ist der Risikofaktor „Schläfrigkeit“ nahezu unbeachtet. Bei einer sorgfältigen Untersuchung von Unfällen können technische Hinweise auf Schläfrigkeit als Unfallursache ermittelt werden. Dies, jedoch auch die nachträgliche Auswertung rekonstruierter Unfälle - ein durchaus verfügbarer Fundus – kann für die Ursachenforschung herangezogen werden. Die Entstehung von Tagesschläfrigkeit hat vielfältige Gründe. Sie liegen sowohl in den Lebensbedingungen von Fahrern außerhalb des unmittelbaren Fahrbetriebs, als auch in den Umgebungsbedingungen der Fahrstrecken und im Fahrbetrieb, besonders bei Lkw-Fahrern. Erste Geräte zur technischen Kompensation von schläfrigkeitsbedingten Fahrfehlern werden bereits in Fahrzeuge verbaut. Mit diesen kann jedoch nur in Situationen unmittelbar an der Entstehungsschwelle von Konflikten eingegriffen werden. Vorrang sollte jedoch die frühzeitige Verbindung der Grundursache „Tagesschläfrigkeit“ haben.



## Workshops 1 und 7

*Vorbemerkungen: Workshop 1 und 7 des 6. Symposiums trugen den Titel „Tagesschläfrigkeit und Aufmerksamkeitsdefizite – Aspekte und Messverfahren“. Der Beitrag von Hans-Günther Weeß in diesem Band (s. 26 ff.) geht auf Aspekte und Messverfahren ausführlich ein, während der folgende Beitrag der Autorinnen Maritta Orth und Sylvia Kotterba seinen Schwerpunkt auf gutachterliche und juristische Gesichtspunkte legt.*

# Tagesschläfrigkeit und Aufmerksamkeitsdefizite – Gutachterliche und juristische Aspekte

*Maritta Orth, Sylvia Kotterba*

## Einleitung

Bislang existieren europaweit keine einheitlichen Handlungsanweisungen bzw. Gesetze, die den Umgang mit professionellen Fahrern im Rahmen von Einstellungsuntersuchungen, oder im Falle von einer die Tagesleistungsfähigkeit einschränkenden Krankheit bzw. die Fahrtauglichkeit unisono regeln. Es wird daher im Folgenden auf die Situation in Europa, danach auf die bisher in Deutschland vorliegenden Empfehlungen bzw. Gesetze eingegangen.

## Europa

In Europa fanden im 21. Jahrtausend zwei Expertenkonferenzen statt, deren Ergebnisse jeweils im Jahre 2008 publiziert wurden. An der von Alonderis geleiteten Sitzung nahmen 25 europäische Länder teil. Exzessive Tagesschläfrigkeit bzw. ein manifestes Schlafapnoe-Syndrom (SBAS) war nur in 9 bzw. 10 Ländern als ein die Fahrtauglichkeit einschränkender Faktor überhaupt anerkannt. Nur in 10 europäischen Ländern wurde der Nachweis eines medizinischen Zeugnisses über Symptomkontrolle und Therapiecompliance vor der Wiederaufnahme der berufli-

chen Fahrtätigkeit gefordert. Beispielhaft in diesem Zusammenhang sind sicherlich die Regularien in Frankreich, die einen unauffälligen Maintenance-of-Wakefulness Test von den Berufskraftfahrern fordern. Die Handlungsempfehlungen, die sich aus beiden Konferenzen ergaben waren nahezu identisch: es wurde ein medizinischer check-up bei Fahrern ab dem 45. Lebensjahr gefordert (z.B. beim Allgemeinmediziner, gestützt z.B. durch Fragebögen, ESS), bei Verdacht auf das Vorliegen einer Schlafstörung sollte ein Schlafmediziner aufgesucht werden. Vorgeschlagene Grenzwerte für den V.a. das Vorliegen eines OSAS waren z.B. ein ESS  $> 10$  oder ein AHL  $> 30/h$  [1] bzw. ein ESS  $> 11$  und ein BMI  $> 30\text{kg}/\text{m}^2$  [6] Fahrtauglichkeit sollte erst nach einem Monat complianten CPAP-Nutzung ( $> 4\text{h}/\text{Nacht}$ ) angenommen werden, jährlich Kontrollen werden eingefordert sowie die Anwendung zusätzlicher Testverfahren bei Berufskraftfahrern. Weiterhin wurde das explizite Fragen der Polizei nach einem stattgehabten Unfall nach Schläfrigkeit eingefordert.

Die Uneinheitlichkeit und damit die Groteskität des Umgangs mit diesem Problem sei anhand des nachfolgende Beispiels erläutert: In England ist der Arzt, der ein SBAS

mit Tagesschläfrigkeit feststellt, verpflichtet, dies der Verkehrsbehörde zu melden. Fahrtauglichkeit ist erst nach mindestens einem Monat konsequenter CPAP-Nutzung für  $\geq 5$  Stunden pro Nacht anzunehmen und entsprechend auch durch ein ärztliches Attest zu belegen. In Frankreich wird der oben erwähnte Normalbefund eines MWT eingefordert. In Italien hingegen entscheidet der Patient selbst, wie er mit der Diagnose umgeht, grundsätzlich besteht dort kein Fahrverbot, bedacht werden muss jedoch, dass, für den Fall, dass es sich um einen Fernfahrer handelt, dieser ja durchaus auch durch Länder reist, in denen es Regularien geben mag [6].

## Deutschland

In Deutschland existieren verschiedene Empfehlungen bzw. Handlungsanweisungen über den Umgang mit Patienten mit Tageschläfrigkeit und deren Fahrtauglichkeit [5]. Konkret finden sich Hinweise unter folgenden Quellen

1. Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin [7]
2. G25 der BG Bahnen [3]
3. Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung [2]

## Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) [7]

Bei Fahrern mit einer SBAB und dadurch bedingten ausgeprägten Vigilanzstörungen wird Fahrsicherheit erst nach einer mindestens 6-wöchigen CPAP-Therapie angenommen. Anamnese, MWT und Aufmerksamkeitstests (in diesem Fall wird hier konkret die Daueraufmerksamkeit genannt) sollten keine Auffälligkeiten mehr zeigen. Fahrsicherheit ist anzunehmen, wenn trotz Therapie noch Tagesschläfrigkeit besteht.

## Begutachtungsempfehlungen Fahrtüchtigkeit – G25 Bahnen für Fahr-Steuer- und Überwachungstätigkeiten, Anlage 6: Schlafapnoe [2]

Die Vorgehensweise ist gestuft: Anamnese unterstützt durch den ESS, weiterhin wird gefragt nach Faktoren wie Schnarchen (mehr als 3x/Woche), Atemaussetzern, Tageschläfrigkeit und Sekundenschlaf. Anthropometrische Daten wie z.B. ein BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> unterstützen die Wahrscheinlichkeit, dass eine SBAS vorliegt. Bei Verdacht auf das Vorliegen einer Schlafstörung, insbesondere schlafbezogenen Atmungsstörung erfolgt dann je nach arbeitsplatzbezogenen Anforderungen die Empfehlung zur zeitna-

hen Abklärung und Behandlung der Störung, ebenso wie die Empfehlung der regelmäßigen Therapiekontrolle.

## Fahrerlaubnisverordnung und Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung [2]

Paragraph 1 der Fahrerlaubnisverordnung sieht vor, dass zum Verkehr auf öffentlichen Straßen jedermann zugelassen ist, soweit nicht für die Zulassung zu verschiedenen Verkehrsarten eine besondere Erlaubnis vorgeschrieben ist. Paragraph 11 FeV sieht vor, dass die notwendigen geistigen und körperlichen Anforderungen erfüllt sein müssen. Die Anforderungen sind insbesondere nicht erfüllt, wenn eine Erkrankung oder ein Mangel nach Anlage 4 oder 5 vorliegt, wodurch die Eignung oder die bedingte Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen ausgeschlossen wird. Ziffer 11.2 enthält nunmehr Regelungen zur Eignung und bedingten Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen für Menschen mit chronischen Schlafstörungen. Nicht behandelte Personen mit Schlafstörungen sollen nach dem neuen Gesetzeswortlaut der Ziff.11.2.1. künftig nicht mehr tauglich zum Führen von Fahrzeugen sein, wenn eine messbar auffällige Tagesschläfrigkeit vorliegt [4]. Die besondere Herausforderung für verkehrsmedizinische Experten besteht nunmehr darin dieses mit Inhalten zu Füllen, d.h. gangbare Algorithmen zu entwickeln, die eine sichere Beurteilung der Fahrtauglichkeit zulassen.

## Literatur

- 1 Alonderis, A. et al.: Medico-legal implications of sleep apnoea syndrome: driving license regulations in Europe. *Sleep Med* 2008; 9:62-75
- 2 Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft M 115, 2000
- 3 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg). Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, „Arbeitsmedizinische Vorsorge“. 5. Auflage, Gentner Verlag, 2010
- 4 Fromm, I. E.: Die Neuerungen in der Fahrerlaubnisverordnung zur Bekämpfung der Gefährdung des Straßenverkehrs durch Schlafapnoe und sonstige chronische Schlafstörungen. *Pneumologie* 2008; 62:387-91
- 5 Kotterba, S. et al.: Begutachtung der Tagesschläfrigkeit bei neurologischen Erkrankungen und dem obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom (OSAS). *Nervenarzt* 2007; 78:861-870
- 6 Rodenstein et al.: Driving in Europe: the need of a common policy for drivers with obstructive sleep apnoea syndrome. *J Sleep Res* 2008; 17:281-284
- 7 Rühle, K.-H.; Mayer, G.: Empfehlungen zur Begutachtung von Schlaf-Wachstörungen und Tagesschläfrigkeit. *Somnologie* 1998; 2: 89-95

## Workshops 2 und 8

# Rauschmittelgebrauch und Fahreignung – Schwerpunkt Alkohol

*Karin Müller, Rolf Hennighausen*

Die Teilnahme an dem Workshop „Rauschmittelgebrauch und Fahreignung“ war so stark nachgefragt, dass er am ersten Symposiumtag als Workshop 2 und am zweiten Symposiumtag als Workshop 8 durchgeführt wurde. Die gemeinsame Moderation durch Verkehrsmedizin und Verkehrspsychologie ermöglichte eine fachlich breite Diskussion aktueller Fragen der Begutachtung von alkoholauffälligen Kraftfahrern. Dabei stand die Umsetzung der Beurteilungskriterien in 2. Auflage, die nunmehr seit dem 1. Januar 2011 ohne Einschränkungen verbindlich ist, deutlich im Vordergrund. Nach der Anmoderation mit ausführlicher Darstellung der Veränderung in der 2. Auflage der Beurteilungskriterien erfolgte der Diskussionseinstieg über von den Moderatoren mitgebrachten Fallbeispielen. Das für die Abstimmungen eingesetzte TED-System hat sich bewährt und stellt eine Bereicherung der Workshops dar.

### Diskussionsschwerpunkte

Die zweite Auflage der Beurteilungskriterien – Erste Erfahrungen

#### 2 Fallbeispiele

Indikation zur Absenkung der Promillegrenze für die MPU – Sind 1,6 Promille noch zeitgemäß?

### Die zweite Auflage der Beurteilungskriterien – Erfahrungen und Anregungen der Workshop-Teilnehmer

- Von den Teilnehmern beider Durchläufe des Workshops wurden durchweg positive Erfahrungen mit der Anwendung der 2. Auflage der Beurteilungskriterien berichtet.
- Angeregt wurde eine stärkere Einbeziehung der nach den Beurteilungskriterien möglichen Haarproben als Abstinenznachweis mittels Ethylglucuronid (EtG) – Haarproben bis maximal 3 cm Länge = 3 Monate Abstinenznachweis.
- Die gegenwärtig vorgeschriebene Dichte von Urinkontrollen auf EtG sei nicht eng genug. Definition der Kontrolldichte nach Beurteilungskriterien: mindestens 4 Urinkontrollen in einem halben Jahr, 6 Urinkontrollen in einem Jahr.
- Bezüglich der Hypothese A 3 (Kontrolliertes Trinken ist noch möglich) wurde diskutiert, ob hier „zum Einstieg“ eine Phase der Alkoholverzichts von z.B. 3 Monaten gefordert und mittels EtG-Nachweises belegt werden sollte. Aus verkehrstherapeutischer Sicht kön-

ne dies sinnvoll sein, dann sollten aber die Fristen definiert werden. Auch wurde darüber diskutiert, ob diese Maßnahme einen positiven Effekt auf die Beurteilung der Wiedererlangung der Fahreignung in der MPU hat. Es wurde angemerkt, dass es grundsätzlich anzuraten sei, nach einem Alkoholdelikt besser sofort mit einem Alkoholverzicht zu beginnen als „smooth“ den Alkoholkonsum langsam herunterzufahren.

- Die Teilnehmer der Work-Shops aus Verkehrstherapie und Begutachtungsbereich waren sich mehrheitlich in der TED-Abstimmung einig, dass eine obligatorische Forderung nach Alkoholverzicht im Fall des Vorliegens von A 3 nicht gestellt werden sollte.

### **Indikation zur Absenkung der Promillegrenze – Sind 1,6 Promille noch zeitgemäß?**

Angesichts der Tatsache, dass alkoholbedingte Leistungsbeeinträchtigungen mit Ausfallerscheinungen bei fast allen Fahrleistungs-Parametern bereits vor der BAK-Schwelle von 0,8 Promille auftreten und das reale Unfallrisiko bei einer BAK von 1,6 Promille das Unfallrisiko nüchterner Fahrer um mehr als das 27fache übersteigt, ergab die TED-Abstimmung ein Votum für die Absenkung der MPU-Promillegrenze. Eine Absenkung auf 1,1 Promille – der Grenze der absoluten Fahruntüchtigkeit – wäre denkbar. Es gab jedoch auch einzelne Stimmen für die Beibehaltung der jetzigen 1,6 Promille-Grenze.

## Workshop 3

# Möglichkeiten der Prävention schlafrigkeitsbedingter Verkehrsunfälle

*Egon Stephan, Barbara Wilhelm*

In der Einleitung des Workshops stellte Frau Prof. Wilhelm die verschiedenen Interventionsbereiche zur Prävention schlafrigkeitsbedingter Unfälle im Straßenverkehr dar. Genannt wurden von ihr die folgenden Bereiche:

Früherkennung und Behandlung entsprechender Erkrankungen, Fahrerassistenzsysteme, Beeinflussung des eigenverantwortlichen Verhaltens von Kraftfahrzeugführern bei aktueller Übermüdung, polizeiliche Kontrollen und Verkehrsplanung/Straßenbau. Die Teilnehmer des Workshops nahmen den Vorschlag der beiden Moderatoren Wilhelm und Stephan, die Arbeit des Workshops auf Aspekte der beiden letztgenannten Bereiche zu konzentrieren, zustimmend zur Kenntnis.

Zu dem ersten Thema referierte Prof. Stephan über den Zusammenhang zwischen der gleichförmigen und damit monotonen Gestaltung der Seitenstreifen von Autobahnen und der daraus resultierenden Unfallgefährdung. Die bisher von den Straßenbauern und Verkehrsplanern in den vergangenen Jahrzehnten implizit berücksichtigte Prämisse „Jeder für den Verkehrsfluss nicht erforderliche Wahrnehmungsreiz im Verkehrsraum schadet der Verkehrssicherheit“ müsse daher relativiert werden. Es müsse die Gefahr berücksichtigt werden, dass durch Monotonie-Bedingungen im Verkehrsraum bei vielen Verkehrsteilnehmern Schläfrigkeit induziert werde, die die Unfallgefährdung bei überraschend auftretenden Verkehrssituationen deutlich erhöhe. Dies gelte umso mehr, als ohnehin der größte Teil der Lenkaufgaben automatisiert

bewältigt werde. Kämen monotone Umweltbedingungen hinzu, entstünden durch weniger Ablenkung nicht mehr Sicherheit, sondern letztlich mehr Gefährdung. Vor diesem Hintergrund könnten die Aufmerksamkeit weckende, vom Verkehrsgeschehen ablenkende – dosiert eingesetzte –, visuelle Reize auf den Seitenstreifen der Autobahnen eine sicherheitsfördernde Bedeutung haben. Denn eine abwechslungsreiche Gestaltung des Verkehrsraumes könne die Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker aktivieren und die Gefahren von monotoniebedingter Schläfrigkeit sowie „automatisiertem Fahren“ reduzieren.

Entsprechende Maßnahmen seien aber nur auf solchen Autobahnabschnitten sinnvoll, die nicht durch hohes Verkehrsaufkommen und/oder besondere Anforderungen wie Aus- oder Einfahrten sowie Baustellen, geprägt seien.

Um Autobahnabschnitte empirisch sicher zu identifizieren, auf denen Fahrer in der Regel unterfordert oder überfordert werden, könnten empirische Untersuchungen eingesetzt werden, in denen die Fahrzeuglenker parallel zur Fahraufgabe eine Zweitaufgabe zu bewältigen haben. Anhand der Leistungen bei der Zweitaufgabe einer Stichprobe von Verkehrsteilnehmern auf dem jeweiligen Autobahnabschnitt könne erkannt werden, ob die Fahrer auf dem entsprechenden Autobahnabschnitt unterfordert oder überfordert seien.

Soweit auf Autobahnabschnitten Unterforderungs-/Monotoniebedingungen festgestellt würden, dürften die Auf-

merksamkeit der Fahrer weckende visuelle Reize auf den Seitenstreifen der Verkehrssicherheit erhöhen und nicht gefährden. In diesem Zusammenhang wurde ein Projekt des Landesbetriebes Straßenbau NRW und das dort realisierte methodische Vorgehen zur Identifikation von Autobahnabschnitten mit Unter- und mit Überforderung vorgestellt. Eine Präsentation an dieser Stelle unterbleibt, weil die entsprechende Untersuchung in diesem Band an anderer Stelle (vgl. S. 40) dargestellt wird.

Im Anschluss an die Präsentation dieses ersten Arbeitsthemas referierte Frau Prof. Wilhelm zum Thema des pupillographischen Schläfrigkeitstests (PST).

Prof. Wilhelm stellte mögliche Ansatzgebiete des pupillographischen Schläfrigkeitstests in der Prävention schlafbedingter Unfälle vor. Vor allem in den Bereichen Screening bzw. Früherkennung von Erkrankungen, die Tagesschläfrigkeit verursachen, und für polizeiliche Verkehrskontrollen des Berufsverkehrs kommt die Pupillographie grundsätzlich in Frage. Dies wurde von den Teilnehmern unter vielen Aspekten diskutiert. Derzeit fehlt für beide Anwendungen eine rechtliche Grundlage. Die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Anwendung der Pupillographie zu diesen Zwecken wären allerdings gegeben, da die testtheoretischen Gütekriterien des pupillographischen Schläfrigkeitstests gut untersucht sind und unter anderem die Machbarkeit und Robustheit des Verfahrens für Anwendungen, z.B. bei Verkehrskontrollen, belegt sind.

#### **Als wichtige Aspekte wurden vor allem folgende herausgearbeitet:**

Als objektive Maßnahme im Zuge der Eignungsuntersuchung wäre der PST durch seinen geringen Zeitaufwand ein wichtiger Bestandteil für die Früherkennung von Erkrankungen – nicht nur des obstruktiven Schlafapnoesyndroms – die Tagesschläfrigkeit verursachen. Ein solcher Einsatz wäre von seinen Konsequenzen her für den Betroffenen auf jeden Fall positiv besetzt, da er selber gesundheitlich und auch wegen Lebensqualitäts- und Sicherheitsaspekten von einer frühen Erkennung und Behandlung entsprechender Erkrankungen profitiert. Ein Kapitel „Tagesschläfrigkeit“ und Hinweise auf geeignete Testverfahren werden derzeit unter Federführung der Bundesanstalt für Straßenwesen unter Hinzuziehung von Experten aus dem Bereich der Schlafforschung und Schlafmedizin erarbeitet. Auch für die Beurteilungskriterien sind kurzfristig Hinweise in Bezug auf Tagesschläfrigkeit zu erstellen. Es herrscht derzeit auf Seiten der Gutachter noch große Unklarheit, wie mit diesem bislang wenig beachteten Thema Tagesschläfrigkeit adäquat umzugehen ist. Eine besondere Problematik dürfte in der Anamneseerhebung und Selbstbeurteilung liegen, da im Zusammenhang mit der Fahreignung Dissimulation zu befürchten ist. Gerade in diesem Zusammenhang ist eine objektive Methode zur Messung von Tagesschläfrigkeit von großer Bedeutung.

Zum Thema Anwendung der Pupillographie zur Detektion von Tagesschläfrigkeit bei Verkehrskontrollen wurden zahlreiche Pilotstudien sowie eine größere Anwendungs-

studie aus Oberösterreich referiert und diskutiert. Alle Autobahnaktionen und Autobahnstudien zeigten ein überraschend hohes Ausmaß an starker Tagesschläfrigkeit, zwischen 10 und 23 %. Es wurde diskutiert, ob es in Stresssituationen – wie eine polizeiliche Kontrolle sie darstellt – überhaupt möglich sei, Schläfrigkeit mit einem solchen Verfahren zu detektieren. Hierzu liegen erste Erfahrungen aus Oberösterreich und (mit einer kleineren Fallzahl) Baden-Württemberg vor. In beiden Fällen wurden die pupillographischen Messungen während der Überprüfung von Fahrtenschreiber und Fahrzeug durchgeführt, so dass die Fahrer zum Zeitpunkt der Messung unter dem Stress standen, das Ergebnis der polizeilichen Untersuchung noch nicht zu kennen und evtl. mit negativen Folgen konfrontiert zu werden. Dennoch trat in nicht unerheblichem Ausmaß auffällige Tagesschläfrigkeit auf. Derzeit liegt noch kein rechtlicher Rahmen für eine solche Pupillographieanwendung in Deutschland oder Österreich vor. Vor der Definition justizabler Grenzwerte sind aufwendige wissenschaftliche Studien notwendig, die einer finanziellen Förderung bedürfen. Dennoch könnten – da die weitere wissenschaftliche Absicherung und Schaffung gesetzlicher Grundlagen sicherlich Jahre in Anspruch nehmen wird – in der Zwischenzeit in größerem Umfang z.B. in mehreren Bundesländern (auf freiwilliger Basis) PST-Messungen angeboten werden und Empfehlungen im Falle von auffälliger Tagesschläfrigkeit ausgesprochen werden. Hier steht als wirksame Gegenmaßnahme der Kurzschlaf (10 bis 15 min.) im Mittelpunkt. Bereits eine solche Anwendung auf freiwilliger Basis könnte einen wichtigen Beitrag zur Prävention schlafbedingter Unfälle leisten. Gleichzeitig könnten die gesammelten Erfahrungen wichtige Erkenntnisse für die breite Anwendung beisteuern.

Von den Teilnehmern wurde zunächst kurz über das erste Thema diskutiert: Die Diskussionsbeiträge der teilnehmenden Verkehrsmediziner und Verkehrspsychologen bestätigten im wesentlichen die Aussage, dass zu wenige die Aufmerksamkeit weckende visuelle Außenreize in der Regel die Unfallgefährdung erhöhen, weil die Verkehrsteilnehmer dadurch in einen Zustand der Schläfrigkeit kommen können und/oder über Probleme und Themen außerhalb des Verkehrsgeschehens nachdenken.

Im Mittelpunkt der folgenden längeren Diskussion standen insbesondere die Möglichkeiten der Prävention von Unfällen durch den Einsatz der von Frau Prof. Wilhelm vorgestellten Pupillographie.

Dieses Thema wurde von den Teilnehmern unter sehr unterschiedlichen Aspekten diskutiert. U. a. wurde hervorgehoben, dass für beide Anwendungen (Screening und Früherkennung von Erkrankungen) bisher eine rechtliche Grundlage noch fehlt. Auf der anderen Seite wurde festgestellt, dass die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Anwendung der Pupillographie zu diesen Zwecken bereits jetzt gegeben sind.

Im Übrigen zeichnete sich in der Arbeitsgruppe ein Konsensus darüber ab, dass es sinnvoll erscheint, die Methode der Pupillographie wissenschaftlich weiter abzusichern

und hierbei insbesondere empirisch abgesicherte und justiziable Grenzwerte zu entwickeln.

Neben den beiden von den Moderatoren vorgeschlagenen Themen wurde auch noch, entsprechend einem Vorschlag aus dem Teilnehmerkreis, über das Thema der Überauffor-

derung von Berufskraftfahrern durch zu lange Fahrzeiten und zu hohen Termindruck durch ihre Arbeitgeber gesprochen. In diese Hinsicht bestand gleichfalls Einigkeit im Arbeitskreis, dass rechtliche Wege angestrebt werden sollten um die Arbeitnehmer vor solchen Zwangssituationen mit Überforderung und in der Folge Übermüdung zu bewahren.





## Workshop 4

# Beurteilung der Eignung im Flug- und Schiffsverkehr

## Vorwort

*Roland Quast*

Im Mai 2003 wurden in Deutschland neue Tauglichkeitsrichtlinien für die Flugmedizin eingeführt. Grundlage war die europäische Empfehlung, JAR-FCL 3 die in JAR-FCL 3 (deutsch) übersetzt wurde. Wie schwierig die Übersetzung eines solchen Fachtextes ist, zeigt sich in den vielen Fehlern, die in dem neuen Regelwerk enthalten sind.

Nun wäre das alles nicht so schlimm, wenn JAR-FCL 3 nicht Gesetzes-Charakter hätte. Realität ist aber, dass ein fehlerhaftes und unvollkommenes Regelwerk zur Bewertung der Grundlage der Fliegertauglichkeit der Piloten, vom Flugkapitän bis zum Segelflieger herangezogen wird. Leider hat das Luftfahrt-Bundesamt diese Unzulänglichkeiten nicht gesehen oder nicht sehen wollen und hat darüber gewacht, dass auch fehlerhafte Bestimmungen strengstens eingehalten werden. Dies hat zu vielen Ungerechtigkeiten geführt. Im Rahmen eines Kongresses für Verkehrsmedi-

zin hat Prof. Wilhelm einige dieser Probleme aufgezeigt. In einem Workshop wurde darüber auf hohem Niveau diskutiert. Es ist absolut unverständlich, warum viele Ophthalmologen bisher widerspruchslos auf einer solchen Vorschriften-Basis gearbeitet haben.

Inzwischen ist zu unserer großen Freude eine fachliche Diskussion entstanden. Zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, dem Luftfahrt-Bundesamt, den flugmedizinischen Zentren und dem Deutschen Fliegerarztverband soll nun geregelt werden, dass Vorschriften medizinisch sinnvoll und „pilotengerecht“ angewandt werden. Eine Änderung der bestehenden JAR-FCL 3 ist nicht mehr sinnvoll, da im April 2012 neue europäische Vorschriften von der europäischen Luftfahrt-Behörde EASA kommen. Die bisherigen Veröffentlichungen zeigen aber, dass wir wohl wieder mehr Freiraum bekommen.

# Refraktionsprobleme bei Piloten – kritische Anmerkungen

*Helmut Wilhelm*

Verkehrspiloten dürfen nicht mehr als + 5 dpt hyperop und – 6 dpt myop sein, ihr Astigmatismus darf bei Erstuntersuchung 2 dpt nicht übersteigen (siehe Tabelle). Dies muss natürlich überprüft werden. Bislang hatte man es sich in der Flugmedizin einfach gemacht: Der Autorefraktor-Wert zählt. Zeigt der Autorefraktor – 6,25 an, so war es aus mit dem Traumberuf. Es ist aber durchaus Allgemeinwissen, dass Autorefraktometerwert und Refraktion nicht immer identisch sind. Wenn das Gerät – 7,0 anzeigt, der Proband aber mit – 5,0 dpt 1,2 sieht, so ist seine Refraktion eben – 5,0 dpt und nicht – 7,0. So weit einsichtig. Nun sind da aber die Hyperopen, die im Alter von 20 Jahren (das typische Alter für den Beginn der Pilotenausbildung) eine beträchtliche Hyperopie verstecken, sprich wegakkommodieren können. In solch einem Fall kann eine Zykloplegie notwendig sein.

Gerade diese Anregung wurde vom Luftfahrtbundesamt aufgegriffen. Es resultierte eine Empfehlung, dass jeder Pilot bei jeder Untersuchung, also auch bei jeder Nachuntersuchung, die nicht selten zwischen zwei Flügen erfolgt, zur Feststellung der Refraktion zu zykloplegieren sei. Dass man einen Myopen, Emmetropen oder leicht Hyperopen, der kein Plusglas annimmt, nicht konvergiert und keine Beschwerden hat, zur Feststellung seiner Refraktion nicht zykloplegieren muss, weiß ein jeder, der sich mit Brillenanpassung jemals beschäftigt hat. Warum soll man dies einem Piloten zumuten, der dadurch bei einer Nachuntersuchung auch noch einige Stunden fliegeruntauglich wird? Maximaler Aufwand, damit mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dass jemand mit + 5,25 ein Verkehrsflugzeug steuert. Dies ist nicht angemessen, denn entscheidend ist keinesfalls diese Viertel-Dioptrie, sondern was ein Bewerber sieht. Erreicht er bei weitgehend ausgeschalteter Akkommodation, also mit weiter Pupille, seine maximale Sehschärfe innerhalb des zulässigen Refraktionsbereiches, so halte ich ihn für tauglich.

Vom Berufsverband der Augenärzte wurde mit Recht eingewandt, dass die bei weiter Pupille bestimmte Refraktion nicht mit der bei enger Pupille übereinstimmen muss, da die Hornhaut im Randbereich weniger stark bricht als im Zentrum. Typischerweise wird ein Auge dadurch myoper, eine Hyperopie (bei dieser ist es ja relevant) wird in Mydriasis unterschätzt. Dieser Einwand ist nach meiner Auffassung aber nicht praxisrelevant. Zum einen ist der Effekt gering, selten mehr als 1 dpt. Zum anderen wirkt sich eine Fehlsichtigkeit am stärksten ja im Dunkeln aus, wenn die Pupillen weit sind. Deshalb ist es durchaus sinnvoll, unter genau dieser Bedingung zu untersuchen. Sollte jemand tat-

sächlich von + 6,0 auf + 5,0 kommen, hat er nicht nur Glück gehabt, er würde bei Verlust von Brille und Ersatzbrille tatsächlich im Dunkeln ein ganz klein wenig besser sehen, als jener, der diese Myopisierung nicht oder geringer erfährt.

Warum soll man so streng gegen Fehlsichtige sein, wenn man die Fehlsichtigkeit doch durch Brillen ausgleichen kann und nur der Verlust von Brille und Ersatzbrille während des Fluges zum Problem würde? Hyperope haben ja oft Engwinkelglaukom, Myope eine Amotio, ist das einzige Argument, das man auf Nachfrage hören kann. Wenn man die Kardiologie genauso ernst nähme, dann müsste man von Nachuntersuchung zu Nachuntersuchung eine Koronarangiografie verlangen. Es ist mir kein einziger Fall bekannt, bei dem eine Amotio oder ein Glaukomanfall zur „Sudden Incapitation“, dem plötzlichen Totalausfall des Piloten, geführt hätte, Herzinfarkte im Cockpit hat es allerdings schon etliche gegeben.

Ein weiteres Problemfeld ist die refraktive Chirurgie. Sie ist keineswegs verboten, allerdings kann man sich nicht „tauglich operieren“ lassen. Minus 10 geht nicht, auch wenn man es schaffte, sich zu emmetropisieren. Das ist auch ganz gut so, denn der Wunsch, einen bestimmten Grenzwert zu erreichen, ist keine gute Indikation für einen Eingriff, der nicht ohne Risiko ist.

Es gibt allerdings auch Bestimmungen zum Astigmatismus und zur Anisometropie, jeweils 2 dpt dürfen nicht überschritten werden, auch wenn niemand sagen kann, warum es diese Bestimmung gibt. Nun wurde in der JAR-FCL3 schlichtweg vergessen, das Verbot der Tauglichlaserns auch auf diese Fehlsichtigkeiten auszudehnen. Folglich kann jemand mit – 2,25 Astigmatismus sich diesen beseitigen lassen und wird dadurch tauglich. Das Luftfahrt-Bundesamt ist der Auffassung, man müsse die Bestimmungen so auslegen, dass diese Fehlsichtigkeiten mit eingeschlossen sind, denn so sei die Vorschrift sicherlich gemeint gewesen. Sollen wir wirklich Vorschriften, die Gesetzescharakter haben danach interpretieren, in welchen Zeitgeist sie entstanden sind und was man eigentlich damit gemeint haben könnte? Juristen werden sicherlich zunächst fragen: Was steht wirklich drin? Dies ist unzweideutig: Tauglichlasern erlaubt. Sinnvoll und angemessen ist dies sicher nicht. Die Sehschärfe mit Korrektur wird ja durch einen chirurgischen Eingriff nicht verbessert, sondern verschlechtert, wenn das Ergebnis nicht so ist wie gewünscht.

Die JAR-FCL3 ist nicht frei von gravierenden Fehlern. Zum Beispiel darf ein Pilot einen Astigmatismus von maximal 2

Tabelle: Grenzwerte der Refraktion nach JAR-FCL3

	Gruppe 1, ATPL	Gruppe 2, PPL
<b>Sphärische Abweichung</b>	+ 5,0 und – 6,0	+ 5,0 und – 8,0
<b>Astigmatismus</b>	2,0 dpt*	3,0 dpt*
<b>Anisometropie</b>	2,0 dpt*	3,0 dpt*

\* Gilt nur für Erstuntersuchung; bei Nachuntersuchungen sind höhere Werte erlaubt.

dpt haben. Nimmt dieser zu, was durchaus vorkommt, kann er wieder tauglich bleiben, wenn sein Astigmatismus 3 dpt überschreitet. Was aber ist, wenn er 2,5 dpt hat? Völlig unsinnig ist die Vorschrift, dass Anisometropien (Seitenunter-

schied in der Refraktion) ab 3 dpt nur mit Kontaktlinsen korrigiert werden dürfen. Dies führt vielfach zu Fusionstörungen, Doppeltsehen und asthenopischen Beschwerden. Die JAR-FCL3 ist demnach in vielfacher Hinsicht mangelhaft.

Es scheint mir zwingend geboten, Vernunft einkehren zu lassen. Refraktion ist keine absolut fest und sicher messbare Größe. Sie schwankt am Tag etwa 0,5 dpt. Es ist demnach unsinnig, Grenzwerte immer und in jedem Fall mit absoluter Strenge durchzusetzen. Weit wichtiger ist es, ob ein Bewerber wirklich gut sieht. Hier wäre es sogar sehr sinnvoll, weitere Funktionen zu prüfen, nämlich das Kontrastsehen, dessen Bedeutung jedem offensichtlich ist, dessen Prüfung aber nirgendwo vorgesehen ist. In der Flugophthalmologie spaltet man die falschen Haare.

# Beurteilung der Eignung im Schiffsverkehr

*Rolf Hennighausen*

Für die Schifffahrtsmedizin wurde die Erkenntnis weitergegeben, dass ungeachtet der gegenüber dem Straßenverkehr geringeren Reglementierung in der See- und Binnenschifffahrt mit vergleichbaren alkoholbedingten Leistungsbeeinträchtigungen und Ausfallerscheinungen zu rechnen ist. Die vom Rechtsmediziner Kaatsch in Kiel durchgeführten Trinkversuche mit Schiffskapitänen im Schiffssimulator zeigten analog zum Straßenverkehr den Beginn der Beeinträchtigung bei einer BAK von 0,4 Promille. Bei einer BAK von 1,0 Promille zeigten 18 von 21 Schiffskapitänen deut-

lich schlechtere Fahrleistungen als im nüchternen Zustand. Die am stärksten betroffenen Leistungskategorien waren „Situationsanalyse“, „Vorausschau“, „Konzentration“, „Risikobereitschaft“, „Sorgfalt“ und „Navigation“. Eingeschränkte Manövrierfähigkeit und lange Aufstoppwege der Schiffe sowie unterschiedliche Witterungs- und Strömungsverhältnisse erfordern auf viel befahrenen See- und Binnenwasserstraßen eine frühzeitige und hohe Auffassungsgabe und schnelles Reaktionsvermögen mit vorausschauendem Handeln des Schiffsführers.

# Workshop 5

6. Gemeinsames Symposium  
DGVM & DGVP  
Tübingen, 1. – 2. Oktober 2010

## Wachheitsmonitoring im Fahrzeug – technische Lösungen Workshop 5



*Martin Golz*     *David Sommer*  
*Thomas Schnupp*     *Christian Heinze*

*Fachhochschule Schmalkalden, Thüringen*

# Validierung von Überwachungsgeräten

## 1. Motivation

- Problem: Vigilanzverlust bei Fahrern von Steinbrüchen Muldenkippern (Heavy Mining Trucks)
- Auftraggeber: Caterpillar Machine Research, Peoria VA



# PERCLOS-Messungen während der Fahrzeugführers

- Mindestens 35 Geräte (2006)
- 22 waren kommerziell verfügbar

Company	Product
AcuMine	HaulCheck
Advanced Safety Concepts	PASS
ARRB Transport Research	Fatigue Management System
AssistWare Technologies	SafeTrac
Atlas Research Ltd	NÖV Alert
Attention Technologies	Driver Fatigue Monitor
Delphi Corporation	Driver State Monitor
International Mining Technologies	Voice Commander System
Itens Inc	Lane Departure
MCJ	EyeCheck
Mobileye NV	Vision/Radar Sensor
Neurocom	EDVTCS
Ospat Pty	OSPAT
Pemix	ASTID™
Precision Control Design Inc	SleepWatch
Muirhead/Remote Control Tech	Fatigue Warning System
Security Electronic Systems	Sleep Control Helmet System
Seeing Machines	Facelab
Sleep Diagnostics	Optalert™
Smart Eye	AntiSleep
SMI	InSight
Welkin	Nap Zapper



# Geräteauswahl

- Kriterien
  - 16 Kategorien
  - 94 Kriterien
- Bewertung
  - 15 Gutachter
    - 7 Interne
    - 5 Externe
    - 3 Tagebauexperten (Kunde)
  - Gewichtungsmatrix

General FMT Characteristics			Experts' Weights		
Categories	Comments (Criteria)	# Criteria per Category	Internal	External	Mining
Focus of Technology	Driver based, Vehicle based	2	7,4%	6,0%	0,0%
System Capabilities	Driver warning, or evaluation, or assistance	6	9,3%	8,2%	13,5%
Primary Sensor Technology	Machine vision, reaction time, driver motion, vehicle position & motion	10	5,6%	5,6%	4,1%
Primary Measures	Oculomotoric, behavior, physiology, driving performance	23	5,6%	7,9%	1,4%
Primary System Characteristics	Single sensors, sensor fusion, on/off-line detection	6	7,4%	7,3%	8,1%
System Integration Requirements	Device installation, Emergence	3	5,6%	4,8%	8,1%
Fatigue Countermeasure	Multimodality, Adaptivity, Feedback to Driver, Dispatcher involvement	6	9,3%	8,7%	6,8%
Environmental Requirements	Robustness (Dust, Vibrations, Temperature)	5	6,5%	8,9%	10,8%
Data Application	Conventional / Intelligent analysis, Data reporting	3	7,4%	6,9%	5,4%
System Accuracy	Validation in Lab / Field	7	7,4%	8,9%	5,4%
Integration Ability	FMT complement, FMT fusion	4	7,4%	6,2%	5,4%
Operator Acceptance	Robustness, Degree of invasiveness	9	6,5%	8,7%	13,5%
System Costs	System Calibration, Maintenance, Benefit & Return	5	6,5%	5,8%	5,4%
Readiness	Commercial availability	4	8,3%	6,0%	12,2%
Sum			100,0%	100,0%	100,0%



## FMT-Geräte

### InSight-System



DSS-R-System



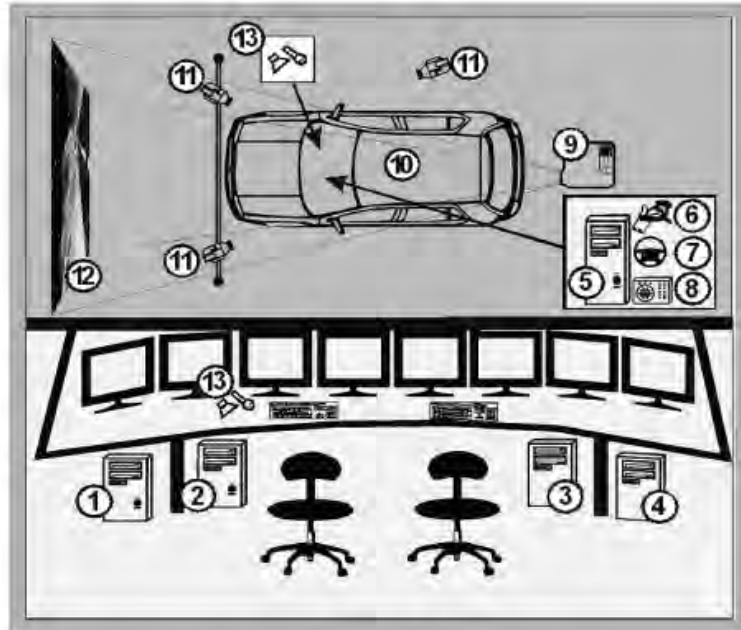
DSM-Driver-State-Monitor



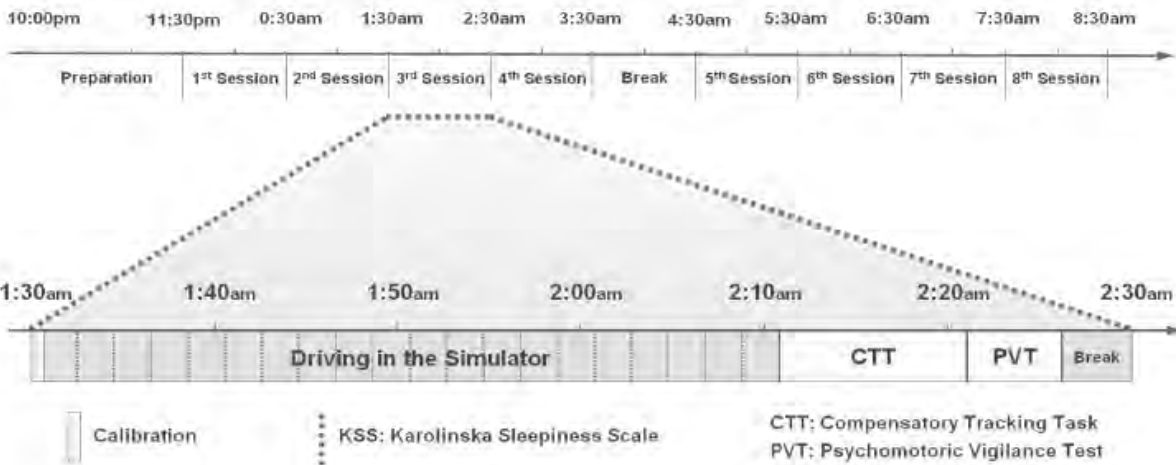
## Laborstudie

- Fahrsimulationslabor:

Ideale Bedingungen

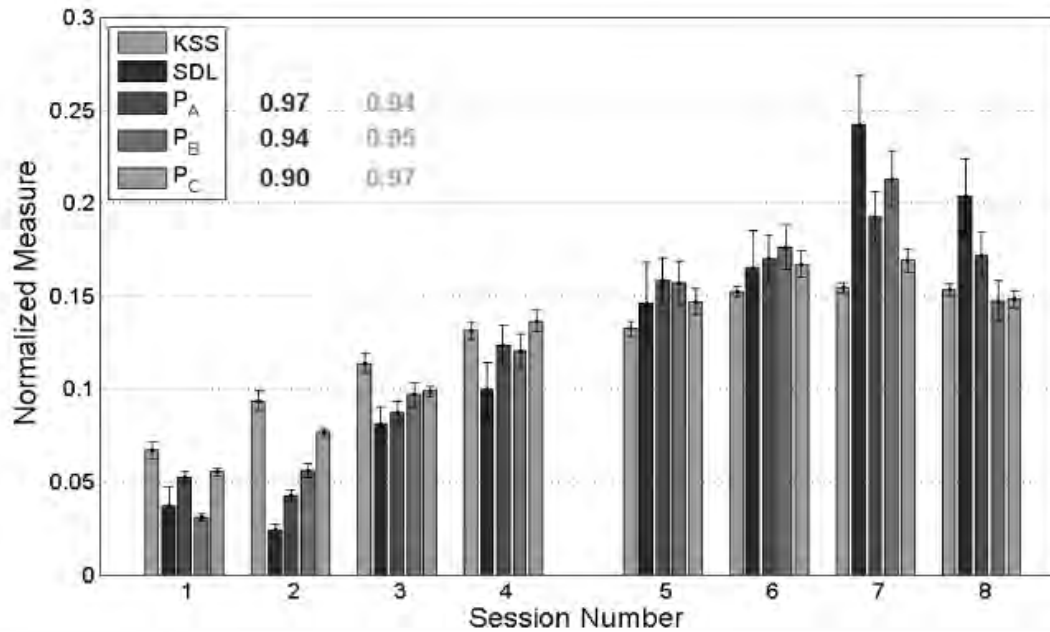


## Laborstudie

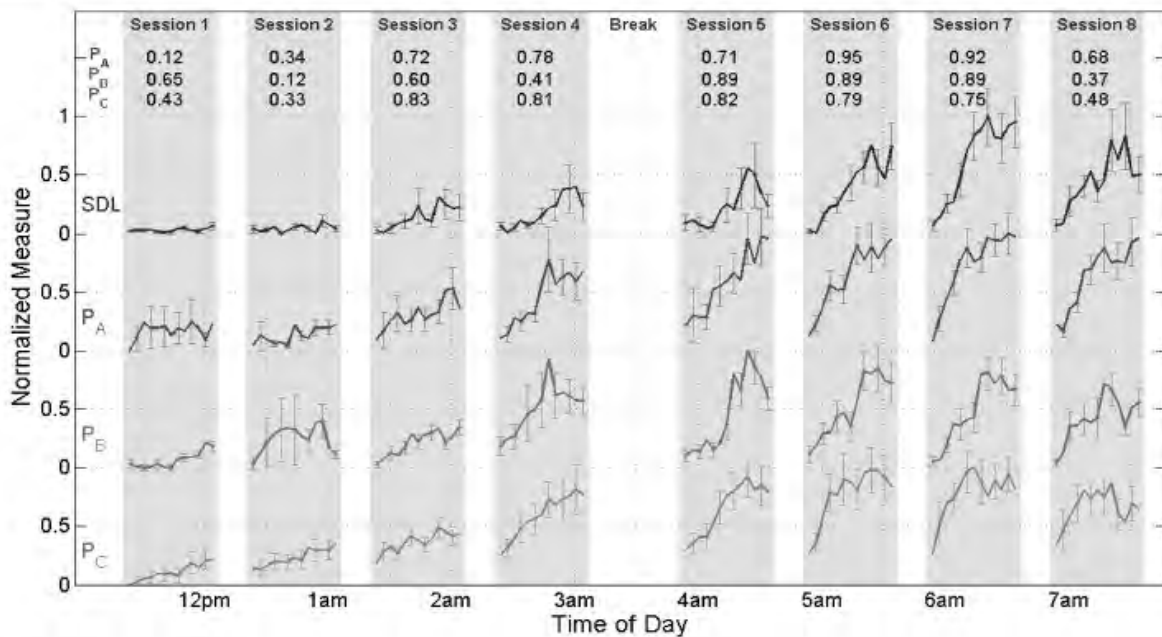




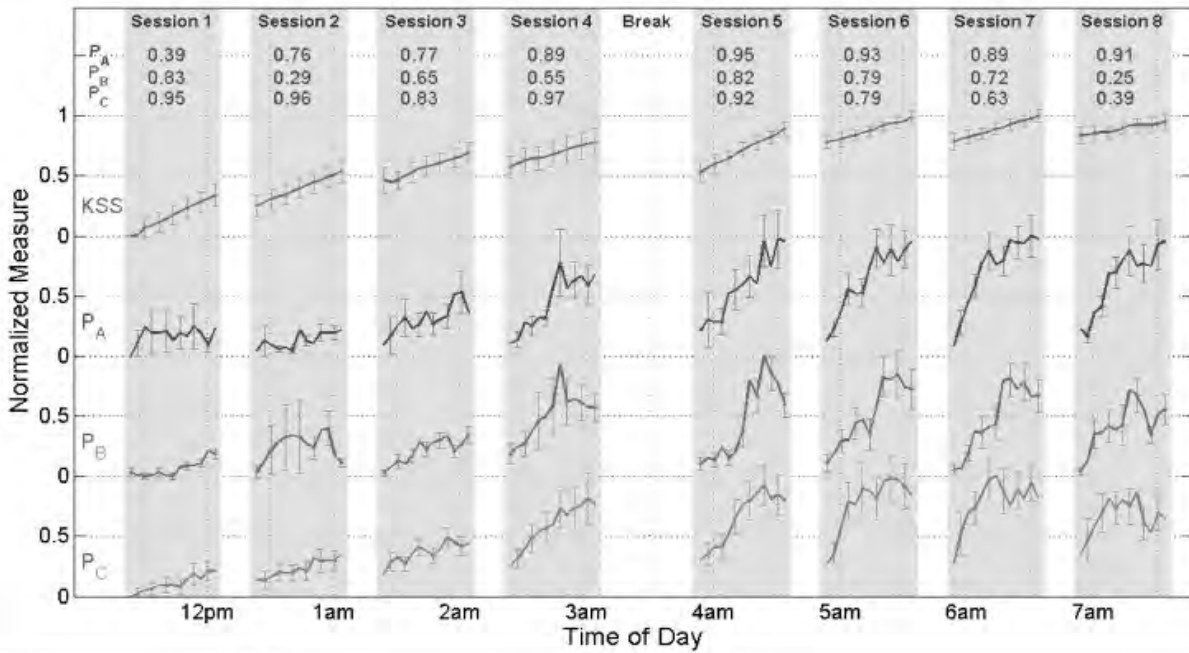
## Ergebnisse



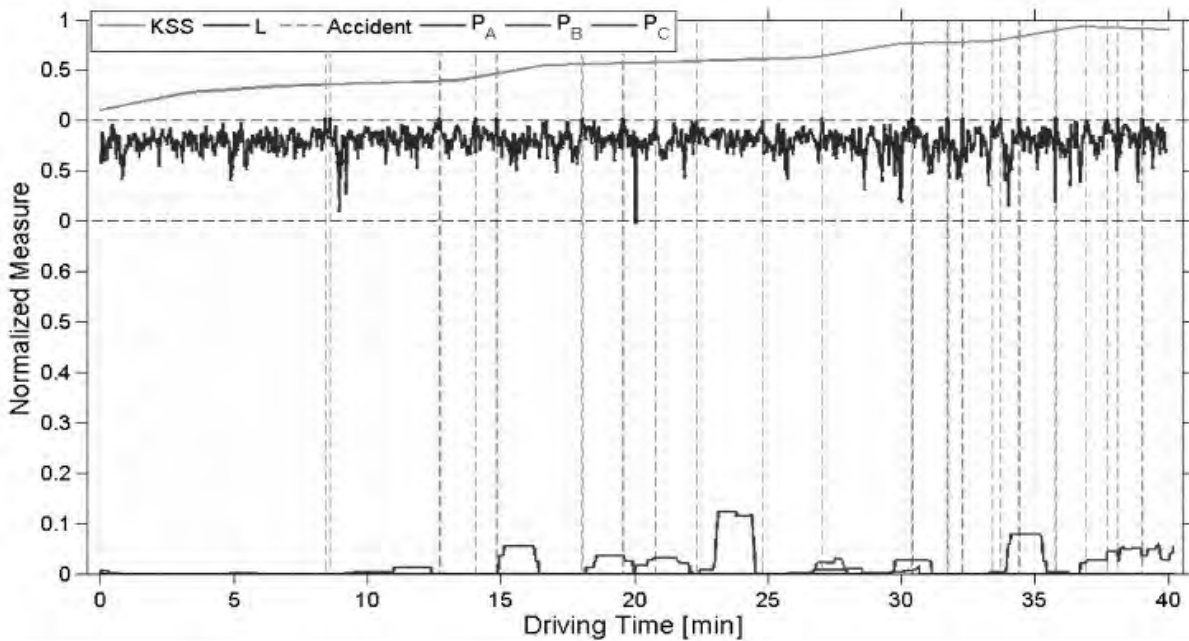
## Ergebnisse



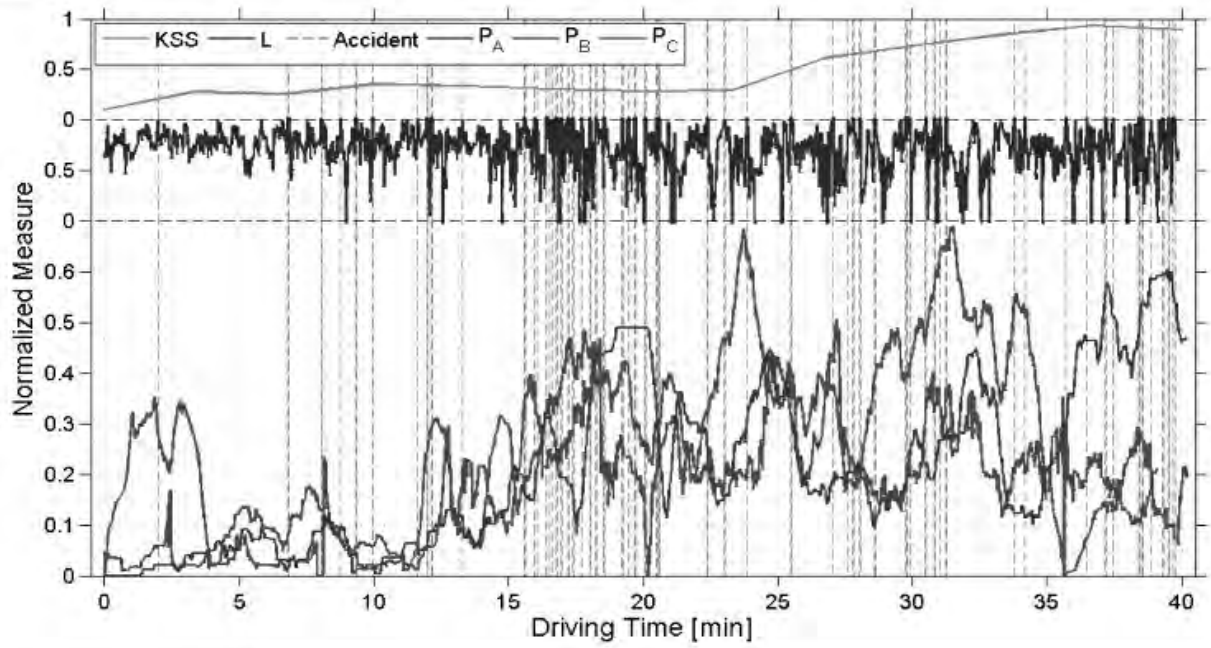
# Ergebnisse



# Ergebnisse



# Ergebnisse





## Workshops 6 und 9

# Begutachtungs-Leitlinien, Beurteilungskriterien und G 25

*Egon Stephan, Jürgen Brenner-Hartmann, Jörg Hedtmann*

Aufgrund der zahlreichen Anmeldungen wurden zwei parallele Workshops 6 und 9 mit diesem Titel angeboten. Weil in beiden Workshops dieselben Themen behandelt wurden, wird hier nur ein Bericht vorgelegt und die Diskussionen beider Arbeitsgruppen werden zusammengefasst wiedergegeben.

Die drei Regelwerke wurden entsprechend der historischen Entwicklung nacheinander behandelt. Die Diskussion zu den Begutachtungs-Leitlinien sowie den Beurteilungskriterien erfolgte gemeinsam.

Im ersten Schritt wurde von Stephan die historische Entwicklung und der aktuelle Stand zu den Begutachtungs-Leitlinien referiert: Im Jahr 1973 gab das Bundesministerium für Verkehr (BMV) erstmals das Gutachten „Krankheit und Kraftverkehr“ als Vorläufer der heutigen Begutachtungs-Leitlinien heraus.

Dieses Gutachten befasste sich nahezu ausschließlich mit Erkrankungen und ihrer Bedeutung für die Kraftfahreignung, verkehrspsychologische Fragestellungen wurden nur sehr partiell behandelt. Vor diesem Hintergrund wurde von den Verkehrspsychologen das „Psychologische Gutachten Kraftfahreignung“ erarbeitet und Anfang 1995 der Fachöffentlichkeit und der Allgemeinheit vorgestellt.

Diese Veröffentlichung nahm das BMV zum Anlass im Herbst 1995 einen paritätisch besetzten Ausschuss zu be-

rufen, dem unter Leitung des Ministeriums zwei Vertreter der Bundesländer, jeweils vier Verkehrsmediziner und vier Verkehrspsychologen angehörten. Ab September 1995 fanden 13 Sitzungen dieses sogenannten Paritätischen Ausschusses statt.

Das Arbeitsergebnis dieses Ausschusses, das die Gutachten „Krankheit und Kraftverkehr“ sowie das „Psychologische Gutachten Kraftfahreignung“ zu einem Gesamtwerk zusammengeführt hatte, wurde im Jahr 2000 als sechste und erweiterte Auflage „Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung“ vom Bundesminister für Verkehr veröffentlicht.

Als besonderes Gütekriterium ist hervorzuheben, dass die Begutachtungs-Leitlinien in der im Jahr 2000 veröffentlichten und auch jetzt noch (abgesehen von Änderungen im Kapitel Epilepsie) gültigen Form nicht nur den damals aktuellen Stand des medizinischen und psychologischen Wissens vereinen sondern auch von einem integrativen und ganzheitlichen Ansatz ausgehen, der die Kraftfahreignung als Ergebnis des Zusammenwirkens körperlicher, geistiger und charakterlicher Voraussetzungen des einzelnen Fahrerlaubnisinhabers auffasst.

Aus der Sicht dieses ganzheitlichen Ansatzes kommt es, beispielsweise im Hinblick auf die Folgen von Krankheit oder von Leistungsabbau durch höheres Alter, entscheidend darauf an, ob die hiervon Betroffenen in der Lage

sind mit den Folgen entsprechender Belastungen ihrer Kraftfahreignung in verantwortungsvoller Form umzugehen. Ergänzt und erläutert wird dieser ganzheitliche Ansatz der Begutachtungs-Leitlinien durch einen von Verkehrspsychologen und Verkehrsmedizinern herausgegebenen und verfassten Kommentar (Schubert, Schneider, Eisenmenger und Stephan, 2005), der die Begutachtungs-Leitlinien aus fachwissenschaftlicher Sicht insbesondere für die Verwaltungsgerichte, Verkehrsbehörden und Verkehrsanwälte erläutert und begründet.

Für die gutachterlich tätigen Verkehrsmediziner und Verkehrspsychologen sind neben Leitlinien und Kommentar insbesondere die Beurteilungskriterien von grundlegender Bedeutung. Deren historische Entwicklung wurde von Brenner-Hartmann vorgestellt:

Die „Beurteilungskriterien“ entstanden ab 1980 zunächst als interne Prüfgrundlage des Verbands der Technischen Überwachungsvereine (VdTÜV) für die Gutachter der Medizinisch-Psychologischen Institute der TÜV und der DEKRA. Die Träger von Begutachtungsstellen hatten damit auf eine Empfehlung des Arbeitskreises IV des 17. Deutschen Verkehrsgerichtstags 1979 reagiert, in der einheitliche Untersuchungsmethoden bei der Begutachtung von Kraftfahrern und eine Chancengleichheit für die Betroffenen gefordert wurden. Sie wurden also als Ergänzung zum Gutachten „Krankheit und Kraftverkehr“ (Bundesminister für Verkehr, 1992), entwickelt und stellten eine praktische Handlungsanweisung für die Gutachter dar. Die im VdTÜV organisierten Träger von Begutachtungsstellen haben Anfang der 2000er Jahre diese bis dahin interne Arbeitsgrundlage zur Veröffentlichung und Weiterentwicklung an die beiden Fachgesellschaften DGVP (Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie) und DGVM (Deutsche Gesellschaft für Verkehrsmedizin) übergeben. Damit wurde ein Beitrag zu einer einheitlichen Begutachtungspraxis zu einer Zeit geleistet, als durch die Liberalisierung der Zulassung von Begutachtungsstellen für Fahreignung (BfF) und die damit verbundene Diversifizierung der Träger und ihrer fachlichen Grundlagen zu befürchten stand, dass sich auch die Beurteilungsgrundsätze bei den verschiedenen Begutachtungsstellen auseinander entwickeln würden. Die Begutachtungs-Leitlinien und die Anlage 4 zur FeV regeln zwar die Grundlagen der Bewertung bestimmter Krankheiten und von Suchtmittelmissbrauch im Hinblick auf die Fahreignung, liefern jedoch keine differenzierten Hinweise zur Befunderhebung und Befundbewertung für den Sachverständigen. Mit der Veröffentlichung war es auch möglich, die Beurteilungskriterien (Schubert & Mattern, 2005) als Entscheidungsgrundlage in den Akkreditierungs-Anforderungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für alle Träger verbindlich zu verankern, ihre Anwendung zu überprüfen und damit entscheidend zur Gleichbehandlung der betroffenen Bürger beizutragen.

Mit dem Gewinn an Chancengleichheit für den Bürger entstand natürlich auch der Zwang der Verbindlichkeit für den Gutachter. Um die Rückmeldungen der Anwender und der Fachwelt über unklare oder strittige Regelungen aufnehmen und in die Weiterentwicklung einfließen lassen zu

können, wurde von den Fachgesellschaften eine ständige Arbeitsgruppe Beurteilungskriterien ins Leben gerufen (StAB), die mit drei Vertretern der DGVP und drei Vertretern der DGVM besetzt ist. Federführend wird die StAB derzeit von Brenner-Hartmann geleitet<sup>1</sup>. Bereits im Jahr 2009 wurden die Beurteilungskriterien in einer zweiten Auflage herausgegeben, die viele Anregungen aus dem Feld der Anwender und Therapeuten, aus wissenschaftlichen Diskussionen auf Kongressen, der Entwicklung der toxikologischen Untersuchungsmethoden aber auch der Rechtsprechung berücksichtigt.

Vor dem Hintergrund der geschichtlichen Entwicklung von Begutachtungs-Leitlinien und Beurteilungskriterien wurde dann in der Diskussion auf die aktuelle Situation eingegangen.

Dabei lag der Schwerpunkt der Diskussion bei der aktuellen Anwendung der Beurteilungskriterien auf der Basis der zweiten Auflage (2009) und den dabei aufgetretenen Fragen.

Es wurde betont, dass auch die Beurteilungskriterien dem ganzheitlichen Ansatz verpflichtet sind. Im Gegensatz zu den Begutachtungs-Leitlinien hat bei den Beurteilungskriterien eine Aktualisierung durch eine Neuauflage im Jahr bis 2009 stattgefunden. Auf die Folgen dieser Neuauflage wurde in der Diskussion ausführlicher eingegangen.

Besonders viel Aufmerksamkeit und auch etwas aufgeregte Aktivität habe die Aufnahme der einheitlichen Anforderung an die Standards der toxikologischen Untersuchung der GTFCh (Gesellschaft für toxikologische und forensische Chemie) in der sogenannten Hypothese CTU (Chemisch-toxikologische Untersuchung) ausgelöst. Dort wurde für die Träger der BfF verbindlich geregelt, nach welchen Maßstäben die toxikologische Untersuchung von Urin oder Haaren auf Betäubungsmittel oder das Alkoholabbauprodukt EtG erfolgen muss bzw. wann beigebrachte Befunde zum Abstinenzbeleg aussagekräftig und verwertbar sind. Auch die stärkere Betonung des Alkohol-Abstinenznachweises durch Urinkontrollprogramme (EtG-Bestimmung) anstatt der langjährig üblichen Leberwertkontrollen führte zu Umstellungsproblemen. In der Diskussion wurde darauf hingewiesen, dass diese Probleme eigentlich zur Verwunderung Anlass gäben, da bereits in der 1. Auflage der Beurteilungskriterien (2005) deutlich gemacht worden sei, dass Leberlaborkontrollen nur dann aussagekräftig sind, wenn von früher unter Alkoholeinfluss auffällige Befunde bekannt waren und sich eine erkennbare Verbesserung unter Abstinenzbedingungen nachvollziehen lässt. Dies werde auch in der 2. Auflage unverändert so gesehen. Abgesehen davon wurde aber auch darauf hingewiesen, dass sich im Verlauf von Akkreditierungs-Audits gezeigt habe, dass Träger mit den Anforderungen an Abstinenzbelege unterschiedlich umgegangen seien, es also offenkundig Missverständnisse bei der Interpretation der Beurteilungskriterien gegeben habe. Deshalb seien nun die Anfor-

<sup>1</sup> Weitere Mitglieder derzeit: Dr. Löh-Schwaab, Dr. Hoffmann-Born, Prof. Mußhoff, Dr. Wagner

derungen deutlicher und wohl auch noch eindeutiger formuliert worden. Ferner wurde dargelegt, dass durch eine klarere diagnostische Abgrenzung einer Alkoholproblematik mit der Notwendigkeit des Alkoholverzichts (Hypothese 2) und der nun ausführlich beschriebenen Diagnose der sog. Alkoholgefährdung ohne Abstinenznotwendigkeit (Hypothese 3) die Gruppe derjenigen genauer bestimmt und damit eingegrenzt werde, die überhaupt einen entsprechenden Nachweis führen müssen.

Ferner wurde von Brenner-Hartmann darauf hingewiesen, dass für den Bereich der Drogenanalytik festzustellen sei, dass sich insbesondere durch die Anforderung, dass toxikologische Untersuchungen im Rahmen der Fahreignungsdiagnostik nur durch Labore erfolgen sollen, die nach DIN EN ISO 17025 für forensische Zwecke akkreditiert sind, also entsprechende Sachkunde bei der Analyse und Befundinterpretation haben, in Deutschland eine deutliche Verbesserung der Untersuchungsstandards ergeben habe.

Als aktuelles Problem werde aktuell nur noch gesehen, dass die Abstinenzkontrollprogramme nicht immer durch qualifizierte und neutrale Stellen organisiert und durchgeführt würden. Zweifel entstünden ja nicht nur dann, wenn die Verwertbarkeit eines Abstinenzbelegs im Hinblick auf die analytischen Standards des Labors in Frage stünde, sondern auch, wenn nicht sichergestellt sei, dass die Einbestellung zur Probenentnahme wirklich kurzfristig und unvorhersehbar geschehen, die Identität des Betroffenen kontrolliert und die Urinabgabe überwacht worden sei.

Brenner-Hartmann wies darauf hin, dass deshalb für die 3. Auflage der Beurteilungskriterien geplant sei, auch für die durchführenden Stellen verbindliche Qualitätsstandards zu fordern.

Im Übrigen wurde hervorgehoben, dass eine weitere, wesentliche Änderung in der zweiten Auflage – die Veränderungen in der Festlegung der erforderlichen Abstinenzzeiten nach ambulanter Therapie – durchweg positiv aufgenommen und vor allem von Suchtberatern und Therapeuten begrüßt worden sei. Lange sei darüber diskutiert worden, wie bei Alkohol- und Drogenabhängigen, die eine ambulante Langzeittherapie gemacht haben, die Anforderung der einjährigen Abstinenz nach einer Entwöhnungstherapie zu interpretieren sei. Auch die Frage, wie mit Personen umzugehen sei, die eine Suchttherapie nach bereits länger vorliegender Abstinenz zur Stützung der Abstinenz aufnehmen wollen, war zu klären. Es sei unstrittig, dass eine starre Regelung, die in jedem Fall eine bestimmte Abstinenzzeit nach Beendigung einer Therapie fordert, demotivierend und kontraproduktiv wirke. Deshalb seien einige Regelungen in die Beurteilungskriterien aufgenommen worden, die es unter bestimmten Umständen erlauben, Abstinenzzeiträume während oder vor der Therapie zu berücksichtigen und so eine einheitliche Bewertung von solchen Sonderfällen sicherzustellen.

Im Hinblick auf die aktuelle Auflage der Begutachtung wurde ferner darauf hingewiesen, dass das Kapitel 7 weniger für die Beurteilung der Begutachteten sondern vielmehr

für das Handeln der Gutachter selbst von Bedeutung sei. Dieses Kapitel befasse sich mit der Auswahl der Untersuchungsmittel und der Interpretation der Befunde, sei also rein methodisch ausgerichtet. Dieses Kapitel sei um einen Abschnitt 7.2 zum Einsatz psychologischer Testverfahren ergänzt worden, der die Standards zur Durchführung und Auswertung insbesondere von Leistungstests in den sog. PTV-Kriterien regelt.

Darüber hinaus wurde angekündigt, dass das Kapitel 7 in der für 2012 geplanten 3. Auflage um einen Abschnitt zum Psychologischen Untersuchungsgespräch erweitert werde. Auch der Umfang der medizinischen Untersuchung solle in einem nächsten Schritt einheitlich definiert werden.

Im Übrigen wurde angekündigt, dass neben der regelmäßigen Aktualisierung der Kriterien und der Berücksichtigung der Rechtsprechung sowie von Anregungen aus dem Bereich der Anwender, die 3. Auflage sich schwerpunktmäßig mit einer Neufassung der Kriterien zur Beurteilung von verkehrsauffälligen und straffälligen Klienten befassen solle. In diesem Feld sei es durch Novellierungen der Fahrerlaubnisverordnung im § 11 zu einer veränderten Anordnungspraxis der Behörden gekommen. Ordnungswidrigkeiten, Verkehrsstraftaten oder andere Straftaten im Zusammenhang mit dem Straßenverkehr oder der Fahreignung vermischten sich als Untersuchungsanlass. Die bisher geltende Trennung der Hypothese 5 als Grundlage für die Bewertung verkehrsauffälliger Fahrer und der Hypothese 6 für strafrechtlich Auffällige sollte deshalb nicht länger aufrechterhalten bleiben. Die Hypothesen 5 und 6 und die zugeordneten Kriterien sollten sich künftig mehr an den persönlichen Ursachen für das Fehlverhalten orientieren und weniger an den Rechtsfolgen.

Abschließend wurde in der Diskussion hervorgehoben, dass durch die Weiterentwicklung der Beurteilungskriterien die Ganzheitlichkeit der Eignungsbeurteilung in den Begutachtungsstelle für Fahreignung bewahrt und durch ständige Anpassung an den wissenschaftlichen Fortschritt auf hohem fachlichem Niveau gehalten werden könne.

Im Hinblick auf die Begutachtungs-Leitlinien wurde die aktuell gewählte Strategie der BAST, die Begutachtungs-Leitlinien durch die Einzelveröffentlichungen zu einzelnen Krankheitsbildern im Internet weiterzuentwickeln und zu aktualisieren, sehr kritisch diskutiert. Es wurde hervorgehoben, dass sich hieraus konkludent die Gefahr der Aufgabe des sachlich unverzichtbaren und bewährten ganzheitlichen Ansatzes ergebe. Durch die Einengung der Weiterentwicklung der Begutachtungs-Leitlinien auf einzelne Krankheitsbilder ergebe sich die naheliegende Gefahr einer Atomisierung der Eignungsbeurteilung, bei der jeweils bei der Begutachtung des Einzelfalls nur einzelne Krankheitsbilder Berücksichtigung finden, ohne dass die Einbettung der Erkrankung, ihrer Folgen und des angemessenen Umgangs des Betroffenen damit (Fähigkeit zur selbstkritischen Beurteilung der eigenen Leistungsfähigkeit im Hinblick auf Streckenplanung, Auswirkungen von Medikamenten auf die Fahrtüchtigkeit usw.) in die Gesamtpersönlichkeit des Einzelnen hinreichend berücksichtigt werde.

Es wurde festgehalten, dass die weitere Entwicklung in diesem Bereich sehr aufmerksam beobachtet und gegebenenfalls durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften sowie Kommentierung kritisch und ergänzend begleitet werden müsse.

Der dritte Schwerpunkt der beiden Workshops war dem G 25 als Instrument der arbeitsmedizinischen Prävention gewidmet.

Hierzu hielt Hedtmann ein Referat in dem er Entwicklung, Inhalt und aktuelle Bedeutung des G 25 darstellte und erläuterte. Dieses Referat wird im Folgenden in der wörtlichen Fassung von Hedtmann wiedergegeben, da die darin enthaltenen Informationen einerseits von allgemeiner Bedeutung sind und andererseits vielen Lesern zu erheblichen Teilen bisher noch nicht bekannt sein dürften:

## Einleitung

Eine wichtige Schnittstelle zwischen Arbeits- und Verkehrsmedizin war schon immer der berufsgenossenschaftliche Grundsatz für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten, G 25. Als Standard für Untersuchungen bei innerbetrieblichen Fahr- und Transportaufgaben ist er eine der am häufigsten durchgeführten arbeitsmedizinischen Untersuchungen. Dabei ist er sowohl für Vorsorge-, wie für Tauglichkeitsfragestellungen geeignet. Verunsicherung kam auf, als die Verordnung über arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung (ArbMedVV) erlassen wurde. In der abschließenden Aufzählung der Untersuchungsanlässe fand er keinen Platz. Auch wurde in der politischen Diskussion vorrangig seine Funktion zur Tauglichkeitsbeurteilung berücksichtigt und der Begriff der Angebotsuntersuchung, wie man ihn zu Zeiten der Unfallverhütungsvorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A4) gebrauchen konnte, war durch die ArbMedVV belegt.

## Wunsch- und Eignungsuntersuchung

Mit der abschließenden Auflistung von Untersuchungsanlässen für Pflicht- und Angebotsuntersuchungen in der ArbMedVV stellte sich die Frage, ob der G 25 überhaupt noch eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung beschreibt. Nach gemeinsamer Auffassung aller Beteiligten tut er das – aber nur als sogenannte Wunschuntersuchung, also dann, wenn der Beschäftigte auf Grund seiner Tätigkeit selbst eine Untersuchung wünscht. Rechtsgrundlage dafür ist das Arbeitsschutzgesetz, § 11. Dieser Wunsch kann natürlich auch die Folge eines Arbeitgeberangebotes sein. Dabei ist zu beachten, dass eine Untersuchung nach G 25 als arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung immer freiwillig ist. Schließlich ist der G 25 keine Rechtsnorm, sondern ein Standard für den untersuchenden Arzt, der Stand der Arbeitsmedizin, ein Instrument auch zur Beurteilung der Eignung für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten. Der Betriebsarzt kann dieses Instrument auch dann einsetzen, wenn der Untersuchungsanlass keine arbeitsmedizinische Vorsorge, sondern die Verpflichtung des Unternehmers ist, für bestimmte Fahrtätigkeiten nur geeignetes Personal einzusetzen. Solche An-

forderungen bestehen in einigen Unfallverhütungsvorschriften, wie auch in der Betriebssicherheitsverordnung. Auch anlassbezogene Untersuchungen können die Anwendung des G 25 erfordern, z.B. dann, wenn ein Unternehmer als medizinischer Laie die Nichteignung eines Mitarbeiters für eine gefährdende Fahrtätigkeit annehmen muss. Dann allerdings hat diese Untersuchung mit der arbeitsmedizinischen Vorsorge nichts zu tun.

Kurz: Der G 25 lebt, besitzt nach wie vor hohe Aktualität und bedarf eines gewissen betriebsärztlichen Geschicks, die diversen Anlässe zu seiner Anwendung folgerichtig auseinander zu halten.

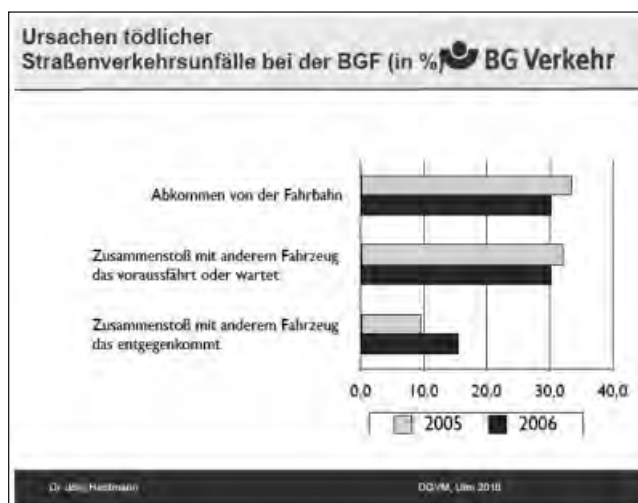
Daher hat der G 25 seinen Platz weiterhin in der Arbeitsmedizin und ist nach wie vor ein zentrales Präventionsinstrument in den betroffenen Gewerbezweigen. Die Aufgaben des G 25 gehen über Tauglichkeitsfragen deutlich hinaus und für ein Beschäftigtenkollektiv, dessen Gesundheitsversorgung häufig mit Problemen belastet ist, ist er nach wie vor ein Angebot, das die besonderen Bedingungen der Tätigkeit gezielt berücksichtigt.

## Tagesschläfrigkeit

Eigene Erkenntnisse belegen die Notwendigkeit der Einbindung des Themas "Tagesschläfrigkeit" in den G 25. Diese Diskussion hat der Arbeitskreis Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten im Ausschuss Arbeitsmedizin der DGUV aufgegriffen und den Grundsatz um entsprechende Empfehlungen erweitert. Dem Arzt wird die Anwendung des Epworth-Sleepiness-Scale, als das am besten evaluierte Instrument zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit, sowie eines ergänzenden Fragenkatalogs zum Schlafverhalten empfohlen. Daneben spielt der Body-Mass-Index (BMI) eine für die Beurteilung wesentliche Rolle. Die Anlage enthält Empfehlungen für die Interpretation der Ergebnisse und die Dringlichkeit des Handelns.

## Fazit

Der G 25 hat die Regelungen der ArbMedVV überlebt, nicht zuletzt weil er fortlaufend der betrieblichen Praxis und dem Stand der arbeitsmedizinischen Wissenschaft an-





gepasst wurde. Nun gilt es, ihn weiter gezielt einzusetzen und zu pflegen.

## Literatur

Bundesminister für Verkehr (Hrsg.) (1992): Krankheit und Kraftverkehr – Gutachten des Gemeinsamen Beirats für Verkehrsmedizin beim Bundesminister für Gesundheit. Vierte Auflage. Schriftenreihe Heft 71 (Erstauflage 1973)

Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) (2010): Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung. Stand 2. November 2009. Berichte der BAST, Heft M 115. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW

Kroy, G. (Hrsg.) (1995): Psychologisches Gutachten Kraftfahrereignung. Bonn Deutscher Psychologen Verlag

Schubert, W.; Schneider, W.; Eisenmenger, W.; Stephan, E. (Hrsg.) (2005): Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung. Kommentar (2. Aufl.)

<http://www.kirschbaum.de/shop/artikel.php?id=195&ziel=buchtitel>

Schubert, W.; DGVP & Mattern, R.; DGVM (erste Auflage 2005, zweite Auflage 2009): Urteilsbildung in der Medizinisch-Psychologischen Fahrereignungsdiagnostik – Beurteilungskriterien. Bonn: Kirschbaum Verlag



## Workshop 10

# Schwierige Gutachtenfälle

*Peter Schlottke, Christian Zimmermann*

Der Workshop 10 unter der Leitung von Peter Schlottke, Tübingen, und Christian Zimmermann, Köln, beschäftigte sich mit einer Reihe von Fällen, die den Gutachter in der Praxis vor besondere Herausforderungen stellen. Trotz des bewährten Systems aus Begutachtungsleitlinien (BASt, 2000), Kommentar zu den Begutachtungsleitlinien (Schubert, Schneider, Eisenmenger & Stephan, 2005) und Beurteilungskriterien (Schubert & Mattern, 2009), muss der Gutachter im diagnostischen Entscheidungsprozess im Sinne der Einzelfallgerechtigkeit begründet hiervon abweichen können. Im Widerspruch hierzu stünde eine pauschale Begutachtung anhand von starren Kriterien. Von den Teilnehmern wurde dieses Spannungsfeld vor dem Hintergrund der Neuauflage der Beurteilungskriterien und der Überarbeitung der Begutachtungsleitlinien (Gräcmann & Albrecht, 2010) diskutiert.

Grundlage für die Diskussion waren eine Reihe von Fällen, die den Teilnehmern zur von der Workshopleitung vorgestellt wurden. Ausgehend hiervon wurden eigene gutachterliche Erfahrungen berichtet und reflektiert. Exemplarisch seien hier zwei Fälle skizziert. In ersten Fall aus der Obergutachtenstelle für das Land NRW aus dem Jahr 2007 handelte es sich um eine Alkoholfragestellung. Der Proband stammte gebürtig aus Russland und gehört zur Gruppe der Spätaussiedler. Von Beruf war er Lkw-Fahrer und zum Zeitpunkt des Gutachtens arbeitslos. Aus der Aktenanalyse ergab sich für den damals 44-jährigen Probanden eine Trunkenheitsfahrt mit Unfallfolge im Jahr 1998 mit einer BAK von 1,44 Promille und Fahren ohne Fahrerlaubnis im selben Jahr, eine positive Begutachtung im Jahr 2000, eine erneute Trunkenheitsfahrt im Jahr 2001 mit einer BAK von 1,27

Promille. 2001 unterzog sich der Proband einem einwöchigen stationären Krankenhausaufenthalt und einer sich anschließenden ambulanten Suchttherapie. Der Proband war im Anschluss Mitglied in einer russischsprachigen Abstinenz-Selbsthilfegruppe. Nach einem positiven Gutachten im Jahr 2003 kam es 2005 zu einer erneuten Trunkenheitsfahrt mit Unfallfolge (BAK: 2,6 Promille). Danach begab sich der Proband erneut in eine Suchttherapie. Sämtliche vorgelegte Laborbefunde von 2005 bis einschließlich der Werte vom Obergutachten waren normwertig.

In der mit Dolmetscher durchgeführten Exploration schilderte der Proband die Ursachen für den erneuten Rückfall. Besondere Relevanz kam den unterschiedlichen gesellschaftlichen Normen und Rollenvorstellung in Verbindung mit spezifischen Problemen, die mit der Übersiedlung in Verbindung standen, zu. Diskutiert wurde mit den Workshopteilnehmern die besonderen Anforderungen an den Gutachter bei der Begutachtung von Probanden aus anderen Kulturkreisen anhand eigener Erfahrungen. Weiterhin wurden mögliche Schwierigkeiten, die sich durch die besondere Gesprächssituation mit Dolmetscher ergeben, erörtert.

Im zweiten Fall handelte es sich um ein Obergutachten mit Alkoholfragestellung aus dem Jahr 2006. Aus der Aktenanalyse ergab sich eine sehr lange Zeit zurückliegende Auffälligkeit im Jahr 1993 (Trunkenheitsfahrt mit Unfallfolge gegen 17 Uhr mit einer BAK von 1,81 Promille). Der Akte der Verkehrsbehörde lagen zwei negative Gutachten aus den Jahren 1994 und 2005 bei. Der Proband gab an, sich nicht mehr genau an die Trunkenheitsfahrt und die

Begleitumstände erinnern zu können. Auch die Trinkgewohnheiten im Vorfeld der Auffälligkeit konnten nicht mehr von ihm dargestellt werden. Der Proband berichtete, seit 2005 auf Alkohol zu verzichten, ohne schildern zu können, wie es zu diesem Entschluss gekommen sei. Zudem hatte er aufgrund geringer verbaler Fähigkeiten während der Exploration Schwierigkeiten, sich der Gesprächssituation angemessen auszudrücken. Diskutiert wurde mit den Teilnehmern die Schwierigkeiten, die mit lange zurückliegenden Auffälligkeiten verbunden sind, insbesondere wenn Probanden bewusst für längere Zeit auf eine Neuerteilung der Fahrerlaubnis verzichtet haben. Weiterhin wurde diskutiert, welche sprachlichen Anforderungen an Probanden in der Begutachtungssituation gestellt werden und welche Nachteile sich ergeben könnten, wenn Sprachdefizite vorliegen.

## Literatur

Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) (2000): Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung des Gemeinsamen Beirats für Verkehrsmedizin beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und beim Bundesministerium für Gesundheit. Heft M 115. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Gräcmann, N.; Albrecht, M. (2010): Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung. Stand: 2. November 2009. Heft M 115. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Schubert, W.; Mattern, R. (2009): Beurteilungskriterien. Urteilsbildung in der Medizinisch-Psychologischen Fahreignungsdiagnostik. 2. Auflage. Bonn: Kirschbaum Verlag.

Schubert, W.; Schneider, W.; Eisenmenger, W.; Stephan, E. (2005): Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung. 2. Auflage. Bonn: Kirschbaum Verlag.

# Kongressverabschiedung

## Verabschiedung 6. Gemeinsames Symposium der DGVM und DGVP

*Barbara Wilhelm*

Meine sehr geehrten Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

wir sind am Ende des 6. Gemeinsamen Symposiums der DGVM und DGVP angelangt und ich hoffe und bin der Überzeugung, dass von den Beiträgen und dem wissenschaftlichen Austausch der letzten beiden Tage wichtige Impulse aufgegangen sind, die Relevanz des Themas Tagesschläfrigkeit – Gefahren und Konsequenzen für den Straßenverkehr – im eigenen Tätigkeitsfeld wahrzunehmen und zu berücksichtigen. Ich hoffe, dass es uns gelungen ist, Ihnen wichtige Fakten für die wissenschaftliche Auseinandersetzung und Begutachtung zu vermitteln und dass Sie aus den Beiträgen der Referenten, der Workshops und den Diskussionen und Kontakten mit vielen Kollegen wesentliche Anregungen mitnehmen durften. Friedrich Hölderlin hat einmal gesagt „Gut ist es, an anderen sich zu halten, denn keiner lebt das Leben allein!“ So habe ich im Zusammenhang mit diesem 6. Gemeinsamen Symposium vielen Menschen zu danken: Herrn Prof. Schubert und Herrn Prof. Dittmann für die Ehre, dieses Symposium auszurichten, Herrn Prof. Stephan für seine wertvolle und konstruktive Unterstützung bei der Gestaltung des

wissenschaftlichen Programms, Frau Claudia Vogtmann für ihre fortwährende kompetente angenehme und freundliche Unterstützung, die ich mir besser nicht hätte wünschen können.

Der Vorstand der DGVM hat bei seiner gestrigen Vorstandssitzung beschlossen, dass das Thema Tagesschläfrigkeit als Unfallgefahr bei allen unseren künftigen Symposien einen festen Platz im Tagungsprogramm erhalten soll. Dafür sollte das Tübinger Symposium Auftakt und wegweisend werden. Wir wollen deutlich machen, dass unsere beiden Gesellschaften der Rolle von Tagesschläfrigkeit als Unfallursache eine hohe Bedeutung beimessen und die dringende Notwendigkeit sehen, in der Prävention von schläfrigkeits- und einschlafbedingten Unfällen aktiv zu werden. Diese Dringlichkeit werden wir auch den mit uns in Kontakt stehenden politischen Instanzen nachhaltig vermitteln.

Ich danke nochmals allen Referenten der Vorträge, Workshops und Poster sehr herzlich für ihre Mitwirkung an einem interessanten wissenschaftlichen Programm und wünsche Ihnen allen eine gute Heimreise.

# Autorenverzeichnis

## B

Dr.-Ing.  
**Jörg Breuer**  
 DaimlerChrysler AG, Mercedes Car Group  
 Calwer Straße Tor 3,  
 71059 Sindelfingen/Deutschland  
 Referent

Dipl.- Psych.  
**Jürgen Brenner-Hartmann**  
 TÜV Süd Life Service GmbH  
 Medizinisch-Psychologisches Institut  
 Hirschstraße 22,  
 89073 Ulm/Deutschland  
 Koautor

## D

Prof. Dr. med.  
**Volker Dittmann**  
 Präsident der Deutschen Gesellschaft für  
 Verkehrsmedizin e.V. (DGVM)  
 Universität Basel, Institut für Rechtsmedizin  
 Pestalozzistraße 22,  
 4056 Basel/Schweiz  
 Referent

## E

Dipl. Psych.  
**Sabine Eller**  
 Leiterin Schlaflabor und Atemzentrum  
 Klinik Schillerhöhe  
 Solitudestraße 18,  
 70839 Gerlingen/Deutschland  
 Referentin

Dr.  
**Claudia Evers**  
 Regierungsdirektorin  
 Referatsleiterin U3 – Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin  
 Brüderstraße 53,  
 51427 Bergisch Gladbach/Deutschland  
 Referentin

## G

Prof. Dr. rer. nat  
**Martin Golz**  
 Fakultät für Informatik, Fachhochschule Schmalkalden  
 Am Schwimmbad,  
 98574 Schmalkalden/Deutschland  
 Referent

Dr. med.  
**Britta Geißler**  
 Johannes Gutenberg-Universität  
 Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
 Obere Zahlbacher Straße 67,  
 55131 Mainz/Deutschland  
 Koautorin

## H

**Lorenz Hagenmeyer**  
 Johannes Gutenberg-Universität  
 Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
 Obere Zahlbacher Straße 67,  
 55131 Mainz/Deutschland  
 Koautor

Dr. med.  
**Jörg Hedtmann**  
 BG für Transport und Verkehrswirtschaft,  
 Fachausschuss Verkehr  
 Ottenser Hauptstraße 54,  
 22765 Hamburg/Deutschland  
 Referent

Ltd. MD Dr. med.  
**Rolf Hennighausen**  
 Hessenallee 14,  
 34576 Homberg/Efze/Deutschland  
 Referent

**Christian Heinze**  
 Fakultät für Informatik, Fachhochschule Schmalkalden  
 Am Schwimmbad,  
 98574 Schmalkalden/Deutschland  
 Koautor

**Winfried Hermann, MdB**  
 Vorsitzender des Ausschusses für Verkehr,  
 Bau und Stadtentwicklung  
 Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen  
 Deutscher Bundestag  
 Platz der Republik 1,  
 11011 Berlin/Deutschland  
 Grußwort

## K

Prof. Dr. med.  
**Sylvia Kotterba**  
 Ammerland-Klinik GmbH, Klinik für Neurologie  
 Lange Straße 38,  
 26655 Westerstede/Deutschland  
 Referentin

Prof. Dr.  
**Jarek Krajewski**  
Lehrstuhl für Experimentelle Wirtschaftspsychologie  
Universität Wuppertal  
Gaußstraße 20,  
42097 Wuppertal/Deutschland  
Referent

## M

Prof. Dr. med.  
**Rainer Mattern**  
Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Instituts für Rechts- und Verkehrsmedizin  
Voßstraße 2,  
69115 Heidelberg/Deutschland  
Referent

**Maria Cristina Marolda**  
Policy Officer  
European Commission – Directorate General for Mobility  
and Transport – Road Safety Unit  
CDMA 04/182, 1049 Brussels/Belgien  
Grußwort

Dr.-Ing.  
**Werner Möhler**  
Sachverständigenbüro für Unfallrekonstruktion  
Hasselholzer Weg 34,  
52074 Aachen/Deutschland  
Referent

Dr. rer. nat. Dipl.-Psych.  
**Karin Müller**  
ABV – Gesellschaft für Angewandte  
Betriebspsychologie und Verkehrssicherheit mbH  
Alexanderstraße 5,  
10178 Berlin/Deutschland  
Referentin

Dr. med.  
**Matthias J.A. von Müllmann**  
Deutsche Lufthansa AG  
Medizinischer Dienst, Flughafen-Bereich West  
60546 Frankfurt am Main/Deutschland  
Referent

Prof. Dr. med.  
**Axel Muttray**  
Johannes Gutenberg-Universität  
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
Obere Zahlbacher Straße 67,  
55131 Mainz/Deutschland  
Referent

## O

Prof. Dr. med.  
**Maritta Orth**  
Theresienkrankenhaus & St. Hedwig Klinik GmbH Innere  
Medizin III – Pneumologie, Allergologie  
Schlaf- und Beatmungsmedizin  
Bassermannstraße 1,  
68165 Mannheim/Deutschland  
Referentin

## P

OB  
**Boris Palmer**  
Oberbürgermeister der Universitätsstadt Tübingen  
Am Markt 1,  
72070 Tübingen/Deutschland  
Grußwort

## Q

Dr. med.  
**Roland Quast**  
Ärztlicher Leiter  
Aeromedical Center, Airport Stuttgart  
Airport Business Center II  
Gottlieb-Manz-Straße 1,  
70794 Filderstadt/Deutschland  
Referent

## R

Dr.  
**Peter Ramsauer, MdB**  
Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
Deutscher Bundestag  
Platz der Republik 1,  
11011 Berlin/Deutschland  
Grußwort

## S

Prof. Dr. rer.  
**Peter F. Schlotzke**  
Universität Tübingen, Medizinische Fakultät  
Institut für Medizinische Psychologie und  
Verhaltensneurobiologie  
Gartenstraße 29,  
72074 Tübingen/Deutschland  
Referent

Dipl. Informatiker (FH)

**Thomas Schnupp**

Fakultät für Informatik, Fachhochschule Schmalkalden  
Am Schwimmbad,  
98574 Schmalkalden/Deutschland  
Koautor

Prof. Dr. rer. nat.

**Wolfgang Schubert**

DEKRA Automobil GmbH  
Fachbereich Verkehrspsychologie  
Ferdinand-Schultze-Straße 65,  
13055 Berlin/Deutschland  
Referent

Dr.-Ing.

**David Sommer**

Fakultät für Informatik, Fachhochschule Schmalkalden  
Am Schwimmbad,  
98574 Schmalkalden/Deutschland  
Koautor

Prof. Dr. phil. Dipl.-Psych.

**Egon Stephan**

2. Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. (DGVP)  
Universität Köln, Psychologisches Institut  
Herbert-Lewin-Straße 2,  
50931 Köln/Deutschland  
Referent

**W**

Dr. phil. Dipl. Psych.

**Hans-Günter Weeß**

Pfalzkrankenhaus, Klinik für Psychiatrie und Neurologie  
Weinstraße 100,  
76889 Klingenmünster/Deutschland  
Referent

**Oliver Weirich**

Johannes Gutenberg-Universität  
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
Obere Zahlbacher Straße 67,  
55131 Mainz/Deutschland  
Koautor

Prof. Dr. med.

**Barbara Wilhelm**

Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
STZ eyetrial am Department für Augenheilkunde  
Schleichstraße 12-16,  
72076 Tübingen/Deutschland  
Referentin

Prof. Dr. med.

**Helmut Wilhelm**

Department für Augenheilkunde, Augenklinik  
Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
Schleichstraße 12-16,  
72076 Tübingen/Deutschland  
Referent

**Z**

Dr. Dipl.-Psych.

**Christian Zimmermann**

Träger des Verkehrssicherheitspreises 2009 des Bundesministers für Verkehr  
Herbert-Lewin-Straße 2,  
50931 Köln/Deutschland  
Koautor