

# Blickbewegungsmaße als Indikatoren der Fahrerbeanspruchung



Walter Piechulla  
(IZVW)



1. Einleitung: Warum Eyetracking in der Verkehrspsychologie?
2. Geräte
3. Maße
4. Forschungsfragen (und vorläufige Antworten)

# 1. Einleitung

---

**Die Frage nach dem *warum*  
und einige theoretische Überlegungen**

# Warum Eyetracking?

---



Bis zu 90% der Information werden beim Autofahren visuell aufgenommen (Hills, 1980)

Unfallanalyse von Groeger et al. (1990, nach Verwey et al., 1993): „*Not looking in the appropriate direction*“ ist die dominierende Gefahrenquelle beim Autofahren

„Das visuelle System stellt die mit Abstand wichtigste Informationsquelle beim Führen eines Fahrzeuges dar“ (Galley & Churan, 2005)

Kurz und prägnant: „Driving is seeing“ (Wierda & Aasman, 1992)

# Eyetracking – Annahmen

---



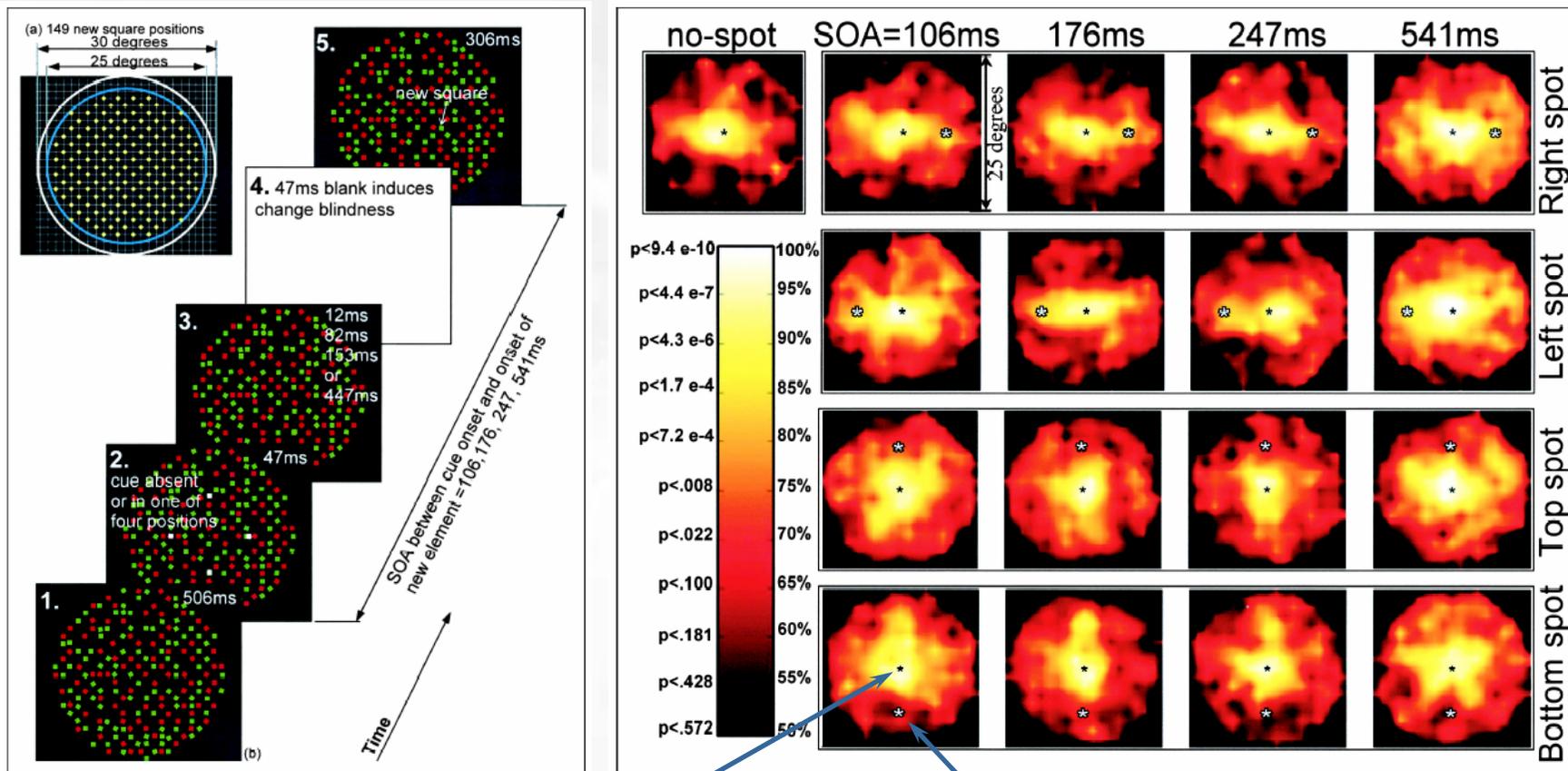
Fast allen Eyetracking-Studien liegen die Annahmen von Just & Carpenter (1980) zugrunde:

*Eye-mind assumption:* Die visuelle Achse verläuft durch das Objekt der unmittelbar erfahrenen visuellen Umwelt, das momentan Gegenstand der zentralen Verarbeitung ist

*Immediacy assumption:* Die Fixationsdauer entspricht der Dauer der zentralen Verarbeitung

# Stimmen die Annahmen?

Laborexperiment von Tse, Sheinberg & Logothetis (2003): Hohe Detektionsleistung für Änderungen kreisförmig um den Fixationspunkt sprechen für die Eye-mind assumption

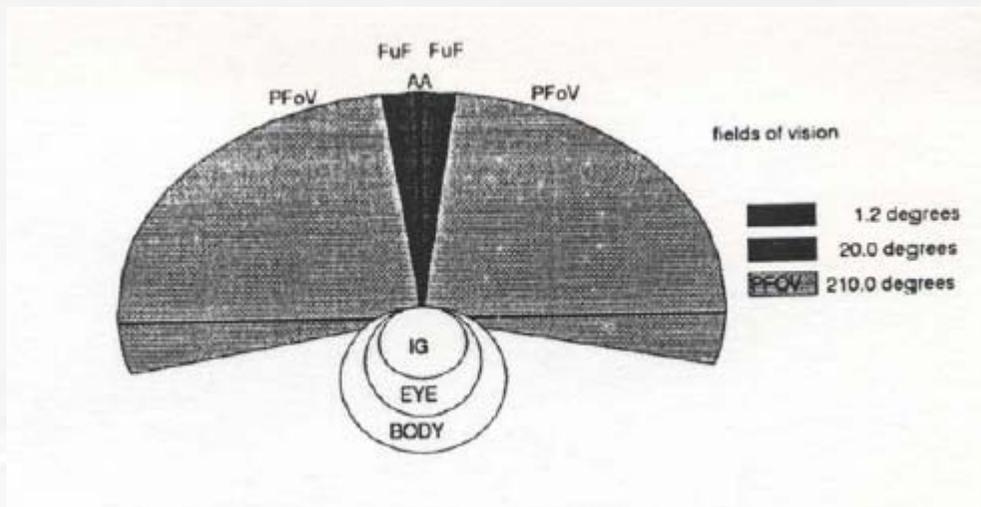


Fixationspunkt

Cue

# Ist Blicken gleich Sehen?

Gängige Modellvorstellung: In der Regel ist die visuelle Aufmerksamkeit in der Nähe der Blickachse und verhält sich wie ein zoombarer Suchscheinwerfer (Spotlight-Metapher, Zoomlens-Metapher). Zeichnung von Wierda & Aasman (1992):



Kurz: Wir sehen das was wir anschauen → Blickachsenmessung macht Sinn!

IG = *Internal Gating* (die Änderung des zoombaren Suchscheinwerfers ohne Augenbewegung)

AA = *Attentional Area* (zoombarer Suchscheinwerfer der Aufmerksamkeit)

FuF = *Functional Field of View*

PFOV = *Peripheral Field of View*

# Kurze Geschichte des Eyetracking



1962

1901: Dodge & Cline zeichnen das von der Cornea reflektierte Licht auf fallende Fotoplatten auf

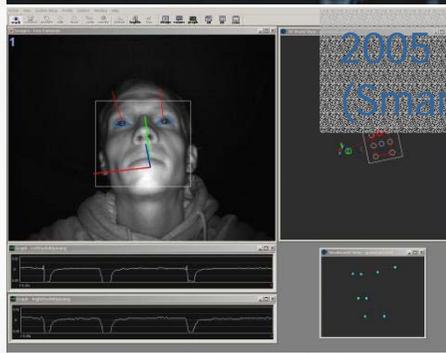
1947: Fitts, Jones & Milton zeichnen mit Filmkameras und Spiegeln das Blickverhalten von Piloten auf



2005

(Seeing Machines)

Danach: 50 Jahre lang gilt Eyetracking als vielversprechende neue Methode, Anwendung bleibt umständlich, Fortschritt langsam; Grund: kostspielige Systeme für einen Nischenmarkt (siehe Jacob & Karn, 2003)



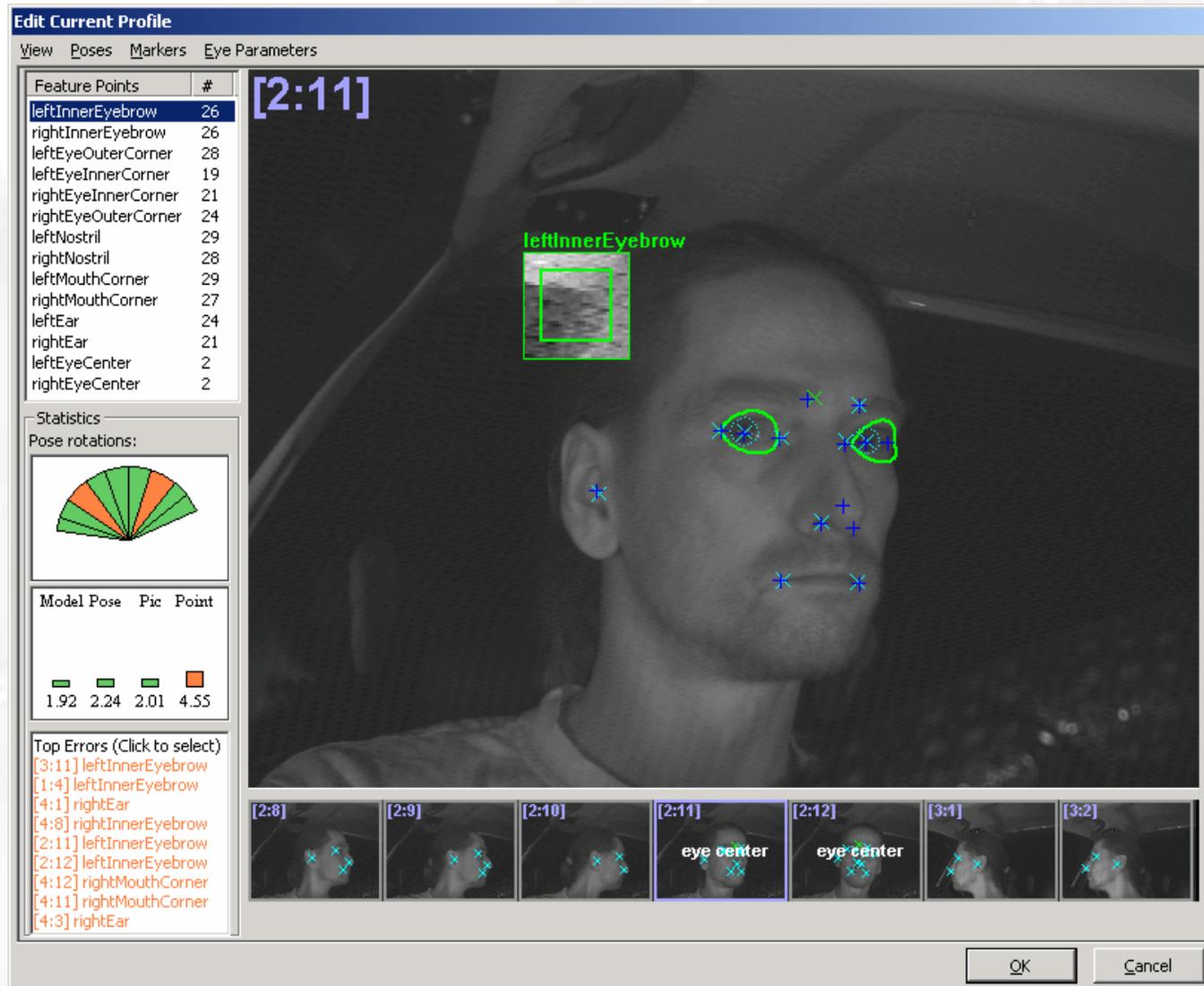
2005

(Smart Eye)

Heute: Remote-Tracking-Systeme z.B. von Seeing Machines und Smart Eye erreichen brauchbare Genauigkeit und Robustheit

**Eyetracking-Praxis heute, demonstriert am  
Beispiel einer Fahrsimulator-Installation des  
Systems Smart Eye**

# Persönliches Profil



Smart Eye System

Detektiert Kopf- und Blickrichtung mittels eines individuellen Kopfmodells („Profile“)

Zeitaufwand zum Erstellen eines Modells: ca. 20 Minuten

# Kameras



Brennweiten:

6 mm

8 mm

8 mm

12 mm

Smart Eye System

4 Kameras

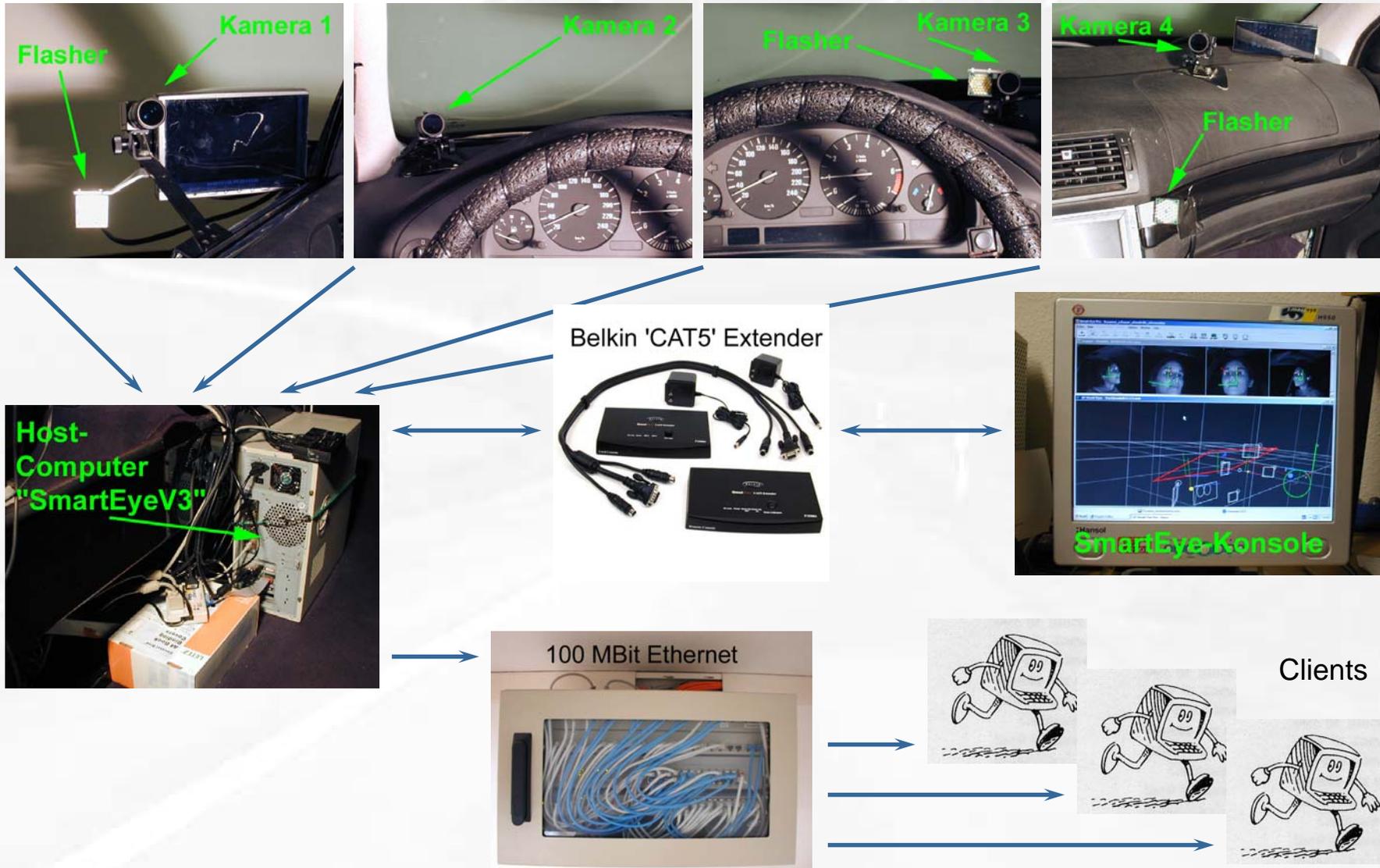
60 Hz

Software Version  
3.0

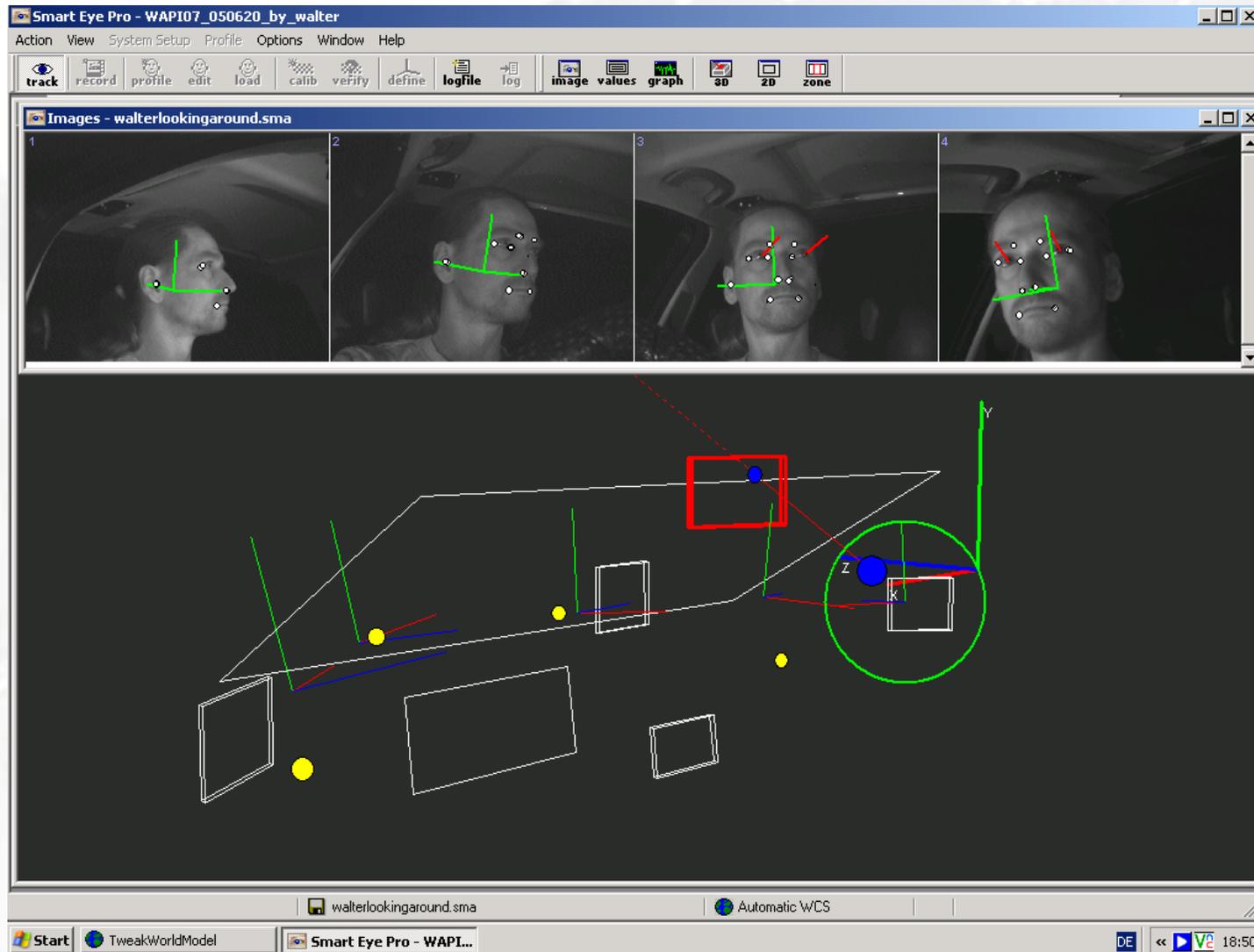
Exponator-Box  
(Anschluß der  
Kameras und  
Flasher an den  
Host-Computer)

Flasher (aktive  
Beleuchtung)

# Eyetracker-Überblick



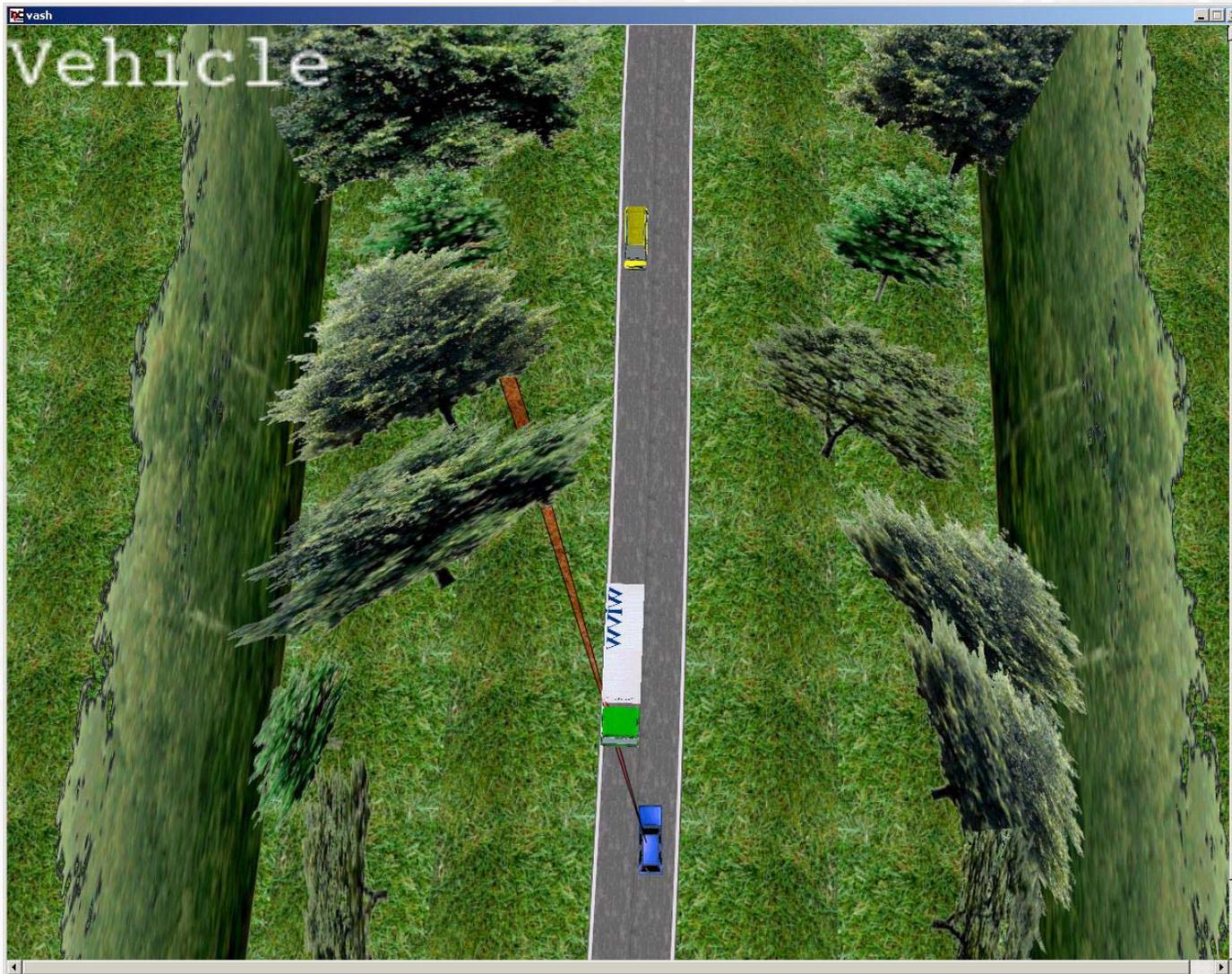
# Statische Objekte detektieren



Heute Standard:  
Abgleich der  
Blickrichtung mit  
einem statischen  
„Weltmodell“  
(Windschutz-  
scheibe, Spiegel,  
Displays,  
Armaturenbrett)

Beispiel: Vp blickt  
in den inneren  
Rückspiegel

# Szenerieobjekte detektieren



Nicht ohne weiteres möglich: Abgleich der Blickrichtung mit Objekten der virtuellen Szenerie

Im Simulator-System SILAB (Würzburg) gelöst mit virtuellen Sensoren

Beispiel: Sensor-Visualisierung aus der Vogelperspektive: Vp sieht entgegenkommenden Lastwagen an

# Würzburger Fahr Simulator



Bewegungssystem mit 6 Freiheitsgraden

Max. Nutzlast: 4t

180° horizontales Sichtfeld

Innenspiegel + 2 Außenspiegel als LCD-Displays

8 Soundkanäle

Lenkkraftsimulation

Und natürlich: Eyetracking

# Simulator-Szenen, Impressionen



# Zur Frage der Tracking-Genauigkeit



Blick-Cursor (besser sichtbar in den Videos)

Blicken „auf Kommando“ fällt schwer. Eine Alternative ist die Beobachtung natürlicher Blickaufgaben wie Schilder beachten (Videos):

[Wildwechsel](#)

[Geschwindigkeitsbeschränkung](#)

[Überholverbot](#)

[Schleudergefahr](#)

[Schleudergefahr \(versteckt\)](#)

**Wie kann man aus dem Blickverhalten die (visuelle) Beanspruchung des Fahrers erschließen?**

Autofahren ist **Multitasking**

Blickzeit wird aufgeteilt zwischen der Beobachtung des Verkehrsgeschehens und Nebenaufgaben

Natürliche „eingebettete“ Nebenaufgaben sind Kontrolle von Tacho und Rückspiegeln

Andere blickaufwendige Geräte (Bordcomputer, Navi, etc.) werden unter dem Begriff **IVIS** (*in-vehicle information systems*) zusammengefasst

Beim Sekundäraufgabenparadigma werden IVIS simuliert → **S-IVIS**-Paradigma (*surrogate in-vehicle information systems*)

Bereits gezeigt: Je schwieriger die Verkehrssituation, desto mehr Blickzeit widmet der Fahrer dem Verkehrsgeschehen – siehe *Transportation Research Part F*, 8 (2005), Heft 2

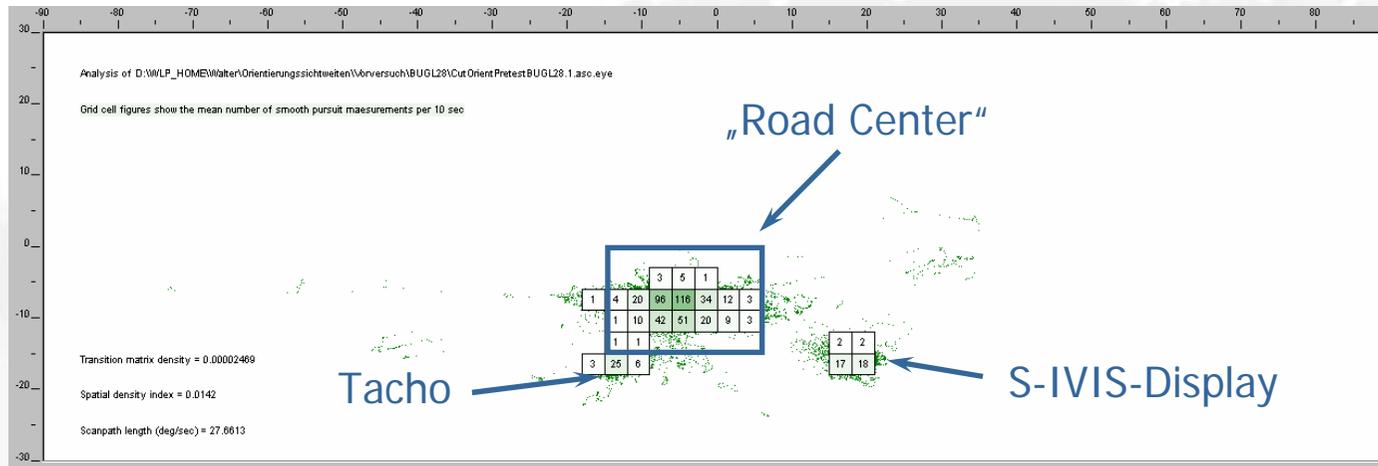
Empirische Daten sind fehlerbehaftet: die perfekte Messung existiert nicht!

→ **Robuste Maße** sind gefragt

Das sind z.B.:

- PRC *percent road center* (Victor, Harbluk & Engström, 2005) misst direkt den Blickaufwand im Hauptaufmerksamkeitsbereich (Nicht-Verkehrsblind-Zeit)
- SDG *standard deviation of gaze* (Engström, Johannsson & Östlund, 2005) misst indirekt den Blickaufwand, der für Nebenaufgaben verwendet wird

# Maße PRC und SDG



**PRC:** 1. Modalwert für X- und Y-Koordinate suchen  
2. Darauf Fenster der Breite 15° und Höhe 10° als *road center* definieren

**SDG:** Standardabweichung von  $ga_{comb}$  (*pitch* = Elevation, *yaw* = Azimuth, *ga* = Blickwinkel)

$$ga_{comb} = \sqrt{ga_{pitch}^2 + ga_{yaw}^2}$$

PRC = *percent road center*, SDG = *standard deviation of gaze*

# S-IVIS (künstliche Nebenaufgabe)



Ein Pseudo-Gerät (*surrogate in-vehicle information system*) bei uns mit einem Lauftext, ähnlich dem Abspann eines Kinofilms

Fahrer sucht nach einem Städtenamen-Paar



Frage: wie viel Verkehrsblindzeit gönnt sich der Fahrer? → zeigt „Leichtigkeit“ der Fahraufgabe an

Parametrisierung: PRC (steigt in schwierigen Situationen), SDG (sinkt in schwierigen Situationen)

## 4. Forschungsfragen

---

Orientierungssichtweite – wie weit muss der Fahrer vorausschauen können, um sicher und komfortabel zu fahren?

# Orientierungssichtweite

---



Sichtweiten im Straßenverkehr wurden bisher fast ausschließlich vom fahrdynamischen Standpunkt aus untersucht

Beispiel Haltesichtweite = Reaktionsweg (Setzung: 2 s) + Bremsweg (fahrdynamisch bestimmt) = wie weit muss man *mindestens* sehen können

Aber: Fahrzeuge und Reifen werden besser → Bremswege werden kürzer  
→ Haltesichtweite wird nach unten korrigiert

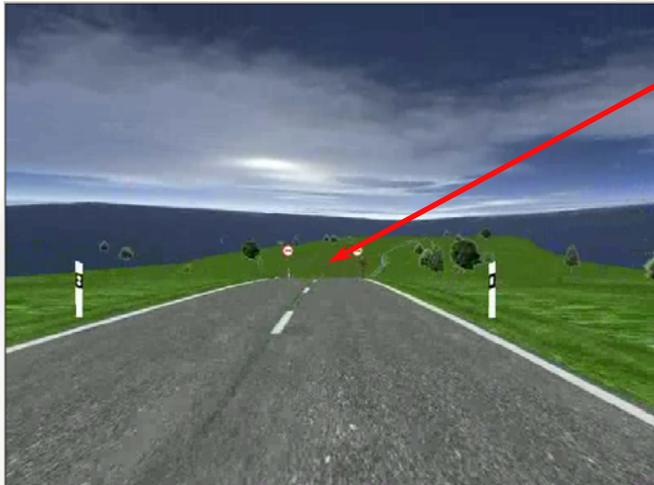
→ Bedürfnis nach einer **psychologisch** definierten **Orientierungssichtweite**: Ab wann wird eingeschränkte Sicht verhaltensrelevant, wie weit sollte man also die Straße einsehen können?

Arbeitsdefinition: „Die Orientierungssichtweite wird definiert als der vorausliegende, einsehbare Streckenabschnitt, den der Fahrer eines frei fahrenden Fahrzeuges benötigt, um die im Straßenraum dargebotenen fahrrelevanten Informationen wahrzunehmen, zu erfassen und sein Fahrverhalten darauf auszurichten, ohne dass dafür abrupte Reaktionen erforderlich werden.“

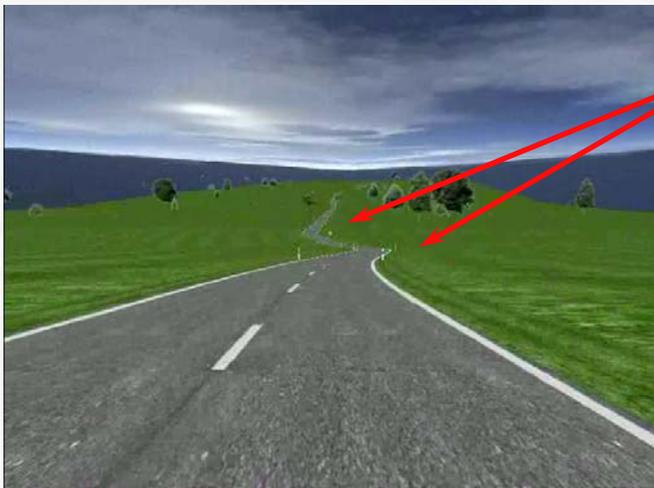
→ Untersuchung des Blickverhaltens (**Informationsaufnahme**) des Fahrers im Feld und in Simulation

→ Untersuchung der (fahrdynamischen) **Reaktionen** des Gesamtsystems Fahrer+Fahrzeug (soll aber heute ausgespart werden)

→ Unabhängige Variable: vorhandene Sichtweite



*„Tauchen“*



*„Flattern“*

Schritt 1: Suche einer realen Strecke im Feld (ca. 65 km lang), die sowohl gute, als auch problematische (siehe Bilder) Sichtverhältnisse enthält

Schritt 2: Nachbau dieser Strecke in der Simulation: Lageplan, Höhenplan, Bepflanzung (im Rahmen des Möglichen)

# Orientierungssichtweite



Schritt 3: Bestimmung der vorhandenen Sichtweite

Rechteck (180 cm breit, 100 cm hoch) wird mit Tasten im Lenkradkranz (+/-) an den Punkt geschoben, an dem es gerade noch sichtbar ist

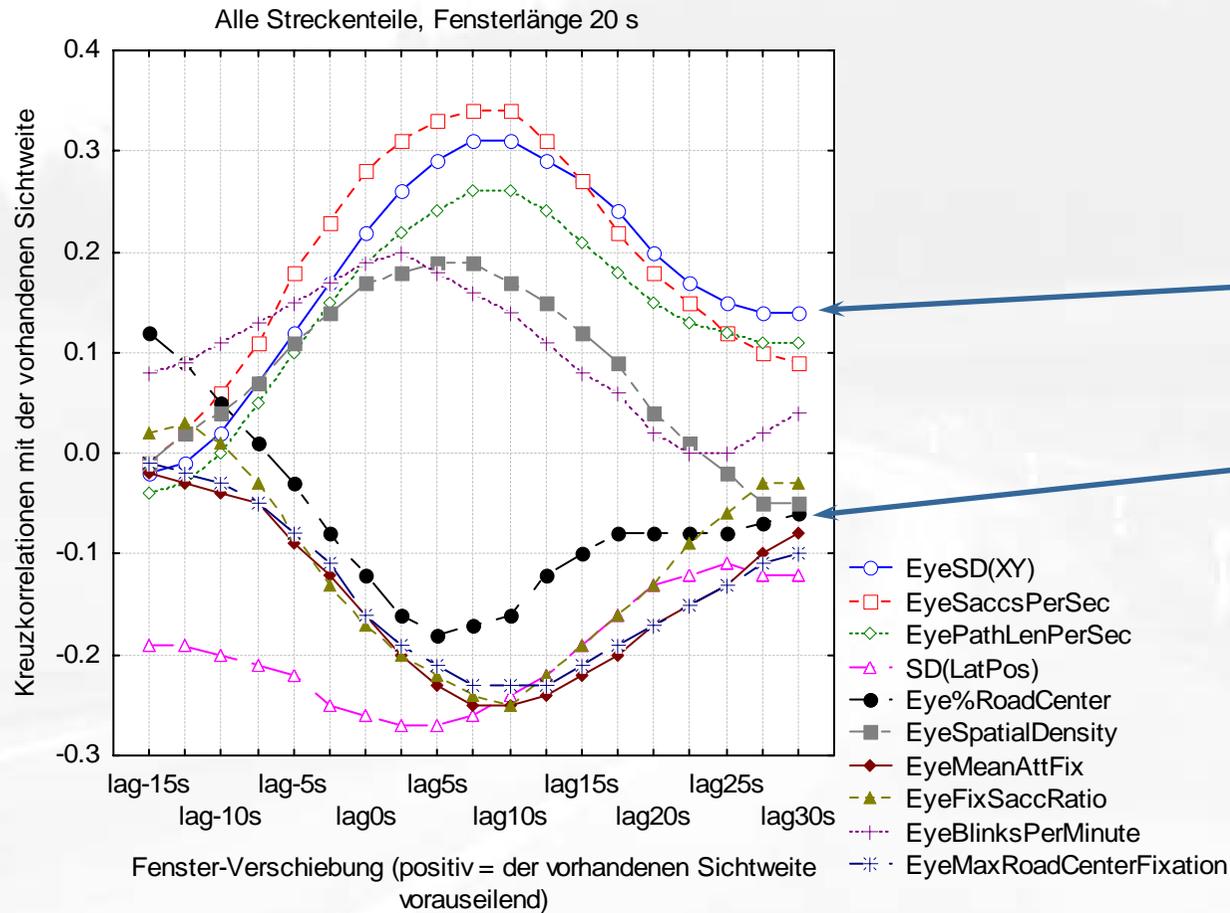
Schritt 4 (aktuell): Vorversuche, explorative Datenanalyse

Blickmaße im S-IVIS-Paradigma sind sensitiv für die Schwierigkeit der Verkehrssituation (Victor et al., 2005) – sind sie auch sensitiv für die Auswirkungen von Sichtweiteneinschränkungen?

Erschwernis: Sichtweiten variieren auf realen Strecken sehr schnell → Zu kleine Beobachtungssegmente für die Berechnung von Blickverhaltensmaßen

Mögliche Lösung: Blickverhaltensmaße auf einem gleitenden zeitlichen Fenster berechnen (Vorbilder: De Waard, 1996; Nickel & Nachreiner, 2003)

# Orientierungssichtweite

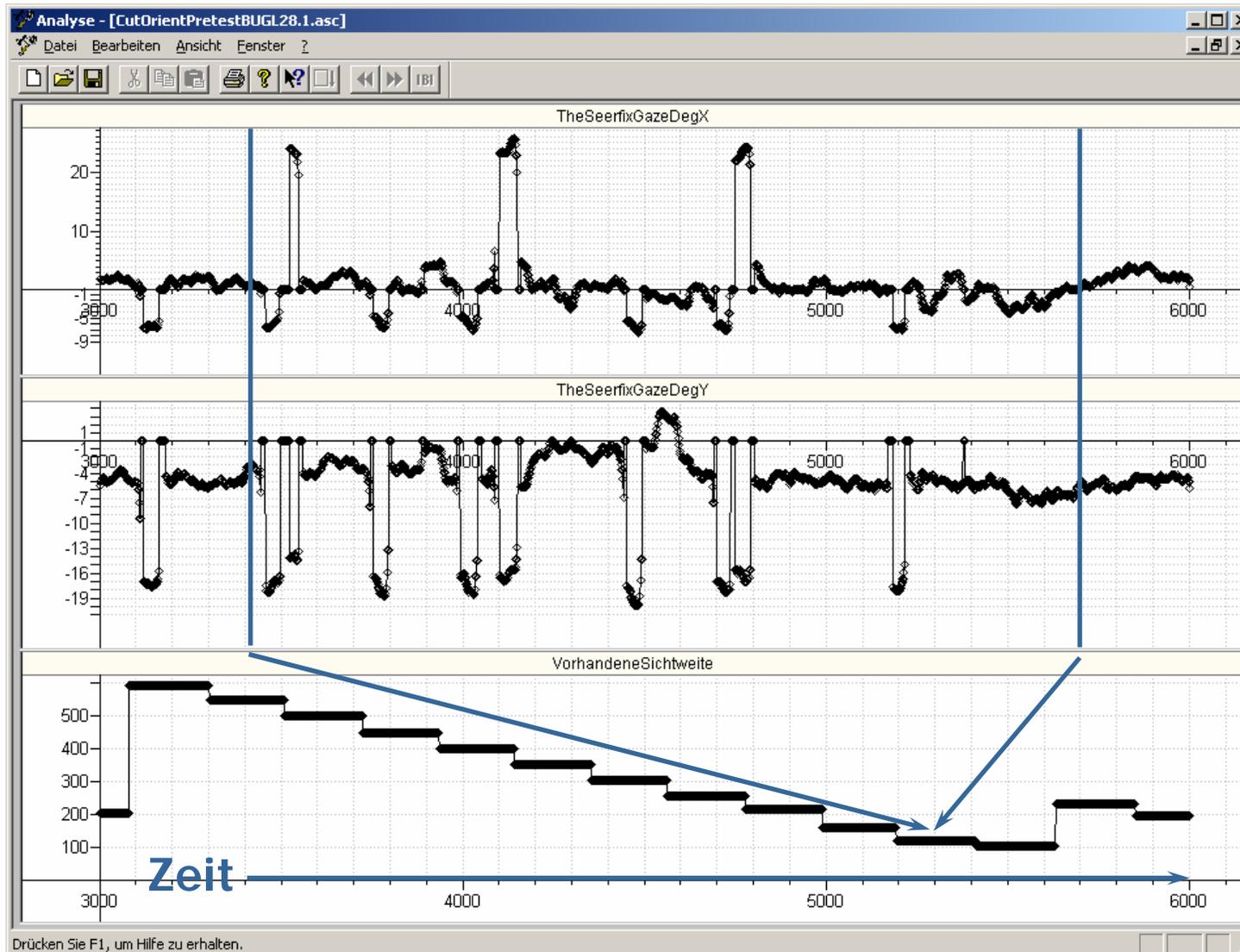


Daten eines Fahrers aus Fahrt auf simulierter Strecke

Standard deviation of gaze (SDG)

Percent road center (PRC)

# Orientierungssichtweite

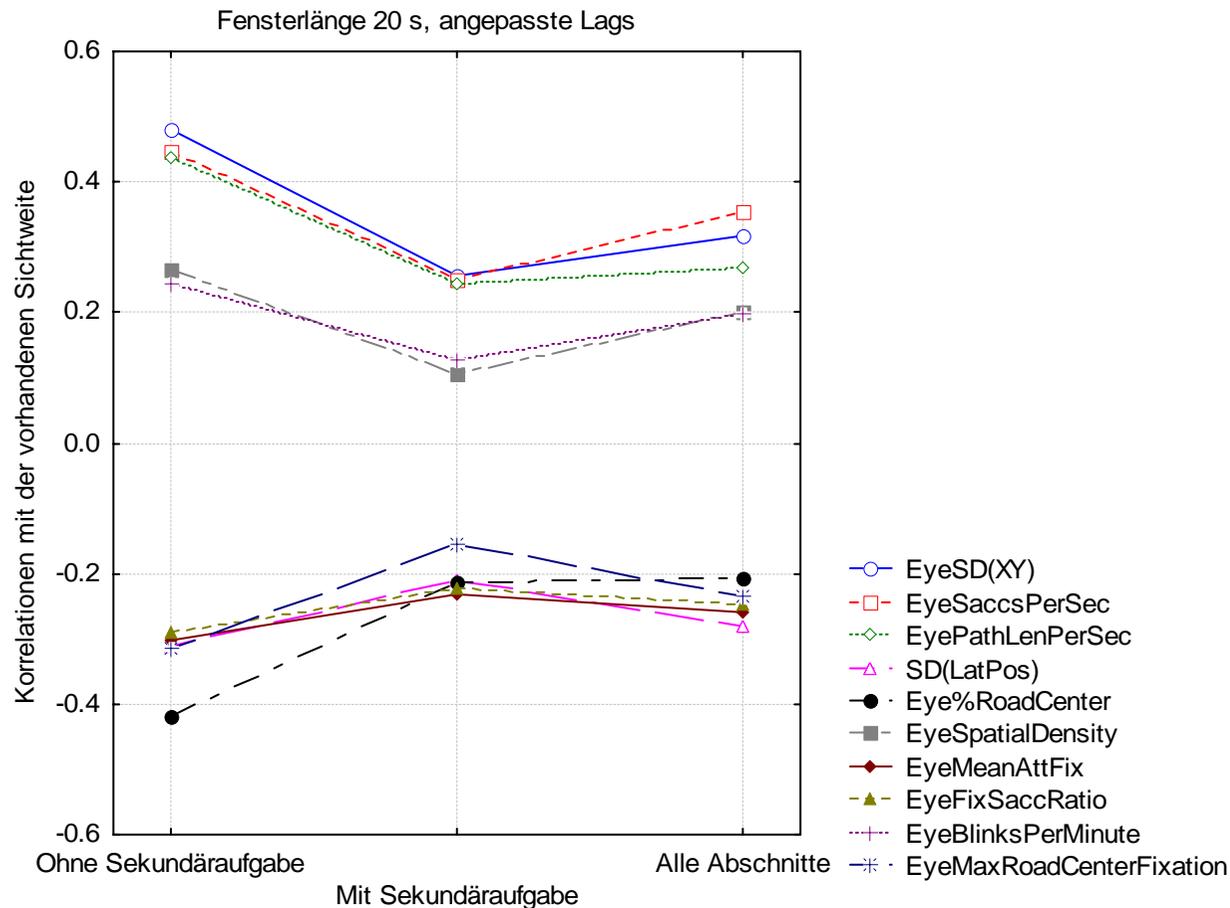


Idee: Maße werden auf einem asymmetrischen 20-Sekunden-Zeitfenster berechnet

Der aktuellen Sichtweite vorausliegende Fensteranteile erfassen antizipatorisches Fahrerverhalten

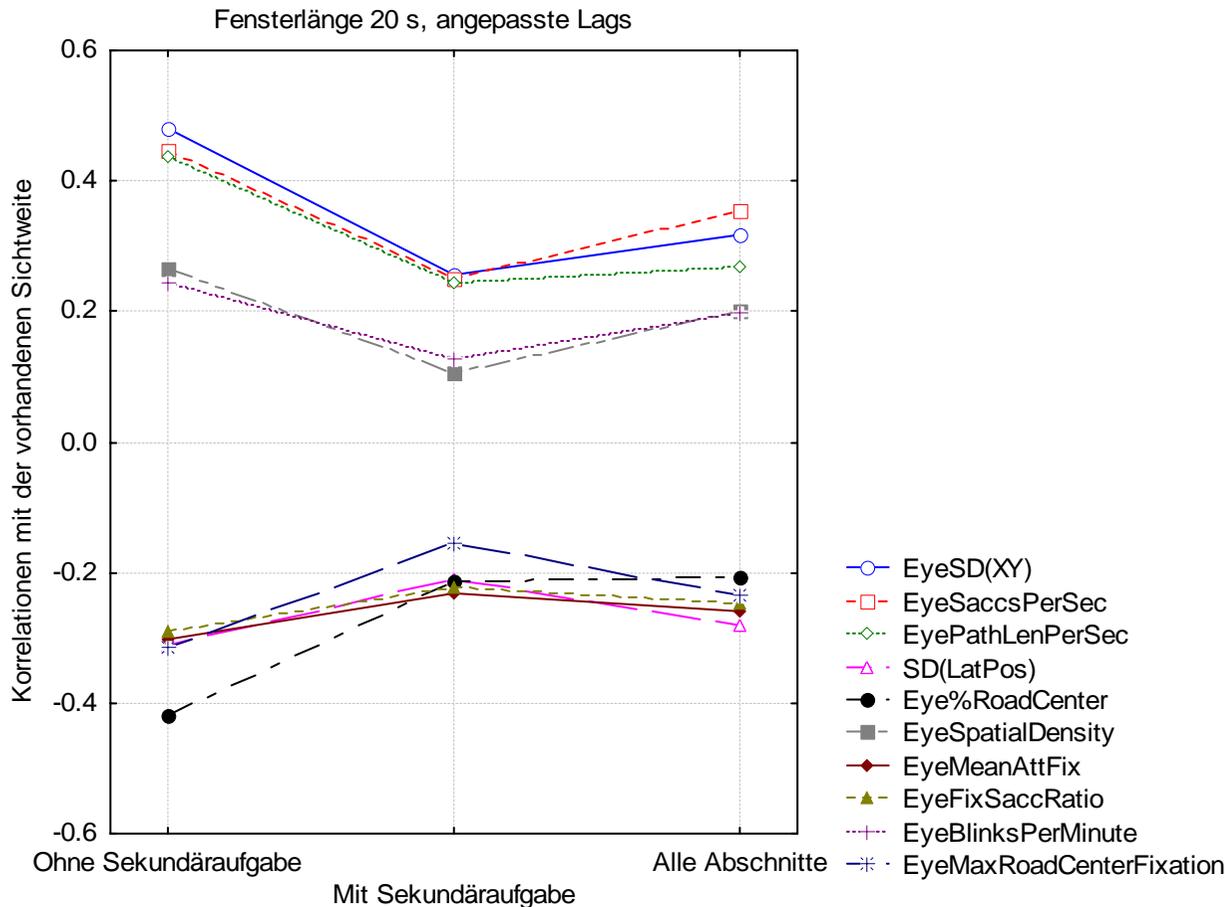
Nachlaufende Fensteranteile erfassen Nachwirkungen einer Sichtweite

# Orientierungssichtweite



Interessant: diese Vp passt Blickzuwendungen bei natürlichen Nebenaufgaben (Tacho, Spiegel) stärker an die vorhandene Sichtweite an, als Blickzuwendungen zur artifizialen Sekundäraufgabe (kann ein Simulator-Artefakt sein)

# Orientierungssichtweite



Bei verminderter Sichtweite wird mehr auf die Straße gesehen ( $\uparrow$ Eye%RoadCenter), wobei längere Fixationen auftreten ( $\uparrow$ EyeMaxRoadCenterFixation,  $\downarrow$ EyeSaccsPerSec,  $\uparrow$ EyeFixSaccRatio,  $\uparrow$ EyeMeanAttFix) und der Blick mehr auf einen Ort konzentriert ist ( $\downarrow$ EyeSD(XY),  $\downarrow$ EyePathLenPerSec,  $\downarrow$ EyeSpatialDensity).

Außerdem sinkt die Lidschlussfrequenz ( $\downarrow$ EyeBlinksPerMinute) und die Spurhaltung verschlechtert sich ( $\uparrow$ SD(LatPos))

Also: Auswirkungen der vorhanden Sichtweite auf das Fahrer-Blickverhalten sind messbar, Ergebnisse sind sehr gut interpretierbar

Aber: Bisher nur eine Einzelfallbetrachtung.

Frage: Reagieren alle Fahrer gleich? → Interindividuelle Unterschiede untersuchen!

Resumée: Wir können zwar messen, wie der Fahrer bei Sichtweitereinschränkungen sein Blickverhalten (in Richtung Mehraufwand und Intensivierung) ändert. Aber: Können wir entscheiden, ab wann ein situativ erzwungener Blick-Mehraufwand nicht mehr akzeptabel ist?

Die Frage ist also: Wo ist die Grenze zu ziehen?

Eine interessante und schwierige Aufgabe!

# Was ist das IZVW?



Das Interdisziplinäre Zentrum für Verkehrswissenschaften an der Universität Würzburg ist das größte deutsche verkehrspsychologische Institut

Vollständig über Projekte und Forschungsförderung finanziert

Leitung: Prof. Dr. Hans-Peter Krüger



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

---



Eytracking-Gruppe am IZVW:



Barbara Gradenegger (Dipl.-Psych.)  
gradenegger@psychologie.uni-würzburg.de



Christian Mark (Dipl.-Inform.)  
mark@psychologie.uni-würzburg.de



Walter Piechulla (Dipl.-Psych.)  
piechulla@psychologie.uni-würzburg.de



Dr. Rainer Scheuchenpflug (Dipl.-Psych.)  
scheuchenpflug@psychologie.uni-würzburg.de

IZVW

Röntgenring 11

D-97070 Würzburg

<http://www.izvw.de>

- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Ph.D. Thesis, University of Groningen. Haren: University of Groningen, Traffic Research Centre.
- Engström, J, Johannsson, E, & Östlund, J. (2005). Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation Research Part F, 8*, 97-120
- Hills, B.L. (1980). Vision, mobility, and perception in driving. *Perception, 9*, 183-216
- Galley, N. & Churan, J. (2005). Neuropsychologische Grundlagen der Fahrerwahrnehmung und –handlung. Akzeptiert für *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D: Praxisgebiete, Serie VI: Verkehrspsychologie, Bd. 1 Grundlagenforschung*. Göttingen: Hogrefe.
- Jacob, R.J.K. & Karn, K.S. (2003). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. In R. Radach, J. Hyona & H. Deubel (Hrsg.), *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research* (S. 573-605). Boston: North-Holland/Elsevier.
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1980). A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. *Psychological Review, 87*, 329-354
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2003). Sensitivity and diagnosticity of the 0.1 Hz component of heart rate variability as an indicator of mental workload. *Human Factors, 45*, 575-590
- Tse, P.U., Sheinberg, D.L., & Logothetis, N.K. (2003). Attentional enhancement opposite a peripheral flash revealed using change blindness. *Psychological Science, 14*, 91-99
- Verwey, W.B., Alm, H., Groeger, J.A., Janssen, W.H., Kuiken, M.J., Schraagen, J.M., Schumann, J., van Winsum, W., & Wontorra, H. (1993). GIDS functions. In J.A. Michon (Hrsg.), *Generic Intelligent Driver Support. A Comprehensive Report on GIDS* (S. 113-146). London: Taylor & Francis.
- Victor, T.W., Harbluk, J.L., & Engström, J.A. (2005). Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F, 8*, 167-190
- Wierda, M. & Aasman, J. (1992). *Seeing and driving: computation, algorithms and implementation*. Traffic Research Centre, University of Groningen. ISBN 90-6807-228-5