

Wolfgang Grellner
Abteilung Rechtsmedizin, Universitätsmedizin
Göttingen

Christine Behrens, Ulrich Kruchten,
Stefanie Lehmann, Alexandra Rettig-Stürmer,
Anne-Katrin Zimmer
Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum
Schleswig-Holstein, Campus Kiel

Phänomenologie, Erfassung und Bedeutung von Tagesschläfrigkeit als verkehrsrelevanter Faktor bei Risikopopulationen

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten kam es durch verschiedene präventive Maßnahmen, Aufklärungskampagnen und Sanktionen zu einem Wandel des Ursachenspektrums von Verkehrsunfällen. Während technische Ursachen und eine Alkoholisierung eher rückläufig sind, gewinnen Faktoren wie Vigilanzminderungen („Sekundenschlaf am Steuer“) und Medikamentenwirkungen an Bedeutung. Seit einigen Jahren steht mit dem pupillographischen Schläfrigkeitstest (PST) ein objektives Messverfahren zur Ermittlung der Tagesschläfrigkeit zur Verfügung, wobei die Zunahme der spontanen Schwankungen des Pupillendurchmessers unter Müdigkeit registriert wird. Es wurde eingesetzt bei verschiedenen Probandengruppen, die einem potenziell erhöhten Risiko von Vigilanzminderungen ausgesetzt sind: chronische Schmerzpatienten (n = 20) bzw. substituierte Heroinabhängige (n = 52) unter Opioiden, ambulante Patienten unter Psychopharmaka (n = 32), Allergiker unter Antihistaminika (n = 40) und medizinisches Nachtdienst-Pflegepersonal (n = 40). Verglichen wurde u. a. mit zwei Kontrollgruppen (n = 21, n = 10). Bei den Untersuchungen ergaben sich relativ normale Schläfrigkeitswerte bei ambulanten Psychopharmaka-Patienten und Allergikern. Teils exzessiv erhöhte Werte wurden dagegen insbesondere bei substituierten Heroinabhängigen, opiatversorgten Schmerzpatienten und dem Nachtdienstpersonal festgestellt. So wiesen 81 % der substituierten Heroinabhängigen, 70 % des Nachtdienstpersonals und 59 % der Schmerzpatienten kritische Befunde auf. Bei allen Probanden nahm die Müdigkeit nach einer Belastung darüber hinaus noch relevant zu. Das gleichzeitig erfasste subjektive Schläfrigkeitsgefühl korrespondierte nur

teilweise mit den objektiven Befunden, was eine zusätzliche Gefährdung bei unkritischer Teilnahme am Straßenverkehr bedingen kann. Insgesamt zeigten die experimentellen Testungen, dass nicht unerhebliche Teilpopulationen in der Bevölkerung einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind, den gefährlichen Sekundenschlaf am Steuer erleiden zu können.

Einführung

Das Phänomen der „Tagesschläfrigkeit“ gewinnt im Zusammenhang mit der aktiven Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr zunehmend an Bedeutung [1-7]. Während andere Unfallursachen wie technische Probleme und eine akute Alkoholisierung durch verschiedene präventive Maßnahmen, Aufklärungskampagnen und Sanktionen der letzten Jahrzehnte eher rückläufig sind, geraten Faktoren wie eine Vigilanzminderung („Sekundenschlaf am Steuer“) und Medikamentenwirkungen vermehrt ins Blickfeld. Nicht selten stehen beide Parameter auch miteinander in Verbindung, da zahlreiche Medikamente sedierende Eigenschaften besitzen. Bei einer mutmaßlich hohen Dunkelziffer wird davon ausgegangen, dass z. B. ca. 1/4 aller tödlichen Verkehrsunfälle auf Bayerns Autobahnen durch Sekundenschlaf bedingt ist [zitiert in 2]. In den USA wird angenommen, dass jährlich ca. 56.000 Unfälle und 1.550 Verkehrstote auf das Phänomen Ermüdung am Steuer zu beziehen sind [11]. Eine Untersuchung mit eigener Beteiligung zeigte, dass 25 % bis 43 % aller Kraftfahrer auf Autobahnen pathologische oder auffällige Schläfrigkeitswerte aufwiesen, wobei Lkw-Fahrer besonders stark betroffen waren [1].

Der Begriff „Sekundenschlaf am Steuer“ bezieht sich auf ein kurzzeitiges Einschlafen des Kraftfahrers am Steuer. Sekundenschlaf kann gedeutet werden als Dämmerzustand zwischen Ermüdung und Schlaf, wobei Ermüdung einen Zustand der Leistungseinschränkung mit Beeinträchtigung von Reizübermittlung, Sinnesfunktion, Psychomotorik und Denken umschreibt. Die Erkennbarkeit der Ermüdung ist mit Ausnahme von sehr seltenen pathologischen Einschlafformen in der Regel gegeben. Ursachen von Schläfrigkeit und Sekundenschlaf können sein:

- Biorhythmus: 14 Uhr, 2 Uhr/Magenfüllung,
- Schlafmangel,
- körperliche und geistige Anstrengung,

- Hitze, Dunkelheit,
- Medikamente, Erkrankungen etc.,
- Langstreckenfahrten, Monotonie.

Juristisch gilt der Sekundenschlaf am Steuer als „geistiger Mangel“ im Sinne von § 315c StGB (Straßenverkehrgefährdung).

In der vorliegenden Arbeit wird ein Überblick gegeben über unsere Ergebnisse mit dem so genannten pupillographischen Schläfrigkeitstest (PST), der zur objektiven und quantitativen Bestimmung der (Tages-)Schläfrigkeit dient. Das Verfahren wurde eingesetzt bei verschiedenen Probanden, die einem potenziell erhöhten Risiko von Vigilanzminderungen ausgesetzt sind.

Material und Methodik

In die Studie wurden die folgenden Patienten- bzw. Probandengruppen einbezogen:

A) Chronische Schmerzpatienten unter Opioiden (n = 20):

Einbezogen wurden ambulante Patienten (12 Männer, 8 Frauen, $50,6 \pm 10,4$ Jahre), die wegen chronischer Schmerzen aufgrund maligner (n = 5) und nicht-maligner (n = 15) Ursachen dauerhaft behandelt wurden. Sie erhielten Opiode der WHO-Stufen II (n = 9), wie z. B. Tramadol und Tilidin/Naloxon, und III (n = 11), wie Morphin, Fentanyl und Oxycodon. Daneben erfolgte häufig eine adjuvante Therapie mit Antidepressiva.

B) Substituierte Heroinabhängige unter Opioiden (n = 52):

Es handelte sich um 34 Männer und 18 Frauen im Alter von 17-50 Jahren (Durchschnitt: $32,2 \pm 8,7$ Jahre). Sie wurden seit mindestens 2 Wochen, durchschnittlich seit 19,8 Monaten, in stabiler Weise substituiert mit Methadon (n = 29), Levomethadon (n = 4) oder Buprenorphin (n = 19).

C) Ambulante Patienten unter Psychopharmaka (n = 32):

Die Patienten litten unter Psychosen oder depressiven Störungen (17 Männer, 15 Frauen, Alter: $41,6 \pm 11,3$ Jahre) und wurden dauerhaft therapiert mit verschiedenen, nicht selten kombiniert eingesetzten Psychopharmaka. Jeweils führend waren Neuroleptika (n = 22), vorwie-

gend aus der Gruppe der Phenothiazine, Butyrophenone und Dibenzazepine, oder Antidepressiva (n = 10), meist trizyklische Antidepressiva und Serotonin-Reuptake-Hemmer.

D) Allergiker unter Antihistaminika (n = 40):

Die 20 Männer und 20 Frauen dieser Teilgruppe mit einem Alter von 15-53 Jahren erhielten seit mindestens 3 Tagen eine Therapie mit H1-Antihistaminika der 2. Generation (n = 31), wie Loratadin, Cetirizin, Fexofenadin u. a. , oder der 1. Generation (n = 9), wie Clemastin u. a.

E) Medizinisches Nachtdienst-Pflegepersonal (n = 40):

Es handelte sich um Pflegepersonal einer Universitätsklinik (26 Frauen, 14 Männer; Durchschnittsalter: $33,9 \pm 9,2$ Jahre). Die Probanden absolvierten Zyklen von 4 bis 7 Nachtschichten hintereinander mit jeweils 8 bis 10 Stunden Dauer. Die Testungen erfolgten entweder am ersten (n = 21) oder am vierten (n = 19) Schichttag, wobei die Probanden am frühen Abend vor Schichtbeginn und am frühen Morgen nach Schichtende geprüft wurden.

Verglichen wurde mit zwei Kontrollgruppen gesunder Testteilnehmer (n = 21, n = 10). Sämtliche Probanden nahmen nach entsprechender Information auf freiwilliger Basis an den Studien teil. Genehmigungen durch die Ethik-Kommission lagen vor.

Zur Überprüfung der Teilnahmevoraussetzungen gehörte eine chemisch-toxikologische Untersuchung von Urin und in der Regel auch Blut, inwieweit die verordneten Medikamente tatsächlich genommen worden waren bzw. Substanzfreiheit vorlag (Nachtdienstpersonal, Kontrollgruppen).

Die Methodik des pupillographischen Schläfrigkeitstestes (PST) und seine Grundlagen wurden bereits früher ausführlich dargestellt [2, 4-7].

Der PST dient der objektiven und quantitativen Bestimmung des Vigilanzniveaus. Die während einer 11-minütigen Testphase bei Dunkelheit und Abschirmung auftretenden spontanen und unbewussten Veränderungen des Pupillendurchmessers sind ein Maß für die Schläfrigkeit und werden PC-gestützt erfasst [9, 10, 13-15].

Der PST (Hersteller: Fa. AMTech) wurde jeweils zweimal am Vormittag vor und nach Erbringen einer Dauerleistung von ca. 1 bis 1,5 Stunden in einer verkehrspsychologischen Testbatterie nach dem

Wiener Testsystem [12] durchgeführt, sodass sich insgesamt 2 PST-Werte ergaben (beim Nachtdienst-Personal 4 Werte aus jeweils zwei Testungen vor und nach dem Nachtdienst). Als Leitparameter diente der Pupillenunruhe-Index (PUI; Referenzwert: ca. 4,5 mm/min) [13]. Ferner wurde die Einschlafneigung auf der Basis der PUI-Werte und der Notwendigkeit von Aufweckmaßnahmen wie folgt klassifiziert [13]:

- unauffällig: PUI unter 6,6 mm/min,
- erhöht: PUI von 6,6 bis 9,8 mm/min,
- pathologisch: PUI über 9,8 mm/min oder beliebiger PUI mit Aufweckmaßnahmen.

Zum Vergleich erfolgte die subjektive Einschätzung der Schläfrigkeit nach der Stanford Sleepiness Scale (SSS), einer Verbalskala von Grad 1 (hellwach) bis Grad 7 (fast einschlafend) [8].

Die statistischen Auswertungen erfolgten im Programm SPSS mittels t-Tests, Chi-Quadrat-Tests, Korrelationsberechnungen, univariater Varianzanalyse und Regressionsanalyse.

Ergebnisse und Diskussion

Bei einer stichwortartigen Zusammenfassung ergaben sich bei den verschiedenen Probandengruppen die folgenden wesentlichsten Ergebnisse (siehe auch Abbildungen):

A) Chronische Schmerzpatienten unter Opioiden (Bild 1):

- signifikant erhöhte Tagesschläfrigkeit in Ruhe,
- weiterer signifikanter Anstieg der Schläfrigkeit nach Dauerleistung (nicht bei Opioiden der WHO-Stufe II),
- ähnliches Schläfrigkeitsniveau bei Patienten ohne antidepressive Begleitmedikation,
- keine konstante Korrelation zwischen dem Schläfrigkeitsgrad und dem Leistungsvermögen (hier nicht dargestellt),
- erhöhte Tagesschläfrigkeit korrelierte mit verlängerter Reaktionszeit (hier nicht dargestellt).

B) Substituierte Heroinabhängige unter Methadon oder Buprenorphin (Bild 2):

- stark erhöhte Schläfrigkeit in Ruhe,

- Zunahme der Einschlafneigung nach Dauerbelastung,
- tendenziell höhere Schläfrigkeit bei Methadon- gegenüber Buprenorphin-Patienten (hier nicht dargestellt),

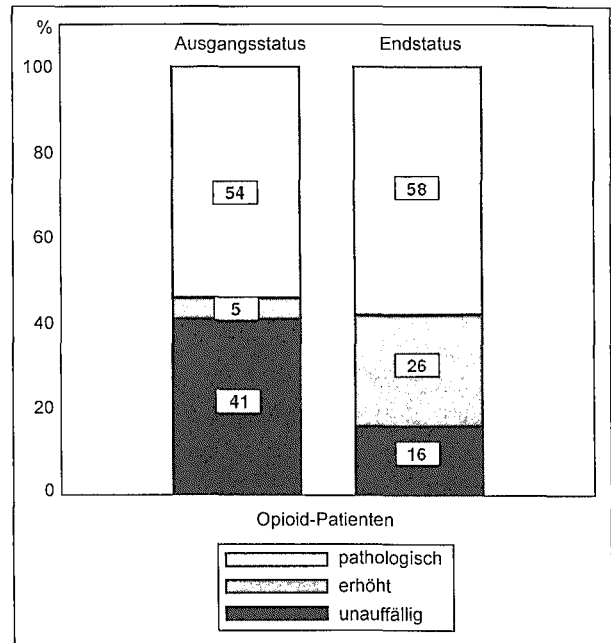


Bild 1: Einschlafneigung bei chronischen Schmerzpatienten unter Opioiden. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach Dauerbelastung

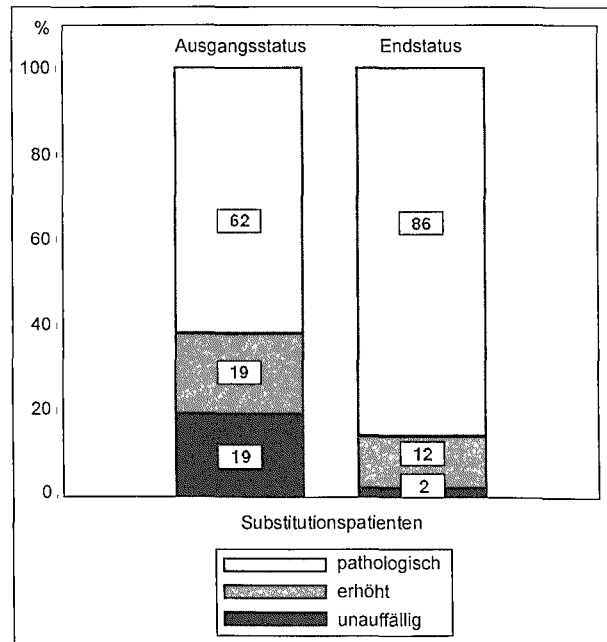


Bild 2: Einschlafneigung bei Substitutionspatienten unter Methadon oder Buprenorphin. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach Dauerbelastung

- kein signifikanter Einfluss eines Beikonsums,
- hohes Risiko für Sekundenschlaf am Steuer.

C) Ambulante Psychopharmaka-Patienten (Bild 3):

- normale Tagesschläfrigkeit in Ruhe:
 - tendenzieller Anstieg nach Belastung,

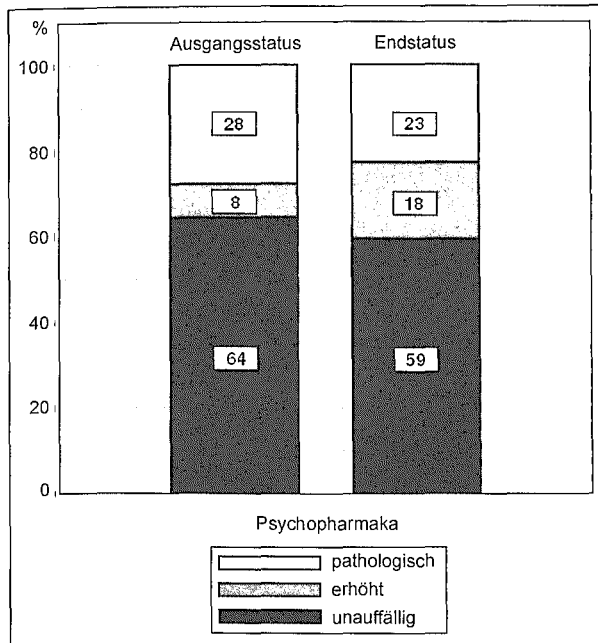


Bild 3: Einschlafneigung bei Psychopharmaka-Patienten. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach Dauerbelastung

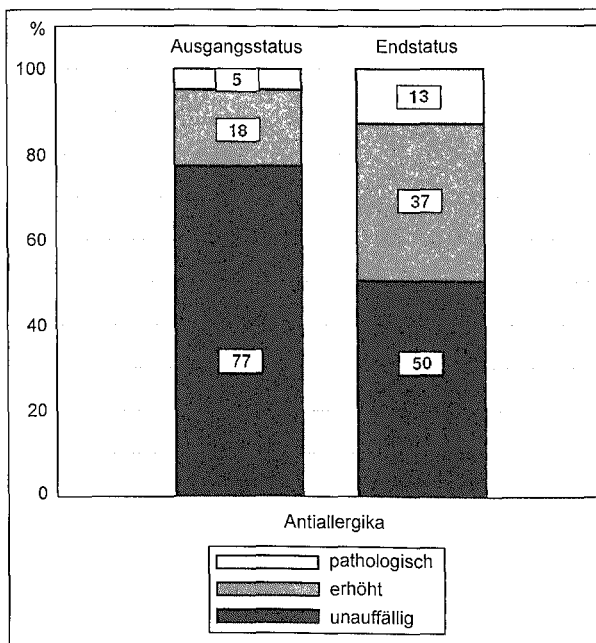


Bild 4: Einschlafneigung bei Antiallergika-Patienten. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach Dauerbelastung

- Anstieg des subjektiven Schläfrigkeitsgefühls,
- geringe Korrelation zum sedierenden Potenzial der Medikation,
- Bedeutung von Grunderkrankung und Persönlichkeit im Vordergrund.

D) Allergiker unter Antihistaminika (Bild 4):

- normale Tagesschläfrigkeit in Ruhe:
 - signifikante Verschlechterung nach Belastung,
 - unterschiede bei verschiedenen Substanzen auch der 2. Generation (Loratadin, Cetirizin, Fexofenadin u. a.).

E) Medizinisches Nachtdienst-Pflegepersonal (Bild 5):

- massiver Anstieg der objektiven Schläfrigkeit nach der Nachtschicht,
- korrelation zwischen objektiver und subjektiver Schläfrigkeit nach Schichtende,
- höhere Schläfrigkeit an Schichttag 1 und bei Männern,
- keine strenge Korrelation Müdigkeit – Leistungsvermögen, aber signifikante Reduktion der Reaktionszeit (hier nicht dargestellt),

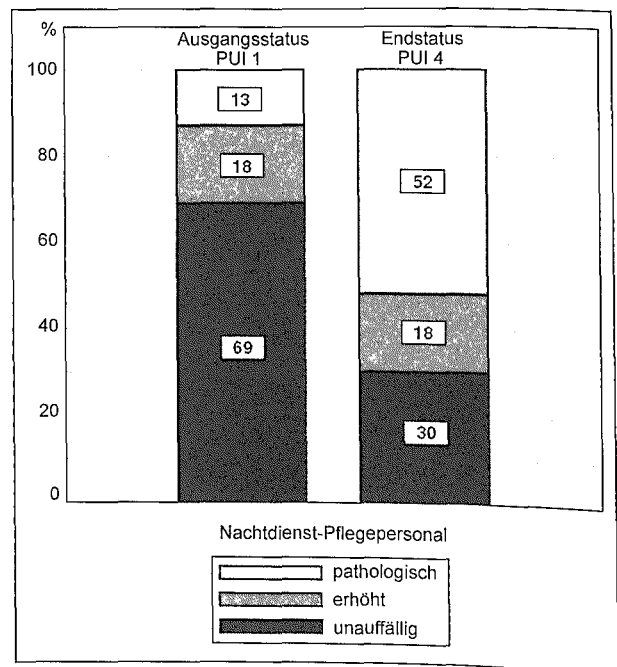


Bild 5: Einschlafneigung bei medizinischem Nachtdienst-Pflegepersonal. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach einer Nachtschicht und einer testbedingten Dauerbelastung

- monotone und reizarme Verkehrssituationen risikobehaftet,
- Risiko für Sekundenschlaf am Steuer stark erhöht.

F) Kontrollgruppen (Bild 6):

- Anteil von 40 % mit auffälligen Werten in Ruhe reflektiert das hohe Schläfrigkeitsniveau auch in der normalen Bevölkerung,
- Allerdings geringer Anteil mit pathologischen Werten, insbesondere nach Dauerbelastung keine pathologischen Schläfrigkeitswerte.

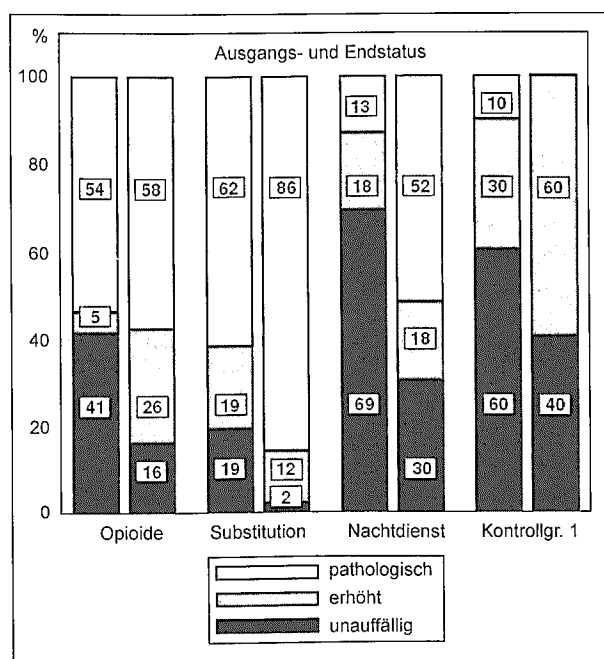


Bild 6: Einschlafneigung mit Quervergleich zwischen auffälligen Probandengruppen und Darstellung einer Kontrollgruppe. Unauffällige, erhöhte und pathologische Schläfrigkeitswerte in Prozent vor und nach Dauerbelastung

	Substitutions-Patienten	Opioid-Patienten	Nachtdienst-Personal ¹	Kontrollgruppen 1 und 2
PUI 1 Anfang	8,8	8,0	7,2	6,2/5,6
PUI 2 Ende	12,7*	9,9*	10,0*	7,3*/6,4*
SSS 1 Anfang	2,0	2,5	2,4	1,7/1,7
SSS 2 Ende	2,4*	2,9*	4,6*	2,0/1,9

* Anstieg signifikant, $p < 0,05$
¹ Testungen nach dem Nachtdienst

Tab. 1: Vergleich von Risikogruppen mit erhöhter Tagesschläfrigkeit: objektive (Pupillenunruhe-Index PUI in mm/min) und subjektive (SSS auf Verbalskala) Schläfrigkeit

Bei einer zusammenfassenden Würdigung (Bild 6, Tabelle 1) ergaben sich im Rahmen der Untersuchungen relativ normale Schläfrigkeitswerte bei ambulanten Psychopharmaka-Patienten und Anti-allergika-Patienten. Es handelte sich dabei allerdings um Durchschnittswerte und Abweichungen im Einzelfall traten auf. Teils exzessiv erhöhte durchschnittliche Werte wurden dagegen insbesondere bei substituierten Heroinabhängigen, opiatversorgten Schmerzpatienten und dem medizinischen Nachtdienstpersonal festgestellt. So wiesen 81 % der substituierten Heroinabhängigen und 59 % der Schmerzpatienten bereits in Ruhe und 70 % des Nachtdienstpersonals nach Belastung kritische Befunde auf. Bei allen Probanden nahm die Müdigkeit nach einer Belastung noch relevant zu. Von den substituierten Heroinabhängigen zeigten dann nur noch 2 % normale Vigilanzwerte. Es ergaben sich jeweils deutliche Unterschiede zur Kontrollgruppe.

Das gleichzeitig erfasste subjektive Schläfrigkeitsgefühl (Tabelle 1) korrespondierte nur teilweise zu den objektiven Befunden, was eine zusätzliche Gefährdung bei unkritischer Teilnahme am Straßenverkehr bedingen kann. Das höchste Maß an subjektiver Schläfrigkeit empfand das Nachtdienstpersonal. Keinen signifikanten Anstieg zeigte das subjektive Schläfrigkeitsgefühl nach der Dauerbelastung nur in den Kontrollgruppen. Insgesamt belegten die experimentellen Testungen, dass nicht unerhebliche Teilpopulationen in der Bevölkerung einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind, den gefährlichen Sekundenschlaf am Steuer erleiden zu können.

Anmerkung

Die vorliegende Arbeit beinhaltet auszugsweise Ergebnisse von medizinischen Dissertationen, die an den Instituten für Rechtsmedizin der Universität des Saarlandes und der Universität Mainz auf Initiative und unter Anleitung des Erstautors erstellt wurden.

Literatur

- [1] BINDER, R., WEEß, H. G., SCHÜRMAN, T., WILHELM, B., LÜDTKE, H., GRELLNER, W., STEINBERG, R. (2003): Anteil erhöhter Schläfrigkeitswerte bei Kraftfahrern und deren Ursachen: Ergebnisse zweier Feldstudien. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 152, S. 161-166

- [2] GRELLNER, W., KRUCHTEN, U., GEORG, T. (2005): Müdigkeit und Gefahr des Sekundenschlafs am Steuer nach einer Nachtdiensttätigkeit. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 171, S. 121-124
- [3] GRELLNER, W., RETTIG-STÜRMER, A., JUCKENHÖFEL, S., GEORG, T., MÖLLER, M. R., WILSKE, J. (2001): Verkehrsrelevantes Leistungsvermögen von Schmerzpatienten unter Dauertherapie mit Opioiden der WHO-Stufen II und III. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 133, S. 101-104
- [4] GRELLNER, W., RETTIG-STÜRMER, A., KÜHN-BECKER, H., GEORG, T., WILSKE, J. (2001): Pupillographischer Schläfrigkeitstest (PST) zur Evaluierung der Tagesschläfrigkeit bei chronischer Opioidtherapie. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 133, S. 105-109
- [5] GRELLNER, W., RETTIG-STÜRMER, A., KÜHN-BECKER, H., WILSKE, J. (2002): Daytime sleepiness and traffic-relevant psychophysical capability of patients with chronic pain under long-term therapy with opioids. In: MAYHEW, D., DUSSAULT, C. (eds.): Proceedings of the 16th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety (ICADTS) (elektronisch auf CD)
- [6] GRELLNER, W., ZIMMER, A. K., GEORG, T., KÜHN-BECKER, H. (2004): Experimental investigations on the driving ability of ambulant patients with mental disorders and under the treatment with psychoactive drugs. In: OLIVER, J., WILLIAMS, P., CLAYTON, A. (eds.): Proceedings of the 17th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety (ICADTS) (elektronisch auf CD)
- [7] GRELLNER, W., ZIMMER, A. K., KÜHN-BECKER, H., GEORG, T., WILSKE, J. (2003): Verkehrsmedizinische Untersuchungen bei Patienten unter ambulanter Psychopharmakotherapie. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 152, S. 129-133
- [8] HODDES, E., DEMENT, W., ZARCONE, V. (1972): The development and use of the Stanford Sleepiness Scale (SSS). *Psychophysiology* 9: 150
- [9] LOWENSTEIN, O., FEINBERG, R., LOEWENFELD, I. E. (1963): Pupillary movements during acute and chronic fatigue. *Invest Ophthalmol* 2: 138-157
- [10] LÜDTKE, H., WILHELM, B., ADLER, M., SCHAEFFEL, F., WILHELM, H. (1998): Mathematical procedures in data recording and processing of pupillary fatigue waves. *Vision Research* 38: 2889-2896
- [11] MAHOWALD, M. W.: chr 146: 387-389
- [12] WILHELM, H., LÜDTKE, H., WILHELM, B. (1998): Pupillographic sleepiness testing in hypersomniacs and normals. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 236: 725-729

Kontakt

Priv.-Doz. Dr. med. Wolfgang Grellner
 Stellv. Direktor der Abteilung Rechtsmedizin
 Universitätsmedizin Göttingen
 Robert-Koch-Straße 40
 37075 Göttingen
 E-Mail: grellner@med.uni-goettingen.de
 Tel.: 0551/394983
 Fax: 0551/394986