

Altersbedingter Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung auf das Kontrastsehvermögen bei Nacht

Helmer, Melanie; Neumann, Cornelius

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lichttechnisches Institut (LTI)

Engesserstraße 13, Geb. 30.34, 76131 Karlsruhe

Tel. 0721-608 46735, M.Helmer@kit.edu, www.lti.kit.edu

1 EINLEITUNG

Allgemein ist bestätigt, dass sich das nächtliche Unfallrisiko aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse (Wallaschek, Locher und Strauß 2006) signifikant erhöht. Neben der Dunkelheit und der reduzierten Sichtweite tragen entgegenkommende Fahrzeuge oder andere, sich stark verändernde, Beleuchtungssituationen nachteilig zum Erkennen von Gefahrenquellen bei. Schon bei geringer Dejustage der Scheinwerfer entgegenkommender Verkehrsteilnehmer kann dies zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Das menschliche Auge hat in diesen Situationen die Aufgabe sich den permanent wechselnden Lichtsituationen außerhalb des Fahrzeugs anzupassen. Daraus resultiert eine erhöhte Beanspruchung des Auges, welche in Hinblick auf die Verkehrssicherheit reduziert werden sollte.

Eine Reduzierung der Adaptationszeiten könnte die Sicherheit im Straßenverkehr insofern erhöhen, dass diesen Beanspruchungen entgegengewirkt wird. Um dies zu unterstützen ist der Einsatz einer geeigneten Fahrzeuginnenraumbeleuchtung denkbar. Das Adaptationsniveau des Fahrerauges kann somit erhöht und der Differenz beziehungsweise die Zeit zwischen zwei Adaptationszuständen verringert werden.

Basierend auf vorigen Untersuchungen von Franzke (Franzke 2006) ist eine Altersabhängigkeit der Leuchtdichte sowie der Farbe im Fahrzeuginnenraum zu vermuten. Das Konzept der hier vorgestellten Studie sieht vor diese Hypothesen mittels Probandenstudie den altersbedingten Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung auf das Kontrastsehvermögen bei Nacht zu überprüfen. Als bewertendes objektives Kriterium wird hierbei auf den Schwellenkontrast zurückgegriffen, der angibt, ab welcher Kontrastschwelle Objekte erkannt werden können.

2 ZIELSTELLUNG

Die vorliegende Studie zielt darauf ab eine ambiente Innenraumbeleuchtung mittels statischer Versuchsdurchführung zu analysieren, wobei die Parameter Probandenalter, Farbe und Helligkeit als objektives sowie die Blendung als subjektives Kriterium berücksichtigt werden:

Demzufolge ergeben sich als zentrale Arbeitsthemen:

(1) Inwiefern besteht ein altersbedingter Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung hinsichtlich deren Farbe und Helligkeit auf das Kontrastsehvermögen bei Nacht?

(2) Inwiefern besteht ein altersbedingter Einfluss bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse einer ambienten Innenraumbeleuchtung im Vergleich zur Fahrzeugeigenen Beleuchtung?

(3) Inwiefern besteht ein altersbedingter Einfluss auf die subjektive Bewertung einer ambienten Innenraumbeleuchtung?

3 VERSUCHSDESIGN

3.1 Untersuchungsparameter

Damit der altersbedingte Einfluss der ambienten Innenraumbeleuchtung auf das Kontrastsehvermögen bei Nacht nachgewiesen werden kann, ist eine Einteilung in verschiedene Altersgruppen sinnvoll. Zur Reduzierung der Streubreite in den jeweiligen Altersgruppen ist die Altersdifferenz innerhalb der Gruppe klein und in Bezug auf die Altersdifferenz zwischen den Gruppen hingegen groß zu wählen. Aufgrund dessen ergibt sich für die hier vorliegende Untersuchung eine Festlegung auf zwei Altersgruppen mit Probanden zwischen 23 und 30 beziehungsweise 55 und 62 Jahren.

Um die Probandenbelastung möglichst gering zu halten, wurde festgelegt die Farbenanzahl auf zwei Farben zu reduzieren. Zudem sollten auftretende Phänomene zweier Extrema verglichen werden, um somit die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, Unterschiede innerhalb und zwischen den beiden Altersgruppen aufzeigen zu können. Dies ist unter anderem dann der Fall, wenn die Peakwellenlängen des Spektrums beider Farben eine große Differenz aufweisen. Aus diesem Grund wurde der Einfluss der blau und rot beleuchteten vorderen Seitentüren untersucht. Die Leuchtdichtewerte liegen für beide Farben im Bereich zwischen $0,0167 \text{ cd/m}^2$ und $0,1683 \text{ cd/m}^2$.

3.2 Versuchsaufbau

Die schematische Darstellung des Versuchsaufbaus ist in Abbildung 3.1 zu sehen. Die Probanden sitzen im Versuchsfahrzeug mit integrierter ambienter Innenraumbeleuchtung. In 25m Entfernung zum Fahrzeug ist die Visualisierungsplattform, auf das Sehzeichen mit steigenden Kontrast und wechselnder Öffnungsposition dargeboten wird, positioniert. Zur Simulation der Vorfeldausleuchtung kommen drei Racks mit Halogen-Spots zum Einsatz, wobei die mittlere Leuchtdichte bei etwa $1,1 \text{ cd/m}^2$ liegt.

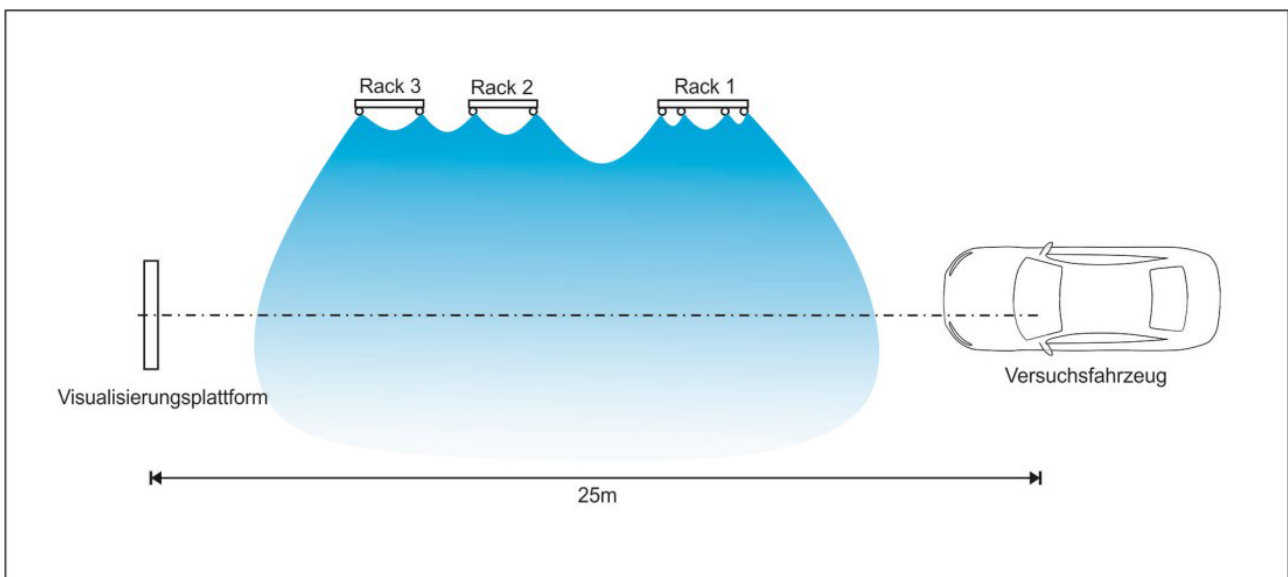


Abbildung 3.1 Schematischer Versuchsaufbau

3.3 Versuchsdurchführung

Die Probanden werden zunächst mit dem optometrisch vermessen und bei Nichterreichen der Mindestanforderungen von der Teilnahme ausgeschlossen. Anschließend erhalten die Probanden einen Fragebogen mit allgemeinen Fragen zu ihrer Person und ihrer Fahrerfahrung, sowie eine schriftliche Einweisung in den Versuchsablauf. Danach werden sie gebeten im Fahrzeug Platz zu nehmen. Der Fahrersitz wird vom Versuchsleiter auf eine definierte Position eingestellt.

Anschließend erfolgt eine Einweisung der Probanden in das Versuchsfahrzeug, wobei das für den Versuch relevante Equipment erklärt wird. Sind alle Vorbereitungen abgeschlossen, kann mit dem Testdurchlauf und danach mit der Versuchsdurchführung begonnen werden. Der Proband ist nun an die Dunkelheit adaptiert.

Die Visualisierungsplattform dient zur randomisierten Darstellung der Landoltringe für eine Zeitspanne von 2 Sekunden pro Kontraststufe. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, einen Taster am Lenkrad unmittelbar dann zu betätigen, wenn diese die Öffnungsposition des Ringes identifizieren können. Nachdem der Taster durch den Probanden betätigt wurde, wird die Präsentation der Landoltringe unterbrochen. Die Probanden haben nun 5 Sekunden Zeit die Richtung der Öffnung anzugeben. Diese wird vom Versuchsleiter notiert. Insgesamt wird dieser Vorgang dreimal pro Lichtsituation wiederholt, wobei die Kontrollbedingung (nur die fahrzeugimmanente Beleuchtung) als einzige zweimal dargeboten wurde. Nach den drei Durchläufen pro Lichtsituation war diese durch den Probanden subjektiv anhand der *DeBoer*-Skala zu bewerten. Die zu Grunde liegende Fragestellung war die Bewertung des Störeinflusses der Lichtsituation (konkrete Fragestellung: „Inwiefern wurden Sie durch die jeweilige Lichtsituation gestört?“). Hierbei wurde jeweils zwischen Dachhimmel, Fahrerseite, Beifahrerseite und Tacho differenziert. Auch diese Werte wurden vom Versuchsleiter aufgenommen.

Abschließend ist von den Probanden ein Fragebogen auszufüllen, welcher deren Einschätzungen zur ambienten Innenraumbeleuchtung und den subjektiven Eindruck der Versuchspersonen vom Versuchsdesign erfasst.

3.4 Probandenkollektiv

Definierte Anforderungen an das Probandenkollektiv bilden die Grundlage zur Vergleichbarkeit der Messergebnisse. Die aus diesem Grund durchgeführte optometrische Vermessung der Probanden ermöglicht die Überprüfung verschiedener visueller Parameter anhand der zugehörigen Prüfbögen. Mithilfe dieser Tests können hinsichtlich des Kontrastsehvermögens, der Blendempfindlichkeit sowie des Visus für die jeweilige Probandengruppe altersabhängige Mindestanforderungen festgelegt werden.

Probandengruppe 1 (jüngere Probandengruppe)

Die Probandengruppe 1 umfasst die Probanden im Alter zwischen 23 und 30 Jahren (Mittelwert: 26,84 Jahre). Unter Berücksichtigung der Mindestanforderungen ergeben sich für diese Gruppe 19 auswertbare Personen (13 männliche und 6 weibliche Versuchspersonen). Die Probanden gaben an, im Mittel an zwischen 50.000 km und 100.000 km gefahren zu sein. Wenn gleich einige Probanden eine geringere Gesamtfahrleistung angegeben haben, sind diese Angaben typisch für diese Altersgruppe.

Probandengruppe 2 (ältere Probandengruppe)

Probandengruppe 2 schließt alle Testpersonen im Alter zwischen 55 und 62 Jahren (Mittelwert: 58,5 Jahre) ein, die den festgelegten Anforderungen entsprechen. Dieser Gruppe lassen sich 10 männliche und 8 weibliche Probanden, also insgesamt 18

Personen, zuordnen. Erwartungsgemäß liegt die Angabe der bisherigen Fahrleistung bei dieser Gruppe im Mittel bei über 500.000 km.

4 ERGEBNISSE

4.1 Altersbedingter Einfluss der Farbe und Helligkeit

Als Grundlage für die nachfolgend beschriebene Auswertung wird ein allgemeines lineares Modell mit Messwiederholungen angenommen, womit unter anderem die Signifikanzniveaus für den Test der Innersubjekteffekte (Farben: Rot und Blau; Helligkeitsstufen: 1 bis 5) berechnet werden können. Hierbei werden sowohl die Effekte innerhalb als auch zwischen den Innersubjekt- und Zwischensubjektfaktoren (jeweilige Altersgruppe) untersucht.

Für den Zwischensubjektfaktor kann allerdings eine Signifikanz nachgewiesen werden (p -Wert beträgt 0,00). Die Interpretation dieser Ergebnisse lässt den Rückschluss zu, dass Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen bezüglich der Innersubjektfaktoren Farbe und Stufe bestehen. Dies lässt sich mithilfe von Abbildung 4.1 verdeutlichen. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass das Alter einen signifikanten Einfluss auf die im Mittel erkannte Kontraststufe hat. Signifikante Differenzen zwischen den Helligkeitsstufen sind jedoch nicht festzustellen. Die beiden Geraden verlaufen in etwa parallel und weisen nur sehr geringe Abweichungen auf. Ein direkter Vergleich der Helligkeitsstufen beider Farben lässt zwar eine schwache Tendenz erkennen, wobei auch hier statistisch keine Signifikanz nachzuweisen ist.

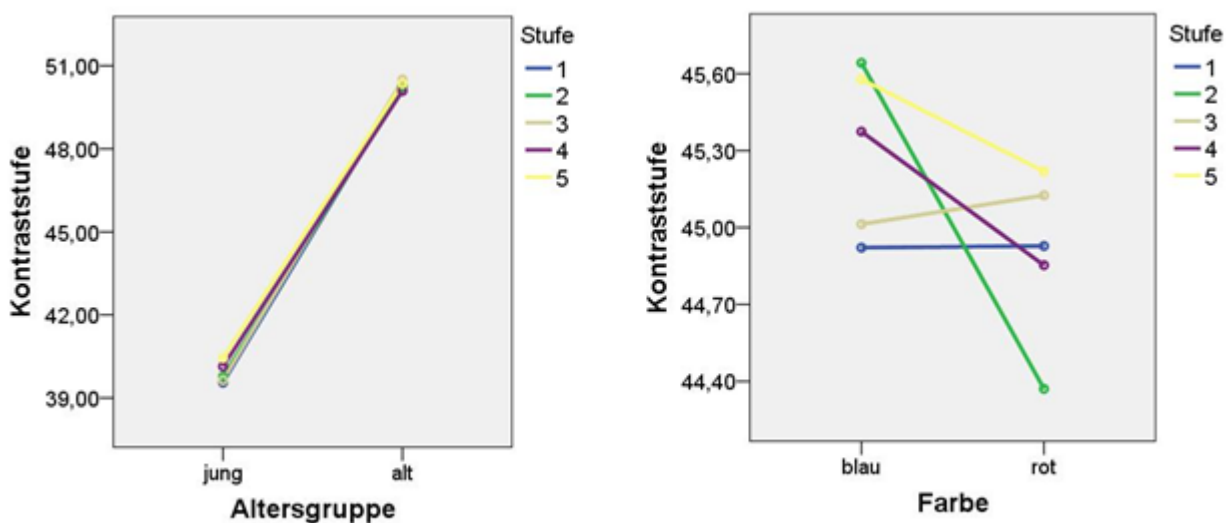


Abbildung 4.1 Links: Interaktion zwischen Altersgruppe und Helligkeitsstufe in Abhängigkeit der gemessenen Kontraststufe; Rechts: Interaktion zwischen Farbe und Helligkeitsstufe in Abhängigkeit der gemessenen Kontraststufe

Als statistisches Maß zur Angabe der Bedeutsamkeit eines Ergebnisses, kann neben der Signifikanz die Effektstärke η^2 berechnet werden. Nach Cohen (Cohen 1988) handelt es sich für $\eta^2 \geq 0,01$ um einen kleinen, für $\eta^2 \geq 0,06$ einen mittleren und $\eta^2 \geq 0,14$ einen großen Effekt. Die Ergebnisse dieser Studie sind in

Tabelle 4.1 zusammengefasst.

Mit Ausnahme des Zwischensubjektfaktors "Alter", lässt sich kein signifikanter Effekt nachweisen (Siehe

Tabelle 4.1). Dies lässt vermuten, dass die praktische Bedeutsamkeit dieser Faktoren sehr gering ist und auch mit einer größeren Probandenanzahl kein Effekt nachzuweisen gewesen wäre.

Tabelle 4.1 Berechnete Effektstärke und deren Interpretation hinsichtlich des Effektes in Abhängigkeit von den Faktoren und deren Interaktionen

Interaktion/ Faktor	η^2	Interpretation des Effektes
Farbe	0,00041	Kein Effekt
Stufe	0,00041	Kein Effekt
Altersgruppe	0,32773	Großer Effekt
Stufe • Altersgruppe	0,00041	Kein Effekt
Farbe • Stufe	0,00041	Kein Effekt
Farbe • Altersgruppe	0,00000	Kein Effekt
Farbe • Stufe • Altersgruppe	0,00082	Kein Effekt

4.2 Altersbedingter Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung im Vergleich zur Referenz

Zur Erfassung des statistischen Zusammenhangs wird auf den *t-Test* bei verbundenen Stichproben zurückgegriffen. Dieser vergleicht die Mittelwerte zweier Stichproben und prüft, in wie weit sich diese unterscheiden. Nachstehend wird je Farbe der Mittelwert von Stufe 1 (kleine Leuchtdichte), Stufe 3 (mittlere Leuchtdichte) und Stufe 5 (hohe Leuchtdichte) dem Mittelwert der Lichtsituation Referenz gegenübergestellt.

Die hohe Anzahl an durchgeführten *t-Tests* fordert eine Korrektur des α -Niveaus aufgrund der auftretenden α -Fehler-Kumulierung. Deshalb wird die Bonferoni-Korrektur zur Berechnung eines neuen Signifikanzniveaus α' angewandt. Mit dem festgelegten α -Niveau von 5% und einer Anzahl Tests von $m=6$ ergibt sich mit $\alpha' = \alpha/m$ ein neues Signifikanzniveau von $\alpha'=0,0083$, welches nun für jeden Einzeltest gültig ist.

Für die in Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 dargestellten Ergebnisse lautet die Nullhypothese: „Es gibt einen Unterschied zwischen der jeweiligen Stufe und der Lichtsituation Referenz.“ Demzufolge handelt es sich um einen zweiseitigen *t-Test* bei verbundenen Stichproben. Auch hier lässt sich für keinen Fall eine Signifikanz nachweisen. Die Nullhypothese muss demzufolge angenommen werden. Eine ambiente Innenraumbeleuchtung hat somit, auch altersbeding, keinen Einfluss auf das Kontrastsehvermögen bei Nacht.

Tabelle 4.2 Berechnete α -Niveaus mithilfe des *t*-Tests verbundener Stichproben für die ausgewählten Stufen der jungen Probandengruppe

Farbe	Stufe zur Referenz	Berechneter p-Wert	Interpretation
Rot	1	0,123	Nicht signifikant
Rot	3	0,217	Nicht signifikant
Rot	5	0,838	Nicht signifikant
Blau	1	0,280	Nicht signifikant
Blau	3	0,115	Nicht signifikant
Blau	5	0,946	Nicht signifikant

Tabelle 4.3 Berechnete α -Niveaus mithilfe des *t*-Tests verbundener Stichproben für die ausgewählten Stufen der älteren Probandengruppe

Farbe	Stufe zur Referenz	Berechneter p-Wert	Interpretation
Rot	1	0,987	Nicht signifikant
Rot	3	0,660	Nicht signifikant
Rot	5	0,593	Nicht signifikant
Blau	1	0,787	Nicht signifikant
Blau	3	0,364	Nicht signifikant
Blau	5	0,313	Nicht signifikant

4.3 Subjektiver Eindruck der ambienten Innenraumbeleuchtung

Zur Bewertung des subjektiven Eindrucks wurde die *DeBoer*-Skala verwendet, wobei jeder Proband für jede Lichtsituation den Störeinfluss des Dachhimmels, der Fahrer- und Beifahrertür sowie der Tachobeleuchtung angeben sollte. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die subjektive Bewertung der Farbe Blau für die Fahrer- und Beifahrertür im Prinzip der vermessenen Helligkeitssteuerung der Türen folgt. Das bedeutet, dass die subjektiven Unterschiede der unteren Bereiche im Vergleich zu den hohen Regelstufen durch die Probanden stärker wahrgenommen wurden. Diese Aussage lässt sich auf beide Altersgruppen, jedoch nicht auf die Farbe übertragen. Beide Gruppen zeigen hier zwar eine ähnliche Charakteristik; dennoch ist für die Farbe Rot nur eine Tendenz erkennbar.

Betrachtet werden nun die Minima und Maxima für beide Farben über alle Lichtsituationen. Die Maxima zeigen deutliche Unterschiede, wobei die Farbe Blau immer schlechter abschneidet. Auffällig ist auch, dass das Grundniveau bei der jüngeren Altersgruppe höher liegt als bei der älteren Altersgruppe.

Zur Gegenüberstellung möglicher altersbedingter Unterschiede bei der Bewertung der beiden Seitentüren wird nun der Median der Mediane gebildet, wobei die Fahrertür angenehmer bewertet wurde. Demzufolge kann die Tendenz geschlussfolgert werden,

dass die Beifahrertür insgesamt als störender empfunden wurde. Inwiefern diese Aussage mit dem gesamten subjektiven Eindruck der Probanden korreliert, wird im Folgenden näher untersucht.

Abschließender Fragebogen

Etwa ein Viertel der Versuchspersonen beider Gruppen gab an, dass sich ihrer Meinung nach das Sehvermögen durch die rote Beleuchtung verbessert hat. Lediglich drei Probanden der jüngeren Gruppe erfuhren durch die Farbe Blau eine Verbesserung. Der überwiegende Teil konnte entweder keiner Farbe eine Verbesserung zusprechen oder generell keine eindeutige Aussage machen.

Insgesamt ergaben die Angaben der Probanden, dass diese die Farbe Blau als störender empfunden haben. Inwiefern die Fahrer- und Beifahrertür einen Einfluss auf den subjektiven Einfluss einer ambienten Innenraubeleuchtung hat, lässt sich nicht direkt feststellen. Auch eine eindeutige Tendenz ob die Fahrertür oder die Beifahrertür zu einem erhöhten Störimpfinden beitragen, kann nicht abgeleitet werden. Die Angaben der älteren Probanden vermitteln überwiegend den Eindruck, dass diese generell eher zu weniger Licht im Auto neigen.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In Anbetracht der Tatsache, dass bei den untersuchten Leuchtdichten keine Sehleistungsveränderung detektiert werden konnte, wäre es sinnvoll, die Untersuchung mit höheren Leuchtdichten erneut durchzuführen. Als weitere Variationsparameter können beispielsweise die Farbe, die Position sowie die Größe der leuchtenden Fläche verändert werden. Auch die subjektive und objektive Bewertung der Innenraubeleuchtung durch andere Fahrzeuginsassen wäre sinnvoll.

In Hinblick auf die Faktoren, die außerhalb des Fahrzeugs modifiziert werden können, sind Einflussanalysen für unterschiedliche Blendsituationen und Umgebungsleuchtdichten vorstellbar. Zielführend für weitere Untersuchungen sollte jedoch die Festlegung von maximalen Leuchtdichten sein, durch welche eine Störung des Adaptationsverhaltens ausgeschlossen werden kann.

Abschließend ist zu sagen, dass das Thema ambiente Innenraubeleuchtung viel Potential für weitere Untersuchungen bietet. Dass diese Thematik bisher unzureichend diskutiert wurde, ist unter anderem an den nicht eindeutig formulierten gesetzlichen Vorschriften zu erkennen. Dennoch handelt es sich hierbei um ein Beleuchtungskonzept, welches aufgrund der vielen Individualisierungsmöglichkeiten deutlich an Bedeutung gewonnen hat und deshalb zunehmend in den Fokus künftiger Untersuchungen in der automobilen Lichttechnik gerückt werden sollte.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Cohen, Jacob. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)*. Lawrence Erlbaum Assoc Inc, 1988.

Franzke, Dorit. *Einfluss ambienter Beleuchtung auf das Kontrastsehvermögen*. Diplomarbeit. Karlsruhe: Universität Karlsruhe (TH), 2006.

Wallaschek, Jörg, Jürgern Locher, und Steffen Strauß. „Lichttechnische Fahrassistenz.“ *ATZ*, März 2006.