

Aus welchen Prozessen besteht das Einschlafen am Steuer ?

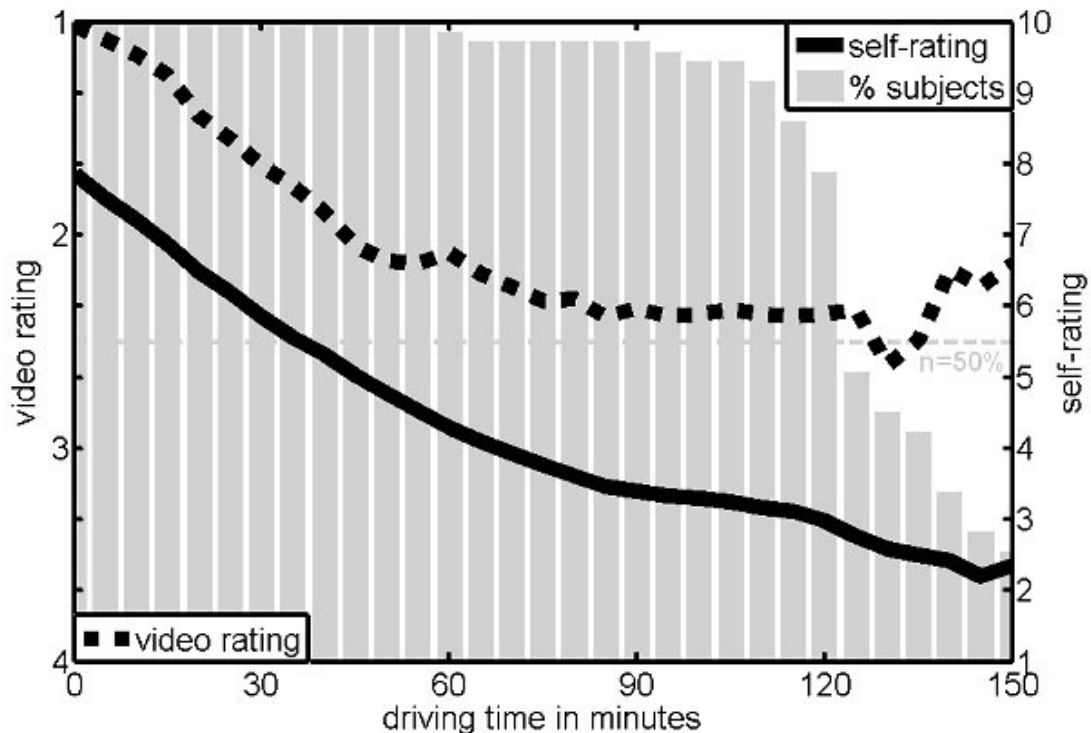
Implikationen für den Einschlafwarner aus 138 Simulatorfahrten

von Niels Galley & Robert Schleicher (Universität Köln)
nielsgalley@t-online.de, robert.schleicher@uni-koeln.de

Der Vortrag auf dem AMCoNet-Workshop am 19.4.07 „Fahrermüdigkeit im Personentransport“ in dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln-Wahn ist in Auszügen nachzulesen in einem Paper „Looking tired? Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warners“ von R.Schleicher, N. Galley, S.Briest, L.Galley, das zur Zeit unter Begutachtung in ERGONOMICS ist. (Wenn Sie die jetzige Manuskriptversion haben möchten, tragen Sie bitte Ihren Namen und Ihre Email-Adresse in die Liste ein, damit ich Sie informieren kann, wenn das Paper veröffentlicht wird)

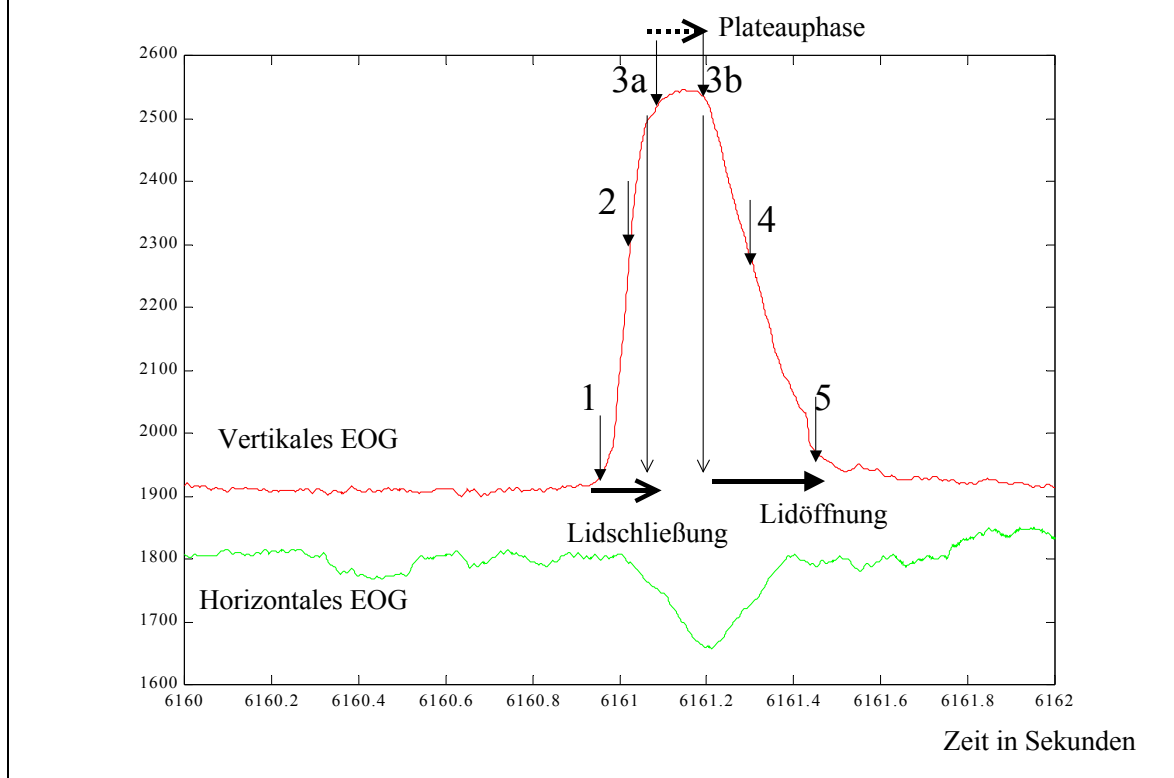
In zwei verschiedenen Labors wurden eher monotone Fahrersimulatorfahrten an etwas mehr als 138 Fahrern im Durchschnitt über annähernd 2 Stunden durchgeführt, wobei hier vorwiegend über die okulomotorischen Parameter der Lidschläge und Sakkaden zu berichten ist, die mit dem Elektrookulogramm (EOG) aufgezeichnet wurden.

Die Fahrer sind in dieser Zeit zum aller grössten Teil sehr deutlich ermüdet:



Die Ermüdung wurde als subjektiver Wert einer 10 Punkteskala (ganz ähnlich der Karolinska sleepiness scale) spätestens alle 30 Minuten erfragt und für die Zwischenzeit interpoliert. Aus dem EOG wurden alle Lidschläge und Sakkaden identifiziert und gespeichert (1 ms Zeitauflösung) und folgendermaßen parametrisiert:

Lidschlagartefakt bei ermüdetem Proband; 102 Minuten im Fahrsimulator



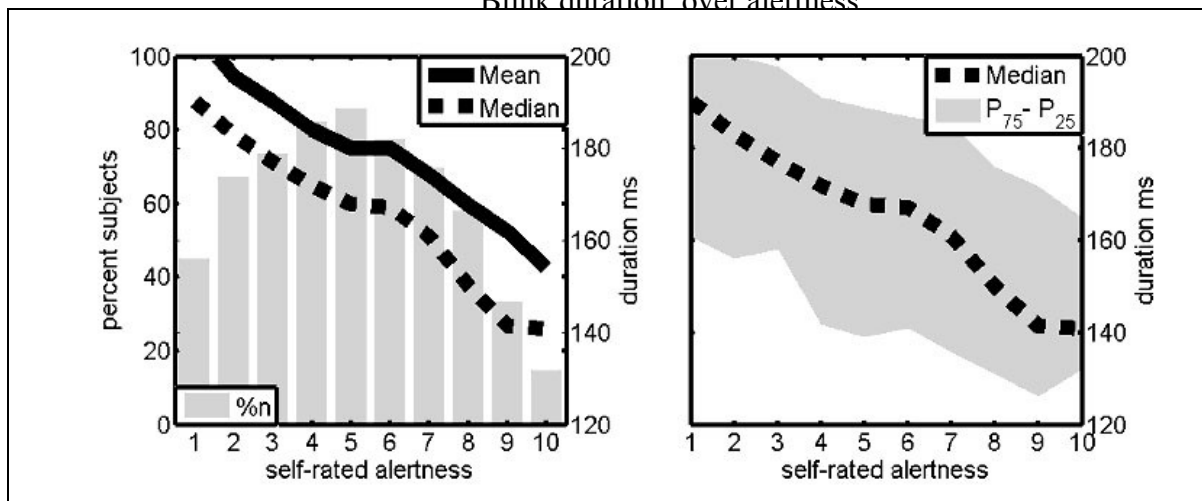
Der Lidschlag wurde als Lidschließung (lid closure) in Abb. von 1 nach 3a, Lidöffnung (Reopening) von 3b nach 5, sowie Plateauphase (Delay of Reopening) unterschieden, die zugehörigen Geschwindigkeiten, Dauern und Amplituden wurden erfasst, sowie alle Intervalle zwischen zwei Lidschlägen.

Für die Sakkaden heißen die Parameter Sakkadendauer, -geschwindigkeit, amplitud und Fixationsdauer als Name für das Intervall zwischen zwei Sakkaden. Dauern und Geschwindigkeiten wurden zusätzlich als standardisierte (d.h. amplitudenbereinigte) Werte berechnet.

Alle Parameter wurden in 5 Minutenfenstern als Median, Mittelwert und Standardabweichung verarbeitet und z.B. mit den interpolierten Wachheitswerten korreliert.

Hieraus ergibt sich eine Rangreihe der *besten* Indikatoren, wobei die Lidschlagdauer (bei uns als Zeit zwischen 1 und 4 definiert) als klarer Sieger hervorgeht in voller Übereinstimmung mit der Literatur.

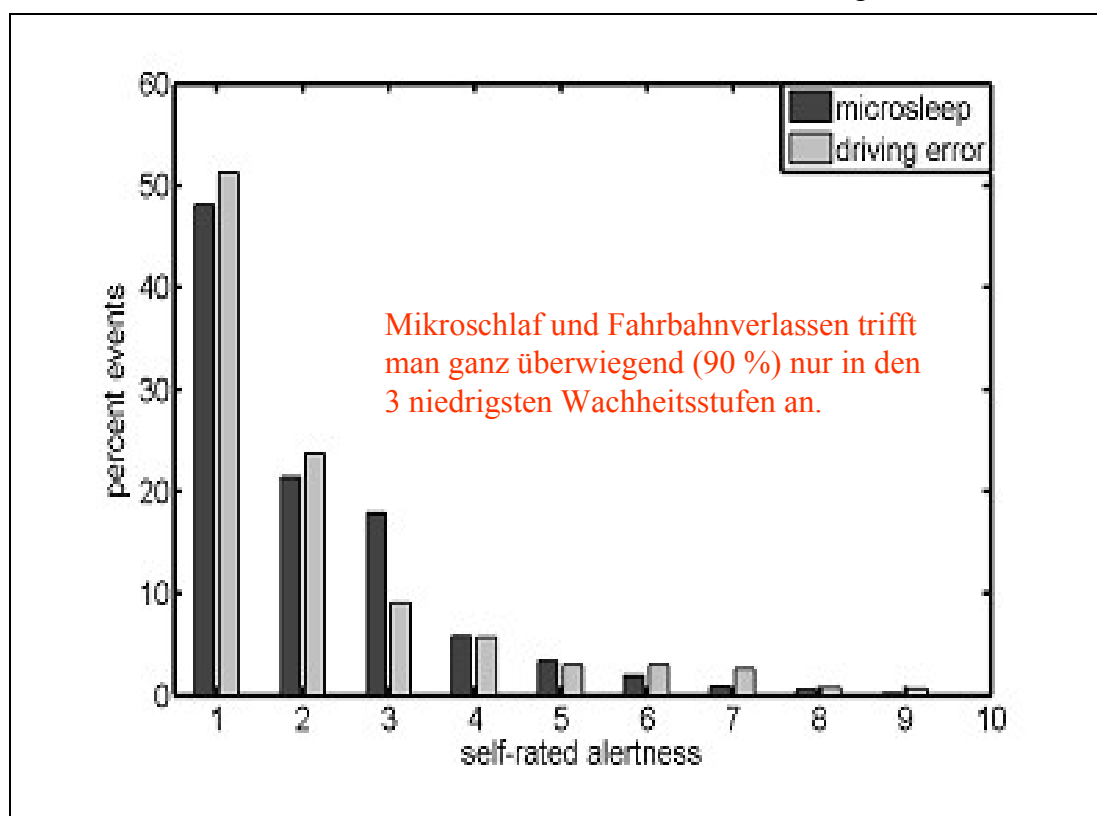
Blink duration over alertness



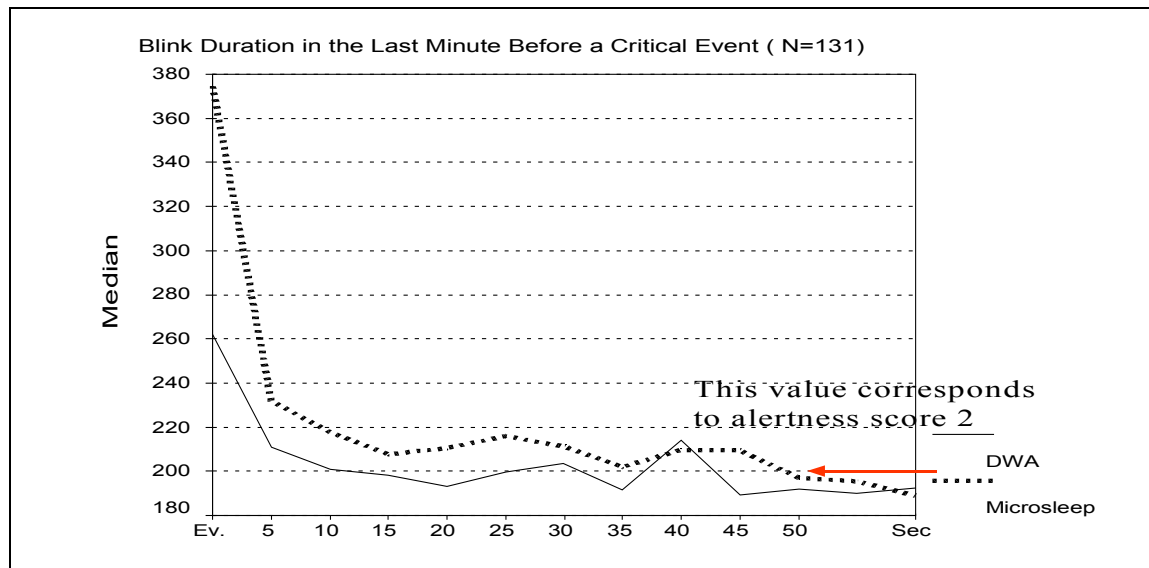
Neu ist, dass anschließend die Verzögerung der Lidöffnung rangiert noch vor dem Lidschlagintervall:

Oculomotoric variable (<i>statistical parameter</i>) sd: standard deviation stand: standardised max: maximum	Mean individual correlation with subjective alertness in 5min-time-windows		Mean individual correlation with video-rated alertness in 5min-time-windows		Global Correlation with subjective alertness steps	
	rho	Rank	rho	Rank	rho	Rank
Blink duration (mean)	-.582**	1	.684**	1	-.331**	5
Standardised blink duration (mean)	-.557**	2	.564**	3	-.341**	4
Blink duration (sd)	-.519**	3	.610**	2	-.390**	2
Standardised blink duration (median)	-.506**	4	.525**	5	-.302**	6
Blink duration (median)	-.504*	5	.540**	4	-.291**	7
Standardised blink duration (sd)	-.480*	6	.481*	9	-.418**	1
Delay of lid reopening (mean)	-.478*	7	.522**	6	-.275**	8
Blink interval (median)	.453*	8	-.408*	12	.148**	27
Standardised lid closure speed (mn)	.449*	9	-.494*	7	.275**	9
Delay of lid reopening (sd)	-.429*	10	.486*	8	-.352**	3
Standardised lid closure speed (median)	.426*	11	-.464*	10	.272**	10
Saccadic duration (sd)	-.383	12	.440*	11	-.263**	11
Blink interval (mean)	.379	13	-.303	23	.061	57
Delay of lid reopening (median)	-.350	14	.390	14	-.208**	14
Saccadic duration (mean)	-.347	15	.336	17	-.126**	38
Lid closure speed (median)	.335	16	-.393	13	.199**	15
Lid closure speed (mean)	.330	17	-.383	15	.186**	20
Standardised saccadic duration (mean)	.313	18	-.360	16	.092**	50
Standardised saccadic duration (median)	-.272	19	.312	21	-.082*	55
Standardised lid reopening duration (mean)	-.268	20	.315	19	-.198**	16
Saccadic amplitude (sd)	-.268	21	.226	34	-.144**	30
Stand. lid reopening duration (median)	-.260	22	.326	18	-.218**	12
Standardised saccadic duration (mean)	-.257	23	.314	20	-.123**	38
Standardised lid closure speed (sd)	-.240	24	.212	38	-.181**	21
Standardised max. lid closure speed (mean)	.237	25	-.291	25	.160**	25

Mikroschlaf und Fahrbahnverlassen trifft man ganz überwiegend (90 %) in den 3 niedrigsten Wachheitsstufen an, was diese als *verlässliche* Kriterien für Ermüdung charakterisiert.



Ein Mikroschlaf tritt zwar nur bei starker Ermüdung ein, kündigt sich aber mitnichten vorher an:



Die Schlussfolgerungen sind:

Der Fahrer charakterisiert in aller Regel seinen Ermüdungszustand sehr verlässlich. Mikroschlafereignisse und Fahrbahnverlassen tritt so spät im Ermüdungsprozess auf und kündigt sich überhaupt nicht an, dass sie ungeeignet für einen Warner sind. Okulomotorische Parameter zeigen kontinuierlich - wenn auch mit sehr großen interindividuellen Unterschieden - den zunehmenden Ermüdungsprozess an und sind damit für eine Frühwarnung besonders geeignet. Die relative Unabhängigkeit von a) Lidschlagintervallen und b) den dynamischen Parametern wie Dauern und Geschwindigkeiten und c) der hohen Korrelationen der Standardabweichungen der meisten Parameter mit der Wachheit, bietet sich eine Interpretation an, die einen Aufmerksamkeitsnachlassen (a) von einer Deaktivierung (b) und einem beginnenden Kampf gegen das Einschlafen (c) unterscheiden lässt.

Der Einschlafwarner sollte sich deshalb keineswegs auf den Mikroschlaf konzentrieren, da dieser zu spät eintritt, zu selten auftritt und nicht vorhersagbar ist. Vielmehr sollten mehrere Parameter aus Lidschlag und Sakkaden bei hoher Zeitauflösung den kontinuierlichen Prozess der absinkenden Wachheit erfassen und eine leichte Ermüdung als Vor-Warnung (Gelbsignal entsprechend den Alertnessstufen 4-6) vor die schwerwiegende (Rotsignal entsprechend den Alertnessstufen 1-3) ausgeben. Dabei sind absolute Werte wegen der geradezu riesigen interindividuellen Unterschieden ungeeignet, vielmehr müssen die Veränderungen individualisiert werden, was eine Lernphase der Software impliziert, die durch individuelle Wachheitsangaben des Fahrers erheblich erleichtert wird.