Aus dem Bereich Arbeitsmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Arbeitsmedizinische Studien zu Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
Dr. med.
(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Anna Lüder
aus Altdöbern
Magdeburg 2012

Dokumentationsblatt

Bibliografische Beschreibung

Lüder, Anna:
Arbeitsmedizinische Studien zu Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung. – 2012. – 62 Bl.: 4 Abb., 14 Tab., 19 Anlagen

Kurzreferat

Infolge der aktuellen demografischen Entwicklung und der globalen Computerisierung in der modernen Arbeitswelt überwiegen die Anforderungen an das visuelle System, auch an das dynamische Sehen. Ziel der Untersuchungen war die Prüfung verschiedener Einflussfaktoren wie Alter, chronische Erkrankungen, Rauchverhalten und Alkoholkonsum auf die afferente dynamische Sehleistung.

Es nahmen 174 Probanden freiwillig an der Studie teil. Die ophthalmologischen Untersuchungen wurden nach Erfassung der Statusdaten monokular durchgeführt. Zur Prüfung der afferenten dynamischen Sehleistung diente der Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (DTDS) von Wist.

Es zeigte sich, dass das Alter einen negativen Einfluss auf die dynamische Sehleistung hat. Zudem bestanden geringe positive Korrelationen zwischen dem Visus und der afferenten dynamischen Sehleistung. Die erhaltenen Daten belegen, dass ein statischer Visus wenig Aussagekraft über die afferente dynamische Sehleistung hat. Die derzeit vorgeschriebenen Sehtests für Fahr- und Steuertätigkeiten finden zwar als Screening eines eventuellen Krankheitszustandes Verwendung, sind jedoch nicht ausreichend, um die tatsächliche Sehleistung abzuschätzen.

An vielen Arbeitsplätzen wird dynamisches Sehen abverlangt, somit sollte bei der betriebsärztlichen Untersuchung der visuellen Funktionen die afferente dynamische Sehleistung auch Beachtung finden.

Schlüsselwörter

Afferente dynamische Sehleistung – Bewegungskontrast – Fernvisus – arterielle Hypertonie – Diabetes mellitus – Kontrastempfindlichkeit

Widmung

Für meine liebe Mutti Antje Lüder

Wir glauben nur, was wir sehen – leider sehen wir nur, was wir glauben wollen.

Atteslander 1971

Inhaltsverzeichnis

Dokumentationsblatt ..... B
Widmung C
Inhaltsverzeichnis ..... D
Abbildungsverzeichnis ..... F
Tabellenverzeichnis ..... G
Anlagenverzeichnis ..... H
Abkürzungsverzeichnis I

1 Einführung 1
1.1 Anforderungen an das visuelle System bei verschiedenen Tätigkeiten 2
1.1.1 Grundsatz G 25 – Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten 2
1.1.2 Grundsatz G 26 – Tragen von Atemschutzgeräten 3
1.1.3 Grundsatz G 37 – Bildschirmarbeitsplätze 3
1.1.4 Grundsatz G 41 – Arbeiten mit Absturzgefahr 4
1.1.5 Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) 4
1.2 Afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast 4
1.2.1 Dynamische Sehleistung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht 8
1.2.2 Dynamische Sehleistung unter dem Einflussfaktor Rauchen 10
1.2.3 Dynamische Sehleistung unter dem Einflussfaktor akuter und chronischer Alkoholaufnahme 13
1.2.4 Dynamische Sehleistung bei verschiedenen Krankheitsbildern 14
1.2.5 Zusammenhang zwischen dynamischer Sehleistung und statischer Sehschärfe 16
1.2.6 Zusammenhang zwischen dynamischer Sehleistung und Kontrastempfindlichkeit 16
1.2.7 Dynamische Sehleistung im Sport 17

2 Zielstellung und Arbeitshypothesen 20

3 Probanden und Methoden 21
3.1 Probanden 21
3.2 Studiendesign 22
3.3 Fernvisusbestimmung 23
3.4 Kontrastempfindlichkeitstest 23
3.5 Dynamischer Sehtest 24
3.6 Statistik 25

4 Ergebnisse 27
4.1 Soziodemografische Daten 27
4.1.1 Alter und Geschlecht 27
4.1.2 Rauchverhalten 28
4.1.3 Alkoholkonsum 31
4.1.4 Chronische Alkoholabhängigkeit 31
4.1.5 Chronische Erkrankungen 32
4.1.6 Sportliche Aktivität 32
4.2 Fernvisus 32
4.3 Kontrastempfindlichkeit 34

4.4 Afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast 35
4.4.1 Alter als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 35
4.4.2 Geschlecht als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 37
4.4.3 Rauchen als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 37
4.4.4 Alkoholkonsum als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 38
4.4.5 Chronische Alkoholabhängigkeit als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 38
4.4.6 Chronische Erkrankungen als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung 39
4.4.7 Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der statischen Sehschärfe 41
4.4.8 Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Kontrastempfindlichkeit 41
4.4.9 Sportliche Aktivität als Einflussfakor auf die afferente dynamische Sehleistung 42
4.5 Vergleich der ophthalmologischen Prüfverfahren 42
4.6 Multivariate Statistik 43

5 Diskussion 45

6 Schlussfolgerungen 57

7 Ausblick 59

8 Zusammenfassung 61

Literaturverzeichnis I
Anlagen XXV
Danksagung XXXIV
Erklärung XXXV
Lebenslauf XXXVI
Eigene wissenschaftliche Publikationsliste XXXIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dynamische Sehleistung für das rechte und linke Auge der unter und über 45-jährigen 36
Abbildung 2: Dynamische Sehleistung der einzelnen Altersgruppen des Kontrollkollektivs 36
Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und dem Alter 37
Abbildung 4: Dynamische Sehleistung des rechten und linken Auges der Alkoholabhängigen und der Kontrollgruppe 39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einschlusskriterien für die einzelnen Probandengruppen 21
Tabelle 2: Alters- und Geschlechterverteilung in der Gesamtstichprobe 27
Tabelle 3: Altersverteilung in den Probandengruppen 27
Tabelle 4: Altersverteilung in der Kontrollgruppe 28
Tabelle 5: Geschlechterverteilung in den Probandengruppen 28
Tabelle 6: Verteilung des Rauchverhaltens bei Männern und Frauen 29
Tabelle 7: Zigarettenkonsum in den Probandengruppen 29
Tabelle 8: Raucherzeitraum in den Probandengruppen 30
Tabelle 9: Zigarettenkonsum und Raucherzeitraum der Raucher und Ex-Raucher in der Kontrollgruppe 30
Tabelle 10: Alkoholkonsum in den Probandengruppen 31
Tabelle 11: Alters- und Geschlechterverteilung in den Sportgruppen I und II 32
Tabelle 12: Dynamische Sehleistung des rechten Auges der Probandengruppen 40
Tabelle 13: Dynamische Sehleistung des linken Auges der Probandengruppen 40
Tabelle 14: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse 44

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Alkoholeffekte bei unterschiedlichen Blutalkoholkonzentrationen (modifiziert nach Klopf et al. 2002) XXV
Anlage 2: Fragebogen zur Alkoholmengenbestimmung der Probanden XXV
Anlage 3: Alkoholgehalt verschiedener Getränke XXV
Anlage 4: VCTS-Tafel XXVI
Anlage 5: Kontrastempfindlichkeitskurve (Normogramm) XXVI
Anlage 6: Kontrastempfindlichkeiten der Testfelder der VCTS-Tafel XXVII
Anlage 7: Maße des Sehzeichens beim DTDS (nach Wist et al. 1998) XXVII
Anlage 8: Pixelbewegungen innerhalb des Landolt-Rings bei den einzelnen Bewegungskontrasten XXVIII
Anlage 9: Leistungsmaß (Pw) des DTDS nach Schrauf et al. (1999) XXVIII
Anlage 10: Altersverteilung innerhalb der Gesamtstichprobe XXVIII
Anlage 11: Prozentuale Verteilung des Rauchverhaltens in den Probandengruppen XXIX
Anlage 12: Fernvisuswerte für das rechte Auge in den Probandengruppen XXIX
Anlage 13: Fernvisuswerte für das linke Auge in den Probandengruppen XXX
Anlage 14: Kontrastempfindlichkeit des rechten Auges der untersuchten Gruppen XXX
Anlage 15: Kontrastempfindlichkeit des linken Auges der untersuchten Gruppen XXXI
Anlage 16: Kontrastempfindlichkeit in den einzelnen Altersgruppen XXXI
Anlage 17: Korrelationsanalyse zwischen der Kontrastempfindlichkeit bei verschiedenen Ortsfrequenzen und der dynamischen Sehleistung am rechten und linken Auge XXXII
Anlage 18: Prozentuale Häufigkeiten unauffälliger Probanden der Altersgruppen des Kontrollkollektivs aus den ophthalmologischen Prüfmethoden XXXIII
Anlage 19: Kanonische Diskriminanzfunktionen aller untersuchten Gruppen XXXIII

Abkürzungsverzeichnis

A	Probandengruppe der Alkoholabhängigen
AH	Probandengruppe mit arterieller Hypertonie
BGI	Berufsgenossenschaftliche Information
cd	Candela
cpd	„Cycles per Degree“
D	Probandengruppe mit Diabetes mellitus vom Typ 2
d	Tag
D+AH	Probandengruppe mit Diabetes mellitus vom Typ 2 und arterieller Hypertonie
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DTDS	Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen
DVA	dynamic visual acuity
EEG	Elektroenzephalografie
FeV	Fahrerlaubnis-Verordnung
G	Grundsatz
GUV	Gesetzliche Unfallversicherung
IT	Informationstechnik
K	Kontrollgruppe
KE	Kontrastempfindlichkeit
KS	Schwellenkontrast
KWW	Kammerwasserwiderstand
L	Leuchtdichte
M-System	magnozelluläres System
MW	Mittelwert
n. s.	nicht signifikant
p	Signifikanzniveau
p1	Prozentsatz der richtigen Antwort bei 100 % Bewegungskontrast
p2	Prozentsatz der richtigen Antwort bei 50 % Bewegungskontrast
p3	Prozentsatz der richtigen Antwort bei 30 % Bewegungskontrast
p4	Prozentsatz der richtigen Antwort bei 20 % Bewegungskontrast
P-System	parvozelluläres System
Pw	Leistungsmaß
PY	pack-years
r	Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
VCTS	Vision Contrast Test System
VEP	Visuell evozierte Potentiale
Zig.	Zigaretten

1 Einführung

Die Bedeutung des Sehsinnes wird insbesondere deutlich, wenn es sich um sicherheitsrelevante Berufsbereiche handelt, beispielsweise Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten oder Prozessführung (Böckelmann & Pfister 2007; Stowasser 2009). Auch für die Ausübung von Polizei- und Pilotendienst oder bei der Bundeswehr werden spezielle Anforderungen an das Sehvermögen gestellt (Rohrschneider et al. 2009).

Laut der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausschätzung des Statistischen Bundesamtes (2009) wird sich ein weiterer sehr starker Anstieg der 65-jährigen und Älteren in der Bevölkerung abzeichnen, der gegenläufige Trend wird bei den 20- bis 64-jährigen zu erwarten sein. Mit der immer weiter zunehmenden Zahl älterer Erwerbstätiger (Wolff 2000; Buck et al. 2002; Lau-Villinger & Seitz 2002; Bellmann et al. 2003; Bonin et al. 2003; BMBF 2005; Priebe 2006; Riechenhagen 2006; Dostal 2009) steigen auch hier die Anforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit der Arbeitnehmer im Alter.

In Anbetracht der Tatsache, dass mit dem Alter die Morbidität zunimmt, wurde von Justino et al. (2001) gezeigt, dass sich auch retinokortikale Funktionen mit dem Alter verschlechtern. Ihre Daten belegten, dass die Seneszenz weitreichende Auswirkungen auf das visuelle System hat, indem es zu Änderungen der Funktionsweise der magnozellulären und parvozellulären Sehbahnen führt. Selbsterfahrene Beschränkungen in Alltagssituationen durch visuelle Dysfunktionen wurden von u. a. McGregor & Chaparro (2005), Freeman et al. (2006) beschrieben.

Technisierung, Automatisierung, Mechanisierung, Computerisierung, die Einführung neuer IT-Systeme sowie der nationale und internationale Wandel haben die Arbeitswelt revolutioniert und verändert (Gerke 1997; Dostal 2009; Walter 2009).

Durch die rasante Entwicklung auf den Gebieten der Telekommunikation und Computertechnologie werden andere Berufsbilder geschaffen (Nora & Minc 1979; Wersig 1983; Jansen & Müller 2000). Viele Arbeitsplätze in Deutschland sind von den „Neuen Medien“ oder IT-Systemen direkt bzw. indirekt abhängig. Die Zahl von Bildschirmarbeitsplätzen nimmt weiter zu. Derzeitig beträgt sie in der BRD zwischen 14 – 16 Millionen. Die Anzahl der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen in Hinblick auf Arbeitsplätze, bei denen eine intakte Sehfunktion von besonderer Bedeutung ist, steigt (Seidel & Schochat 2001; Braun & Müller 2005; Petersen 2006).

Die Beurteilung visueller Funktionen bleibt ein beachtlicher Punkt in der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

1.1 Anforderungen an das visuelle System bei verschiedenen Tätigkeiten

Der für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen vorgeschriebene Sehtest für Fahr- und Steuertätigkeiten erlaubt die Beurteilung von pathologischen Zuständen des statischen Visus ohne Berücksichtigung der dynamischen Sehleistung (Krueger 1999; Ehrenstein & Wist 2003; Böckelmann & Pfister 2007).

In der modernen Arbeitswelt überwiegen jedoch die Anforderungen an das Bewegungssehen (dynamische Sehen). Über den statischen Visus kann man nur eine Teilfunktion des visuellen Systems beurteilen, damit ist die Sehleistung für einen bestimmten Arbeitsplatz nicht vollständig erschließbar (Krueger 1999; Ehrenstein & Schlykowa 2000; Ehrenstein & Wist 2003; Böckelmann & Pfister 2007).

In den nächsten Unterkapiteln werden die (früher) berufsgenossenschaftlichen Grundsätze bzw. DGUV-Grundsätze für die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen kurz beschrieben, bei denen die Prüfung der visuellen Funktionen erforderlich ist.

1.1.1 Grundsatz G 25 – Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten

Die Eignungsuntersuchung nach G 25 (früher: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1998a; DGUV 2010a) besteht aus der allgemeinen medizinischen Befundung sowie der Überprüfung von Hör- und Sehfunktionen. Nach der BGI/GUV-I 504-25 Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Grundsatz G 25 „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“ (früher: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1998b) wird folgenden Personen die Vorsorgeuntersuchung angeboten: 1) Arbeitnehmern, die Kraftfahrzeuge oder Flurförderzeuge führen, 2) Arbeitnehmern, die mit Hebezeugen, Erdbaumaschinen, Pistenpflegegeräten oder Regalbedienungsgeräten arbeiten, 3) Arbeitnehmern, die Seilbahnanlagen und / oder Hubarbeitsbühnen steuern sowie 4) Arbeitnehmern, die Leitstellen, Überwachungszentralen oder Stellwerke überwachen.

Bei der Untersuchung unterscheidet man zwei Anforderungsstufen je nach der zu führenden Fahrzeugklasse. So gehören die Fahrerlaubnisklassen C; C1; CE; C1E; D; D1; DE; D1E; und die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung zur Anforderungsstufe 1 (höhere Anforderungen) bzw. A; A1; B; BE; M; S; L und T zur Anforderungsstufe 2 (niedrige Anforderungen).

Je nach Tätigkeitsfeld des Beschäftigten müssen bestimmte Mindestwerte für die Sehschärfe, das räumliche Sehen, das Gesichtsfeld, den Farbsinn, das Kontrastsehen oder Dämmerungssehen sowie die Blendempfindlichkeit vorhanden sein.

Wenn bei der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung die Mindestanforderungen an Sehfunktionen durch den Beschäftigten nicht erreicht werden, muss eine ärztliche Beurteilung

durch den Augenarzt erfolgen. Erst nach der augenärztlichen Konsultation und den ophthalmologischen Konsequenzen und Empfehlungen hat der Betriebsarzt seine Position zu beziehen. Das Tragen von Sehhilfen oder andere Korrektureingriffe, die aus betriebsärztlicher Sicht dem G 25 nicht widersprechen, werden als gesundheitlich unbedenklich eingestuft, sodass die Tätigkeit weiter ausgeübt werden kann (Böckelmann & Pfister 2007; Kittel 2010; DGUV 2010a).

1.1.2 Grundsatz G 26 – Tragen von Atemschutzgeräten

Für die Aufnahme einer Tätigkeit im Rettungswesen sollten pathologische Veränderungen des Auges ausgeschlossen sein.
Die Überprüfung der Sehfunktion in der Ferne erfolgt mittels eines standardisierten Sehtestgerätes oder einer Sehprobentafel bei der arbeitsmedizinischen Untersuchung nach dem Grundsatz G 26 (Tragen von Atemschutzgeräten) durch einen Arzt (früher: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1998c; DGUV 2010b).

1.1.3 Grundsatz G 37 – Bildschirmarbeitsplätze

Das Ziel dieses Grundsatzes ist die primäre und sekundäre Prävention von Gesundheitsbeschwerden bei Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen (früher: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1993; DOG 2003; Petersen 2006; DGUV 2010c).
Der G 37 regelt folgende Untersuchungen: eine ausführliche Anamnese, eine Erhebung eventueller Beschwerden und eine klinische Untersuchung im Hinblick auf die Tätigkeiten. Unter Aufsicht eines Arztes wird unter dem Aspekt der Freiwilligkeit die Sehfähigkeit derjenigen Arbeitnehmer untersucht, die einen Großteil ihrer Tätigkeit am Bildschirmgerät ausüben.
Durch diesen Siebtest werden folgende Qualitäten des Sehens untersucht: Sehschärfe Ferne (ohne Sehhilfe bzw. bei Fehlsichtigkeit mit einer Sehhilfe), Sehschärfe Nähe (arbeitsbezogen; im Allgemeinen bei den Prüfentfernungen 33 und 55 cm ohne Sehhilfe bzw. Fehlsichtigen mit der am Arbeitsplatz getragenen Sehhilfe), Stereopsis (räumliches Sehen), Phorie (Stellung der Augen), Farbensinn (bei Anforderungen an das Farbunterscheidungsvermögen) sowie das zentrale Gesichtsfeld. Es gibt für jeden Parameter Mindestanforderungen, die erfüllt sein sollten. Werden die Mindestanforderungen nicht erreicht, wird eine augenärztliche Untersuchung empfohlen.
Der Facharzt für Augenheilkunde sollte eine Korrektur, Behandlung oder eine Ergänzungsuntersuchung durchführen. Nach dem Grundsatz G 37 bestehen bei Arbeitnehmern mit Glaukom, Katarakt, Skotom, pathologischen Veränderungen an den Skleren, dem Glaskörper oder der Retina gesundheitliche Bedenken für Tätigkeiten an Bildschirmarbeitsplätzen (früher: Haupt-

verband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1993; DOG 2003; Petersen 2006; DGUV 2010c).

1.1.4 Grundsatz G 41 – Arbeiten mit Absturzgefahr

Bei den Arbeitnehmern mit diesem Tätigkeitsfeld wird im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung nach diesem Grundsatz die Visusbestimmung durch einen Arzt durchgeführt. Die Sehfunktionen werden mit Hilfe eines standardisierten Testverfahrens überprüft.
Ein binokularer Visus von 0,5 oder ein monokularer Visus unter 0,7 (gemessen mit oder ohne Sehhilfe) sowie ein eingeschränktes Gesichtsfeld sind als gesundheitlich bedenklich einzustufen (früher: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften 1998d; Kittel 2010; DGUV 2010d).

1.1.5 Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV)

Die Prüfung der Sehleistung bei Fahrerlaubnisinhabern der Klasse 2 wird durch einen Arzt mit Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ oder der Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ entsprechend den Bestimmungen in Anlage VI der FeV durchgeführt.
Zu den Testungen des erforderlichen Sehvermögens gehören: zentrale Tagessehschärfe, Gesichtsfeld, Augenbeweglichkeit, Farbsehen und räumliches Sehen. Entsprechend der Fahrerlaubnisklasse müssen entweder die Merkmale der Anforderungsstufe 1 oder 2 bei der Funktionstestung Geltung finden. So hat man z. B. bei Anforderungsstufe 1 (höhere Anforderungen) das Testzeichen bei einem Kontrast 1 : 2,7 und bei der Anforderungsstufe 2 bei einem Kontrast von 1 : 5 (bei gleicher Leuchtdichte) zu erkennen.
Erfüllt der Arbeitnehmer die Vorgaben nicht, hat der Arzt die Pflicht, eine Beschränkung bzw. einen Ausschluss des Beschäftigten vom Straßenverkehr auszusprechen. Nach Anlage VI Nr. 2.1 der FeV werden die Anforderungen an das Sehvermögen (mit oder ohne Sehhilfe) erreicht oder nicht. Wenn die Testung für den Arbeitnehmer negativ ausfällt, muss eine augenärztliche Zusatzuntersuchung nach Anlage VI Nr. 2.2 der FeV hinzukommen (Böckelmann & Pfister 2007; Amort 2011; Kittel 2011).

1.2 Afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast

In der Arbeitswelt nimmt das Bewegungssehen (dynamische Sehen) einen tragenden Teil des Sehens ein. Wenn eine Überprüfung der dynamischen Sehfunktion weiterhin nur geringe Bedeutung in der Arbeitsmedizin hat, fehlt uns Wissen über reale Sehleistungen.
Es bleiben tendenzielle Sicherheitsrisiken allein durch Unkenntnis über die dynamische Sehleistung.

Es müssen die Begrifflichkeiten dynamische Sehschärfe, afferentes und efferentes Bewegungssehen, dynamisches Sehen sowie dynamische Sehleistung unterschieden werden.

Die Fähigkeit, Details bei gleichzeitiger relativer Bewegung zwischen Beobachter und dem beobachteten Gegenstand (z. B. Landolt-Ring) zu differenzieren, wird als **dynamische Sehschärfe** (dynamic visual acuity = DVA) bezeichnet (Ludvigh & Miller 1953; Hoffman et al. 1981; Scialfa et al. 1988; Ishigaki & Miyao 1994a, b; Banks et al. 2004), wobei die Winkelgeschwindigkeit konstant bleibt. Sie repräsentiert das räumliche Auflösungsvermögen des Auges für sich bewegende Objekte.

Es werden zwei Formen des Bewegungssehens unterschieden: das **afferente und efferente dynamische Bewegungssehen**. Die Form des afferenten Bewegungssehens ist durch eine schnelle Reizung und Erregung der Retinarezeptoren in der Netzhautperipherie gekennzeichnet. Diese Reizung wird durch ein sich schnell bewegendes Objekt über den Gesichtsfeldbereich bei geradeaus fixiertem Blick generiert. Da die Sensorendichteverteilung der Zapfen von 5 ° nasal bzw. temporal der optischen Achse nach peripher 90 ° nasal bzw. temporal der optischen Achse rapide abnimmt, wird in der Netzhautperipherie ein gutes räumliches Auflösungsvermögen nicht mehr gewährleistet (Jendrusch et al. 1999a, b; Eysel 2005a, b; Silbernagl & Despopoulos 2007).

Man bezeichnet das afferente Bewegungssehen auch als retinale Bildwanderung. Über die Retina wird das afferente Bewegungssehen (afferente dynamische Sehen) vermittelt, das den Input für das efferente Bewegungssehen (efferente dynamische Sehen) realisiert (Jendrusch et al. 2001; Wist & Ehrenstein 2001; Ehrenstein 2003; Jendrusch 2006; Ehrenstein & Jendrusch 2008; Jendrusch & Ehrenstein 2008).

Für die Identifizierung von Details des bewegten Objektes muss dieses in der Fovea centralis abgebildet werden. Aus der auftauchenden Bewegung in der Gesichtsfeldperipherie resultiert eine reflektorische Sakkade, die eine Fixierung des Objektes in der Fovea centralis ermöglicht. In der Fovea centralis (bei 5 ° temporal der optischen Achse) können Objekte durch die hohe Sensorendichte der Zapfen scharf abgebildet werden (Jendrusch et al. 1999a, b; Eysel 2005a, b; Silbernagl & Despopoulos 2007).

Die Fovea centralis kann mit dem bewegten Objekt durch koordinierte Augenbewegungen (evtl. Kopf- und Körperbewegungen) mitgeführt werden. Dieser Vorgang wird als efferentes Bewegungssehen bezeichnet (Crone 1975; Breitmeyer & Ganz 1976; Neumaier 1979; Wist & Ehrenstein 2001; Gralla 2007; Ehrenstein & Jendrusch 2008). Das efferente dynamische Bewegungssehen („dynamische Sehleistung“) wird als die Fähigkeit des Sehens bei konjugierten Augenbewegungen definiert; deren Funktion ist es, sich bewegende Objekte in der Fovea

centralis („Punkt des schärfsten Sehens“) zu fixieren und somit scharf abzubilden (Wist & Ehrenstein 2001; Ehrenstein 2003; Jendrusch 2006; Gralla 2007).

Als Synonym für das efferente dynamische Bewegungssehen oder auch die efferente dynamische Sehleistung findet man auch den Ausdruck „durch die Blickmotorik gestütztes Bewegungssehen“ (Mewes et al. 2008). In der Literatur wird der oben beschriebene Vorgang des efferenten dynamischen Bewegungssehens auch als dynamisches Sehen bezeichnet: „Dynamisches Sehen beschreibt zunächst die Leistungsfähigkeit des Sehens bei konjugierten Augenbewegungen“ (Ehrenstein & Jendrusch 2008; Mewes et al. 2008). Eine weitere Kenngröße des efferenten Bewegungssehens neben der koordinativen Blickmotorik der Augenmuskulatur realisiert durch Augenfolgebewegungen ist die sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (Ehrenstein & Jendrusch 2008).

Unsere Untersuchungen zielten auf die Prüfung der blickmotorisch- oder leuchtdichteunabhängigen dynamischen Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast [afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast; „dynamic vision based on motion contrast“ oder „dynamic visual performance“ (Schrauf et al. 1999; Wist et al. 1998, 2000; Wist & Ehrenstein 2001)] ab.

Der in dieser Studie verwendete Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (DTDS) erzeugt den Prüfreiz, im Gegensatz zu bisherigen Tests, basierend auf Bewegungskontrast. Das heißt, ein Objekt (als Prüfzeichen) erhält erst durch Bewegung innerhalb des Prüfzeichens eine sichtbar werdende Gestalt (Wist et al. 1998; Schrauf et al. 1999; Wist & Ehrenstein 2001). Dieser Sehtest prüft auf unkomplizierte Weise die psychophysikalischen und elektrophysiologischen Aspekte der dynamischen visuellen Funktionen (Wist et al. 1992, 1994, 1996, 1998; Ehrenstein & Wist 2003). Die VEPs der EEG-Messung korrelieren mit der afferenten dynamischen Sehleistung, aber nicht mit dem statischen Visus (Wist et al. 1996).

Basisinformationen über die Sehfunktion erhalten wir durch die klassische Sehdiagnostik, die aber einseitig und begrenzt in ihrer Aussagefähigkeit sind (Krueger 1999; Ehrenstein & Schlykowa 2000; Ehrenstein & Jendrusch 2008), z. B. bei Fragestellungen zur Beurteilung der visuellen Leistungsfähigkeit für einen bestimmten Arbeitsplatz oder bezogen auf die Fahr- und Steuertätigkeit.

Nicht nur aus klinischer Sicht, sondern auch um die Beurteilung der Aussagekraft der dynamischen Sehfähigkeit und deren Relevanz für verschiedene Berufe (u. a. Kfz-Fahrern, Sportlern) weiterführend zu eruieren, benötigen wir Informationen über das dynamische Sehen (Hoffmann et al. 1981; Tidow et al. 1987; Ehrenstein & Jendrusch 2008).

Der statische Visus gibt uns Kenntnis über die Sehschärfe bei Sicht in eine stationäre, unbewegte Umwelt. Die täglichen Anforderungen an die visuellen Funktionen des menschlichen Auges entsprechen jedoch nicht dem Abbild einer statischen Umgebung, somit bietet der Visus kein realistisches Maß zur Beurteilung der visuellen Fähigkeiten (Tidow et al. 1987; Banks et al. 2004; Ehrenstein & Jendrusch 2008). Über die Augen werden bis zu 95 % der Umwelteindrücke transportiert (Schnell 1997, 1999). Die dynamische Sehleistung ist deutlich von der statischen Sehschärfe mit der Überprüfung durch den konventionellen Landolt-Test (Landolt 1905) zu unterscheiden (Wist et al. 1998).

Aus sinnesphysiologischer, neuroanatomischer und psychophysischer Sicht setzt sich das visuelle System aus zwei Teilsystemen zusammen. Man differenziert zwischen dem P- und M-System (Dubner & Zeki 1971; Zeki 1993; Spillmann & Ehrenstein 1996). Zum Sehen von statischen, tonischen Zuständen dienen die Axone der X-Ganglienzellen des kleinzelligen oder parvozellulären (P-) Systems mit hoher räumlicher, aber niedriger zeitlicher Auflösung (sog. „zentrales Sehen“). Das Bewegungssehen (sog. „peripheres Sehen“) wird über die Axone der Y-Ganglienzellen zugehörig zum großzelligen oder magnozellulären (M-) System mit einer niedrigen räumlichen und hohen zeitlichen Auflösung weitergeleitet (Lovegrove 1993; Zeki 1993; Spillmann & Ehrenstein 1996; Eysel 1998; Haarmeier 2006; Gralla 2007).

Acheson & Sanders (1995) nennen zwar in ihrem Übersichtsartikel klassische Standardverfahren zur Bestimmung der visuellen Funktionen, jedoch bleibt der Dynamische Sehtest zur Augenfunktionsprüfung unerwähnt. Auch im Bereich des Sports hat die afferente dynamische Sehleistung noch keinen relevanten Stellenwert erreicht. Für die Prüfung der Sehleistungen bei Sportlern gibt es konzipierte Testbatterien von Christianson & Winkelstein (1988) mit 11 Prüfverfahren, zu denen die dynamische Sehleistung jedoch nicht gehört.

Auch in der Arbeitsmedizin gehört die Testung der afferenten dynamischen Sehleistung nicht zu den klassischen Verfahren der Augenfunktionsprüfung bei den arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

Als weiteren Punkt gilt es, die verkehrsrelevante Situation zu betrachten. Hier konnten Leibowitz et al. (1995) keinen Zusammenhang zwischen Autounfällen und der statischen Sehschärfe nachweisen. Nach Ehrenstein et al. (1996) hat der statische Visus keine Aussagekraft über die Wahrnehmung von Bewegungskontrastreizen. Das Führen eines Kfz stellt eine sehr komplexe Handlungskette dar (Krueger 1999). Die Kontrolle über ein Automobil entspricht einer dynamischen Abfolge, bei der die Wahrnehmung von Objektbewegungen ein kritischer Punkt ist (Ehrenstein & Wist 2003). Insbesondere für Fahr- und Steuertätigkeiten sind gute Ergebnisse bei statischer Sehschärfeprüfung nicht als Äquivalent der afferenten dynamischen

Sehleistung zu bewerten (Krueger 1999; Ehrenstein & Schlykowa 2000). Ulmer (2003) spricht von einer Überbewertung der statischen Visusüberprüfung in Hinblick auf die FeV.
Das Fehlen des Dynamischen Sehtests liegt nicht in der Bedeutungslosigkeit für Klinik und Praxis, sondern vielmehr in der Methodik der Messung begründet. Diese erwies sich als zeitaufwendig, umständlich und fand deshalb keinen Einzug in die alltägliche Routinediagnostik (Wist et al. 1998; Wist & Ehrenstein 2001).
Aus diesem Grund wurde ein computergestützter Test von der Düsseldorfer-Dortmunder Gruppe entwickelt, der die psychophysikalischen und elektrophysiologischen Aspekte der dynamischen Sehfunktion komplementiert (Wist et al. 1992, 1994, 1996, 1998). Der rechnergestützte Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (DTDS) von Wist benutzt als Testimpuls ein Zufallspunkt-Kinematogramm (van Doorn & Koenderink 1982, 1983; van de Grind et al. 1983; Regan & Beverley 1984), das durch Bewegungskontrast gekennzeichnet ist (Wist et al. 1998). Durch kohärente Pixelbewegungen im Bereich des Sehzeichens hebt es sich von der Umgebung ab. Es entsteht eine kinetische Kontur. Bedingt durch den Bewegungskontrast wird der Prüfreiz kurzfristig sichtbar (Wist et al. 1998).
Aufgrund der dynamischen Figur-Grund-Abhebung („form from motion“) wird der Stimulus enttarnt (Wist et al. 1998; Spillmann & Ehrenstein 2004). Die genaue Beschreibung des DTDS ist im Kapitel 3.5 Dynamischer Sehtest wiedergegeben. Ein Vorteil dieser Methodik ist, dass durch die Kürze des Prüfreizes weder Augen- noch Kopfbewegungen stattfinden, die bei der Routinediagnostik als Störfaktoren zu unterbinden wären (Wist et al. 1998; Wist & Ehrenstein 2001; Mewes et al. 2008).
Die dynamische Sehleistungsmessung ist trotzdem umständlich, weil es keine standardisierte, effiziente und flexible Vorrichtung zur Bewertung der dynamischen Sehschärfe (DVA = dynamic visual acuity) oder der afferenten dynamischen Sehleistung (dynamic visual performance) gibt (Al-Awar Smither & Kennedy 2010). Die afferente dynamische Sehleistung wird von vielen Faktoren beeinflusst, die in den weiteren Kapiteln detailliert beschrieben werden.

1.2.1 Dynamische Sehleistung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Die Definition des Alters ist eine statistische Zuschreibung, mit der in Deutschland ein Mensch ab dem 65. Lebensjahr als „alter Mensch“ („Senior“) deklariert wird (Bakaba & Ortlepp 2010). Die subjektive Einschätzung älterer Menschen über ihren eigenen Abbauprozess ist oft fehlerhalft. Innerhalb der Gruppierung älterer Menschen erscheint die individuelle altersbedingte Entwicklung als ausgesprochen inhomogen und differenziert (Kocherscheid & Rudinger 2005).

Als Folge der steigenden Mobilität älterer Menschen sind die alarmierend gestiegenen Unfallzahlen mit Beteiligung dieses Personenkreises bezeichnend (Bakaba & Ortlepp 2010). Die Ergebnisse von Holte & Albrecht (2004) erörtern den Einfluss von Krankheitsstatus und Medikation auf die Mobilitäts- und Unfallbeziehung. Die Kombination von Krankheit und Alter hat einen einschränkenden Einfluss auf das Mobilitätsverhalten, wobei das Alter mehr zur Limitierung beiträgt als die Medikation. Ein Mensch ab 60 Jahren mit mindestens einer Krankheit verfügt nur begrenzt über ein optimales Verkehrsverhalten im Vergleich zu jüngeren Verkehrsteilnehmern. Die von älteren Menschen verursachte Unfallschwere ist überdurchschnittlich hoch. Ältere Menschen rufen mehr Unfälle auf Innenortsstraßen hervor und bedingen ca. die Hälfte der Unfälle auf Autobahnen (Baier & Schäfer 2009).

Defizite in der visuellen Wahrnehmung insbesondere des Gesichtsfelds können mit der Mobilitätsfähigkeit älterer Personen assoziiert werden (Patel et al. 2006). Auf Grund der Mobilitätsentwicklung (Oeltze et al. 2007) und der demografischen Entwicklung (Eisenmenger et al. 2006) soll die diagnostische Abklärung der Fahrfähigkeit älterer Verkehrsteilnehmer nicht allein durch die statische Visusprüfung und Leistungen in verkehrspsychologischen Testverfahren erfolgen, sondern auch mit dem Instrumentarium Dynamischer Sehtest überprüft werden.

Mit dem gestiegenen Durchschnittsalter der Bevölkerung resultieren Verschiebungen der Anteile der einzelnen Altersgruppen im erwerbsfähigen Alter. Man kann nicht von einer Linearität der Veränderung ausgehen, da die Jahrgangskohorten durch die Altersgruppen „hindurch altern“ (Wolff 2000; Buck et al. 2002; Lau-Villinger & Seitz 2002; Bellmann et al. 2003; Bonin et al. 2003; BMBF 2005; Priebe 2006; Riechenhagen 2006; Dostal 2009).

Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass eine reduzierte dynamische Sehschärfe (dynamic visual acuity = DVA) mit zunehmendem Alter zu verzeichnen ist (Burg 1966; Farrimond 1967; Scialfa et al. 1988; Long & Crambert 1990). Es folgten Studien von u. a. Ehrenstein et al. (1995), die den Alterseinfluss auf die afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast untersuchten. Es resultierten negative Korrelationen zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und dem Alter (Ehrenstein et al. 1995, 1996; Wist et al. 1997, 2000; Wist & Ehrenstein 2001). Wist et al. (2000) sowie Ehrenstein et al. (1995) zeigten durch ihre Untersuchungen eine jährliche Abfallrate der afferenten dynamischen Sehleistung von 0,6 %, wobei sich diese stärker ab 55 Jahren als zwischen 20 und 35 Jahren manifestierte. Andere Untersuchungen mit dem DTDS bekundeten bei 400 Probanden von zwischen 4 und 24 Jahren, dass die afferente dynamische Sehleistung mit dem Alter abfällt. Insbesondere fiel auf,

dass die afferente dynamische Sehleistung mit über 15 Jahren ihr Maximum erfährt und dann abflacht (Schrauf et al. 1999).

Dass es einen Zusammenhang zwischen dem dynamischen Sehen und dem Geschlecht gibt, bewiesen verschiedene Autoren. In zahlreichen Studien wurde demonstriert, dass Männer eine bessere dynamische Sehschärfe (DVA) gegenüber Frauen aufweisen (Burg 1966; Cratty et al. 1974; Long & Penn 1987; Rouse et al. 1988). Die Entwicklungsstudie der dynamischen Sehschärfe (DVA) bei Kindern von Ishigaki & Miyao (1994b) zeigte einen Anstieg der dynamischen Sehfähigkeit zwischen 5 bis 15 Jahren bei Jungen und Mädchen. Ab 15 Jahren flacht der Entwicklungsmodus ab. Ein Geschlechterunterschied wurde nur im Alter von 5 Jahren erkannt, hier hatten die Jungen eine signifikant bessere dynamische Sehschärfe als die Mädchen. Zu ähnlichen Ergebnissen für die Entwicklung der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen den Altersstufen 4 und 20 Jahren kamen auch Wist et al. (1997). Bis zum 20. Lebensjahr wurde eine Verbesserung verzeichnet, ab diesem Alterspeak folgte eine Plateauphase mit anschließendem Abfall nach dem 50. Lebensjahr.

Im Gegensatz zu Ishigaki & Miyao (1994a), die erklärten, dass die kindliche Entwicklung der dynamischen Sehschärfe mit 15 Jahren ihren Peak erreicht hat, fanden Giaschi & Regan (1997) heraus, dass die dynamische Sehschärfe der Kinder mit 7 bis 8 Jahren bereits Erwachsenenniveau hat. Eine andere Arbeitsgruppe um Millslagle (2004) prüfte die dynamische Sehschärfe bei 24 Kindern und Jugendlichen zwischen 11 und 14 Jahren. Die Analyse ergab unterschiedliche visuelle Fähigkeiten zwischen den Geschlechtern: die dynamische Sehschärfe von Jungen war deutlich besser als die der Mädchen.

In der Literatur sind zahlreiche Studien beschrieben, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Alter bzw. Geschlecht und binokularer afferenter dynamischer Sehleistung befassten. Unter dem Aspekt der monokularen Prüfung erfolgten noch keine Untersuchungen.

1.2.2 Dynamische Sehleistung unter dem Einflussfaktor Rauchen

Neben vielen Erkrankungen (Doll 2000) wie z. B. obstruktive Atemwegserkrankungen, kardiovaskuläre Erkrankungen und die Assoziation mit Karzinomen (Wyser & Bolliger 1997; Wiencke et al. 1999; Jöckel 2000; Haustein 2001), die durch das Rauchen verursacht werden, stehen auch Augenerkrankungen und Erblindung als Konsequenzen des Rauchens unter Verdacht.

Es gibt Hinweise, dass das Passivrauchen ebenfalls schädlich für die Gesundheit ist (Davis 1997; Haustein 2001; Deutsches Krebsforschungszentrum 2005a, b; U. S. Department of Health and Human Services 2006). Der erstmalige Konsum von Zigaretten erfolgt im Alter von 13 Jahren (Foltys 2008; Bundesministerium für Gesundheit 2009b); je jünger das Ein-

stiegsalter in den Zigarettenkonsum ist, desto wahrscheinlicher ist der weitere Konsum auch im Erwachsenenalter (Conrad et al. 1992; Chassin et al. 1996; Stanton et al. 1996; Janson 1999; Lando et al. 1999).

Bekannt ist, dass bei der Verbrennung von Tabak mindestens 4000 Substanzen und chemische Verbindungen entstehen, von denen über 50 kanzerogen und 100 als chemische Gifte einzustufen sind (Erb et al. 1999; Raupach et al. 2007). Unbekannt sind deren Wirkungen, Nebenwirkungen, Überlagerungen und Wirkungserhöhungen einzelner Substanzen im erhitzten Zustand und in der Gas- sowie Partikelphase des Rauches. Außerdem sind die Auswirkungen der im Tabak enthaltenen Substanzen auf das visuelle System zu klären. Rauchen ist ein Risikofaktor für atherosklerotische Komplikationen u. a. in der koronaren und zerebralen Zirkulation. Es ist bekannt, dass die Elastizität der Arterien bei Rauchern vermindert ist (Mahmud & Feely 2003; Lemogoum et al. 2006).

Nach neuen Erkenntnissen sind die schädlichen Auswirkungen des Rauchens auf die Blutgefäße zum Teil reversibel (Jatoi et al. 2007). Je länger die Ex-Raucher keinen Zigarettenkonsum hatten, desto elastischer waren ihre Gefäße. Auch Czernin & Waldherr (2003) vermuten, dass die durch das Rauchen verursachten Schäden in der Vasomotorik reversibel sind. Eine Ursache für die Effekte im visuellen System können Beeinträchtigungen im okularen vaskulären System sein, die zahlreich beschrieben sind (Morgado et al. 1994; Kaiser et al. 1997; Hammes 2011).

Das Tabakrauchen ist auch als ein Risikofaktor für die Entstehung von einigen okularen Krankheitsprozessen sehr gut bekannt (Cheng et al. 2000; deBlack 2003). Einige Augenkrankheiten wie Katarakt (Ojofeitimi et al. 1999; Congdon 2001; Wilson et al. 2001; Kelly et al. 2005), altersbedingte Makuladegeneration (McCarty et al. 2001; Khan et al. 2006), retinale Zentralvenenverschlüsse (Klein et al. 2000), anteriore ischämische Optikusneuropathie (Chung et al. 1994), endokrine Ophthalmopathie (Shine et al. 1990; Hamilton 1999) und das primäre Offenwinkelglaukom (Wilson et al. 1987; Wu & Leske 1997) sind mit dem Zigarettenrauchen assoziiert.

Akarsu et al. (2004) zeigten Effekte bei moderaten Rauchern im zentralen Gesichtsfeld. Hepsen & Evereklioglu (2001) beschrieben eine reduzierte retinale Sensitivität und periphere Scotomata im Gesichtsfeld starker Raucher. Die visuellen Beeinträchtigungen bei Rauchern sind dosisabhängig, das Risiko und manifeste Krankheiten steigen parallel mit Erhöhung des Smoking-Indexes (Solberg et al. 1998). Im Schrifttum werden qualitative Gefäßveränderungen (Beeinträchtigung der Durchblutungsgeschwindigkeit und des Blutflusses) unter Tabakkonsumierung zahlreich beschrieben (Friedman et al. 1995; Steigerwalt et al. 2000).

Friedman et al. (1995) zeigten Unterschiede der Durchblutungsgeschwindigkeit in der Choroidea und insbesondere in der Choriokapillaris beim Vergleich Raucher vs. Nicht-Raucher. Die Durchblutungsgeschwindigkeit war bei Rauchern reduziert. Diesen Effekt betrachteten die Autoren als einen der Risikofaktoren für die Entwicklung einer altersbedingten Makuladegeneration bei Rauchern.

Steigerwalt und Mitarbeiter (Steigerwalt et al. 2000) stellten bei Rauchern durch Farb-Duplex-Scanner-Messungen der A. ophthalmica, der A. centralis retinae und der A. ciliares posterior eine signifikante Minderung der Durchblutungsgeschwindigkeit in diesen Gefäßen fest. Außerdem fanden sie auch eine reduzierte Kapazität der Autoregulation der retinalen Gefäße bei Rauchern. Die Minderung der Durchblutungsgeschwindigkeit sei durch eine Erhöhung der peripheren vaskulären Resistenz zu erklären. Diese begründen die Autoren mit Vasospasmen der dünnen peripheren Gefäße der Netzhaut.

Die Studienergebnisse von Uz et al. (2003) zeigten eine signifikant reduzierte Kontrastempfindlichkeit bei starken Rauchern. Diesen Effekt assoziierten die Autoren mit dem niedrigeren Level von Mangan und Zink im Serum, der als Kofaktor in der Superoxid-Dismutase der Erythrozyten fungiert. Hingewiesen wurde auch auf die mögliche Rolle der Spurenelemente bei der rauchinduzierten Retinatoxizität.

Aus der Literatur schlussfolgern wir, dass Rauchen zu eindeutigen Durchblutungsstörungen im retinalen Gefäßsystem führt, wobei deren Mechanismus noch nicht eindeutig geklärt ist. Die Forschung wird herausgefordert, genauere Untersuchungen bei Durchblutungsstörungen der Netzhaut unter dem Einfluss von Tabak durchzuführen (Köhler 2003), da verschiedene Augenkrankheiten, wie z. B. die diabetische Retinopathie, mit Alterationen der retinalen Blutversorgung assoziiert sind.

In der aktuellen Literatur sind Untersuchungen zum Einfluss des Rauchens auf die dynamische Sehschärfe oder die afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast noch nicht beschrieben. Aufgrund der hohen Prävalenz von Rauchern insbesondere im jugendlichen Alter (Foltys 2008) und dem Stellenwert des Risikofaktors Rauchen (Peto et al. 1994; U. S. Department of Health and Human Services 2004; Deutsches Krebsforschungszentrum & Bundesärztekammer 2005; World Health Organization 1997, 2005) begründet sich die Fragestellung nach den Auswirkungen auf die afferente dynamische Sehleistung.

1.2.3 Dynamische Sehleistung unter dem Einflussfaktor akuter und chronischer Alkoholaufnahme

Die Wirkungen des Alkohols auf das visuelle System führen primär zur Einschränkung des Sehvermögens. Neben der allgemeinen Sehschärfe sind auch die Tiefensehschärfe, die Dämmerungssehschärfe und das räumliche Sehen vermindert (Nicholson et al. 1995; Klopf et al. 2002; Wehner 2007). Hinzu kommen u. a. eine erhöhte Lichtempfindlichkeit, Fixationsstörungen (Dreh- und Spontannystagmus), überschießende, sprunghafte Blickführungen sowie Fusionsstörungen bis hin zum Doppeltsehen (Anlage 1).

Durch die Einnahme von Alkohol sind Eignungsvoraussetzungen im Straßenverkehr eingeschränkt (Klopf et al. 2002; Gilg 2005; Berghaus & Brenner-Hartmann 2006; Wehner 2007; Kriechhammer et al. 2009; Müller-Trudrung 2009). Die Fahrtüchtigkeit ist unter jeder Dosis von Alkohol beeinträchtigt. Weitere Einflussfaktoren wie Alter, Alkoholtoleranz, Alkoholabhängigkeit, Trinkgeschwindigkeit und Getränkeart existieren als Determinanten, die einen Verkehrsunfall verursachen können. Die Wahrscheinlichkeit der Beeinträchtigung der Fahrsicherheit unter Alkohol ist größer als im Zustand der Nüchternheit (Klopf et al. 2002; Reichelt et al. 2003; Kriechhammer et al. 2009).

Mit steigender Blutalkoholkonzentration zeigen sich Störungen in der Bewegungskoordination, sodass sich Motorik und Reaktionsverhalten in Fahr- und Steuerfehlern äußern (Klopf et al. 2002; Schmidt & Schmidt 2003; Gilg 2005; Kriechhammer et al. 2009; BADS 2010). Unter medizinisch-psychiatrischen Aspekten wird zwischen der akuten Alkoholintoxikation nach einmaligem Konsum und der chronischen Alkoholvergiftung nach wiederholter Alkoholaufnahme unterschieden. Die Pathophysiologie bei einer akuten bzw. chronischen Alkoholintoxikation zeichnet sich durch die Liquorgängigkeit und Lipophilie des Alkohols aus. Bei der akuten Alkoholintoxikation resultiert eine temporäre Funktionsunfähigkeit der Nervenzelle im ZNS durch Lösungsprozesse an lipidhaltigen Nervenzellmembranen, die vom Absinken der Alkoholkonzentration im Liquor abhängig ist. Bereits geringe Mengen an Alkohol können zu Ausfällen in hochentwickelten Hirnarealen führen, die für das kritische Denken und die Fähigkeit, zwei bis drei Vorgänge parallel zu erfassen, verantwortlich sind (Ebert 2005; Huber 2005; Soyka 2006; Wehner 2007). Die lebensnotwendigen Hirnanteile (Formatio retikularis) werden erst bei hohen Alkoholdosen funktionsunfähig (Klopf et al. 2002; Soyka 2005).

Konsequenzen dessen chronischen Alkoholkonsums sind internistische und neurologische Folge- und Begleiterkrankungen (Klopf et al. 2002; Singer & Teyssen 2003).

Da die Stabilisierung des Blickes während der Bewegung (Laufen, Radfahren, Führen eines Fahrzeuges) die wichtigste Funktion des vestibulär-okulären Systems ist, stellt die dynami-

sche Sehschärfe mehr als nur einen natürlichen Prüfzustand dar (Schmäl et al. 2000, 2003). Einige Autoren (Honegger et al. 1970; Brown et al. 1975; Dressler et al. 1994; Miyao et al. 1994) untersuchten den Einfluss von Alkohol auf das dynamische Sehen bei beweglichem Ziel und stationärem Beobachter.

Das wissenschaftliche Schrifttum lässt Fragestellungen zur Wirkung der akuten und chronischen Alkoholaufnahme auf die visuelle Teilfunktion der afferenten dynamischen Sehleistung sowie die dynamische Sehschärfe ohne vestibuläre Beteiligung offen.

1.2.4 Dynamische Sehleistung bei verschiedenen Krankheitsbildern

Eine weitere Fragestellung ist die Beeinflussung der afferenten dynamischen Sehleistung durch verschiedene Morbi. Der Einfluss von Diabetes mellitus vom Typ 2 und arterieller Hypertonie auf die visuellen Funktionen wird im Folgenden beschrieben. Das simultane Auftreten von Diabetes mellitus Typ 2 und arterieller Hypertonie ist zumeist mit dem „Metabolischen Syndrom“ assoziiert, hinzukommen (viszerale) Adipositas, Dyslipoproteinämie, der sog. Lebensstil mit geringer körperlicher Aktivität und Rauchen (Maier et al. 2002; Fellers et al. 2010; Joost et al. 2010; Wagner 2011).

In vielen Studien wurde belegt, dass bei Erkrankungen wie Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie die retinale Durchblutung reduziert ist und verminderte visuelle Leistungen vorhanden sind (u. a. Kurtenbach et al. 1994; Fong et al. 1999; Maier et al. 2002; Große Darrelmann 2006; Hammes 2011).

Diabetes mellitus ist eine chronische Systemerkrankung, die u. a. mikrovaskuläre Pathologien verursacht. Die diabetische Retinopathie ist eine Folge des Diabetes mellitus, der bei 25 % der Patienten (≥ 15 Erkrankungsjahren) in Erscheinung tritt (Blum et al. 2007). Man differenziert anhand des Augenhintergrunds in eine nicht-proliferative und eine proliferative diabetische Retinopathie. Prä- und intraretinale Blutungen, Glaskörpereinblutungen, Netzhautablösungen und Makulaödem stellen Folgeerscheinungen einer diabetischen Retinopathie dar, die eine Visusreduktion verursachen (Emesz et al. 2001; Lang & Lang 2006; Grehn 2008; Böckelmann et al. 2010; Kollias & Ulbig 2010; Hammes 2011).

Das Stadium der proliferativen diabetischen Retinopathie ist durch eine retinale Neovaskularisation gekennzeichnet. Der pathogenetische Prozess wird durch hyperglykämische Gefäßveränderungen forciert. Als Konsequenz der Gefäßwiderstandserhöhung werden vermehrt Wachstumsfaktoren gebildet, die eine Neovaskularisation induzieren (Lang & Lang 2006; Grehn 2008; Lemmen 2008; Lemmen & Martin 2008; Böckelmann et al. 2010; Kollias & Ulbig 2010; Bausch 2011; Hammes 2011).

Nach Rinnert (2009) waren im Jahr 2000 ca. 2,5 Mio. im erwerbsfähigen Alter an Diabetes mellitus erkrankt, wobei die Zahl bis zum Jahr 2020 bis auf 2,8 Mio. ansteigen wird. Auch andere Autoren gehen von einem weiteren Anstieg der Diabetikerzahlen aus (Rose & Jung 2003; Schulze et al. 2010).

Die Beeinträchtigung der visuellen Fähigkeiten durch Diabetes mellitus wurde mehrfach in der Literatur erläutert (Sokol et al. 1985; Dosso et al. 1996; Liska & Dostalek 1999; Pahor 2003). Eine reduzierte Kontrastwahrnehmung (Harris et al. 1996), Veränderungen in der Kontrastempfindlichkeit (Ghafour et al. 1982; Howes et al. 1982; Hyvarinen et al. 1983; Trick et al. 1988; Nordmann et al. 1990; Arend et al. 1997; Hellstedt et al. 1997; Ismail & Whitaker 1998; Liska & Dostalek 1999; Böckelmann et al. 2010), eine Visusreduktion in Relation zur Vergrößerung der perifokalen interkapillaren bzw. avaskulären Zone (Arend et al. 1991, 1994, 1995) und Farbsehstörungen (Lüthke et al. 2010) wurden beschrieben.

Eine chronische arterielle Hypertonie geht mit arteriosklerotischen Prozessen der okulären Gefäße (wie A. ophthalmica, A. centralis retinae, Aa. ciliares anteriores und posteriores) einher (Smith et al. 2004; Große Darrelmann 2006; Lang & Lang 2006; Grehn 2008; Tanabe et al. 2010).

Die Autoregulation der retinalen Zirkulation kompensiert den arteriellen Hypertonus mit einer Erhöhung des Gefäßwiderstands (Brunner et al. 1985). Durch Endothelstörungen der Gefäße werden vasoaktive Substanzen wie PDGF (platelet derived growth factor) und Thromboxan A2 freigesetzt (Große Darrelmann 2006).

Morphologische Veränderungen der arteriellen Hypertonie zeichnen sich im Augenhintergrund durch Hämorrhagien, Exsudate, „Cotton wool spots“ sowie Papillenödem bis hin zur Papillenatrophie ab (Große Darrelmann 2006; Lang & Lang 2006; Grehn 2008; Hammes 2011).

Ibrahim et al. (1998) und Kutschbach et al. (1998) konstatierten nummerische und morphologische Veränderungen der perifovealen Gefäße der Netzhaut durch einen Hypertonus. Untersuchungen der visuellen Funktionen (u. a. Kontrastempfindlichkeit, Gesichtsfeldbefunde) unter dem Einfluss von arterieller Hypertonie geben keine Hinweise auf deren Einschränkungen (Schröder et al. 2003; Böckelmann et al. 2010).

Inwieweit sich Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder arterielle Hypertonie auf die afferente dynamische Sehleistung auswirken, wurde in Studien bisher noch nicht gezeigt.

1.2.5 Zusammenhang zwischen dynamischer Sehleistung und statischer Sehschärfe

Die ersten Arbeiten über die dynamische Sehschärfe (DVA) erschienen von Ludvigh (1948) und Ludvigh & Miller (1953, 1958). Es folgten weitere Untersuchungen mit dem Resultat, dass eine nur geringe bis keine messbare Korrelation zwischen der dynamischen und der statischen Sehschärfe bestand (Warden et al. 1945; Behrens 1958; Hulbert et al. 1958; Crawford 1960; Burg & Hulbert 1959, 1961; Elkin 1962; Erickson 1963; Weissmann & Freeburne 1965; Burg 1966; Schober et al. 1967; Reading 1972; Fergenson & Suzansky 1973; Long & Penn 1987; Scialfa et al. 1988; Long & Crambert 1990; Ishigaki & Miyao 1994a). Die Studien beziehen sich lediglich auf die Messungen bei Erwachsenen. Zum Teil resultieren Ergebnisse aus Untersuchungen, die unabhängig davon waren, ob sich das Objekt oder der Beobachter bewegte (Miller 1958; Schober et al. 1967; Schnell 1996).

Auch bei den Untersuchungen von Wist et al. (1996, 2000), Schrauf et al. (1999) sowie Ehrenstein et al. (1995) ergaben sich keine bzw. nur geringe signifikante Korrelationen zwischen der binokularen DTDS-Sehleistung und der durch den Landolt-Test bestimmten statischen Sehschärfe.

Inwieweit ein Zusammenhang zwischen der monokularen afferenten dynamischen Sehleistung und der monokularen Sehschärfe besteht, wurde in Untersuchungen noch nicht aufgezeigt.

1.2.6 Zusammenhang zwischen dynamischer Sehleistung und Kontrastempfindlichkeit

Eine weitere Teilleistung des visuellen Systems ist die Kontrastempfindlichkeit (KE). Mittels KE lässt sich das räumliche Orientierungsvermögen oder das Identifizieren von Gegenständen bei reduziertem Kontrast (schlechte Lichtverhältnisse, Nebel, Dämmerung) besser beurteilen als durch die alleinige Visusprüfung (Arden 1987; Rassow 1988; Paliaga 1993; Böckelmann et al. 2002; Bach et al. 2008; Wilhelm 2008).

Der Ausfall von Frequenzen betrifft immer einen ganzen Bereich, daher reicht zur Einordnung der Kontrastempfindlichkeit die Untersuchung der Frequenzen 1,5; 3; 6; 12 und 18 cpd aus. Kontrastempfindlichkeitskurven können pathologische Veränderungen des Auges beschreiben, die mit anderen visuellen Funktionsprüfungen nicht nachgewiesen werden können (Paliaga 1993; Lindner et al. 1999). Dazu gehören bspw. Medientrübungen (Cornea, Lens), Retinopathien, Optikusneuropathien, Amblyopien sowie dystrophe Prozesse an Retina und Choroidea (Regan 1988; Kupersmith et al. 1989; Nadler et al. 1990; Lindner et al. 1999).

In der Literatur wurde eine Beziehung zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Kontrastempfindlichkeit noch nicht beschrieben, sodass hier ein neuer wissenschaftlicher Aspekt auf diesem Gebiet vorliegt.

1.2.7 Dynamische Sehleistung im Sport

Es existieren zahlreiche repräsentative Studien über die Thematik „Bewegungssehen und Sport“ (u. a. Whiting 1973; Tidow 1983, 1993, 1996; Abernethy & Neal 1999; Neumaier & Jendrusch 1999; Williams et al. 1999; Abernethy et al. 2001; Jackson et al. 2006). Die Mehrzahl dieser Studien bezieht sich jedoch auf sportophthalmologische und sinnesphysiologische Forschungsaspekte, die von geringer sportpraktischer Relevanz sind (Gralla 2007).

Die Wahrnehmung der Aktionen und Reaktionen des Gegners bzw. der Gegner als auch der Mitspieler in Mannschaftssportarten und damit die visuellen Funktionen wie das Bewegungssehen bzw. periphere Sehen (u. a. Berman 1988; Menge 1993; Voigt & Westphal 1995a, b; Wist & Ehrenstein 2001; Millslagle 2004; Schorer & Wörner 2005; Jendrusch 2006; Jendrusch & Ehrenstein 2008) sind mitentscheidend für den sportlichen Erfolg (Sanderson & Whiting 1974; Morris & Kreighbaum 1977; Neumaier 1988; Jendrusch 1995; Schnell 1999; Augsburg 2001; Jendrusch et al. 2001; Jendrusch & Ehrenstein 2008).

Physische und / oder psychische Belastungen haben einen Einfluss auf die visuelle Sehleistung, die für die Sportpraxis von Relevanz sind / ist (Jendrusch et al. 1994, 2001; Millslagle et al. 2005; Mewes et al. 2008). Eine Verbesserung der statischen Sehschärfe in der Nachbelastungsphase von Sportlern wurde von zahlreichen Autoren beschrieben (u. a. Krestownikow 1953; Whiting & Sanderson 1972; Neumaier 1988; Ishigaki et al. 1991; Jendrusch et al. 2001). In Untersuchungen von anderen visuellen Teilleistungsbereichen wie dem Bewegungssehen (Jendrusch et al. 1994), der Kontrastempfindlichkeit und dem räumlichen Sehen (Jendrusch 1995; Jendrusch et al. 1998) wurden durch körperliche Belastungen Steigerungen in einzelnen Parametern nachgewiesen.

Es gab Vergleichsuntersuchungen der visuellen Fähigkeiten von Sportlern bzw. Sportlern mit hohem Leistungsniveau und Nicht-Sportlern bzw. Sportlern mit geringerem Leistungsniveau (u. a. de Marées 1992; Melcher & Lund 1992; Tidow 1993; Jendrusch 1995; Jendrusch et al. 1999c; Schnell 1999; Jendrusch 2006) zu dynamischen Sehschärfe (u. a. Beals et al. 1971; Sanderson & Whiting 1974; Morris & Kreighbaum 1977; Rouse et al. 1988; Long & Riggs 1991; Melcher & Lund 1992; Ishigaki & Miyao 1993; Millslagle 2000), peripheren Sehschärfe (u. a. Williams et al. 1994; Anzeneder & Boesel 1998; Helsen & Starkes 1999; Ando et al. 2001) sowie zur Augenmotorik (u. a. Hubbard & Seng 1954; Trachtman 1973; Rouse et al. 1988; Jendrusch 1995; Jendrusch et al. 1999c).

Alle oben aufgeführten Untersuchungen schlussfolgerten, dass Sportler mit hohem Leistungsniveau bessere visuelle Funktionen aufwiesen.

Eine Verbesserung der visuellen Funktionen (bspw. der Blickmotorik oder dynamischen Sehschärfe) durch ein unspezifisches Training ist möglich (u. a. Ludvigh & Miller 1954a, b; Stine et al. 1982; de Marées 1989; Long & Rourke 1989; Long & Riggs 1991; Starkes & Lindley 1994; Tidow 1993, 1996; Wood & Abernethy 1997; Jendrusch et al. 1999a; Banks et al. 2004). Jedoch wird kontrovers diskutiert, ob ein Training der sportartenspezifischen optometrischen Parameter zu einer sportlichen Leistungsverbesserung führt (Abernethy 1986; Hazel 1995; Williams & Grant 1999; Jendrusch & Brach 2003). Trotz der Fragwürdigkeit des Trainingseffekts werden u. a. von Voigt & Westphal (1995a), Bornemann et al. (1998), Jendrusch et al. (1999a), Matos & Godinho (2006) verschiedene Übungshinweise zum peripheren Sehen gegeben. Das dynamische Sehen ist nach Schnell (1996) trainierbar und vermag zu einer sportartenbezogenen Leistungsverbesserung führen, wobei nicht die physiologischen, sondern die kognitiven und koordinativen Prozesse verbessert werden.

In folgenden Abschnitten werden die einzelnen Aspekte dynamischen Sehens und der sportlichen Aktivität auf Leistungssportniveau näher erläutert. Die ersten Studien wurden von Ludvigh & Miller (1953, 1954a, b, 1958) durchgeführt, dabei wurde eine positive Auswirkung des Trainings auf die dynamische Sehfunktion festgestellt. Die deutlichste Verbesserung war bei Probanden mit anfangs sehr schlechten dynamischen Sehwerten zu verzeichnen. Dagegen ergab sich nur eine sehr geringe Veränderung der dynamischen Sehschärfe in der Probandengruppe mit den anfangs höchsten Werten.

Neben Long & Rourke (1989), Long & Riggs (1991) beschrieben auch Tidow (1996) und Banks et al. (2004) die Trainierbarkeit der dynamischen Sehschärfe in ihren Arbeiten. Long & Rourke (1989) sowie Tidow (1996) belegten insbesondere die Trainierbarkeit der sakkadischen und koordinativen blickmotorischen Leistungsfähigkeit.

Beals et al. (1971) zeigten, dass zwischen der dynamischen Sehschärfe und dem Erfolg im Sport (Korbwurfquote bei Basketballspielern) ein positiver Zusammenhang bestand. Je besser die dynamische Sehschärfe war, desto größer war die Erfolgschance im Spiel. Weitere Autoren wie Tidow (1996) oder Tullius (2001) befassten sich ebenfalls mit dieser Thematik. Beide Autoren fanden gleichsam eine positive Korrelation zwischen dem dynamischen Sehen und dem sportlichen Erfolg.

Bei dem Vergleich der dynamischen Sehschärfe von Sportlern und Nicht-Sportlern demonstrierten Bahill & LaRitz (1984) geringfügige Abweichungen der dynamischen Sehschärfe bei Topathleten gegenüber Nichtathleten. Sie schlussfolgerten, dass Athleten im Gegensatz zu

Nichtathleten eine bessere visuelle Fähigkeit besitzen. Die Tatsache, dass Sportler gegenüber Nicht-Sportlern eine bessere dynamische Sehschärfe haben, bestätigten die Untersuchungen von Rouse et al. (1988) sowie Ishigaki & Miyao (1993). Dagegen stellten Long & Riggs (1991) fest, dass Kollegeniveau-Athleten keine bessere dynamische Sehfähigkeit gegenüber Nicht-Sportlern hatten.

Inwiefern Veränderungen der dynamischen Sehleistung durch körperliche Belastung zu verzeichnen sind, wurde von verschiedenen Autoren überprüft. Mewes et al. (2008) befassten sich mit der von der Blickmotorik unabhängigen dynamischen Sehleistung. Die Studienergebnisse unter Verwendung des DTDS zeigten, dass direkt nach der unspezifischen fahrradergonomischen Belastung die dynamische Sehleistung abnahm, so dass sie unter dem Ausgangsniveau (vor Belastung) lag. In der Nachbelastungsphase (15 bzw. 30 min) wurde das Ausgangsniveau wieder erreicht oder dieses sogar leicht überschritten, wobei diese Werte statistisch nicht signifikant waren. Bei Betrachtung der belastungsintensivsten Probanden konnten dynamische Sehleistungsänderungen von 10 % als signifikant belegt werden.

Ein ähnliches Bild zeigten bereits frühere Prüfungen der dynamischen Sehschärfe unter der Steigerung der Belastungsintensität (Ishigaki et al. 1991; Jendrusch et al. 1994, 1998; Millslagle et al. 2005).

Offen bleibt vor allem die Frage, ob sich eine Verbesserung der dynamischen Sehleistung durch gezieltes Training oder durch reine Messwiederholung – beruhend auf einem Lerneffekt – einstellt. Aus der Literatur ist ersichtlich, dass die dynamische Sehschärfe (DVA) unter vielen Gesichtspunkten hinreichend betrachtet worden ist.

Die afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast wurde nur in wenigen Studien binokulär untersucht, sodass auch hier weiterer Forschungsbedarf besteht.

2 Zielstellung und Arbeitshypothesen

In der Arbeits- und Betriebsmedizin gehört die Testung der afferenten dynamischen Sehleistung nicht zu den klassischen Verfahren der Augenfunktionsprüfung bei den arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen. Die aktuellen DGUV-Grundsätze (G 25, 26, 37, 41) und die Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) verwenden die statische Visusprüfung zur Identifizierung von gesundheitlich bedenklichem Status.

Die Analysen der aktuellen Literatur zeigen, dass die statische Sehschärfe nicht ausreichend ist, um die afferente dynamische Sehleistung in physiologische oder pathologische Zustände einzuordnen. Am modernen Arbeitsplatz nehmen die Anteile der dynamischen Sehkomponente des visuellen Apparates stetig zu, was durch eine betriebsärztliche Vorsorge zu prüfen wäre.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin zu prüfen, ob die afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast von den Einflussfaktoren Alter, Geschlecht, Rauchverhalten, chronische Alkoholabhängigkeit, chronische Erkrankungen wie Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie, Visus und Kontrastempfindlichkeit abhängig ist.

Durch die Untersuchungen sollen folgende aus dem Literaturstand abgeleitete Arbeitshypothesen geklärt werden:

1. Mit dem Alter verschlechtert sich die afferente dynamische Sehleistung.

2. Männer und Frauen weisen eine unterschiedliche afferente dynamische Sehleistung auf.

3. Rauchen wirkt sich negativ auf das afferente dynamische Sehen aus.

4. Die Alkoholmenge hat einen negativen Einfluss auf die afferente dynamische Sehleistung.

5. Eine chronische Alkoholabhängigkeit nach ICD-10 führt zur Reduktion der afferenten dynamischen Sehleistung.

6. Die chronischen Erkrankungen Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie beeinflussen die afferente dynamische Sehleistung negativ.

7. Es besteht kein Zusammenhang zwischen statischer Sehschärfe und der afferenten dynamischen Sehleistung.

8. Es ist ein starker Zusammenhang zwischen der Kontrastempfindlichkeit und der afferenten dynamischen Sehleistung vorhanden.

9. Sportler aus Sportarten mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen an die visuellen Funktionen weisen Differenzen in der afferenten dynamischen Sehleistung auf.

10. Nach einer einmaligen Wiederholungsmessung des DTDS verbessert sich die afferente dynamische Sehleistung bei den Sportlern.

3 Probanden und Methoden

3.1 Probanden

Es konnten insgesamt 97 männliche und 77 weibliche Probanden zwischen 19,8 und 67,6 Jahren rekrutiert werden. Diese 174 freiwilligen Probanden wurden in folgende Gruppen eingeteilt:

- Gruppe D: Probanden mit Diabetes mellitus vom Typ 2,
- Gruppe AH: Probanden mit arterieller Hypertonie,
- Gruppe D+AH: Probanden mit Diabetes mellitus vom Typ 2 und arterieller Hypertonie,
- Gruppe A: Probanden mit diagnostizierter Alkoholabhängigkeit nach ICD-10 und
- Gruppe K: Kontrollpersonen; inklusive der Untergruppe von Sportlern.

Die männlichen und weiblichen Probanden wurden nach folgenden Einschlusskriterien ausgewählt (Tabelle 1): Das Symbol Plus „+“ für das Vorhandensein und das Zeichen Minus „-“ für das Nicht-Vorhandensein des entsprechenden Einschlusskriteriums.

Tabelle 1: Einschlusskriterien für die einzelnen Probandengruppen

Einschlusskriterien	Gruppe D	Gruppe AH	Gruppe D+AH	Gruppe A	Gruppe K
Freiwilligkeit	+	+	+	+	+
Klinisch gesund	-	-	-	-	+
Diabetes mellitus	+	-	+	-	-
Arterielle Hypertonie	-	+	+	-	-
Diagnostizierte Alkoholabhängigkeit in der Suchtklinik	-	-	-	+	-
Alkohol $\leq$ 250 g / Woche*	+	+	+	-	+
Alkohol > 250 g / Woche	-	-	-	+	-
Lebensalter 18 bis 70 Jahre	+	+	+	+	+

*nach Mergler et al. 1988; Grant & Schumann 1993; Campagna et al. 1996; Gobba et al. 2000

Die alkoholabhängigen Probanden wurden aus der Gruppe eines Entwöhnungstherapie-Kurses ausgewählt und erfüllten die diagnostischen Kriterien einer Alkoholabhängigkeit nach ICD-10. Die Trinkmengen in den letzten 12 Monaten wurden mittels Fragebogen erfasst (Anlage 2, Böckelmann 2006). Die Berechnung der Alkoholmenge erfolgte nach Anlage 3 (Böckelmann 2006). In der Gruppe der Alkoholabhängigen wurden die Anzahl der Jahre der Alkoholabhängigkeit, die Alkoholtypen, die Abstinenzphase in Monaten, der Alkoholkonsum in den letzten 12 Monaten und in den letzten 4 Wochen in g / Woche sowie die Anzahl der Abstinenztage in den letzten 4 Wochen erfasst.

Innerhalb der Kontrollgruppe nahmen gesondert 19 Sportstudenten freiwillig an der Studie teil. Die Qualität der sportlichen Aktivität der Sportler war zum Zeitpunkt der Untersuchungen auf Leistungssportniveau. Die Probanden wurden entsprechend ihrem visuellen Anforderungsprofil in 2 Sportgruppen eingeteilt. In der Sportgruppe I wurden Sportarten mit hohem Anteil an sich schnell bewegenden Objekten im visuellen Fokus des Sportlers zusammengefasst. Sportarten mit geringer Bewegungsdynamik im Sichtfeld des Sportlers wurden der Sportgruppe II zugeteilt. In der Sportgruppe I (Mannschaftssportarten wie Volleyball und Basketball) befanden sich 10 und in der Sportgruppe II (Individualsportarten wie Schwimmen und Rudern) 9 Probanden.

Als Ausschlusskriterien galten: Augenerkrankungen (z. B. Glaukom, Katarakt), Drogenkonsum (außer Nikotin und Alkohol), (korrigierter) Fernvisus < 0,58 und Medikamente mit Auswirkungen auf die Sehleistung (Grant & Schumann 1993; Rote Liste 2009).

3.2 Studiendesign

Alle Probanden wurden in einem geeigneten, störfreien Raum im Bereich Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg untersucht. Die Gesamtzeit für den kompletten Versuch betrug 30 Minuten und bestand aus folgenden Untersuchungsabschnitten:

1) **Die Basiserfassung** der soziodemografischen Daten über Alter, Geschlecht, Rauchverhalten sowie Alkoholkonsum erfolgte mittels standardisiertem Fragebogen.
2) **Der anamnestische Status** über Erkrankungen wie Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie, Operationen und Medikation wurde ebenfalls mittels standardisiertem Fragebogen erhoben.
3) **Die ophthalmologischen Untersuchungen** bildeten die Basis dieser Arbeit. Bei den Probanden wurden Visus, Kontrastempfindlichkeit und dynamisches Sehen monokular untersucht. Sehhilfen durften während der Untersuchung benutzt werden.

   Mit Ausnahme der Gruppe der Sportler wurde die afferente dynamische Sehleistung der Probanden mittels des Düsseldorfer Tests für Dynamisches Sehen (DTDS) von Wist einmalig an einem Tag erfasst. Eine zweimalige Erfassung der afferenten dynamischen Sehleistung an einem Tag erfolgte bei der Gruppe der Sportler. Die Zeitspanne zwischen der ersten und zweiten Messung betrug ca. 75 min.

Die genaue Beschreibung der einzelnen Untersuchungsmethoden erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln.

Ein positives Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Magdeburg und der Ärztekammer Sachsen-Anhalt lag vor.

3.3 Fernvisusbestimmung

Mit der Fernvisustafel Okulus 4606 wurde im Abstand von 5 m und einer Leuchtdichte von 100 cd / m² der Fernvisus monokular bestimmt. Als Sehzeichen wurden Zahlen verwendet, die vom Probanden benannt werden sollten. Gemessen wurde der Fernvisus mit Korrektur bei Brillenträgern und entsprechend ohne Korrektur bei Normalsichtigen. Bei einer Richtigerkennung von mehr als 60 % der Sehzeichen in einer Zeile wurde diese als korrekt erkannt gewertet (Wesemann 2002). Probanden mit einem Fernvisus von < 0,58 wurden von den weiteren ophthalmologischen Untersuchungen ausgeschlossen.

3.4 Kontrastempfindlichkeitstest

Um die weiteren Funktionen des visuellen Systems beurteilen zu können, wurde die Kontrastempfindlichkeit (KE) bestimmt (Böckelmann & Pfister 2007). In der vorliegenden Arbeit wurde die KE mit der VCTS-Tafel 6500 Version C (Vision Contrast Test System) der Firma VISTECH Consultans Incorporation, Dayton, Ohio, USA unter photopischen Bedingungen überprüft (VISTECH Consultans Incorporation 1983/1990).

Die VCTS-Tafel für die Ferne (Anlage 4) ist 93 x 67 cm groß und enthält Testfelder aus 7,4 cm großen Kreisen, die bei einer Testentfernung von 3 m und einer Beleuchtungsstärke von 100 cd / m², 1,6 ° entsprechen. Die VCTS-Tafel zeigt 5 Reihen mit den Ortsfrequenzen 1,5; 3; 6; 12 und 18 cpd. Jede Reihe besteht aus 9 Kreisen, wobei der Kontrast der Streifen von links nach rechts logarithmisch abnimmt. Die Streifen haben drei verschiedene Orientierungen: vertikal, 15 ° nach rechts bzw. links geneigt. Der 9. Kreis ist nur grau ohne Streifenmuster. Die KE wird durch den individuellen Schwellenkontrast bestimmt, wobei nur Muster mit einem überschwelligen Kontrast wahrgenommen werden. Die KE wird als Kehrwert des Schwellenkontrastes (KS) definiert. Dieser wird als KS = (L1 – L2) / (L1 + L2) bestimmt. Die Leuchtdichte des Objektes wird durch L1 und die Leuchtdichte der Umgebung durch L2 dargestellt.

Durch logarithmische Auftragung der einzelnen Werte erhält man die Kontrastempfindlichkeitsfunktion. Grafisch stellt sie den Verlauf eines umgekehrten „U“ dar und beschreibt die Grenze des Sehens. Der Proband hatte die Aufgabe, die Richtung der Streifen anzugeben. Die letzte richtig erkannte Orientierung der Streifen wurde in das Normogramm (Anlage 5) eingetragen und entspricht der KE bei der jeweiligen Ortsfrequenz. Das Normogramm repräsentiert die Referenzwerte für die Prüftafel als 90. Percentile der Normalpopulation im Altersbereich

zwischen 10 und 70 Jahren. Die KE-Werte der einzelnen Kreise sind aus der Anlage 6 zu entnehmen, in dieser sind die Orientierungen der Streifen und darunter die jeweiligen KE-Werte aufgeführt.

3.5 Dynamischer Sehtest

Zur Erfassung der afferenten dynamischen Sehleistung diente der rechnergestützte Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (DTDS) von Wist (Wist et al. 1998). Ein zufälliges Punktmuster mit einer Pixeldichte von 50 % und einem Leuchtdichtekontrast von etwa 90 % zwischen den dunklen und hellen Pixeln wurde auf einem Monitor eines Computers erzeugt. Die Dimensionen des Landolt-Ringes bezüglich der Pixel- und Winkeleinheiten sind in der Anlage 7 (nach Wist et al. 1998) dargestellt.

Im Durchmesser ist der Landolt-Ring 1,80 ° groß und zentral auf dem Bildschirm positioniert. Die Lücke in dem Ring misst 0,36 °. Der Landolt-Ring wird durch Bewegungskontrast definiert. Da die Pixeldichten von der Figur und vom Hintergrund identisch sind (50 % weiße und 50 % schwarze Pixel), ist auch die durchschnittliche Leuchtdichte der Figur und des Hintergrundes gleich. Die mittlere Leuchtdichte beträgt in der Regel 60 – 70 cd / m². Auf diese Art war der Leuchtdichtekontrast nicht an der Wahrnehmung des Rings beteiligt.

Der Begriff Bewegungskontrast ist definiert als Verhältnis der bewegten Pixelanteile in dem Ring zu den stationären Pixelanteilen in der Umgebung oder im Hintergrund. Wenn 100 % der Pixel sich im Ring bewegen, während 100 % im Hintergrund stationär sind, ist der Bewegungskontrast maximal. Diese Definition gilt für den Fall des stationären Hintergrunds. In dem Standardtest sind entweder 100, 50, 30 oder 20 % der Pixel im Zielbereich kurz in Bewegung dargestellt. Die Umgebungspixel bleiben stationär (Anlage 8).

In der hier vorliegenden Testversion ist der Durchmesser des Landolt-Rings konstant, während der Bewegungskontrast durch Variation des bewegten Pixel-Anteils innerhalb des Ringes gestaffelt wird. Der Landolt-Ring wird erst sichtbar, wenn sich die zufälligen Punkte kohärent nach links oder nach rechts mit einer Winkelgeschwindigkeit von 1,3 ° / s und einer Amplitude von 0,36 ° bewegen. Man spricht auch von einer dynamischen Figur-Grund-Abhebung („form from motion“). Der Bewegungsrichtungswechsel nach links oder nach rechts soll sowohl eine Bewegungsanpassung als auch eine Bewegungsnachwirkung verhindern.

Bei der Testdurchführung hatten die Probanden ein kleines, dunkles Ziel (0,07 °) in der Mitte des Bildschirms zu fixieren. Der Abstand zwischen den Augen und dem Bildschirm wurde konstant bei 100 cm gehalten; die Beobachtung erfolgte monokular. Nach der Fixation auf

einen Punkt in der Mitte des Displays wird die Leertaste gedrückt, um die Reizpräsentation einzuleiten. Die Bewegungsdauer wurde auf 280 ms gesetzt (20 Bilder x 14 ms, entsprechend einer Bildrate von 72 Hz mit einer räumlichen Verlagerung von einem Pixel zwischen den Präsentationen). Die Punkte fangen an, sich über eine Sekunde nach der Präsentation zu bewegen und bilden damit den Blickpunkt, der während der gesamten Testphase zu sehen ist. Eine Sekunde nach der Bewegung versetzt schaltet das Display auf das Medium grau.
Die Aufgabe war es, durch Drücken der Tastatur anzuzeigen, wo sich die Lücke im Ring befand. Die passenden vier möglichen Positionen sind: 12, 3, 6 oder 9 Uhr. Es gab keine Zeitbeschränkung für die Beantwortung und kein Feedback über erbrachte Leistungen. Der Test war nach 5 – 7 Minuten abgeschlossen. Bei der ersten Stufe wurden 100 % der Pixel innerhalb des Ringes bewegt, während im Hintergrund die Pixel stationär blieben. Unter den folgenden drei Bedingungen reduzierte sich die Anzahl der bewegten Pixel innerhalb des Ringes von 50 % auf 30 % und schließlich auf 20 %.
Der Ring wurde 20-mal für jede der vier Stufen vorgestellt, hierbei waren die Positionen der Öffnungen zufällig. In diesem Muster, mit stetiger Fixierung auf einen Punkt in der Mitte des Displays, war das Bewegungssignal rein afferent. Für die Datenanalyse wurden die erzielten Prozentsätze unterschiedlich gewichtet, damit sich die Trennschärfe des Tests besser darstellen lässt, somit trägt der Prozentsatz bei niedrigem Bewegungskontrast mehr zur Gesamtzahl bei als höhere Bewegungskontraststufen. Die unterschiedliche Wichtung der Prozentsätze ist erforderlich, um das Leistungsmaß des Probanden zu ermitteln. Zur Datenanalyse der Probandenangaben wurde das Leistungsmaß (Pw) nach Schrauf et al. (1999) verwendet (Anlage 9). Die Werte von p1, p2, p3 und p4 geben den Prozentsatz der richtigen Antworten für 100, 50, 30 und 20 % Bewegungskontrast wieder.

3.6 Statistik

Die Rohdatenaufarbeitung erfolgte mit dem Tabellenverarbeitungsprogramm Excel 2007. Als Software für die statistische Analyse wurde das Programm SPSS 15.0 verwendet. Die Auswertung der jeweiligen Leistungen in den einzelnen visuellen Tests erfolgte monokular.
Bei der Betrachtung des Alterseinflusses in den Altersgruppen 1 – 4 wurde die Differenzierung in das rechte und linke Auge nicht mehr beibehalten. Die statistische Auswertung basiert hier auf der Mittelung der Werte über beide Augen. Für die Überblicksschaffung an vorhandenen soziodemografischen Daten wurde zunächst eine deskriptive Analyse durchgeführt. Bei der Auswertung wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest überprüft, ob es sich bei den hier vorliegenden Daten um eine Normalverteilung handelt.

Nichtnormalverteilte Variablen wurden mittels Mann-Whitney-Test untersucht und bei normalverteilten Variablen wurde der t-Test nach Student durchgeführt. Im weiteren Vorgehen wurden Vergleiche hinsichtlich der abhängigen Variablen vorgenommen. Je nach Variablen kamen verschiedene Analysen zum Einsatz: Kreuztabellen mit Chi-Quadrat nach Pearson, allgemeines lineares Modell, ANOVA mit nachfolgendem Dunnett-T-Test bzw. ANOVA mit nachfolgendem Bonferroni-Test.

Zur Rangtestung fand der Krustal-Wallis-H-Test Anwendung. Abschließend wurde die Diskriminanzanalyse zur Bestimmung der Unterschiedlichkeit der Gruppen durchgeführt.

Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt. Für die Beschreibung wird verwendet: $p > 0,05$ ($^{n.\,s.}$); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**) und $p < 0,001$ (***). Die Korrelationsanalysen nach Pearson (für intervallskalierte bzw. normalverteilte Variablen) bzw. Spearmann (für ordinalskalierte bzw. nicht normalverteilte Variablen) wurden mit den folgenden Korrelationskoeffizienten beschrieben: bis 0,2 sehr geringe Korrelation, bis 0,5 geringe Korrelation, bis 0,7 mittlere Korrelation, bis 0,9 hohe Korrelation und über 0,9 sehr hohe Korrelation.

Die grafischen Darstellungen basieren auf relativen und absoluten Häufigkeiten, bei deskriptiven Statistiken wurden Mittelwert (MW) ± Standardabweichung (SD) oder Median mit Minimum (Min), Maximum (Max) und Signifikanzniveau (p) angegeben. Zudem fanden Boxplots mit kleinstem Wert, der nicht zu den Outlier-Werten zählt, erstem Quartilwert, Median, drittem Quartilwert sowie dem größten Wert, der nicht zu den Outlier-Werten zählt, als auch ein Streudiagramm Verwendung. In den Tabellen erfolgen die Angaben durch absolute oder relative Häufigkeiten, Mittelwerte (MW) ± Standardabweichung (SD), 95 %-Konfidenzintervall, Minimum (Min), Maximum (Max) und Signifikanzniveau (p).

Die Abbildungen zur Ergebnisdarstellung der Korrelationsanalyse beinhalten den Korrelationskoeffizienten (r) und das Signifikanzniveau (p).

4 Ergebnisse

4.1 Soziodemografische Daten

In den folgenden Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.6 wird auf die Ergebnisse der soziodemografischen Daten eingegangen. Dabei werden u. a. die Altersstruktur und Geschlechterverteilung, das Rauchverhalten und der Alkoholkonsum in den Probandengruppen vorgestellt.

4.1.1 Alter und Geschlecht

Insgesamt wurden 174 Probanden untersucht, von denen 97 Männer und 77 Frauen waren. Das Durchschnittsalter der Gesamtstichprobe betrug 42,7 ± 14,2 Jahre.

Die männlichen Probanden waren mit einem Durchschnittsalter von 39,5 ± 14,4 Jahren signifikant jünger ($p < 0,001$) als die weiblichen Probanden mit einem gemittelten Alter von 46,8 ± 12,9 Jahren (Tabelle 2).

Tabelle 2: Alters- und Geschlechterverteilung in der Gesamtstichprobe

Geschlechter-gruppen	Anzahl	Alter in Jahren (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		Min	Max	p
			Untergrenze	Obergrenze			
Männer	97	39,5 ± 14,4	36,6	42,4	20,2	67,6	0,001
Frauen	77	46,8 ± 12,9	43,9	49,7	19,8	65,0	

Die Altersverteilung innerhalb der Gesamtstichprobe zeigte, dass die Hälfte der 174 untersuchten Probanden nicht älter als 45 Jahre war (Anlage 10).

Entsprechend dem anamnestischen Status wurden die Probanden in folgende Kollektive eingeordnet: Typ-2-Diabetiker (D), arterielle Hypertoniker (AH), gleichzeitige Erkrankung an Diabetes mellitus vom Typ 2 und arterieller Hypertonie (D+AH), chronisch Alkoholabhängige (A) und Kontrollgruppe (K). 16 Probanden hatten Diabetes mellitus, 27 arterielle Hypertonie, 25 sowohl Diabetes mellitus als auch arterielle Hypertonie, 35 waren chronisch Alkoholabhängige und 71 Probanden gehörten der Kontrollgruppe an (Tabelle 3).

Tabelle 3: Altersverteilung in den Probandengruppen

Gruppe	Anzahl	Alter in Jahren (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		Min	Max	p_{ANOVA}	$p_{Dunnett\text{-}T}$
			Untergrenze	Obergrenze				
D	16	50,9 ± 11,6	44,7	57,1	20,2	65,0	< 0,001	< 0,001
AH	27	49,9 ± 9,6	46,1	53,7	27,8	63,5		
D+AH	25	56,9 ± 6,4	54,3	59,5	43,6	67,6		
A	35	43,4 ± 10,7	39,7	47,1	22,0	62,0		
K	71	32,9 ± 12,7	29,9	35,9	19,8	64,3		

Die Tabelle 3 repräsentiert die Altersheterogenität in den Gruppen D, AH, D+AH, A und K. Die Probanden der Gruppe K hatten mit 32,9 ± 12,7 Jahren eine deutlich jüngere Altersstruktur als die Gruppe D (50,9 ± 11,6 Jahre), die Gruppe AH (49,9 ± 9,6 Jahre), die Gruppe D+AH (56,9 ± 6,4 Jahre) und die Gruppe A (43,4 ± 10,7 Jahre). Beim Vergleich des Alters der einzelnen Probandengruppen mit der Kontrollgruppe wurden bei allen Probandengruppen signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) festgestellt.
Für die weiteren Betrachtungen wurde die Kontrollgruppe wie folgt unterteilt: in die Altersgruppen < 45 bzw. ≥ 45 Jahre sowie in 4 Altersgruppen (Tabelle 4).
Von den 71 Probanden des Kontrollkollektivs wurden 77,5 % (n = 55) in die Altersklasse < 45 Jahre und 22,5 % (n = 16) in die Altersklasse ≥ 45 Jahre eingeordnet.

Tabelle 4: Altersverteilung in der Kontrollgruppe

Gruppe	Altersverteilung in Jahren	Anzahl
1	20 bis < 25	30
2	26 bis < 35	18
3	36 bis < 45	7
4	46 bis < 65	16
Gesamt	20 bis 65	71

Durch die nachfolgende Tabelle 5 wird die Geschlechterverteilung innerhalb der Probandengruppen deutlich.

Tabelle 5: Geschlechterverteilung in den Probandengruppen

	Gruppe	D	AH	D+AH	A	K
Anzahl	**Männer**	9	8	11	26	43
	Frauen	7	19	14	9	28
	$p_{Chi\text{-}Quadrat}$	0,006				

In der Gruppe D waren 9 Männer und 7 Frauen vorhanden. Zudem ist erkennbar, dass die Männer in den Gruppen A (n = 26 vs. n = 9) und K (n = 43 vs. n = 28) gegenüber den Frauen dominierten. Hingegen waren mehr Frauen als Männer in den Gruppen AH (n = 8 vs. n = 19) und D+AH (n = 11 vs. n = 14) vertreten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab eine Signifikanz von p = 0,006. Die Geschlechterverteilung innerhalb der einzelnen Probandenkollektive war sehr inhomogen.

4.1.2 Rauchverhalten

Durch Datenerhebungen konnten 86 Probanden als Nicht-Raucher, 51 als Raucher und 37 als Ex-Raucher an der Gesamtstichprobe identifiziert werden. Damit nahmen mehr Nicht-Raucher als Raucher an der Studie teil.

Die Anlage 11 dokumentiert den Anteil der Nicht-Raucher, Raucher und Ex-Raucher in den verschiedenen Probandengruppen. Die grafische Darstellung in Form von Säulen spiegelt ein heterogenes Bild des Rauchverhaltens wider. Den größten Anteil an Nicht-Rauchern (64,8 %) wies die Gruppe K auf, demgegenüber befanden sich die meisten Raucher mit 80,0 % in der Gruppe A. Der größte Ex-Raucher-Anteil mit 44,0 % war in der Gruppe D+AH. Das beobachtete Rauchverhalten innerhalb der untersuchten Gruppen zeigte sich im Chi-Quadrat-Test nach Pearson ($p < 0,001$) als höchst unterschiedlich.

Tabelle 6 stellt die Männer- und Frauenverteilung bezüglich des Rauchverhaltens dar. Die Frauen (n = 46) hatten gegenüber den Männern (n = 40) den größeren Nicht-Raucher-Anteil. Zudem waren mehr Männer als Frauen Raucher (n = 35 vs. n = 16). Ebenfalls fand man bei den Ex-Rauchern einen größeren Männer- als Frauenanteil (n = 22 vs. n = 15). Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson bestätigte das unterschiedliche Rauchverhalten in den verschiedenen Geschlechtergruppen ($p = 0,031$).

Tabelle 6: Verteilung des Rauchverhaltens bei Männern und Frauen

	Gruppe	Nicht-Raucher	Raucher	Ex-Raucher
Anzahl an	**Männer**	40	35	22
	Frauen	46	16	15
	$p_{Chi\text{-}Quadrat}$	0,031		

Die Anzahl der konsumierten Zigaretten pro Tag der einzelnen Probandengruppen ist in Tabelle 7 dokumentiert. Zu erkennen ist, dass der Zigarettenkonsum mit 16,5 ± 10,6 Zigaretten pro Tag (Zig. / d) in der Gruppe A am höchsten war. Die Gruppe A konsumierte fast das 4-fache an Zigaretten gegenüber der Gruppe AH (4,2 ± 6,6 Zig. / d) und Gruppe K (3,9 ± 6,7 Zig. / d). Die Gruppe D hatte den nächst höheren Verbrauch (8,4 ± 9,2 Zig. / d) an Zigaretten, gefolgt von der Gruppe D+AH (6,2 ± 8,2 Zig. / d).

Tabelle 7: Zigarettenkonsum in den Probandengruppen

Gruppe	Zigarettenkonsum in Zig. / d (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		Min	Max	p_{ANOVA}	$p_{Dunnett\text{-}T}$
		Untergrenze	Obergrenze				
D	8,4 ± 9,2	3,5	13,3	0	20	< 0,001	A - K (< 0,001)
AH	4,2 ± 6,6	1,5	6,9	0	20		
D+AH	6,5 ± 8,2	3,1	9,9	0	25		
A	16,5 ± 10,6	12,8	20,1	0	40		
K	3,9 ± 6,7	2,3	5,4	0	30		

Bei der Betrachtung des Zigarettenkonsums (Tabelle 7) ließen sich höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen den Einzelgruppen feststellen. Beim Vergleich des Zigarettenkonsums pro Tag der einzelnen Probandengruppen mit der Kontrollgruppe ergaben sich nur

für die Gruppe der Alkoholabhängigen höchst signifikante Unterschiede. Alle anderen Probandengruppen waren mit der Kontrollgruppe vergleichbar.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Ergebnisse über den Raucherzeitraum in pack-years (PY) der einzelnen Probandengruppen zusammengetragen. Hier zeichnete sich ein ähnliches Bild wie beim Zigarettenkonsum je Tag ab. Die Gruppe A hatte den längsten Raucherzeitraum mit 17,5 ± 16,6 PY. In absteigender Länge des Raucherzeitraums folgten die Gruppe D (6,9 ± 8,6 PY), die Gruppe D+AH (6,6 ± 10,1 PY) und die Gruppe AH (5,0 ± 9,3 PY). Den geringsten Raucherzeitraum wies die Kontrollgruppe mit 2,7 ± 7,2 PY auf. Beim Raucherzeitraum (Tabelle 8) zeigten sich höchst signifikante Unterschiede im ANOVA-Test ($p < 0,001$) zwischen den Einzelgruppen. Im Einzelgruppenvergleich des Raucherzeitraums der Probandengruppen mit der Kontrollgruppe stellten sich höchst signifikante Unterschiede bei der Gruppe A dar. Die Probandengruppen D, AH und D+AH waren mit der Kontrollgruppe vergleichbar.

Tabelle 8: Raucherzeitraum in den Probandengruppen

Gruppe	Raucherzeitraum in PY (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		Min	Max	p_{ANOVA}	$p_{Dunnett-T}$
		Untergrenze	Obergrenze				
D	6,9 ± 8,6	2,3	11,5	0	29	< 0,001	A - K (< 0,001)
AH	5,0 ± 9,3	1,2	8,8	0	34		
D+AH	6,6 ± 10,1	2,5	10,8	0	30		
A	17,5 ± 16,6	10,5	24,5	0	56		
K	2,7 ± 7,2	0,9	4,4	0	38		

Die nachfolgenden Berechnungen basieren auf den 71 Probanden des Kontrollkollektivs. Die Nicht-Raucher (n = 46) waren im Durchschnitt 29,1 ± 10,6 Jahre, die Raucher (n = 10) 29,9 ± 9,2 Jahre und die Ex-Raucher (n = 15) 46,5 ± 11,6 Jahre alt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Zigarettenkonsum und Raucherzeitraum der Raucher und Ex-Raucher in der Kontrollgruppe

Gruppe	Anzahl	Alter in Jahren (MW ± SD)	Zigarettenkonsum in Zig. / d (MW ± SD)	Raucherzeitraum in PY (MW ± SD)
Nicht-Raucher	46	29,1 ± 10,6	0	0
Raucher	10	29,9 ± 9,2	9,1 ± 3,9	4,3 ± 2,5
Ex-Raucher	15	46,5 ± 11,6	13,0 ± 7,7	10,7 ± 12,4

Das Alter der einzelnen Gruppen unterschied sich im ANOVA-Test statistisch höchst signifikant. Im Altersvergleich von Rauchern bzw. Ex-Rauchern zu Nicht-Rauchern waren die Gruppen nicht miteinander vergleichbar. Der Zigarettenkonsum von Rauchern bzw. Ex-Rauchern betrug im Durchschnitt 9,1 ± 3,9 bzw. 13,0 ± 7,7 Zig. / d und der Raucherzeitraum lag bei 4,3 ± 2,5 bzw. 10,7 ± 12,4 PY (Tabelle 9).

4.1.3 Alkoholkonsum

Der tägliche Alkoholkonsum in den Untersuchungsgruppen D, AH, D+AH und K (Tabelle 10) variierte von 0 g / d (Min) bis 35,7 g / d (Max) innerhalb der letzten 12 Monate. Die Diabetiker hatten von den untersuchten Gruppen mit 12,4 ± 13,0 g / d die größte getrunkene Menge an Alkohol angegeben, damit lagen sie über der Alkoholmenge der Kontrollgruppe mit 9,3 ± 10,2 g / d. Die konsumierten Alkoholmengen der Gruppen AH und D+AH waren mit 7,7 ± 10,5 g / d und 8,1 ± 10,1 g / d unterhalb derer der Kontrollgruppe. Die einzelnen Gruppen D, AH, D+AH und K waren hinsichtlich der konsumierten Alkoholmenge miteinander vergleichbar.

Tabelle 10: Alkoholkonsum in den Probandengruppen

Gruppe	Alkoholkonsum in g / d (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		p_{ANOVA}	$p_{Dunnett-T}$
		Untergrenze	Obergrenze		
D	12,4 ± 13,0	5,4	19,3	n. s.	n. s.
AH	7,7 ± 10,5	3,5	12,0		
D+AH	8,1 ± 10,1	4,0	12,3		
K	9,3 ± 10,2	6,7	11,8		

Auch im Vergleich des Alkoholkonsums der einzelnen Probandengruppen zur Kontrollgruppe bestanden keine Unterschiede.

4.1.4 Chronische Alkoholabhängigkeit

In der Gruppe der Alkoholabhängigen wurden in den letzten 12 Monaten im Durchschnitt 880,0 ± 663,8 g / Woche (Median 840 g / Woche) Alkohol eingenommen. Das Minimum an Alkoholkonsum in der Gruppe der Alkoholabhängigen betrug 260 g / Woche und das Maximum 2818,8 g / Woche. Seit durchschnittlich 15,3 ± 11,7 Jahren waren die Probanden abhängig. Die Abstinenzphasen nahmen einen Zeitraum von durchschnittlich 13,4 Monaten (Median 0,6 Monate, Minimum bei 0 Monaten, Maximum bei 120,0 Monaten) ein. In den letzten 4 Wochen konsumierten die alkoholabhängigen Probanden 750,0 ± 594,9 g / Woche (Median 614,3 g / Woche, Minimum bei 260 g / Woche, Maximum bei 2151,0 g / Woche) Alkohol.
Die Anzahl der Abstinenztage in den letzten 4 Wochen belief sich auf 10,6 ± 10,5 Tage (Median 8 Tage, Minimum bei 0 Tagen, Maximum bei 27 Tagen). Entsprechend der Alkokoltypologie nach Jellinek (Laux 2005) wurden aus der Gruppe der Alkoholabhängigen 70,0 % vom Typ Delta und 30,0 % vom Typ Gamma beschrieben.

4.1.5 Chronische Erkrankungen

Die Probanden der Gruppe D waren im Durchschnitt 10,8 ± 9,5 Jahre an Diabetes mellitus vom Typ 2 und die der Gruppe AH 10,8 ± 9,2 Jahre an arterieller Hypertonie erkrankt. Probanden (Gruppe D+AH) mit beiden Erkrankungen (Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie) hatten seit 10,7 ± 6,6 Jahren Diabetes mellitus und seit 14,9 ± 13,3 Jahren arterielle Hypertonie.

Die Probanden sind in regelmäßiger augenärztlicher Konsultation. Es liegen aktuelle ophthalmologische Befunde aller Probanden vor. Pathologische Augenbefunde wie Katarakt, Medientrübungen, Glaukom, diabetische Retinopathie oder Fundus hypertonicus sind Ausschlusskritierien des Studiendesigns, daher wurden bei diesen Probanden die weiterführenden Untersuchungen nicht durchgeführt.

Bei folgenden Probanden wurden ophthalmolgische Status befundet, die jedoch nicht zum Ausschluss der Probanden führten: Zustand nach einseitiger Retinaablatio (n = 3), Zustand nach Glaskörpereinblutung (n = 1), manifestes Schielen (n = 1) und einseitige Hornhautkrümmung (n = 3). Die Probanden mit Diabetes mellitus und / oder arterieller Hypertonie waren entsprechend dem HbA1c-Wert bzw. dem Blutdruckwert medikamentös eingestellt.

4.1.6 Sportliche Aktivität

Für die Beurteilung des Einflusses der sportlichen Aktivität auf die afferente dynamische Sehleistung wurden aus dem Kontrollkollektiv 19 gesunde Sportstudenten selektiv auf ihre visuellen Leistungen betrachtet.

10 Probanden trainierten Mannschaftssportarten wie z. B. Volleyball, Hockey, Basketball etc. (Sportgruppe I) und die restlichen 9 Individualsportarten wie Schwimmen, Laufen, Rennrad u. a. (Sportgruppe II).

Tabelle 11: Alters- und Geschlechterverteilung in den Sportgruppen I und II

Gruppe	Anzahl	Anzahl Männer	Anzahl Frauen	Alter in Jahren (MW ± SD)
Sportgruppe I	10	7	3	22,6 ± 1,4
Sportgruppe II	9	8	1	23,7 ± 1,5

Die Sportgruppe I (22,6 ± 1,4 Jahre) und Sportgruppe II (23,7 ± 1,5 Jahre) waren bezüglich des Alters, der Geschlechterverteilung und des Rauchverhaltens vergleichbar (Tabelle 11).

4.2 Fernvisus

Von der Gesamtstichprobe (n = 174) wurden für das rechte und linke Auge Fernvisuswerte von 0,58 bis 1,25 ermittelt. Die rechten Fernvisuswerte der einzelnen Probandengruppen sind

in Anlage 12 dargestellt. Neben der Kontrollgruppe (1,0) hatte auch die Gruppe AH einen sehr guten Visus für das rechte Auge mit 1,0. Eine eingeschränkte statische Sehschärfe für das rechte Auge war bei den Gruppen D+AH (0,8), D (0,8) und A (0,8) zu erkennen.

Bei der Überprüfung des Visus für das linke Auge in den einzelnen Probandengruppen erwiesen sich lediglich die Fernvisuswerte der Alkoholabhängigen (0,8) als vermindert (Anlage 13). Bei der Kontrollgruppe, Gruppe D, AH und D+AH wurde ein sehr guter Visus mit 1,0 gemessen.

Durch die Berechnung mit dem Kruskal-Wallis-Test ergaben sich Unterschiede der Visuswerte des rechten und linken Auges mit $p < 0{,}001$ zwischen den einzelnen Probandengruppen. In Anlage 12 und Anlage 13 sind die signifikanten Differenzen zwischen einzelnen Probandengruppen und der Kontrollgruppe zusammengetragen. Hier wurden die Visuswerte für das rechte und linke Auge der Probandengruppe D, AH, D+AH und A mit denen der Kontrollgruppe verglichen. Zu erkennen war, dass im Vergleich der Visuswerte für das rechte bzw. linke Auge der Kontrollgruppe mit denen der Probandengruppen signifikante bis höchst signifikante Unterschiede vorhanden waren. Insbesondere für das rechte Auge wurden höchst signifikante Unterschiede bei allen Probandengruppen deutlich. Hingegen konnte für das linke Auge ein höchst signifikanter Unterschied nur beim Vergleich der Gruppe A mit der Kontrollgruppe bestätigt werden.

Der Einfluss der Kovariablen Alter, Geschlecht, Raucherzeitraum, Diabetes- und arterielle Hypertoniedauer wurde mit adjustierten Werten berechnet. Es zeigte sich, dass das Alter, Geschlecht, Rauchen und die Dauer der chronischen Erkrankungen keinen Einfluss auf den Visus in den Probandengruppen hatte.

Bei der Betrachtung der Kontrollgruppe ($n = 71$) in den Altersgruppen < 45 Jahre sowie ≥ 45 Jahre ergaben sich keine Unterschiede hinsichtlich der Visuswerte für beide Augen. Sie waren miteinander vergleichbar.

Differenziert nach den Altersgruppen 1 – 4 im Kontrollkollektiv wurden ebenfalls sehr gute Ergebnisse im statischen Sehtest mit einem medianen Fernvisus von jeweils 1,0 erfasst, wobei hier Visuswerte der gemittelten Augen benutzt wurden. Die einzelnen Altersgruppen waren hinsichtlich ihrer Visuswerte miteinander vergleichbar.

Bei den Nicht-Rauchern, Rauchern und Ex-Rauchern innerhalb der Kontrollgruppe ($n = 71$) wurde für beide Augen ein medianer Visus von 1,0 ermittelt. Es bestand eine Vergleichbarkeit in der statischen Sehschärfe.

Die Sportler (n = 19) in der Sportgruppe I und II hatten sowohl für das rechte als auch für das linke Auge einen medianen Visus von 1,0 (Min 0,58; Max 1,00). Zwischen den beiden Sportgruppen I und II ergab sich eine Vergleichbarkeit im Visus für beide Augen.
In den Versuchsgruppen (n = 174) wurden von einigen Versuchsteilnehmern Brillen getragen. Die Glasstärke lag für das rechte Brillenglas zwischen + 7,5 dpt und - 7,75 dpt und für das linke Brillenglas zwischen + 6,0 dpt und - 7,0 dpt.

4.3 Kontrastempfindlichkeit

Es wurden die KE der einzelnen Probandengruppen bei den Ortsfrequenzen 1,5; 3; 6; 12 und 18 cpd erhoben. Es lagen 165 KE-Werte für das rechte und linke Auge vor. Für 9 Probanden waren Daten von nur einem Auge vorhanden.
Die KE-Kurven des rechten und linken Auges der einzelnen Probandengruppen D, AH, D+AH, A und K verliefen kongruierend der 90. Perzentile der Normalpopulation im Altersbereich zwischen 10 und 70 Jahren. In Anlage 14 und Anlage 15 sind die Ergebnisse der KE des rechten und linken Auges der unterschiedlichen Probandengruppen bei den verschiedenen Ortsfrequenzen dargestellt.
Bei der Betrachtung der KE-Werte des rechten Auges (Anlage 14) der einzelnen Probandengruppen wurden bei 1,5 cpd hoch signifikante ($p = 0,008$), bei 3; 6 und 12 cpd ($p < 0,001$) sowie bei 18 cpd ($p = 0,001$) höchst signifikante Unterschiede festgestellt. Für die KE-Werte am linken Auge zeichnete sich eine ähnliche Konstellation ab. Bei den Ortsfrequenzen 1,5; 3; 6; und 18 cpd ($p < 0,001$) waren höchst signifikante und bei 12 cpd ($p = 0,006$) hoch signifikante Unterschiede zu beobachten (Anlage 15).
Im Vergleich der KE-Werte der einzelnen Probandengruppen mit der Kontrollgruppe stellten sich signifikante Unterschiede heraus. Die KE-Werte für das rechte und linke Auge von den Probanden mit einer (D oder AH) oder zwei chronischen Erkrankungen (D+AH) wiesen in allen Ortsfrequenzen signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe auf. Zudem zeigten sich Unterschiede der Alkoholabhängigen zur Kontrollgruppe für beide Augen bei den Ortsfrequenzen 3 und 18 cpd.
Nach Adjustierung der Kovariablen Alter, Geschlecht, Raucherzeitraum und Erkrankungsdauer blieb der Alterseffekt bei den Ortsfrequenzen 1,5 ($p = 0,037$); 3 ($p = 0,021$); 6 ($p = 0,004$) und 18 cpd ($p = 0,041$) erhalten.
Die Berechnung der KE (für die Probanden in der Kontrollgruppe mit n = 69) – eingeteilt in über und unter 45-jährige Probanden – ergab einen normgerechten Verlauf der KE-Funktion

und eine Vergleichbarkeit der beiden Gruppen. Von 2 Probanden lagen Daten von nur einem Auge vor.

In Anlage 16 sind die KE-Werte der Kontrollgruppe differenziert in die Altersgruppen 1 – 4 aufgeführt. Es ist erkennbar, dass die gemittelten KE-Werte über beide Augen im Referenzbereich liegen. Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigte bei allen Ortsfrequenzen keine signifikanten Gruppenunterschiede auf.

Die KE-Werte der Nicht-Raucher, Raucher und Ex-Raucher innerhalb der Kontrollgruppe wiesen für beide Augen einen Verlauf entsprechend dem Referenzbereich auf. Für beide Augen resultierten keine signifikanten Unterschiede der KE-Werte zwischen den einzelnen Gruppen.

4.4 Afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast

In den nachfolgenden Kapiteln 4.4.1 bis 4.4.9 werden die Ergebnisse von Einflüssen wie Lebensalter, Geschlecht, Rauchverhalten, Alkoholkonsum und chronische Krankheitsbilder auf die afferente dynamische Sehleistung erläutert. Insbesondere werden mittels Berechnungen von Korrelationsanalysen nach Pearson und Spearmann Beziehungen zwischen den Einflussfaktoren und der afferenten dynamischen Sehleistung hervorgebracht.

4.4.1 Alter als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Die afferente dynamische Sehleistung erhoben an der Gesamtstichprobe (n = 165) betrug für das rechte Auge 80,5 ± 22,5 % und für das linke Auge 81,2 ± 22,8 %. Für 9 Probanden waren Daten von nur einem Auge vorhanden. Bei der Prüfung des Alterseinflusses auf die afferente dynamische Sehleistung stellte sich heraus, dass die afferente dynamische Sehleistung des rechten bzw. linken Auges mit dem Alter negativ und statistisch höchst signifikant korrelierte ($r = - 0{,}510$; $p < 0{,}001$ bzw. $r = - 0{,}535$; $p < 0{,}001$).

Aus dem Vergleich der afferenten dynamischen Sehleistung beider als klinisch unauffällig bezeichneten Altersgruppen (Kontrollkollektiv, n = 69 – für 2 Probanden waren Daten von nur einem Auge vorhanden) zeigte sich, dass die Altersklasse unter 45 Jahre im Durchschnitt eine um 15,2 % bessere afferente dynamische Sehleistung für das rechte Auge aufwies als die Probanden über 45 Jahre (92,4 ± 11,8 % vs. 77,2 ± 25,5 %). Für das linke Auge erwies sich, dass die jüngeren Probanden mit 12,6 % besser im dynamischen Sehen waren als die Probanden über 45 Jahre (94,2 ± 11,1 % vs. 81,6 ± 16,1 %). Insgesamt waren beide Altersgruppen in ihrer afferenten dynamischen Sehleistung signifikant verschieden (rechtes Auge $p = 0{,}034$; linkes Auge $p = 0{,}001$) (Abbildung 1).

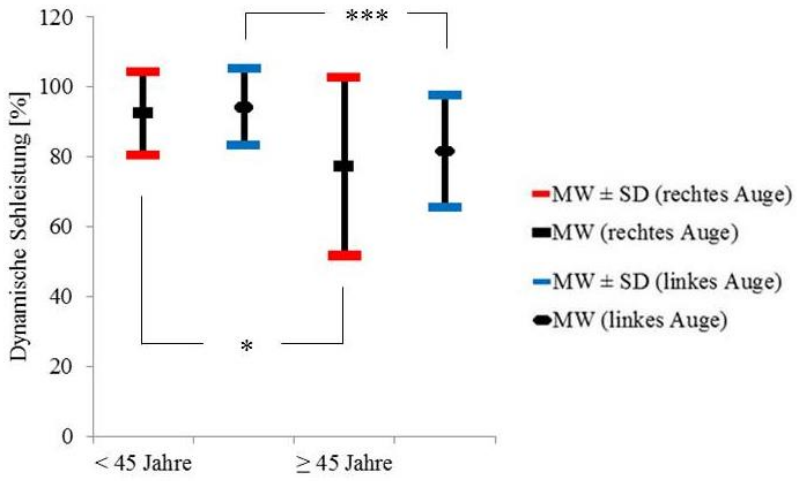


Abbildung 1: Dynamische Sehleistung für das rechte und linke Auge der unter und über 45-jährigen

Die Boxplot-Grafik (Abbildung 2) zeigt die Verteilung der afferenten dynamischen Sehleistung gemittelt über beide Augen in den einzelnen Altersgruppen 1 – 4 des Kontrollkollektivs (n = 69). Die afferente dynamische Sehleistung der Altersgruppen 1 und 2 lag bei 94,6 ± 9,7 % bzw. 94,9 ± 10,4 % Richtigantworten im DTDS. Eine schlechtere afferente dynamische Sehleistung hatten die Altersgruppen 3 und 4 mit 82,7 ± 8,0 % und 79,2 ± 19,0 %. Für die Leistungen im DTDS ergab die ANOVA einen signifikanten Effekt ($p < 0{,}001$). Die weiterführende Betrachtung der Mittelwerte der einzelnen Altersgruppen mit dem Bonferroni-Test zeigte zwischen den Altersgruppen 1 und 4 ($p = 0{,}002$) sowie 2 und 4 ($p = 0{,}007$) signifikante Unterschiede auf (Abbildung 2). Die Adjustierung nach Geschlecht und Raucherzeitraum wies keine Effekte auf die dynamische Sehleistung auf.

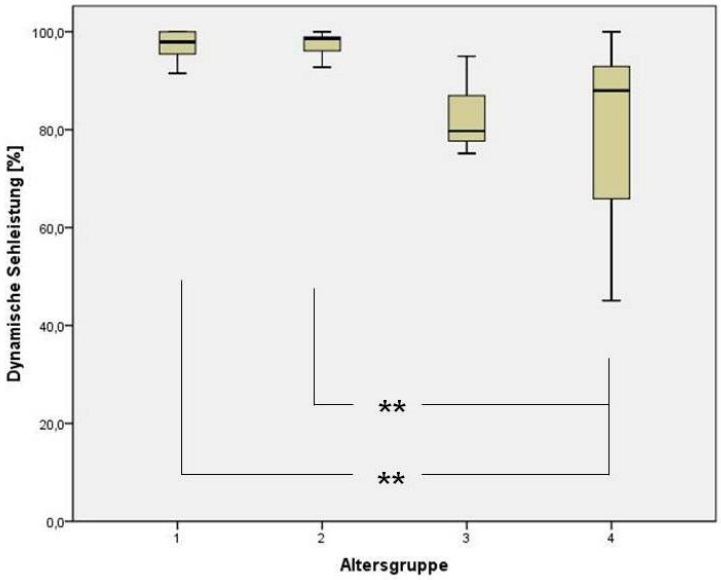


Abbildung 2: Dynamische Sehleistung der einzelnen Altersgruppen des Kontrollkollektivs

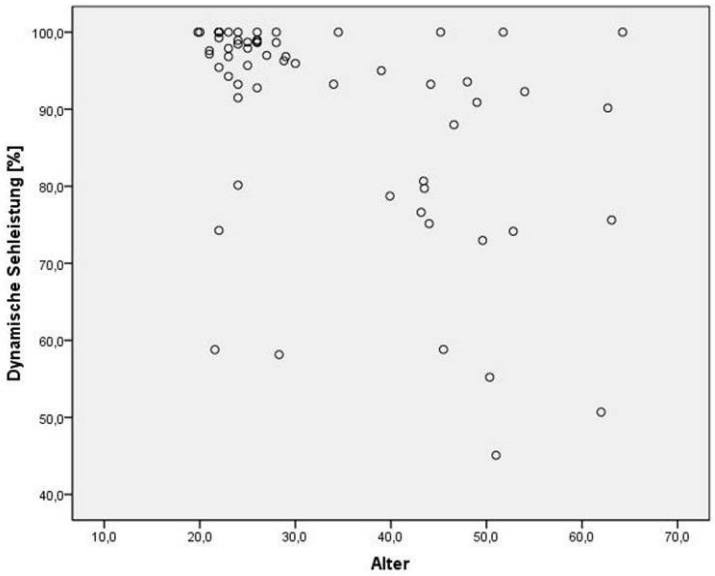


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und dem Alter

Die Korrelationsanalyse nach Pearson ergab geringe negative Korrelationen auf statistisch höchst signifikantem Niveau ($r = - 0,470$; $p < 0,001$). Je älter ein Proband war, desto schlechter fielen seine Leistungen im DTDS aus (Abbildung 3). Zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung beider Augen bestand ein positiver Zusammenhang ($r = 0,441$; $p < 0,001$) auf statistisch höchst signifikantem Niveau.

4.4.2 Geschlecht als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Unterschiede in der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen den beiden Geschlechtergruppen wurden in der Gesamtstichprobe (n = 165) überprüft. Für das rechte Auge zeigte sich, dass sowohl Männer (78,5 ± 23,6 %) als auch Frauen (79,0 ± 22,4 %) äquivalente Resultate im DTDS erreichten. Männer hatten mit dem linken Auge eine relativ höhere afferente dynamische Sehleistung (82,0 ± 20,9 %) als Frauen mit 77,3 ± 24,4 %. Die Ergebnisse von Männern und Frauen im Dynamischen Sehtest waren für beide Augen miteinander vergleichbar.

4.4.3 Rauchen als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Bei der Korrelationsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen dem Einflussfaktor Zigarettenkonsum sowie Raucherzeitraum (pack-years) und der afferenten dynamischen Sehleistung der Gesamtstichprobe (n = 165) überprüft.

Die Korrelationsanalyse nach Pearson vom Gesamtkollektiv wies sehr geringe negative Korrelationen auf signifikantem Niveau zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung am rechten Auge und dem Zigarettenkonsum ($r = - 0,157$; $p = 0,044$) bzw. dem Raucherzeitraum ($r = - 0,169$; $p = 0,038$) auf. Dieser Zusammenhang konnte zwischen dem Zigarettenkonsum

bzw. Raucherzeitraum und der afferenten dynamischen Sehleistung am linken Auge nicht bestätigt werden.

Aus der alleinigen Betrachtung der afferenten dynamischen Sehleistung in der Kontrollgruppe (n = 69) ging hervor, dass die Raucher (rechtes Auge 96,0 ± 7,1 % vs. 89,4 ± 16,3 %; linkes Auge 94,3 ± 9,2 % vs. 91,8 ± 13,8 %) bessere Werte im DTDS hatten als die Nicht-Raucher. Die Ex-Raucher (rechtes Auge 83,0 ± 22,1 % vs. 89,4 ± 16,3 %; linkes Auge 87,9 ± 14,5 % vs. 91,8 ± 13,8 %) erreichten gegenüber den Nicht-Rauchern weniger Richtigantworten im DTDS. Die Unterschiede in der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen den Gruppen (Raucher bzw. Ex-Raucher) im Vergleich zur Nicht-Raucher-Gruppe erwiesen sich als statistisch nicht signifikant. Die Korrelationsanalyse innerhalb der Kontrollgruppe ergab für beide Gruppen (Raucher bzw. Ex-Raucher) keine Zusammenhänge zwischen dem täglichen Zigarettenkonsum bzw. dem Raucherzeitraum und den Richtigantworten im DTDS.

4.4.4 Alkoholkonsum als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Zur Prüfung, ob ein Zusammenhang zwischen der konsumierten Alkoholmenge in den Gruppen der Nichtalkoholabhängigen und der afferenten dynamischen Sehleistung besteht, wurde eine Korrelationsanalyse zwischen dem täglichen Alkoholkonsum und der afferenten dynamischen Sehleistung am rechten bzw. linken Auge der Probanden durchgeführt. Die Gruppe A war in diese Analyse nicht mit eingeschlossen.

Nach Korrelationsberechnung fand sich kein Zusammenhang zwischen dem Alkoholkonsum und der afferenten dynamischen Sehleistung des rechten bzw. linken Auges.

4.4.5 Chronische Alkoholabhängigkeit als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Bei der Betrachtung der afferenten dynamischen Sehleistung in der Gruppe der Alkoholabhängigen (n = 33) ergaben sich folgende Konstellationen. Mit einer 11,4 % geringeren afferenten dynamischen Sehleistung (77,6 % ± 18,6 % vs. 89,0 % ± 17,0 %) unterschieden sich die Alkoholabhängigen am rechten Auge signifikant von der Kontrollgruppe (Abbildung 4).

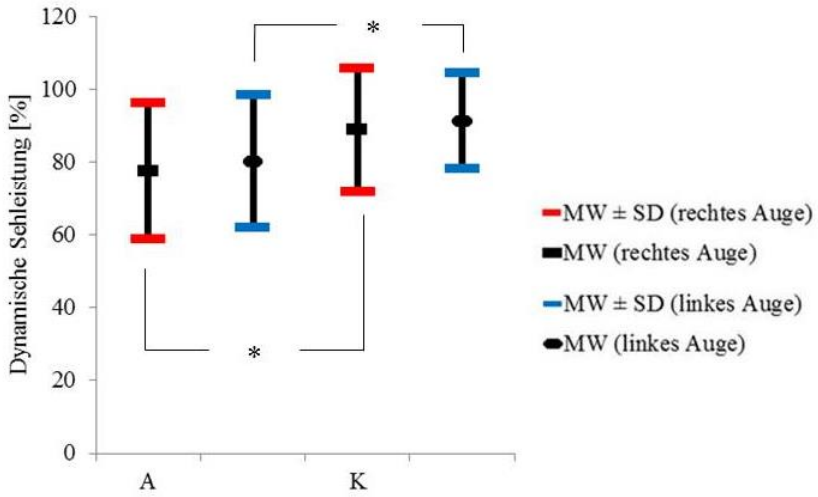


Abbildung 4: Dynamische Sehleistung des rechten und linken Auges der Alkoholabhängigen und der Kontrollgruppe

Auch die afferente dynamische Sehleistung am linken Auge der Alkoholabhängigen war mit 11,1 % weniger Richtigantworten (80,3 % ± 18,4 % vs. 91,4 % ± 13,3 %) im DTDS im Vergleich zur Kontrollgruppe als schlechter einzustufen. Dies war mit $p = 0{,}042$ für das rechte Auge und $p = 0{,}027$ für das linke Auge (Abbildung 4) statistisch signifikant.

Zur Überprüfung, welche Auswirkung die Unterschiedlichkeit im Alter auf die Ergebnisse hat, wurden weitere statistische Tests durchgeführt. Der multivariate Test zeigte, dass das Alter (Wilks-Lambda, $p = 0{,}104$) in dem allgemeinen linearen Modell die Gruppen der Kontrollpersonen und Alkoholabhängigen nicht signifikant voneinander trennt. Nach der Altersadjustierung blieben die Effekte bestehen.

Bei dem Test der Zwischensubjekteffekte wurden bei der afferenten dynamischen Sehleistung für das rechte ($p = 0{,}002$) und linke ($p < 0{,}001$) Auge signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der Kontrollpersonen und der Alkoholabhängigen gefunden.

Es konnten keine Effekte in der Unterschiedlichkeit des Geschlechts oder des Raucherzeitraums zwischen Alkoholabhängigen und der Kontrollgruppe bestätigt werden. Zwischen der Alkoholmenge der Alkoholabhängigen und der afferenten dynamischen Sehleistung bestanden keine Korrelationen.

4.4.6 Chronische Erkrankungen als Einflussfaktor auf die afferente dynamische Sehleistung

Von allen Studienteilnehmern waren 68 Probanden chronisch an Diabetes mellitus und / oder arterieller Hypertonie erkrankt. Es wurden 63 afferente dynamische Sehleistungen der chronisch erkrankten Probanden erfasst. In Tabelle 12 und Tabelle 13 sind die durchschnittlich

erzielten Ergebnisse im Dynamischen Sehtest der einzelnen Probandengruppen D (n = 15), AH (n = 26), D+AH (n = 22) und K (n = 69) dargestellt.

Die Probanden der Kontrollgruppe erreichten mit einer afferenten dynamischen Sehleistung von 89,0 ± 17,0 % für das rechte Auge und 91,4 ± 13,3 % für das linke Auge die besten Ergebnisse. Insgesamt war die afferente dynamische Sehleistung der einzelnen Probandengruppen für das rechte Auge höchst unterschiedlich ($p < 0,001$). Die Diabetiker erreichten mit dem rechten Auge nur 63,6 ± 26,9 % im DTDS, damit unterschieden sie sich statistisch höchst signifikant von der Kontrollgruppe (Tabelle 12). Mit einer reduzierten afferenten dynamischen Sehleistung des rechten Auges von 74,9 ± 21,0 % wiesen die Hypertoniker ebenfalls signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe auf. Die schlechteste afferente dynamische Sehleistung für das rechte Auge hatte die Gruppe D+AH, die nur 62,5 ± 29,4 % Richtigantworten im DTDS erreichte. Hier zeigten sich im Vergleich zur Kontrollgruppe höchst signifikante Unterschiede (Tabelle 12).

Tabelle 12: Dynamische Sehleistung des rechten Auges der Probandengruppen

Gruppe	Dynamische Sehleistung in % (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		p_{ANOVA}	$p_{Dunnett-T}$
		Untergrenze	Obergrenze		
D	63,6 ± 26,9	48,7	78,5	< 0,001	D - K (< 0,001) AH - K (0,015) D+AH - K (< 0,001)
AH	74,9 ± 21,0	66,4	83,4		
D+AH	62,5 ± 29,4	49,4	75,5		
K	89,0 ± 17,0	84,9	93,0		

Die afferente dynamische Sehleistung des linken Auges war im Einzelgruppenvergleich höchst signifikant ($p < 0,001$) verschieden. Mit dem linken Auge erreichten die Diabetiker 80,6 % im DTDS. Damit hatten sie eine 10,8 % geringere dynamische Sehleistung (80,6 ± 19,1 % vs. 91,4 % ± 13,3 %) als die Kontrollgruppe. Die Hypertoniker (73,0 ± 22,6 %) und die Probandengruppe D+AH (55,3 ± 27,4 %) erreichten die schlechtesten Ergebnisse. Beide Gruppen unterschieden sich höchst signifikant von der Kontrollgruppe (Tabelle 13).

Tabelle 13: Dynamische Sehleistung des linken Auges der Probandengruppen

Gruppe	Dynamische Sehleistung in % (MW ± SD)	95 %-Konfidenzintervall für den MW		p_{ANOVA}	$p_{Dunnett-T}$
		Untergrenze	Obergrenze		
D	80,6 ± 19,1	69,5	91,6	< 0,001	AH - K (< 0,001) D+AH - K (< 0,001)
AH	73,0 ± 22,6	63,43	82,5		
D+AH	55,3 ± 27,4	44,0	66,6		
K	91,4 ± 13,3	88,1	94,7		

Das Geschlecht und das Rauchverhalten hatten keinen Einfluss auf die Ergebnisse, jedoch ist der Alterseffekt mit $p < 0,001$ zwischen den einzelnen Gruppen nicht zu vernachlässigen.

Die Auswirkung der Erkrankungsdauer auf die afferente dynamische Sehleistung wurde ebenfalls überprüft. Aus der Untersuchung der Erkrankungsjahre an Diabetes mellitus ging hervor, dass sich die dynamische Sehleistung für beide Augen mit den Erkrankungsjahren verschlechterte. Die Korrelationsanalyse ergab für das rechte und linke Auge eine geringe negative Korrelation (rechtes Auge $r = - 0,348$; $p < 0,001$ bzw. linkes Auge $r = - 0,339$; $p < 0,001$). Je länger ein Proband an Diabetes mellitus erkrankt war, desto schlechter fiel seine afferente dynamische Sehleistung aus. Die Erkrankungsdauer an arterieller Hypertonie wirkte sich ebenfalls auf die afferente dynamische Sehleistung aus. Sie nahm mit den Erkrankungsjahren an arterieller Hypertonie ab. Für beide Augen zeigte sich eine geringe negative Korrelation (rechtes Auge $r = - 0,256$; $p = 0,001$ bzw. linkes Auge $r = - 0,356$; $p < 0,001$).

4.4.7 Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der statischen Sehschärfe

Ob ein Zusammenhang zwischen dem statischen Visus und den Ergebnissen des Dynamischen Sehtests besteht, wurde anhand von Korrelationsanalysen des Gesamtkollektivs überprüft.

Die Korrelationsanalyse erbrachte für den monokularen Visus (rechtes bzw. linkes Auge) mit der dynamischen Sehleistung ($n = 165$) des jeweiligen Auges geringe positive Korrelationen. Für das rechte Auge bzw. linke Auge ergaben sich Korrelationskoeffizienten mit $r = 0,310$ ($p < 0,001$) bzw. $r = 0,295$ ($p < 0,001$).

4.4.8 Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Kontrastempfindlichkeit

Die Resultate der Korrelationsanalyse zwischen den Ergebnissen ($n = 165$) im Dynamischen Sehtest und im Vistech-Test bei verschiedenen Ortsfrequenzen (1,5; 3; 6; 12 und 18 cpd) sind als Korrelationsverbindungen in Anlage 17 dargestellt. Die grafische Abbildung beinhaltet die Korrelationskoeffizienten (r) und die Signifikanzniveaus (p) bei den unterschiedlichen Ortsfrequenzen. Die dynamische Sehleistung des rechten Auges korrelierte in allen Ortsfrequenzen sehr gering bis gering positiv mit der KE. Ebenfalls war eine geringe positive Korrelation in allen Ortsfrequenzen zwischen der dynamischen Sehleistung und der KE am linken Auge erkennbar.

4.4.9 Sportliche Aktivität als Einflussfakor auf die afferente dynamische Sehleistung

Ob sportliche Aktivitäten auf Leistungssportniveau mit differenten Anforderungsprofilen an die visuellen Funktionen Auswirkungen auf die afferente dynamische Sehleistung haben und ob nach einer einmaligen Messwiederholung ein Lerneffekt vorliegt, wurde nachfolgend untersucht.

In der ersten Untersuchung zeigte die Sportgruppe I (Mannschaftssportarten) eine sehr gute afferente dynamische Sehleistung für das rechte (95,7 ± 10,6 %) und linke Auge (97,6 ± 4,8 %). Auch die Sportgruppe II (Individualsportarten) absolvierte den DTDS von Wist in der ersten Testphase mit einer sehr guten afferenten dynamischen Sehleistung. Im Einzelnen resultierte für das rechte Auge eine afferente dynamische Sehleistung von 94,3 ± 6,9 % und für das linke Auge 95,3 ± 5,6 % im Dynamischen Sehtest. Im Vergleich der afferenten dynamischen Sehleistung aus dem ersten Untersuchungsdurchgang im DTDS von den Sportgruppen I und II ergaben sich sowohl für das rechte als auch für das linke Auge keine signifikanten Unterschiede.

Aus der Wiederholungsuntersuchung ging hervor, dass die Sportgruppe I wieder hervorragende Werte im DTDS für das rechte (98,3 ± 2,6 %) und linke Auge (99,3 ± 1,2 %) erreichte. Ein ähnliches Bild war auch bei der Sportgruppe II erkennbar. Mit 93,8 ± 8,0 % Richtigantworten für das rechte Auge und 95,6 ± 7,0 % für das linke Auge waren keine Einschränkungen in der afferenten dynamischen Sehleistung erkennbar. Aus der statistischen Berechnung der Wiederholungsuntersuchung für das rechte und linke Auge der Sportgruppe I und II ging hervor, dass auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Sportgruppen bestanden.

Bei dem Vergleich für abhängige Stichproben ergaben sich keine signifikanten Veränderungen der Leistungsparameter aus dem DTDS in der gesamten Stichprobe. Für das rechte Auge stiegen die prozentualen Richtigantworten minimal von der ersten Untersuchung mit 95,1 ± 8,9 % auf 96,3 ± 6,0 % in der Wiederholungsuntersuchung an. Die afferente dynamische Sehleistung des linken Auges war in der ersten Untersuchung bei 96,6 ± 5,1 %, in der Wiederholungsuntersuchung erhöhte sie sich geringfügig auf 97,6 ± 5,0 %.

4.5 Vergleich der ophthalmologischen Prüfverfahren

Es wurde ein Vergleich der prozentualen Häufigkeiten von diagnostisch unauffälligen Probanden aus den drei Prüfverfahren Fernvisustafel Okulus Nr. 4606, VCTS-Tafel 6500 und DTDS durchgeführt. Als diagnostisch unauffällig wurden ein Fernvisus von ≥ 1,0; eine KE

innerhalb des Referenzbereichs und eine afferente dynamische Sehleistung von 100 % definiert.

Es wurde zunächst die Gesamtstichprobe (n = 174) untersucht, anschließend wurde die Kontrollgruppe (n = 71) analysiert. Speziell für das rechte bzw. linke Auge hatten 83,1 % bzw. 80,3 % der untersuchten Probanden einen Visus von ≥ 1,0. Durch den Vistech-Test wurden für das rechte Auge 87,3 % und für das linke Auge 88,7 % Probanden mit einer KE erfasst, die innerhalb des Referenzbereichs lag. Weniger als die Hälfte der Probanden erreichte eine sehr gute dynamische Sehleistung. Im Einzelnen erzielten nur 40,8 % bzw. 43,7 % der Probanden 100 % Richtigantworten im DTDS mit dem rechten bzw. linken Auge.

Die Resultate der einzelnen Testverfahren, differenziert in 4 Altersklassen des Kontrollkollektivs mit den gemittelten Werten über beide Augen, zeigt: die Altersgruppe 1 hatte beim statischen Visus 85,0 % sehr gute Leistungen im Gegensatz zur Altersgruppe 4 mit nur 46,2 % (Anlage 18). Bei der Altersgruppe 1 lag der Anteil an unauffälligen Probanden im Vistech-Test bei 88,3 %, wohingegen bei der Altersgruppe 4 96,2 % im Referenzbereich waren.

Im Hinblick auf den Dynamischen Sehtest von Wist war der Anteil an 100%-Richtigantworten sehr heterogen. Keine Altersgruppe zeigte einen prozentualen Anteil von über 50 % an 100%-Richtigantworten im DTDS. Die Altersgruppe 1 hatte einen Anteil von 48,3 % an 100%-Richtigantworten, wohingegen die Altersgruppe 4 den geringsten Anteil mit 19,2 % an 100%-Richtigantworten aufwies (Anlage 18).

4.6 Multivariate Statistik

Abschließend wurde ein multivariates Verfahren der Statistik durchgeführt. Hierzu diente die Methode der Diskriminanzanalyse, die zu den strukturprüfenden Verfahren gehört. Das Ziel war es, die Gruppenunterschiede herauszuarbeiten und zu prüfen, inwieweit sich die einzelnen Gruppen voneinander unterscheiden. Für die Durchführung der Diskriminanzanalyse wurden folgende Parameter einbezogen: Fernvisus, Kontrastempfindlichkeit bei allen Ortsfrequenzen und die afferente dynamische Sehleistung.

Deutlich erkennbar ist, dass nach Trennung durch die Kombination der Merkmale und anschließender Einordnung (Klassifizierung) von Objekten mit unbekannter Gruppenzugehörigkeit in die jeweilige Gruppe eine vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit von nur maximal 65,4 % beschrieben werden kann. Die Tabelle 14 und Anlage 19 stellen die Klassifizierungsergebnisse dar.

Tabelle 14: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse

Gruppe		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit in %				
		D	**AH**	**D+AH**	**A**	**K**
Original in %	**D**	40,0	6,7	46,7	6,7	0,0
	AH	11,5	65,4	7,7	7,7	7,7
	D+AH	25,0	10,0	45,0	5,0	15,0
	A	12,1	15,2	12,1	51,5	9,1
	K	1,5	17,6	11,8	10,3	58,8

Aus der Diskriminanzanalyse resultierten Vorhersagewerte zwischen 40,0 % bis 65,4 % in den einzelnen Probandengruppen. Die vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit für Gruppe D war mit 40 % sehr schlecht. Die Gruppe D+AH betrug nur 45,0 %, wohingegen paradoxerweise die Gruppe D mit 46,7 % eine höhere Gruppenzugehörigkeit zur Gruppe D+AH hatte. Für die Gruppe AH berechnete sich ein Vorhersagewert von 65,4% zur Gruppe AH, der jedoch nicht repräsentativ ist. Eine äquivalente Konstellation zeigte sich bei den Gruppen A und K mit einem mittelmäßigen Vorhersagewert von 51,5 % und 58,8 %.

Zu erkennen ist, dass sich anhand der erhobenen Parameter Fernvisus, Kontrastempfindlichkeit und afferente dynamische Sehleistung keine eindeutigen Gruppenzugehörigkeiten vorhersagen lassen.

5 Diskussion

Die hier vorgelegte Studie beschäftigt sich mit der Prüfung der afferenten dynamischen Sehleistung und den verschiedenen Einflussfaktoren auf diese.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung unter Bezugnahme auf die eingangs aufgestellten Arbeitshypothesen (1 – 10) zusammen diskutiert. Zudem werden die Grenzen der Untersuchung kritisch aufgezeigt und zentrale Befunde in Hinblick auf den aktuellen Forschungsstand dargestellt.

1. Mit dem Alter verschlechtert sich die afferente dynamische Sehleistung.

Die Untersuchungen an 174 Probanden zwischen 19,8 und 67,6 Jahren bestärkten die Annahme, dass das Alter einen Einfluss auf die afferente dynamische Sehleistung ausübt. Sowohl für das rechte als auch für das linke Auge ergaben sich mittlere negative Korrelationen zwischen dem Alter und den Werten im Dynamischen Sehtest, die statistisch höchst signifikant waren. Die über 45-jährigen hatten mit 15,2 % bzw. 12,6 % für das rechte bzw. linke Auge eine geringere afferente dynamische Sehleistung als die unter 45-jährigen.

Aus den Berechnungen in den 4 Altersgruppen war ersichtlich, dass die afferente dynamische Sehleistung – basierend auf Bewegungskontrast – von der jüngeren zur älteren Altersgruppe abnahm. Auch hier resultierten geringe negative Korrelationen auf statistisch signifikantem Niveau. Das Ausmaß der Korrelation zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und dem Alter spiegelt die Befunde früherer Untersuchungen wider.

Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass ein reduziertes „dynamisches Sehen“ mit zunehmendem Alter zu verzeichnen ist (Burg 1966; Farrimond 1967; Scialfa et al. 1988; Long & Crambert 1990; Ehrenstein et al. 1995, 1996; Ehrenstein & Schlykowa 2000; Wist et al. 1997, 2000; Wist & Ehrenstein 2001). Auch die Autoren McGregor & Chaparro (2005) untersuchten den möglichen Einfluss des Alters auf die dynamische Sehschärfe. Anhand eines Fragebogens wurden ältere Erwachsene nach visuellen Schwierigkeiten beim Verrichten von Alltagsaufgaben und während des Autofahrens befragt. Die Mehrzahl der Teilnehmer berichtete, dass sie mehr Zeit als früher für das Erfüllen von Aufgaben brauchen, die ihr Sehvermögen abverlangen. Zudem schilderten alle Probanden von erheblichen Problemen der statischen und dynamischen Sehschärfe (DVA), dem peripheren Sehen, der Beleuchtung und der Kontrastempfindlichkeit.

In einer anderen Studie führte Burg (1966) eine altersspezifische Untersuchung durch. Es zeigte sich auch hier, dass die Sehleistung mit zunehmendem Alter gesunken ist. Insbesondere

fiel die dynamische Sehschärfe (DVA) wesentlich stärker ab als die statische Sehschärfe. Farrimond (1967) berichtete über den Rückgang der dynamischen Sehschärfe (DVA) im Alter bei Probanden zwischen 20 und 80 Jahren. Scialfa et al. (1988) zeigten einen altersbedingten Rückgang der dynamischen visuellen Empfindlichkeit (dynamic sensitivity) mit einem signifikanten Korrelationsfaktor von 0,52.

Long & Cambert (1990) verglichen die dynamische Sehschärfe (DVA) von jungen Erwachsenen (Durchschnittsalter 19,6 Jahre) mit der von älteren Erwachsenen (Durchschnittsalter 67,6 Jahre) bei Änderung der Leuchtdichte. Sie konstatierten, dass unter gleichen Bedingungen die dynamische Sehschärfe der jungen Erwachsenen besser war im Vergleich zu älteren Erwachsenen. Sie spekulierten, dass der Rückgang der dynamischen Sehschärfe mit dem Alter durch Veränderungen im visuellen System verursacht wird.

Weitere Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung (basierend auf Bewegungskontrast) und dem Alter erfolgten durch Ehrenstein und Koautoren (Ehrenstein et al. 1995). Es resultierten ähnlich wie in unserer Studie negative Korrelationen zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und dem Alter. Im Durchschnitt sanken die Ergebnisse von 92 % Richtigantworten im DTDS bei Probanden, die jünger als 20 Jahre waren, auf 63 % Richtigantworten im DTDS bei Probanden, die älter als 50 Jahre waren. Laut der Autoren beträgt der jährliche Verlust rund 0,6 % Richtigantworten im DTDS.

An Berufskraftfahrern im Alter von 19 bis 60 Jahren wurde von Ehrenstein et al. (1996) die afferente dynamische Sehleistung (basierend auf Bewegungskontrast) überprüft. Auch hier zeigte sich eine deutliche Altersabhängigkeit. Bei den 20- bis 30-jährigen lag die afferente dynamische Sehleistung bei 87 %. Bei den 50- bis 60-jährigen sank sie auf 61 % ab.

Eine andere Untersuchung mit Probanden im Alter zwischen 4 und 80 Jahren wurde von Wist et al. (1997) durchgeführt. Die zu erwartenden Prozentsätze richtiger Antworten im DTDS fielen durchschnittlich von 90 % bei 100% Bewegungskontrast auf 65 % bei 20 % Bewegungskontrast ab. Es zeichnete sich ein Entwicklungstrend in allen Bewegungskontraststufen infolge des Alterseinflusses ab. Die Richtigantworten im DTDS nahmen kontinuierlich vom 4ten bis 20sten Lebensjahr zu, bis sie ein Plateau erreichten. Ab dem 50sten Jahr erfolgte dann der Abfall der afferenten dynamischen Sehleistung (basierend auf Bewegungskontrast).

Die Ergebnisse der späteren Untersuchung von Wist et al. (2000) mit Probanden im Alter von 20 bis 85 Jahren zeigten, dass mit zunehmendem Alter die afferente dynamische Sehleistung (basierend auf Bewegungskontrast) stark vermindert war. Dieser Einfluss fiel ab 55 Jahren stärker ins Gewicht als in den Altersstufen zwischen 20 und 35 Jahren. Die besten Ergebnisse der afferenten dynamischen Sehleistung traten in der Gruppe der 20- bis 24- jährigen auf. Bei

100 % Bewegungskontrast lag die mittlere Trefferrate bei 85 %, bei niedrigeren Bewegungskontraststufen zeichnete sich ein allmählicher Abfall ab. Die älteste Gruppe hatte eine geringere durchschnittliche Trefferrate und einen steileren Abfall der afferenten dynamischen Sehleistung bei niedrigeren Bewegungskontrasten.

Im Vergleich zu den o. g. Untersuchungen des Alterseinflusses auf die afferente dynamische Sehleistung besteht zu unseren Überprüfungen ein methodischer Unterschied. Unsere Studie basiert auf der Erfassung der Parameter getrennt nach rechtem und linkem Auge (monokulare Messungen). Da unsere statistischen Ergebnisse (mit gemittelten Werten über beide Augen) zwar einen Alterseinfluss auf die Werte im DTDS, jedoch keine gleichzeitige Verminderung des Visus und der KE zeigten, kann angenommen werden, dass hier zentrale neuronale Verarbeitungswege bei der Auswertung der afferenten Bewegungswahrnehmung von Bedeutung sind.

Dabei kann es sich um altersbedingte Degenerationen im neuronalen Verschaltungs- / Verarbeitungssystem des Nervus opticus, der retinalen Ganglienzellen handeln (Balaszi et al. 1984; Johnson et al. 1987; Weale 1987). Die Photorezeptoren in der Retina ermöglichen die energetische Umsetzung (photoelektrische Transduktion) des reizauslösenden Elements in ein chemisches Signal (Reiztransduktion an Photosensoren) (Merker & Hartmann 2006; Speckmann et al. 2008; Eysel 2006, 2010) und die Weiterleitung bis zum Kortex und zu subkortikalen Arealen. Diese verarbeiten die visuellen Daten mit denen aus anderen Sinnessystemen (Haarmeier 2006; Speckmann et al. 2008; Sempf & Sempf 2009; Eysel 2006, 2010).

Es bleibt weiterhin Forschungsbedarf bestehen, inwiefern Schwächen in der afferenten dynamischen Sehleistung mit Einschränkungen im Alltag verbunden sind. Insbesondere im Bereich der Verkehrssicherheit wären Beziehungen zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Unfallzahlen von Relevanz. Es sei kritisch anzumerken und zu berücksichtigen, dass das Sehen ein aktiver Prozess ist (Arnold-Schulz-Gahmen 1999) bei dem Kompensationsmechanismen ablaufen (Ulmer 1998), und auch Erfahrungswerte von Bedeutung sind (Schnell 1999; Ehrenstein & Schlykowa 2000).

2. Männer und Frauen weisen eine unterschiedliche afferente dynamische Sehleistung auf.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse dieser Studie wurde deutlich, dass die dynamische Sehleistung von Männern und Frauen keine signifikanten Unterschiede aufweist, sie war gleich gut. Im Dynamischen Sehtest hatten Männer und Frauen mit 78,5 % bzw. 79,0 % rich-

tigen Antworten für das rechte Auge. Bei der Untersuchung des linken Auges waren die Leistungen der Männer (82,0 % vs. 77,3 %) gegenüber den Frauen etwas besser.
Wie in der nachfolgenden Studie wird in der Literatur von geschlechterspezifischen Entwicklungsdifferenzen des dynamischen Sehens berichtet (Schrauf et al. 1999). Die Entwicklung der afferenten dynamischen Sehleistung verläuft bei beiden Geschlechtern unterschiedlich. Mädchen erreichen mit etwa 15 Jahren ihr Maximum. Da sie bereits im frühen Kindesalter auf einem höheren Niveau der afferenten dynamischen Sehleistung als die Jungen beginnen, verbessert sie sich mit zunehmendem Alter weniger stark als bei den Jungen. Die Jungen haben mit 12 Jahren ihr Erwachsenenniveau erlangt. Beide Geschlechter zeichnen sich nach dem 15. Lebensjahr durch eine gleiche afferente dynamische Sehleistung aus.
Zu diesem Ergebnis wie Schrauf et al. (1999) kam auch die Forschungsgruppe um Jendrusch et al. (2008b). Sie überprüften die afferente dynamische Sehleistung mit Hilfe des DTDS von Wist bei Hockeyspielern unterschiedlichen Geschlechts und sie fanden heraus, dass die afferente dynamische Sehleistung männlicher Hockeyspieler mit 81,7 % besser war als die der weiblichen Hockeyspielerinnen mit 77,3 % Richtigantworten. Die von Jendrusch et al. (2008b) ermittelte Differenz zwischen männlichen und weiblichen Hockeyspielern betrug nur, wenn auch statistisch signifikant, 4,4 %. Eventuell schlug sich die statistische Dysbalance der Verteilung von Männern und Frauen an der Untersuchung in der besseren dynamischen Sehleistung nieder, da an der Studie mehrheitlich die Männer mit 67 Probanden vertreten waren und lediglich 35 Frauen rekrutiert werden konnten.
In der vorliegenden Studie wurde – im Gegensatz zu den oben genannten Untersuchungen – die afferente dynamische Sehleistung monokular bestimmt, damit kompensatorische Effekte vermieden werden.

3. Rauchen wirkt sich negativ auf das afferente dynamische Sehen aus.

Die Raucher wiesen im DTDS eine bessere afferente dynamische Sehleistung als die Nicht-Raucher auf. Wiederum war die afferente dynamische Sehleistung der Ex-Raucher gegenüber den Nicht-Rauchern reduziert. Die Unterschiede zwischen den Gruppen konnten jedoch statistisch nicht gesichert werden. Korrelationen zwischen dem Zigarettenkonsum bzw. dem Raucherzeitraum mit der afferenten dynamischen Sehleistung konnten nicht nachgewiesen werden. In der BRD sind 33,9 % der Menschen nikotinabhängig. Jährlich gehen bundesweit 140.000 Menschen an den Folgen des Rauchens zu Grunde (John & Hanke 2001; Thamm & Lampert 2005; Bundesministerium für Gesundheit 2009b; Weil et al. 2012). Trotz des Rückgangs der Raucherquote bei unter 18-jährigen, lag das Einstiegsalter 2006 in den Nikotinkon-

sum mit durchschnittlich 13 Jahren sehr niedrig (Foltys 2008; Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung 2012).

Viele Krebs- und Erkrankungsbilder werden durch das Rauchen verursacht (Bundeszentrale für Aufklärung 2004; Deutsches Krebsforschungszentrum 2005b; Weil 2012). In der Literatur sind pathologische Zustände beschrieben, bei denen das Rauchverhalten als Einflussfaktor erwähnt wird (Maier et al. 2002; Großklaus & Henning 2009; Lightwood & Glantz 2009; Aboyans et al. 2010), diese beziehen sich aber auf Erkrankungsbilder und geben keine Auskunft über die Auswirkungen auf die afferente dynamische Sehleistung.

Die Ursachen der altersbedingten Makuladegeneration sind bislang nicht hinreichend geklärt. Es gibt gesicherte Daten, dass Rauchen neben Geschlecht, Alter und oxidativen Schäden am Pigmentepithel eine Rolle spielt (Shen et al. 2007; Grehn 2008; Lemmen 2008; Lemmen & Martin 2008; Großklaus & Henning 2009).

Maier et al. (2002) untersuchten Durchblutungsstörungen wie retinale Arterienverschlüsse, retinale Venenverschlüsse und nichtarteriitische ischämische Optikusneuropathien am Auge. Aus ihren Überlegungen ging hervor, dass insbesondere Raucher überdurchschnittlich an Zirkulationsstörungen am Auge litten.

Es bleibt Aufgabe weiterer Studien, die Auswirkungen des Rauchens auf das dynamische Sehen an einer größeren Stichprobe hinreichend zu belegen. Ob das Rauchverhalten eventuell einen kognitiv-neuronalen Einfluss auf das magnozelluläre System und damit auf die afferente dynamische Sehleistung hat, muss an weiteren Untersuchungen geprüft werden.

4. Die Alkoholmenge hat einen negativen Einfluss auf die afferente dynamische Sehleistung.

Bei einer konsumierten Alkoholmenge von ≤ 250 g / Woche ließen sich keine Relationen zur afferenten dynamischen Sehleistung bestätigen. 9,5 Mio. Menschen in Deutschland nehmen Alkohol in gesundheitlich riskanter Menge ein. Als alkoholabhängig deklariert sind ca. 1,3 Mio. Menschen. Pro Kopf konsumiert jeder Deutsche pro Jahr 10 Liter reinen Alkohol (Bundesministerium für Gesundheit 2009a; Rehwald et al. 2007, 2012). Eine handlungsbedürftige Alkoholabhängigkeit besteht bei 5 % der Arbeitnehmer und bei ca. 10 % liegt ein Risikokonsum vor (Rummel et al. 2004; Rummel 2011).

Die Ansätze von Miyao et al. (1994) erkannten eine Veränderung der dynamischen Sehschärfe unter geringen Dosen von Ethanol (reiner Alkohol). Die Experimente wurden an gesunden Probanden durchgeführt, um die Beziehung zwischen dynamischer Sehschärfe vor und nach

der Verabreichung von 16,5 ml Ethanol zu untersuchen. Die dynamische Sehschärfe verbesserte sich 30 min nach dem Konsum geringer Mengen an Alkohol.
Weitere Untersuchungen zur Auswirkung von geringen Mengen Alkohols auf die dynamische Sehschärfe oder die afferente dynamische Sehleistung sind in der Literatur nicht beschrieben.
Obwohl aus einer akuten Alkoholintoxikation eine temporäre Funktionsunfähigkeit der Nervenzellen im ZNS durch Lösungsprozesse an lipidhaltigen Nervenzellmembranen resultiert (Ebert 2005; Huber 2005; Soyka 2006; Wehner 2007), spiegelten sich diese Phänomene nicht in einer schlechteren afferenten dynamischen Sehleistung bei einem Alkoholkonsum von ≤ 250 g / Woche wider. Der Alkoholeinfluss auf das afferente dynamische Sehen konnte durch unsere Untersuchungen nicht hinreichend geklärt werden.

5. Eine chronische Alkoholabhängigkeit nach ICD-10 führt zur Reduktion der afferenten dynamischen Sehleistung.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigten, dass der chronisch schädliche Alkoholkonsum bei diagnostizierter Alkoholabhängigkeit (Mergler et al. 1988; Grant & Schumann 1993; Campagna et al. 1996; Gobba et al. 2000) mit einer reduzierten afferenten dynamischen Sehleistung zu assoziieren ist. Der signifikante Unterschied der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe der Alkoholabhängigen lag bei 11,4 % für das rechte und 11,1 % für das linke Auge.
Ein bilateraler Visusverlust bei Alkoholabhängigen kann auch durch eine Schädigung des Nervus opticus hervorgerufen werden. Hierbei spielt das gleichzeitige Auftreten schädlichen Alkoholkonsums, Mangelernährung und Tabakkonsum eine Rolle. Jedoch besteht bei der „Tabak-Alkohol-Amblyopie“ noch Klärungsbedarf, welcher Faktor eindeutig als pathogenetisch benannt werden darf (Singer & Teyssen 2003; Gass et al. 2005).
Schmäl et al. (2000, 2003) beschrieben die Auswirkungen von Alkohol auf die dynamische Sehschärfe. Sie konstatierten einen Verlust der dynamischen Sehschärfe nach Ethanolaufnahme.
Das Ziel der nachfolgenden Untersuchung von Schmäl et al. (2003) war es, den Pathomechanismus näher zu beurteilen, den der Alkohol induzierte. Insbesondere sollte geklärt werden, ob der visuell-okulomotorische oder der visuell-vestibuläre Weg für die Störungen der dynamischen Sehschärfe (DVA) verantwortlich ist. Sie fanden heraus, dass Ethanol zu einer Störung des visuell-okulomotorischen Systems führt und damit auch zur gleichzeitigen Stimulation des visuell-vestibulären Weges, jedoch mit einer erhöhten Latenz. Die Störung der dynamischen Sehschärfe wurde dieser Latenz zugeschrieben. Zudem stellte sich heraus, dass

alkohol-induzierte Prozesse des visuell-okulomotorischen Systems und die Störungen der dynamischen Sehschärfe positiv mit dem subjektiven Gefühl der Trunkenheit korrelierten. Wiederum sei auch hier anzumerken, dass es sich um Messungen der dynamischen Sehschärfe handelt, die temporär auf die Komponente Alkoholaufnahme und deren anschließender Effektwirkung auf den menschlichen Organismus fixiert sind. Damit wird lediglich die Momentaufnahme, die kurzfristige, akute, zeitlich punktuelle Variante des Alkoholeinflusses betrachtet.

Bei chronischer Einnahme von Alkohol reagiert das ZNS mit Adaptationsprozessen und damit verbunden mit Toleranzentwicklung (Kauert 2002; Klopf et al. 2002; Schmidt & Schmidt 2003; Müller-Trudrung 2009). Es erfolgen Umbauprozesse an der Nervenzellmembran durch den Einbau von Cholesterin (anstatt von Gangliosiden und Lipiden). Durch den gestiegenen Cholesterinanteil in der Membran sind die Nervenzellen resistenter gegenüber der Alkoholwirkung mit einer geringeren Beeinträchtigung der Alkoholabhängigen auch bei hohen Alkoholkonzentrationen (Kauert 2002; Klopf et al. 2002). Der große Cholesterinanteil in der Zellmembran geht mit Hirnleistungsstörungen („hirnorganisches Psychosyndrom“) einher – wie u. a. Leistungseinschränkungen des Gedächtnisses, der Konzentration, der Reaktionsfähigkeit, des Intellekts bis zur Demenz (Ebert 2005; Huber 2005; Soyka 2006). Der Alkoholabhängige muss, um der Gewöhnung entgegenzusteuern, entweder die Dosis oder die Frequenz des Alkoholkonsums modifizieren (Klopf et al. 2002; Schmidt & Schmidt 2003).

Dieser Pathomechanismus könnte auch Auswirkungen auf die magnozellulären Sehbahnen haben. In unserem Studiendesign ging es um die Herauskristallisierung der langfristigen, chronischen, rezidivierenden Alkoholeinnahme und deren Konsequenzen für die afferente dynamische Sehleistung. Weitere Untersuchungen zur Reversibilität und Rückbildungsgeschwindigkeit der gefundenen Effekte bei Alkoholabhängigen sind erforderlich.

6. Die chronischen Erkrankungen Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie beeinflussen die afferente dynamische Sehleistung negativ.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass chronische Erkrankungen negative Auswirkungen auf die afferente dynamische Sehleistung unter dem Einfluss der Kovariable Alter haben. Die afferente dynamische Sehleistung des rechten Auges bei der Gruppe der Diabetiker erwies sich als höchst signifikant verschieden (63,9 % vs. 89,0 %) gegenüber denen der Kontrollgruppe. Für das linke Auge war die afferente dynamische Sehleistung ebenfalls vermindert (80,6 % vs. 91,4 %), aber statistisch nicht signifikant. Die Korrelationsanalyse ergab geringe

negative Korrelationen zwischen Erkrankungsjahren an Diabetes mellitus und der afferenten dynamischen Sehleistung am rechten und linken Auge, die höchst signifikant waren.

Die Gruppe der arteriellen Hypertoniker hatte für beide Augen (74,9 % vs. 89,0 % für das rechte Auge; 73,0 % vs. 91,4 % für das linke Auge) deutlich schlechtere Werte im Dynamischen Sehtest als die Kontrollgruppe. Die Unterschiede der Sehleistung waren für beide Augen statistisch signifikant. Aus der Korrelationsanalyse ging hervor, dass die Erkrankungsdauer an arterieller Hypertonie gering negativ mit der dynamischen Sehleistung auf höchst signifikantem Niveau korrelierte.

Probanden, die sowohl an Diabetes mellitus als auch an arterieller Hypertonie erkrankt waren, zeigten die schlechteste afferente dynamische Sehleistung mit 62,5 % vs. 89,0 % für das rechte Auge und 55,3 % vs. 91,4 % für das linke Auge. Die Unterschiede im dynamischen Sehen waren im Vergleich zur Kontrollgruppe höchst signifikant.

Es muss kritisch angemerkt werden, dass das Alter als Kovariable signifikante Effekte auf die Berechnungen ausübt. Dadurch ließ sich keine altersadjustierten afferente dynamische Sehleistung der Gruppen ermitteln.

Laut der DEGS-Studie (2012) haben 7,2 % der Erwachsenen im Alter zwischen 18 bis 79 Jahren einen Diabetes mellitus (Kurth 2012). Die Prävalenz der arteriellen Hypertonie liegt zwischen 10 – 50 %. Mit dem Alter ist die Tendenz steigend (Fink & Haidinger 2007). Desweiteren kann in 55 – 60 % der Fälle eine stressbedingte arterielle Hypertonie am Arbeitsplatz auftreten (Bördlein 2000; Lüders et al. 2006).

Der klinische Wert des Dynamischen Sehtests wurde bereits von Schlykowa et al. (1996a, b) und Mättig et al. (1996) erkannt. Sie stellten fest, dass ein Verlust der Wahrnehmung des Bewegungskontrasts bei Patienten mit erhöhtem Augeninnendruck (Glaukom) vorhanden ist. Bemerkenswert war, dass diese Patienten einen normalen Visus hatten.

Bereits Silverman et al. (1990) zeigten, dass die Bewegungswahrnehmung beim primären Offenwinkelglaukom und bei okulärer Hypertension eingeschränkt ist. Die Bewegungsschwellenwerte für die Gruppe mit primärem Offenwinkelglaukom waren um 70 % und für die Gruppe mit okulärer Hypertension um 44 % erhöht. Diese Ergebnisse verdeutlichen erhebliche Defizite der Bewegungswahrnehmung, die durch signifikante und selektive Schädigungen am magnozellulären Signalweg bei Probanden mit primärem Offenwinkelglaukom und okulärer Hypertension bedingt sind.

Einige Studien befassten sich mit Läsionen der zentralen Sehbahn. Zihl et al. (1983), Zeki (1991) und Schenk & Zihl (1997a, b) belegten mit ihren Studien, dass eine zentrale Läsion zu einem selektiven Verlust der visuellen Bewegungswahrnehmung führen kann. Zur gestörten

Wahrnehmung der Bewegungsrichtung kommt es bei der Alzheimer-Demenz (Trick & Silverman 1991). Zudem wird von dem Verlust der Fähigkeit, bewegungskontrast-definierte Snellen-Buchstaben bei Multiple-Sklerose-Patienten (Giaschi et al. 1992) und Patienten mit parietotemporaler Läsion (Regan et al. 1992) zu erkennen, berichtet.
Auch Mättig et al. (1996) beschäftigten sich mit der Funktionsprüfung des dynamischen Sehens bei Patienten mit okulärer Hypertension. Unter Verwendung des DTDS von Wist fanden sie heraus, dass Patienten ohne erhöhten Abflusswiderstand des Kammerwassers (KWW) deutlich bessere Werte im Dynamischen Sehtest hatten als Patienten mit erhöhtem KWW.
Aus der Literatur geht hervor, dass die Auswirkungen von Erkrankungen wie Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie auf die afferente dynamische Sehleistung noch nicht untersucht wurden, obwohl sich pathologische Morphen im Augenhintergrund mit visuellen Teilleistungsdefiziten in Verbindung bringen lassen. Es sollten weiterführende Untersuchungen folgen.

7. Es besteht kein Zusammenhang zwischen statischer Sehschärfe und der afferenten dynamischen Sehleistung.

Bezüglich des Visus ist anzumerken, dass eine geringe positive Beziehung auf signifikantem Niveau zur afferenten dynamischen Sehleistung erkannt wurde. In der Literatur herrscht bisher Uneinigkeit über den Zusammenhang zwischen statischer und dynamischer Sehschärfe.
Keine oder lediglich eine geringe positive Korrelation fanden u. a. Burg & Hulbert (1961), Burg (1966), Schober et al. (1967), Reading (1972), Scialfa et al. (1988) und Schrauf et al. (1999). Aus Untersuchungen von Ehrenstein et al. (1995, 1996), Ehrenstein & Schlykowa (2000) und Wist et al. (2000) gingen zwar schwach positive Korrelationen zwischen dem Visus und der afferenten dynamischen Sehleistung (basierend auf Bewegungskontrast) hervor, die aber statistisch nicht signifikant waren.
Ein guter statischer Visus ist nicht Voraussetzung für die Wahrnehmung von Bewegungskontrastreizen (Ehrenstein et al. 1996). Unsere Berechnungen legen dar, dass zwischen dem Visus und der afferenten dynamischen Sehleistung nur minimale Wechselwirkungen bestehen. Eine Visusprüfung berechtigt nicht zu Rückschlüssen auf die visuelle Teilfunktion der afferenten dynamischen Sehleistung. Die dynamische Sehleistung sollte in der betriebsärztlichen Vorsorgeuntersuchung mit untersucht werden.

8. Es ist ein starker Zusammenhang zwischen der Kontrastempfindlichkeit und der afferenten dynamischen Sehleistung vorhanden.

Die Annahme eines Zusammenhangs zwischen der Kontrastempfindlichkeit (KE) und der afferenten dynamischen Sehleistung konnte, wenn auch nur gering in ihrer Ausprägung, durch unsere Studie bestätigt werden. In der Korrelationsanalyse zeigte sich, dass für beide Augen ein sehr geringer bis geringer positiver Zusammenhang auf signifikantem Niveau mit der afferenten dynamischen Sehleistung bei allen Ortsfrequenzen bestand.

Die KE und ihre Einflussfaktoren wurden bereits vielschichtig erörtert (Böckelmann et al. 2002, 2010). Unter Berücksichtigung des Alterseinflusses erkannte man, dass die KE mit zunehmendem Alter abnimmt, wobei hier insbesondere die höheren Ortsfrequenzen betroffen waren (Sloane et al. 1988; Hauser et al. 1992). Desweiteren wurde der Kontext für reduzierte KE bei bestimmten Ortsfrequenzen erörtert (u. a. Bradley et al. 1991; Elliott & Whitaker 1992; Paliaga 1993; Böckelmann & Pfister 2007). Eine reduzierte KE bei niedrigen Ortsfrequenzen zeugt von Veränderungen des neuronalen Verarbeitungssystems (Bradley et al. 1991; Elliott & Whitaker 1992; Böckelmann & Pfister 2007). Auch beim Glaukom kann eine Verminderung der KE vorkommen, die auf die mittlere Ortsfrequenz beschränkt ist (Böckelmann & Pfister 2007). Abweichungen bei hohen Frequenzen sprechen für Veränderungen der lichtbrechenden Medien, Makuladegeneration oder Katarakt (Marmor & Gawande 1988; Zrenner 1988; Böckelmann & Pfister 2007). Die Katarakt kann bei starker Ausprägung eine Verminderung über den gesamten Frequenzbereich bewirken (Paulsson & Sjöstrand 1980; Böckelmann & Pfister 2007).

Andere Autoren konnten den Zusammenhang zwischen Belastung durch chemische Schadstoffe und einer reduzierten KE bei Exponierten nachweisen. Beispielgebend hierfür sind: Styrolexponierte (Kishi et al. 2000), lösemittelgemischexponierte Autolackierer (Böckelmann et al. 2001) und Siebdrucker (Böckelmann & Pfister 2003; Böckelmann et al. 2005) sowie Exponierte mit lösungsmittelinduzierten toxischen Enzephalopathien (Donoghue et al. 1995). Von Brown & Lovie-Kitchin (1989) wurde belegt, dass die statische Sehschärfe signifikant mit der KE korreliert und somit ein schlechter Visus eine schlechte KE bedingt.

Aber inwiefern eine Beziehung zwischen KE und dynamischem Sehen besteht, wurde in der Literatur bis jetzt noch nicht beschrieben, sodass hier ein neuer Aspekt auf diesem Gebiet vorliegt. Die Korrelationen fielen für die Parameter KE und das dynamische Sehen in unseren Untersuchungen nur mäßig aus. Schlussfolgernd sollte die afferente dynamische Sehleistung als eigenständige Größe definiert und überprüft werden, da weder die KE noch der Visus Beurteilungen über die afferente dynamische Sehleistung zulassen.

9. Sportler aus Sportarten mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen an die visuellen Funktionen weisen Differenzen in der afferenten dynamischen Sehleistung auf.

Unsere Annahme über ein sportartspezifisches Profil in der afferenten dynamischen Sehleistung konnte nicht nachgewiesen werden. An unserer Untersuchung zur Überprüfung der afferenten dynamischen Sehleistung nahmen 10 Sportstudenten aus Mannschaftssportarten und 9 Sportstudenten aus Individualsportarten teil. Hervorzuheben ist, dass beide Sportgruppen – Mannschaftssportler (wie Volleyball und Basketball) und Individualsportler (wie Schwimmen und Rudern) – sich durch eine sehr gute afferente dynamische Sehleistung auszeichneten.

Die Frage, ob die afferente dynamische Sehleistung im Zusammenhang mit dem Tätigkeitsfeld der jeweiligen Sportart steht, wurde u. a. von Jendrusch et al. (2008a) und Ehrenstein & Jendrusch (2008) beantwortet. Unter der Verwendung des Dynamischen Sehtests von Wist zielten die Untersuchungen auf die Differenzierung der dynamischen Sehleistung innerhalb verschiedener Sportarten im Vergleich zu Nicht-Sportlern ab. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen bestanden im Vergleich zur Kontrollgruppe bei den Baseball- und Hockeyspielern bessere Wahrnehmungen, während die der Fußballspieler der Kontrollgruppen ähnelten. Die Unterschiede der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen Baseball- und Fußballspielern waren erheblich. Es existiert ein sportartenspezifischer Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit (Ehrenstein & Jendrusch 2008; Jendrusch et al. 2008a).

Auf Grund der relativ kleinen Stichprobe unserer Untersuchung und der Betrachtung mehrerer Sportarten innerhalb einer Gruppe sollten die Ergebnisse der Untersuchung jedoch noch nicht verallgemeinert werden. Im Unterschied zu anderen Untersuchungen wurden unsere ophthalmologischen Prüfungen monokular durchgeführt, weil ein binokulärer Sehvorgang bei einäugigen Defiziten eine kompensatorische Wirkung hat. Damit dieser Effekt vermieden wird, wurde in unserer Studie das dynamische Sehen monokular erfasst.

10. Nach einer einmaligen Wiederholungsmessung des DTDS verbessert sich die afferente dynamische Sehleistung bei den Sportlern.

Auch hier kann die Annahme, dass eine Verbesserung der afferenten dynamischen Sehleistung durch eine Messwiederholung erreicht wird, nicht belegt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass im Längsschnittvergleich von Untersuchung 1 zu Untersuchung 2 keine signifikanten Veränderungen in der afferenten dynamischen Sehleistung vorhanden waren. In der Wiederholungsuntersuchung blieb die Sehleistung nahezu konstant. Auch hier ist kritisch an-

zumerken, dass wegen des geringen Stichprobenumfangs eine Verallgemeinerung unzulässig ist.

Die Literatur ist sich hinsichtlich der Trainierbarkeit der dynamischen Sehschärfe einig. Long & Riggs (1991) konnten einen Trainingseffekt durch Anwendung des Ludightests nachweisen. Eine andere Studie von Greiner (1997), bei der Augen- und Kopfbewegungen nicht erlaubt waren, zeigte ebenfalls eine Leistungsverbesserung durch Übung. Darüber hinaus war diese Verbesserung auch noch eine Woche später durch alleinige Prüfwiederholung vorhanden.

Die folgende Studie von Millslagle et al. (2005) bezweckte, die dynamische Sehschärfe unter Ausübung verschiedener Belastungsgrade beim Radfahren zu beurteilen. Hier wurde bei 20 Teilnehmern im Kollegealter durch Messwiederholungen eine verbesserte dynamische Sehschärfe bei Erhöhung der Trainingsintensität erkannt. Der Retentionstest, der zwei Tage nach dem eigentlichen Test durchgeführt wurde, zeigte, dass es eine Ausbildungsfähigkeit der dynamischen Sehschärfe gab (Millslagle et al. 2005).

In der jüngeren Literatur wird die folgende Studie von Mewes et al. (2008) zur Beurteilung der afferenten dynamischen Sehleistung unter Belastung beschrieben. Diese Untersuchungen bemerkten sogar eine hochsignifikante Steigerung des dynamischen Sehens von mehr als 10 % innerhalb von 5 Tagen bei alleiniger DTDS-Testung unter Belastung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen basieren auf einer zweimaligen Gabe der Testserie von je 20 Darbietungen pro Bewegungskontraststufe (100, 50, 30 und 20 %) an einem Tag. Die Zeitspanne zwischen beiden Untersuchungsgängen betrug ca. 75 min. Der Effekt des Lernens oder Trainings konnte durch zweimalige Messwiederholung nicht begründet werden. Da die Untersuchungen von Millslagle et al. (2005) und Mewes et al. (2008) das dynamische Sehen unter physischer und / oder psychischer Belastung erfasst hatten, ist eine Vergleichbarkeit mit unseren Erkenntnissen über das dynamische Sehen ohne Belastung nicht zulässig. Desweiteren benutzte nur Mewes et al. (2008) den DTDS von Wist.

Bei der Betrachtung der dynamischen Sehwerte nach einmaliger Wiederholung des DTDS war keine Veränderung im dynamischen Sehen zu erkennen, sodass die Vermutung, dass nach bereits einmaliger Wiederholung der Testung ein Lerneffekt auftritt, nicht bestätigt wurde. Es bleibt auch hier die weiterführende Fragestellung offen: wann bzw. ab welcher Anzahl an Testserien-Darbietungen des DTDS ein Lerneffekt einsetzt. Ziel ist es, und auch im Interesse von Sportwissenschaftlern, spezielle Trainingsprogramme zu konzipieren, die die Trainierbarkeit der afferenten dynamischen Sehleistung unterstützen. Daher sollten auch hier weiterführende Untersuchungen folgen.

6 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie unterstützt die bereits mehrenden Forderungen, dass die arbeitsmedizinische Begutachtung bei Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten nicht allein auf der statischen Visusprüfung basieren darf. Die Notwendigkeit von weiteren interventionellen und präventiven Untersuchungen zur Eruierung des Ausmaßes der Anforderungen an das dynamische Sehen am Arbeitsplatz, speziell bei Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten, aber auch im Alltag und Straßenverkehr, steht außer Frage.

Insbesondere das steigende Alter der Gruppe der Erwerbstätigen lässt auf einen dringenden und auch frühzeitigen Handlungsbedarf durch arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen in Bezug auf das dynamische Sehen schließen. Es besteht ein direkter Einfluss des Alters auf die afferente dynamische Sehleistung. Mit der Alterszunahme reduziert sich die dynamische Sehleistung für beide Augen. Unsere Untersuchungen sind übereinstimmend mit anderen Untersuchungen.

Hervorzuheben ist hierbei, dass unsere Untersuchungen eine geschlechtsspezifische Übereinstimmung in der afferenten dynamischen Sehleistung im Erwachsenenalter ergaben. Andere Studien erbrachten eine geschlechtsspezifische Entwicklungsdifferenz in der afferenten dynamischen Sehleistung.

Die Beeinflussung der afferenten dynamischen Sehleistung durch den Zigarettenkonsum konnte nur unzulänglich geklärt werden, da keine Beeinträchtigung des rechten oder linken Auges bestand.

Die Alkoholaufnahme $\leq$ 250 g / Woche wirkt sich nicht auf die afferente dynamische Sehleistung aus. Besonders negative Auswirkungen erfährt die afferente dynamische Sehleistung dagegen durch eine diagnostizierte chronische Alkoholabhängigkeit.

Speziell die Influenz chronischer Erkrankungen wie Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie verursachen schlechte Werte im DTDS-Test, wobei der Alterseffekt als Kovariable nicht minimiert werden konnte.

Zudem sind zwischen dem Visus bzw. der Kontrastempfindlichkeit und der afferenten dynamischen Sehleistung geringe positive Beziehungen vorhanden.

Ein weiterer Befund ist, dass das Bestehen eines sportartenspezifischen Profils durch unsere Untersuchungen nicht belegt werden konnte, was jedoch in anderen Studien festgestellt worden ist. Eine Verbesserung der afferenten dynamischen Sehleistung bei Sportlern ließ sich durch zweimalige Messwiederholung nicht detektieren, wobei andere Autoren bezüglich der

Trainierbarkeit ein positives Feedback der afferenten dynamischen Sehleistung unter körperlicher Belastung darstellten.

Abschließend kann mit einem Zitat aus dem Deutschen Ärzteblatt auch fast 10 Jahre danach die Notwendigkeit der Befundung der afferenten dynamischen Sehleistung unterstrichen werden:

„Die herkömmliche Sehdiagnostik liefert zwar grundlegende, jedoch höchst einseitige Informationen über die im Alltag bei Fahr- und Steuertätigkeiten (und nicht nur dort) tatsächlich einsetzbaren beziehungsweise geforderten Sehfunktionen“ (Ehrenstein & Wist 2003).

7 Ausblick

Die aktuell vorgeschriebenen Sehtests für Fahr- und Steuertätigkeit basieren auf der Eruierung der statischen Sehfunktion und dienen lediglich der Diagnostik eventueller Refraktionsanomalien. Jedoch erlauben die Datenerhebungen der statischen Sehschärfe keinerlei Übertragungen und / oder Rückschlüsse auf die afferente dynamische Sehleistung basierend auf Bewegungskontrast. Insbesondere bei Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten und am Bildschirmarbeitsplatz sowie im Straßenverkehr nimmt das dynamische Sehen einen großen Anteil am Sehen ein. Ohne die Prüfung des dynamischen Sehens bleiben Kenntnisse über verfügbare Sehleistung und damit verbundene Sicherheitsrisiken lückenhaft.

Das Ziel der zukünftigen Bemühungen sollte die Entwicklung dynamischer Sehtests sein, die in ihrer Praktikabilität und Funktionalität anwenderfreundlich sind. Eine wesentliche Notwendigkeit für das Erreichen dieses Zieles ist die Verifizierung und Validierung durch Erprobungen im Routineeinsatz.

Als langfristiges Ziel gilt es, den Dynamischen Sehtest als einen praxisrelevanten und gleichwertigen Sehtest den bereits etablierten Sehtests gegenüberzustellen. An dieser Stelle mehren sich Forderungen, dass die DGUV-Grundsätze wie G 25, G 26, G 37 und G 41 sowie die FeV sich bei der Sehprüfung nicht allein auf statische Tests beziehen dürfen. Insbesondere auch deshalb, weil das Führen eines Fahrzeuges eine dynamische Handlungskette darstellt, wobei die Wahrnehmung von sich bewegenden Objekten das kritische Moment ist. Ein Ausgrenzen von Testverfahren zur Beurteilung der dynamischen Sehfunktion ist demzufolge nicht zu rechtfertigen.

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass die afferente dynamische Sehleistung vom Alter und von der diagnostizierten chronischen Alkoholabhängigkeit negativ beeinflusst wird. Weiterführende Untersuchungen sollten sich auch mit der Einflussnahme von Dauermedikationen wie Antihypertensiva, Antidepressiva, Antidiabetika und Antikoagulantien befassen. Bemühungen sollten auch der Thematik des sportspezifischen Anforderungsprofils in der afferenten dynamischen Sehleistung, sowohl ohne als auch mit physischer und psychischer Stimulation, erfolgen.

Weitere Ansatzpunkte zur Prüfung der afferenten dynamischen Sehleistung sind: inwiefern sich die Trainierbarkeit der afferenten dynamischen Sehleistung in einer sportlichen Leistungsverbesserung niederschlägt oder ob der DTDS in Verbindung mit der Erfassung der räumlichen Wahrnehmung als Screeningtest im Straßenverkehr bei Drogenkonsum Anwendung finden könnte.

Außerdem sollte die Frage nach der circadianen Rhythmik bei Schichtarbeitern Beachtung finden. Ein anderer Punkt wäre die Eruierung von Kompensationsmechnismen bei Defiziten in der afferenten dynamischen Sehleistung, besonders in Hinblick auf den Straßenverkehr.

8 Zusammenfassung

Der Sehvorgang wird durch zwei Teilsysteme beschrieben. Das parvozelluläre System dient dem Sehen von stationären Formen und das magnozelluläre System dem Erkennen von Bewegungen. In den arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen G 25 – Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeit, G 26 – Tragen von Atemschutzgeräten, G 37 – Bildschirmarbeitsplätze und G 41 – Arbeiten mit Absturzgefahr sowie der Fahrerlaubnis-Verordnung wird die Sehleistung als statischer Visus mit Landolt-Ringen überprüft.

Durch die demografische Alterung und durch immer älter werdende Arbeitnehmer, aber auch mit dem Wandel der Arbeitswelt u. a. durch die „Neuen Medien“ und IT-Systeme bedarf es einer zeitgemäßen Überprüfung der visuellen Kapazität. Bleiben wir auf dem Standpunkt der alleinigen statischen Sehschärfeprüfung, fehlen uns Informationen über verfügbare dynamische Sehleistungen. Die Konsequenz ist, dass sowohl für Arbeitnehmer als auch für Arbeitgeber Sicherheitslücken und -risiken unbemerkt bleiben.

Aus arbeitsmedizinischer Sicht gilt es, vermeidbare Risiken am Arbeitsplatz zu reduzieren. Die Tatsache, dass die Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung in der täglichen Praxis des Betriebsmediziners nicht ausreichend erforscht wurden, war Anlass für diese Untersuchung zur afferenten dynamischen Sehleistung sowie diesbezüglicher Einflussfaktoren. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Einflussfaktoren Alter, Geschlecht, Rauchverhalten, Alkoholkonsum und chronische Erkrankungen wie Diabetes mellitus Typ 2 und arterielle Hypertonie auf die afferente dynamische Sehleistung zu analysieren. Außerdem wurden Aspekte wie Visus, Kontrastempfindlichkeit und sportliche Aktivitäten näher betrachtet.

Die Studienstichprobe umfasste 174 Probanden, die freiwillig an den Untersuchungen teilnahmen. Die Befragung der soziodemografischen Daten über Alter, Geschlecht, Rauchverhalten, Alkoholkonsum sowie der anamnestischen Daten über Erkrankungen, Operationen und Medikation basierte auf einem Fragebogen.

Übereinstimmend mit anderen Untersuchungen zeigten unsere Ergebnisse, dass sich die afferente dynamische Sehleistung mit zunehmendem Alter verschlechterte. Geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der afferenten dynamischen Sehleistung ließen sich nicht feststellen. Der Einfluss von Rauchen auf die afferente dynamische Sehleistung war nicht belegbar. Es besteht zwar kein Zusammenhang zwischen dem konsumierten Alkohol (≤ 250 g / Woche) in den Probandengruppen der Nichtalkoholabhängigen und der afferenten dynamischen Sehleistung, jedoch ist die afferente dynamische Sehleistung der Alkoholabhängigen deutlich schlechter. Die Auswirkungen chronischer Erkrankungen wurden insbesondere durch

Minderungen der afferenten dynamischen Sehleistung bei Diabetikern, Hypertonikern und Probanden, die gleichzeitig an Diabetes mellitus und arterieller Hypertonie erkrankt waren, deutlich. Jedoch sei anzumerken, dass die Kovariable Alter hier einen signifikanten Effekt ausübt.

Der Zusammenhang von Visus und afferenter dynamischer Sehleistung ist geringfügig vorhanden. Resümierend kann zu den Befunden dieser Studie festgehalten werden, dass eine geringe Korrelation zwischen der Kontrastempfindlichkeit und der afferenten dynamischen Sehleistung besteht.

Aber auch das Kontrastsehen wird nicht bei allen Vorsorgeuntersuchungen geprüft. Ebenfalls konnte durch unsere Untersuchungen nicht hinreichend geklärt werden, ob Sportler mit unterschiedlichem Anforderungsprofil sich durch eine sportartspezifische afferente dynamische Sehleistung auszeichnen. Dies wäre noch an einer größeren Stichprobe zu untersuchen. Zudem bedarf es weiterer Untersuchungen bei der Fragestellung, ob sich die afferente dynamische Sehleistung von Sportlern durch mehrere Wiederholungen bzw. Training verbessern lässt. Die derzeitigen DGUV-Grundsätze für die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nutzen alle das Screening von statischen Sehfunktionen, um eventuelle Morbi in situ zu erfassen.

Jedoch bleibt bei dieser einseitigen Überprüfung der Sehfunktion der dynamische Sehbahnanteil unberücksichtigt, sodass das afferente Bewegungssehen nicht beurteilt wird. Sowohl die Beschränkung auf die statische Sehfunktionsprüfung und deren Überbewertung als auch die Ausgrenzung dynamischer Sehprüfverfahren führt zu Wissensdefiziten über vorhandene Sehleistungen und damit verbundene Sicherheitsrisikostratifizierungen für den Arbeitnehmer und den Arbeitgeber.

Weil der statische Visus keine Aussagekraft bezüglich der dynamischen Sehleistung besitzt, bleibt insbesondere für Arbeitsplätze mit überwiegenden Anforderungen an das Bewegungssehen (dynamisches Sehen), wie bei Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten, das Postulat bestehen, eine betriebsärztliche Vorsorgeuntersuchung der dynamischen visuellen Funktionen einzuführen.

Literaturverzeichnis

(1) Abernethy B, Gill DP, Parks SL, Packer ST: Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. Perception. 30(2). 233-252 (2001)

(2) Abernethy B, Neal RJ: Visual characteristics of clay target shooters. J Sci Med Sport. 2(1). 1-19 (1999)

(3) Abernethy B: Enhancing sports performance through clinical and experimental optometry. Clinical & Experimental Optometry. 69. 189-195 (1986)

(4) Aboyans V, Thomas D, Lacroix P: The cardiologist and smoking cessation. Curr Opin Cardiol. 25. 469-477 (2010)

(5) Acheson JF, Sanders MD: Neurological investigations: Vision. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 59. 4-15 (1995)

(6) Akarsu C, Yazici B, Taner P, Ergin A: Effects of moderate smoking on the central visual field. Acta Ophthalmol Scand. 82. 432-435 (2004)

(7) Al-Awar Smither J, Kennedy RS: A portable device for the assessment of dynamic visual acuity. Appl Ergon. 41(2). 266-273 (2010)

(8) Amort K: Update Fahrerlaubnisverordnung: Untersuchung des Kontrast- und Dämmerungssehens. Prakt. Arb. Med. 22. 7-9 (2011)

(9) Ando S, Kida N, Oda S: Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes. Perception and Motor Skills. 92. 786-794 (2001)

(10) Anzeneder CP, Boesel R: Modulation of the spatial extent of the attentional focus in high-level volleyball players. European Journal of Cognitive Psychology. 10(3). 247-267 (1998)

(11) Arden GB: Testing contrast sensitivity in clinical practice. Clin Vision Sci. 2(3). 213-224 (1987)

(12) Arend O, Remsky A, Evans D, Stüber R, Harris A: Contrast sensitivity loss is coupled with capillary dropout in patients with diabetes. Invest Ophthalmol Vis Sci. 38. 1819-1824 (1997)

(13) Arend O, Wolf S, Harris A, Reim M: The relationship of macular microcirculation to visual acuity in diabetic patients. Arch Ophthalmol. 113. 610-614 (1995)

(14) Arend O, Wolf S, Jung F, Bertram B, Postgens H, Toonen H, Reim M: Retinal microcircultion in patients with diabetes mellitus: dynamic and morphological analysis of perifoveal capillary network. Br J Ophthalmol. 75. 514-518 (1991)

(15) Arend O, Wolf S, Remsky A, Sponsel WE, Harris A, Bertram B, Reim M: Perifoveal microcirculation with non-insulin-dependent diabetes mellitus. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 232. 225-231 (1994)

(16) Arnold-Schulz-Gahmen BE: Visumotorik und Seitenbevorzugung. Vortrag auf dem Symposium „Fahr- und Steuertätigkeit“. Arbeitsmedizinische Herbsttagung des Verbands Deutscher Betriebs- und Werksärzte e. V. Nürnberg 1999.

(17) Atteslander P: Methoden der empirischen Sozialforschung. 123. Berlin 1971.

(18) Augsburg F: Screening von Leistungssportlern. DOZ. 9. 20-23 (2001)

(19) Bach M, Wesemann W, Kolling G, Bühren J, Kastel H, Schiefer U: Photopisches Kontrastsehen. Der Ophthalmologe. 105. 46-59 (2008)

(20) Bahill AT, LaRitz T: Why can´t batters keep their eyes on the ball? American Scientist. 72(1). 249-253 (1984)

(21) Baier R, Schäfer KH: Verbesserung der Verkehrssicherheit älterer Verkehrsteilnehmer. Schlussbericht des SV-Projektes der Unfallforschung der Versicherer (UDV). Berlin 2009.

(22) Bakaba JE, Ortlepp J: Unfallforschung kompakt. Verbesserung der Verkehrssicherheit älterer Verkehrsteilnehmer. Gesamtverband Deutscher Versicherungswirtschaft e. V. Berlin 2010.

(23) Balaszi AG, Rootmen J, Drance SM, Schulzer M, Douglas GR: The effect of age on the berve fiber population of the human optic nerve. Am J Ophthalmol. 97. 760 (1984)

(24) Banks P, Moore L, Liu C, Wu B: Dynamic visual acuity: a review. S Afr Optom. 63(2). 58-64 (2004)

(25) Bausch J: Eine Medizin, die ins Auge gehen kann. Ärzte Zeitung. 217. 12 (2011)

(26) Beals RP, Mayyasi AM, Temleton AE, Johnson WL: The relationship between basketball shooting performance and certain visual attributes. Am J Optom & Arch Am Acad Optom. 48(7). 585-590 (1971)

(27) Behrens C: The retina: its role in speed of perception. Amer. J. Ophthal. 45. 675-683 (1958)

(28) Bellmann L, Hilpert M, Kistler E, Wahse J: Herausforderungen des demografischen Wandels für den Arbeitsmarkt und die Betriebe. MittAB. 2. (2003)

(29) Berghaus G, Brenner-Hartmann J: „Fahrsicherheit“ und „Fahreignung“ – Determinanten der Verkehrsicherheit. In: B Madea, F Mußhoff, G Berghaus (Hrsg.): Verkehrsmedizin. 123-135. Deutscher Ärzteverlag. Köln 2006.

(30) Berman AM: Identifying and developing sports vision skills. National Strength & Condition Association Journal. 10(5). 59-60 (1988)

(31) Blum M, Kloos C, Müller N, Mandecka A, Berner R, Bertram B, Müller UA: Prävalenz der diabetischen Retinopathie. Studie bei Versicherten der Deutschen Betriebskrankenkasse 2002 – 2004. Ophthalmologe. 107(6). 499-504 (2007)

(32) Böckelmann I: Arbeitsmedizinische Fragen zur Neurotoxizität beruflicher Blei- und Lösemittelexposition. Habilitationsschrift, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg 2006.

(33) Böckelmann I, Lindner H, Peters B, Pfister EA: Einfluss längerer beruflicher Lösemittelexposition auf die Kontrastempfindlichkeit. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed. 10. 484-489 (2001)

(34) Böckelmann I, Lüthke S, Welters A: Kontrastwahrnehmung bei Arbeitnehmern mit Diabetes mellitus und arterieller Hypertonie. Eine altersgematchte Analyse. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed. 45. 516-522 (2010)

(35) Böckelmann I, Pfister EA: Influence of occupational exposure to organic solvent mixtures on contrast sensitivity in printers. J Occup Environ Med. 45(1). 25-33 (2003)

(36) Böckelmann I, Pfister EA: Untersuchungen des Sehvermögens. In: F Hofmann, N Kralj (Hrsg.): Handbuch der betriebsärztlichen Praxis. Grundlagen - Diagnostik - Organisation - Prävention - Rechtskommentare. ecomed Medizin. Landsberg 2007.

(37) Böckelmann I, Pfister EA, Lindner H, Muttray A: Kontrast- und Blendempfindlichkeit in der arbeitsmedizischen Paxis. Ergo Med. 4. 102-106 (2002)

(38) Böckelmann I, Pfister EA, Peters B: Influence of chronic exposure to organic solvent mixtures on contrast sensitivity in silk-screen printers: matched-pair-analysis. Environ Toxicol Phar. 19. 505-510 (2005)

(39) Bonin H, Clemens W, Künemund H: Die demographische Entwicklung in Deutschland: Rückblick und Ausblick. In: M Herfurth, M Kohli, KF Zimmermann (Hrsg.): Arbeit in einer alternden Gesellschaft. 21-41. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden 2003.

(40) Bördlein J: Stressbedingte Hypertonie. Deutsches Ärzteblatt. 51-52. A3457 (2000)

(41) Bornemann R, Strakerjahn U, Jendrusch G: Allgemeine und tennisspezifische Übungsformen zur Wahrnehmungsschulung. Tennis Report. 3. 16-21 (1998)

(42) Bradley A, Hook J, Haeseker J: A comparison of clinical acuity and contrast sensitivity charts: Effect of uncorrected myopia. Ophthal Physiol Opt. 11. 218-226 (1991)

(43) Braun B, Müller R: Belastungs- und Gesundheitsstituation der Berufsgruppe Bürofachkräfte. GEK. Schwäbisch Gmünd 2005.

(44) Breitmeyer BG, Ganz L: Implications of sustained and transient channels of theories of visual patternmasking, saccadic suppression and information processing. Psychological Review. 83(1). 1-36 (1976)

(45) Brown B, Adams AJ, Haegerstrom-Protnoy G, Jones RT, Flom MC: Effects of alcohol and marijuana on dynamic visual acuity: I. Threshold measurements. Percep Psychophys. 18. 441-446 (1975)

(46) Brown B, Lovie-Kitchin JE: High and low contrast acuity and clinical contrast sensitivity tested in a normal population. Optom Vis Sci. 66(7). 467-473 (1989)

(47) Brunner R, Heinen A, Konen W, Roll K, Wawer T, Hossmann V: Risikofaktoren und andere organische Veränderungen bei Patienten mit arterieller und venöser retinaler Durchblutungsstörung. Fortschr Ophthalmol. 823. 618-621 (1985)

(48) Buck H, Kistler E, Mendius HG: Was ergibt sich aus dem demographischen Wandel für Arbeitsmarkt und Arbeitswelt. In: BMBF (Hrsg.): Demografischer Wandel in der Arbeitswelt - Chancen für eine innovative Arbeitsgestaltung. 16-24. Broschürenreihe Demographie und Erwerbsarbeit. Stuttgart 2002.

(49) Bund gegen Alkohol und Drogen am Steuer (BADS) (2010): Alkoholwirkungen. Abgerufen am 20. November 2010 von http://www.bads.de

(50) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Demografischer Wandel – (K)ein Problem! Berlin 2005.

(51) Bundesministerium für Gesundheit (2009a): Drogen- und Suchtbericht vom Mai 2009: Alkohol. Abgerufen am 19. März 2010 von http://www.bmg.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Drogen-Sucht/Drogen_20und_20Sucht_20allgemein/Drogen-_20und_20Suchtbericht_202009,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Drogen-%20und%20Suchtbericht%202009.pdf

(52) Bundesministerium für Gesundheit (2009b): Drogen- und Suchtbericht vom Mai 2009: Tabak. Abgerufen am 19. März 2010 von http://www.bmg.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Drogen-Sucht/Drogen_20und_20Sucht_20allgemein/Drogen-_20und_20Suchtbericht_202009,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Drogen-%20und%20Suchtbericht%202009.pdf

(53) Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2004): Pressemitteilung vom 29.06.2004: Rauchen viel gefährlicher als bisher bekannt - seit dem Jahr 2000 über 500.000 Tote durch Rauchen in Deutschland. Abgerufen am 17. März 2010 von http://www.bzga.de/botpresse_228.html

(54) Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2012): Pressemittelung vom 13.11.2012: „Der letzte Zug!“ oder „Voll neben der Spur?“ Abgerufen am 15.11.2012 von http://www.bzga.de/presse/pressemitteilungen/?nummer=778

(55) Burg A: Visual acuity as measured by dynamic and static tests: a comparative evaluation. J Appl Psychol. 50(6). 460-466 (1966)

(56) Burg A, Hulbert SF: Dynamic visual acuity and other measured of vision. Percept. Mot. Skills. 9. 334 (1959)

(57) Burg A, Hulbert SF: Dynamic visual acuity as related to age, sex, and static acuity. J Appl Psychol. 45. 111-116 (1961)

(58) Campagna D, Gobba F, Mergler D, Moreau T, Galassi C, Cavalleri A, Huel G: Color vision loss among styrene-exposed workers neurotoxicological threshold assessment. NeuroToxicology. 17. 367-373 (1996)

(59) Chassin L, Presson CC, Rose JS, Sherman SJ: The natural history of cigarette smoking from adolescence to adulthood: demographic predictors of continuity and change. Health Psychology. 15. 478-484 (1996)

(60) Cheng ACK, Pang CP, Leung ATS, Chua JKH, Fan DSP, Lam DSC: The association between cigarette smoking and ocular diseases. HKMJ. 6. 195-202 (2000)

(61) Christianson GN, Winkelstein AM: Visual skills of athletes versus nonathletes: development of a sports vision testing battery. J Am Optom Assoc. 59(9). 666-765 (1988)

(62) Chung SM, Gay CA, McCrary JA: Non-arteritic ischaemic optic neuropathy: the impact of tobacco use. Ophthalmology. 101. 781-783 (1994)

(63) Congdon NG: Prevention strategies for age-related cataract: present limitations and future possibilities. Br J Ophthalmol. 85. 516-520 (2001)

(64) Conrad KM, Flay BR, Hill D: Why children start smoking cigarettes: predictors of onset. British Journal of Addiction. 87(12). 1711-1724 (1992)

(65) Cratty BJ, Apitzsch E, Bergal R: Dynamic visual acuity: a development study. Bulletin of Physical Education. 10(3). 39-41 (1974)

(66) Crawford WA: The perception of moving objects I. Ability and visual acuity Farnborough. Memo 150a. England RAF Flying Personnel Research Committee 1960.

(67) Crone RA: Physiologische Besonderheiten der retinalen Peripherie; Funktionsproben und klinische Untersuchungsmethoden – Die Physiologie der Netzhautperipherie. In: Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft – Bericht über die 74. Zusammenkunft in Essen 1975.

(68) Czernin J, Waldherr C: Cigarette smoking and coronary blood flow. Prog Cardiovasc Dis. 45. 395-404 (2003)

(69) Davis RM: Passive smoking; history repeats itsself. British Medical Journal. 315. 961-962 (1997)

(70) De Marées H: Performance diagnostic of the locomotor and sensory organs. Sportverletz Sportschaden. 3(2). 53-7 (1989)

(71) De Marées H: Aspekte des visuellen Systems im Sport. In: JP Janssen, W Schlicht, H Rieckert, K Carl (Hrsg.): Belastung und Beanspruchung. 45-62. Köln 1992.

(72) DeBlack SS: Cigarette smoking as a risk factor for cataract and age-related macular degeneration: a review of the literature. Optometry. 74(2). 99-110 (2003)

(73) Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft (DOG): Empfehlungen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen und Geräten, Sehschärfenbestimmung, Allgemeiner Sehtest (DIN 58 220 Teil 5) 2003.

(74) Deutsches Krebsforschungszentrum: Auswirkungen der Tabaksteuererhöhungen von 2002 bis 2004. Institut für Gesundheitsökonomie und Klinische Epidemiologie der Universität zu Köln. Heidelberg und Köln 2005a.

(75) Deutsches Krebsforschungszentrum: Passivrauchen – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko. Deutsches Krebsforschungszentrum. Heidelberg 2005b.

(76) Deutsches Krebsforschungszentrum, Bundesärztekammer: Dem Tabakkonsum Einhalt gebieten – Ärzte in Prävention und Therapie der Tabakabhängigkeit. Deutsches Krebsforschungszentrum, Bundesärztekammer. Heidelberg, Berlin 2005.

(77) DGUV – Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg): G 25 Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten. In: DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 347-362. Gentner Verlag. Stuttgart 2010a.

(78) DGUV – Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg): G 26 Atemschutzgeräte. In: DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 363-372. Gentner Verlag. Stuttgart 2010b.

(79) DGUV – Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg): G 37 Bildschirmarbeitsplätze. In: DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 483-491. Gentner Verlag. Stuttgart 2010c.

(80) DGUV – Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg): G 41 Arbeiten mit Absturzgefahr. In: DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 561-568. Gentner Verlag. Stuttgart 2010d.

(81) Doll R: Fifty years of research on tobacco. Journal of Epidemiology and Biostatistics. 5. 321-329 (2000)

(82) Donoghue AM, Dryson EW, Wynn-Williams G: Contrast sensitivity in organic-solvent-induced chronic toxic encephalopathy. J Occup Environ Med. 37(12). 1357-1363 (1995)

(83) Dosso AA, Bonvin ER, Morel Y, Golay A, Assal JP, Leuenberger PM: Risk factors associated with contrast sensitivity loss in diabetics patients. Graefes Arch Clin exp Ophthalmol. 234. 300-305 (1996)

(84) Dostal W: Demografischer Wandel und Erwerbstätigkeit. In: K Landau, G Pressel (Hrsg.): Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. Definitionen - Vorkommen - Arbeitsschutz. 269-276. Alfons W. Gentner Verlag. Stuttgart 2009.

(85) Dressler I, Dressler S, Dressler M: Kinetic visual acuity and alcohol ingestion. Acta Med Leg. 44. 359-361 (1994)

(86) Dubner R, Zeki SM: Response properties and receptive fields of cells in an anatomically defined region of the superior temporal sulcus in the monkey. Brain Res. 35. 528-532 (1971)

(87) Ebert D: Psychische Störungen durch psychotrope Substanzen einschließlich Alkohol. In: D Ebert (Hrsg.): Psychiatrie systematisch. 138-57. UNI-MED. Bremen 2005.

(88) Ehrenstein WH: Basics in seeing motion. Arq Bras Oftalmol. 66(special issue 5). 44-52 (2003)

(89) Ehrenstein WH, Jendrusch G: Dynamisches Sehen im Sport. DOZ. 63(5). 42-45 (2008)

(90) Ehrenstein WH, Schlykowa L: Dynamisches Sehen - Prüfung und Bedeutung für die Leistung und Sicherheit am Arbeitsplatz. In: A Harwerth (Hrsg.): Tagungsbericht 1999 des Verbandes Deutscher Betriebs- und Werksärzte, Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner. 76-80. Gentner. Stuttgart 2000.

(91) Ehrenstein WH, Wist ER: Anforderungen an das Sehen des Kraftfahrers: Dynamisches Sehen vermisst. Deutsches Ärzteblatt. 100(34-35). A-2239 (2003)

(92) Ehrenstein WH, Wist ER, Cavonius CR: Visual acuity based on motion contrast: Evaluation with professional drivers. In: A Mital, H Krueger, S Kumar, M Menozzi, JE Fernandez (Hrsg.): Advances in Occupational Ergonomics and Safety I. Proc. of the XIth Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference held in Zurich, Switzerland, 8-11 July 1996. 215-220. International Society of Occupational Ergonomics and Safety, OH. Cincinnati 1996.

(93) Ehrenstein WH, Wist ER, Lewke E, Cavonius CR: Effects of age on visual acuity based on motion contrast. Pflügers Arch - Europ J Physiol. 429(R49). 148 (1995)

(94) Eisenmenger M, Pötzsch O, Sommer B: 11. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung 2006-2050 – Annahmen und Ergebnisse. Bericht des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden-Gruppe VIA, Wiesbaden 2006.

(95) Elkin EH: Target velocity, exposure time and anticipatory tracking time as determinants of dynamic visual acuity. J. Eng. Psychol. 1. 26-33 (1962)

(96) Elliott DB, Whitaker D: Clinical contrast sensitivity chart evaluation. Ophthal Physiol Opt. 12(3). 275-280 (1992)

(97) Emesz M, Egger SF, Nitsch S, Ruckhofer J, Hitzl W, Graber G: Kraftfahrzeuglenker mit Netzhautleiden – eine prospektive Studie. Klin. Mbl. Augenheilkd. 218. 670-676 (2001)

(98) Erb C, Nicaeus Th, Adler M, Isensee J, Zrenner E, Thiel HJ: Colour vision disturbances in chronic smokers. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol. 237. 377-380 (1999)

(99) Erickson RA: Visual search performance in a moving structured field. China Lake. Calif United States Naval Ordnance Test Station 1963.

(100) Eysel U: Zentrale Anteile der Sehbahn. In: A Huber, D Kömpf (Hrsg.): Klinische Neuroophthalmologie. 10-22. Thieme. Stuttgart 1998.

(101) Eysel U: Sehen. In: RF Schmidt, HG Schaible (Hrsg.): Neuro- und Sinnesphysiologie. 273-316. Springer. Berlin 2005a.

(102) Eysel U: Sehsystem. In: R Klinke, HC Pape, S Silbernagl (Hrsg.): Physiologie.685-772. Thieme. Stuttgart 2005b.

(103) Eysel U: Sehen. In: RF Schmidt, HG Schaible (Hrsg.): Neuro- und Sinnesphysiologie. 243-286. Springer. Heidelberg 2006.

(104) Eysel U: Sehen und Augenbewegungen. In: RF Schmidt, F Lang, M Heckmann (Hrsg.): Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. 345-400. Springer. Heidelberg 2010.

(105) Farrimond T: Visual and auditory performance variations with age: Some implications. Australian Journal of Psychology. 19(3). 193-201 (1967)

(106) Feller S, Boeing H, Pischon T: Body-mass-Index, Taillenumfang und Risiko für Diabetes mellitus Typ 2. Dtsch Arztebl Int. 107(26). 470-6 (2010)

(107) Fergenson PE, Suzansky JW: An investigation of dynamic and static visual acuity. Perception. 2. 343-356 (1973)

(108) Fink W, Haidinger G: Die Häufigkeit von Gesundheitsstörungen in 10 Jahren Allgemeinpraxis. Z. Allg. Med. 83.200. 102-108 (2007)

(109) Foltys C: Untersuchung zum Rauchverhalten und zu Prädiktoren des Tabakkonsums von Schülern im Thüringer Großstadtraum. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität. Jena 2008.

(110) Fong DS, Barton FB, Bresnick GH: Impaired color vision associated with diabetic retinopathy: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report N° 15. Am J Ophthalmol. 128. 612-617 (1999)

(111) Freeman EE, Munoz B, Turano KA, West SK: Dynamic measures of visual function and their relationship to self-report of visual functioning. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 47(11). 4762-4766 (2006)

(112) Friedman E, Krupsky S, Lane AM: Ocular blood flow velocity in age-related macular degeneration. Am J Ophthalmol. 102. 610-646 (1995)

(113) Gass A, Schwarz S, Hennerici MG: Alkohol und Neurologie. In: MV Singer, S Teyssen (Hrsg.): Alkohol und Alkoholfolgekrankheiten. Springer Verlag. Heidelberg 2005.

(114) Gerke W: Vorwort. In: W Gerke (Hrsg.): Die Börse der Zukunft: Märkte, Plätze, Netze. V – IX. Stuttgart 1997.

(115) Ghafour IM, Foulds WS, Allan D, McClure E: Contrast sensitivity in diabetic subjects with and without retinopathy. Br J Ophthalmol. 66. 492-495 (1982)

(116) Giaschi D, Regan D: Development of motion-defined figure-ground segregation in preschool and older children, using a letter-identification task. Optom Vision Sci. 47(9). 761-767 (1997)

(117) Giaschi D, Regan D, Kothe A, Hong XH, Sharpe JA: Motion-defined letter detection and recognition in patients with multiple sclerosis. Ann Neurol. 31(6). 621-628 (1992)

(118) Gilg T: Rechtsmedizinische Aspekte von Alkohol und Alkoholismus. In: MV Singer, S Teyssen (Hrsg.): Alkohol und Alkoholfolgekrankheiten. Grundlagen – Diagnostik – Therapien. Springer Verlag. Heidelberg 2005.

(119) Gobba F, Ghittori S, Imbriani M, Roccatto L, Cavalleri A: Colour discrimination loss in workers exposed to solvent mixtures. NeuroToxicology. 21. 900 (2000)

(120) Gralla V: Peripheres Sehen im Sport – Möglichkeiten und Grenzen dargestellt am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum 2007.

(121) Grant WM, Schumann JS: Toxicology of the eye. Charles C Thomas. Springfield 1993.

(122) Grehn F: Netzhaut. In: F Grehn (Hrag.): Augenheilkunde. 203-256. Springer. Heidelberg 2008.

(123) Greiner F: Dynamisches Sehen: Die Auswirkung von Übung und Rückmeldung auf die Leistung. Thesis, Institut für Physiologische Psychologie II. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 1997.

(124) Große Darrelmann E: Erworbene Farbsinnstörungen und Kontrastwahrnehmung bei Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit unterschiedlichen Ausprägungsgrades. Dissertation, Hannover 2006.

(125) Großklaus R, Henning KJ: Vitamine für das Auge? Risiken und Chancen für Arzt und Patienten. Ophthalmologe. 106(6). 521-526 (2009)

(126) Haarmeier T: Bewegungssehen, Stereopsis und ihre Störungen. In: HO Karnath, P Thier (Hrsg.): Neuropsychologie. 41-54. Springer-Verlag. Heidelberg 2006.

(127) Hamilton SR: Neuro-ophthalmology of eye-movement disorders. Curr Opin Ophthalmol. 10. 405-410 (1999)

(128) Hammes HP: Diabetische Retinopathie und Makulopathie. Der Internist. 52. 518-532 (2011)

(129) Harris A, Arend O, Ronald PD, Evans D, Wolf S, Martin BJ: Hyperoxia improves contrast sensitivity in early diabetic retinopathy. Br J Ophthalmol. 80. 209-213 (1996)

(130) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Bildschirmarbeitsplätze" (G 37), 1993.

(131) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Arbeiten mit Absturzgefahr" (G 41), 1998d.

(132) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung "Arbeiten mit Atemschutzgeräten" (G 26), 1998c.

(133) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchunge "Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten" (G 25), 1998a.

(134) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): BGI 504 25 Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25 "Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten", 1998b.

(135) Hauser B, Ochsner H, Zrenner E: Der Blendvisus. Klin Mbl Augenheilk. 200. 105-109 (1992)

(136) Haustein KO: Tabakabhängigkeit: Gesundheitliche Schäden durch das Rauchen; Ursachen – Folgen – Behandlungsmöglichkeiten – Konsequenzen für Politik und Gesellschaft. Dt Ärzte-Verlag. Köln 2001.

(137) Hazel CA: The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry. Clinical and Experimental Optometry. 78.3(5-6). 98-105 (1995)

(138) Hellstedt T, Kaaja R, Teramo K, Immonen I: Contrast sensitivity in diabetic pregnancy. Graefe´s Arch Clin Exp Ophthalmol. 235. 70-75 (1997)

(139) Helsen WF, Starkes JL: A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. Applied Cognitive Psychology. 13. 1-27 (1999)

(140) Hepsen IF, Evereklioglu C: Defective visual field tests in chronic heavy smokers. Acta Ophthalmol Scand. 79. 53-56 (2001)

(141) Hoffman LG, Rouse M, Ryan J: Dynamic visual acuity: a review. J Am Optom Assoc. 52. 883-887 (1981)

(142) Holte H, Albrecht M: Verkehrsteilnahme und -erleben im Straßenverkehr bei Krankheit und Medikamenteneinnahme. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) Mensch und Sicherheit. Heft M 162. Bergisch Gladbach 2004.

(143) Honegger H, Kampschulte R, Kelin H: Störung der Sehschärfe für bewegte Objekte durch Alkohol. Blutalkohol. 7. 31-44 (1970)

(144) Howes SC, Caelli T, Mitchell P: Contrast sensitivity in diabetics with retinopathy and cataract. Aust J Ophthl. 10. 173-178 (1982)

(145) Hubbard KW, Seng CN: Visual movements of batters. Research Quarterly for Exercise and Sport. 25. 42-58 (1954)

(146) Huber G: Suchtleiden. In: G Huber (Hrsg.): Psychiatrie. 520-64. Schattauer. Bonn 2005.

(147) Hulbert SF, Burg A, Knoll HA, Mathewson JH: A preliminary study of dynamic visual acuity and its effects in motorist´s vision. J. Amer. Optom. 29. 359-364 (1958)

(148) Hyvarinen L, Laurinen P, Rovamo J: Contrast sensitivity in evaluation of visual impairment due to diabetes. Acta Ophthalmol (Copenh). 61. 904-1101 (1983)

(149) Ibrahim Y, Bots M, Mulder P, Grobbee D, Hofman A, Jong P: Number of perifoveal vessels in aging, hypertension, and atherosclerosis: The Rotterdam study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 39. 1049-1053 (1998)

(150) Ishigaki H, Miyao M: Differences in dynamic visual acuity between athletes and non-athletes. Perceptual and Motor Skills. 78(3 Pt 1). 835-839 (1993)

(151) Ishigaki H, Miyao M: A new dynamic visual acuity device: ageing and sex difference in dynamic visual acuity. Jpn J Ind Health. 36(3). 181-182 (1994a)

(152) Ishigaki H, Miyao M: Implications of dynamic visual acuity with changes in aged and sex. Perceptual and Motor Skills. 78(2). 363-369 (1994b)

(153) Ishigaki H, Miyao M, Ishihara S, Sakakibara H, Yamada S, Furuta M, Sakata T: The deterioration of visual acuity by exercise under a mesopie vision environment. J Sports Med Phys Fitness. 31. 272-276 (1991)

(154) Ismail GM, Whitaker D: Early detection of changes in visual function in diabetes mellitus. Ophthalmic physiol Opt. 18. 3-12 (1998)

(155) Jackson RC, Warren S, Abernethy B: Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement. Acta Psychol (Amst). 123(3). 355-371 (2006)

(156) Jansen R, Müller R: Arbeitsbelastungen und Gesundheit älterer Arbeitnehmer im Dienstleistungsbereich. Zeitschrift für Gerontologie. 33. 1-6 (2000)

(157) Janson H: Longitudinal patterns of tobacco smoking from childhood to middle age. Addictive Behaviors. 24(2). 239-249 (1999)

(158) Jatoi NA, Jerrard-Dunne P, Feely J, Mahmud A: Impact of Smoking and Smoking Cessation on Arterial Stiffness and Aortic Wave Reflection in Hypertension. Hypertension. 49. 981 (2007)

(159) Jendrusch G: Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n. Sport und Buch Strauss, Köln 1995.

(160) Jendrusch G: Leistungsbezogene Leistungen des visuellen Systems. In: U Bartmus, G Jendrusch, T Henke, P Platen (Hrsg.): In memoriam Horst de Marées anlässlich seines 70. Geburtstages. 55-74. Sportverlag Strauß. Köln 2006.

(161) Jendrusch G, Bornemann R, Heck H: Effektivität von Sehtraining bzw. Wahrnehmungsschulung zur Leistungsoptimierung – am Beispiel Tennis (Alpin-) Skifahren. Unveröffentlicher Projektantrag. Bochum 1999a

(162) Jendrusch G, Brach M: Sinnesleistungen im Sport. In: H Mechling, J Munzert (Hrsg.): Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre. 175-196. Verlag Karl Hofmann. Schorndorf 2003.

(163) Jendrusch G, Ehrenstein WH: Antizipatives Sehverhalten: Experimentelle Zugänge und sportwissenschaftliche Perspektiven. Z Prakt Augenheilkd. 29. 419-427 (2008)

(164) Jendrusch G, Engel D, Ehrensetin WH, Platen P: Dynamic vision: linking perceptual performance to motor skills. Perception. 37(Suppl.). 154. (2008b)

(165) Jendrusch G, Engel D, Ehrenstein WH, Platen P: Dynamic vision of top athletes. In: 13th Annual Congress of the European College of Sport Science, 9.-12. July 2008, Estoril, Portungal. "Sport science by the sea". Abstracts (439). Technical Univ. Lisabon 2008a.

(166) Jendrusch G, Heiligensetzer D, Peter K, Heck H, Lingelbach B: Belastungsinduzierte Veränderungen der visuellen Leistungsfähigkeit am Beispiel der Sehschärfe. Z prakt Augenheilk. 22(11). 437-443 (2001)

(167) Jendrusch G, Herber F, Heck H: Aspekte belastungsinduzierter Veränderungen der visuellen Leistungsfähigkeit am Beispiel der Kontrastwahrnehmung. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaften (Hrsg.): BISp-Jahrbuch 1997. 237-242. Sport und Buch Strauss. Köln 1998.

(168) Jendrusch G, Richter H, de Marées H: Zur dynamischen Sehschärfe vor und nach laufbandergometrischer Belastung. In: H Liesen (Hrsg.): Regulations- und Repair-Mechanismen. 90-93. Dt Ärzte-Verlag. Köln 1994.

(169) Jendrusch G, Schlack A, Gralla V: Möglichkeiten und Grenzen des peripheren Sehens im Sport. Optometrie. 3. 11-19 (1999b)

(170) Jendrusch G, Wenzel V, Heck H:. Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede in der blickmotorischen Leistungsfähigkeit. In: J Krug, C Hartmann (Hrsg.): Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik. 100-105. Academia. Sankt Augustin 1999c.

(171) Jöckel KH: Gesundheitsrisiken durch Passivrauchen. Deutsches Ärzteblatt. 43. A2852-2857 (2000)

(172) John U, Hanke M: Tabakrauch-attributionale Mortalität in den deutschen Bundesländern.Gesundheitswesen. 63(6). 363-369 (2001)

(173) Johnson BM, Miao M, Sadun AA: Age-related decline of human optic nerve axon populations. Age. 10. 5 (1987)

(174) Joost HG, Fritsche A, Häring HU, Pfeiffer AFH, Roden M, Schulze MB: Diabetes mellitus Typ 2 – Risikobestimmung wird präzisiert. Deutsches Ärzteblatt. 107(13). A600-2 (2010)

(175) Justino L, Kergoat H, Kergoat MJ: Changes in the retinocortical evoked potentials in subjects 75 years of age and older. Clin Neurophysiol. 112(7). 1343-8 (2001)

(176) Kaiser HJ, Schoetzau A, Flammer J: Blood flow velocity in the extraocular vessels in chronic smokers. Br J Ophthalmol. 81. 133-135 (1997)

(177) Kauert G: Drogenkonsum und Fahrtüchtigkeit aus medizinisch-toxikologischer Sicht. BA. 108. 102 ff (2002)

(178) Kelly SP, Thornton J, Edwards R, Sahu A, Harrison R: Smoking and cataract: Review of causal association. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 31(12). 2395-2404 (2005)

(179) Khan JC, Thurlby DA, Shahid H, Clayton DG, Yates JRW, Bradley M, Moore AT, Bird AC: Smoking and age related macular degeneration: the number of pack years of cigarette smoking is a major determinant of risk for both geographic atrophy and choroidal neovascularisation. Br J Ophthalmol. 90. 75-80 (2006)

(180) Kishi R, Tozaki S, Katakura Y, Kobashi G, Shido K, Tukishima E: Contrast vision dysfunction among styrene-exposed workers. Neuro Toxicology. 21. 890 (2000)

(181) Kittel R: Quo vadis G 25 und G 41. ASU. 45(3). 35-37 (2010)

(182) Kittel R: Die Änderung der Fahrerlaubnisverordnung. VDBW aktuell. 9. 5-13 (2011)

(183) Klein R, Klein BE, Moss SE, Meuer SM: The epidemiology of retinal vein occlusion: the Beaver Dam Eye Study. Trans Am Ophthalmol Soc. 98. 133-141 (2000)

(184) Klopf J, Baumann M, Horn R, Kehrer B, Martinov M, Mittermair A, Petzel C, Pennwieser M, Rohrer M, Schernhardt P, Schönauer S, Tiric L, Valsky K, Wolfsgruber M (2002): Arbeitsmaterial zur Übung: „Verkehrspsychologie – Diagnostik und Rehabilitation alkoholauffälliger Kraftfahrer". Abgerufen am 21. November 2010 von http://www.sbg.ac.at/fps/allgemeine/Arbeitsmaterialien%20zur%20Uebung.pdf

(185) Kocherscheid K, Rudinger G: Ressourcen älterer Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer. In: W Echterhoff (Hrsg.): Mobilität und Alter, Strategien zur Sicherung der Mobilität älterer Menschen. 19-42. Schriftenreihe der Eugen Otto Butz Stiftung. Köln 2005.

(186) Köhler M: Abhängigkeit der Anzahl der perifovealen Gefässe von Alter, Geschlecht, Diabetes mellitus, arterieller Hypertonie und Tabakkonsum. Dissertation, Technischen Universität München 2003.

(187) Kollias AN, Ulbig MW: Diabetische Retinopathie. Dtsch Ärztebl. Int. 107(5). 75-84 (2010)

(188) Krestownikow AN: Physiologie der Körperübungen. Volk und Gesundheit. Berlin 1953.

(189) Kriechhammer R, Neussel M, Spindler S: Der Einfluss von Alkohol auf das Sehvermögen. Diplomarbeit 2009. Abgerufen am 21. November 2010 von http://www.phtla-hall.tsn.at/0809/projekte/alkohol.pdf

(190) Krueger H: Sehtestung versus Sehfähigkeit bei Fahr- und Steuertätigkeit. In: Seminar Fahr- und Steuertätigkeit: Sehfunktionen. 5-8. VDBW. Nürnberg 1999.

(191) Kupersmith MJ, Holopigian K, Seidle WH: Contrast sensitivity testing. In: M Wall, AA Sadun (eds.): New methods of sensory visual testing. 53-67. Springer Verlag. New York 1989.

(192) Kurtenbach A. Wagner U, Neu A, Schiefer U, Ranke MB, Zrenner E: Brightness matching and colour discrimination in young diabetics without retinopathy. Vision Res. 34. 115-122 (1994)

(193) Kurth B-M: Erste Ergebnisse aus der „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland" (DEGS). Bundesgesundheitsbl. 55. 980-990 (2012)

(194) Kutschbach P, Wolf S, Sieveking M, Ittel TH, Schulte K, Reim M: Retinal capillary density in patients with arterial hypertension: 2-year follow-up. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 236. 410-414 (1998)

(195) Lando HA, Thai DT, Murray DM, Robinson LA, Jeffery RW, Sherwood NW, Hennrikus DJ: Age of initiation, smoking patterns, and risk in a population of working adults. Preventive Medicine. 29. 590-598 (1999)

(196) Landolt E: Die Vereinheitlichung der Bestimmung der Sehschärfe. Augenheilk. 13. 519-41 (1905)

(197) Lang GE, Lang GK: Netzhaut. In: GK Lang (Hrsg.): Augenheilkunde. 293-364. Thieme. Stuttgart 2006.

(198) Lau-Villinger D, Seitz D: Der Prozess des Älterwerdens in Unternehmen. Frankfurt 2002.

(199) Leibowitz HW, Owens DA, Helmreich RL: Transportation. In: RS Nickerson (Hrsg.): Emerging needs and opportunities for human factors reseach. 241-261. National Academy Press. Washington DC 1995.

(200) Lemmen KD: Medikamentöse Therapie der diabetischen Retinopathie und Makulopathie. Diabetologe. 4. 110-116 (2008)

(201) Lemmen KD, Martin S: Diabetische Retinopathie und Makulopathie. Diabetologe. 4. 92 (2008)

(202) Lemogoum D, van Bortel L, Leeman M, Degaute J-P, van de Borne PH: Ethnic differences in arterial stiffness and wave reflections after cigarette smoking. Journal of Hypertension. 24(4). 683-689 (2006)

(203) Lightwood JM, Glantz SA: Declines in acute myocardial infarction after smoke-free laws and individual risk attributable to second-hand smoke. Circulation. 120. 1373-1379 (2009)

(204) Lindner H, Röhl FW, Behrens-Baumann W: Kontrastoptimierung im öffentlichen Bereich – Verbesserung der Orientierungsmöglichkeiten für Sehbehinderte. Klin. Mbl. Augenheilkd. 214. 231-245 (1999)

(205) Liska V, Dostalek M: Are contrast sensitivity functions impaired in insulin dependent diabetics without diabetic retinopathy. Acta medica. 42. 133-138 (1999)

(206) Long GM, Crambert RF: The nature and basis of age-related changes in dynamic visual acuity. Psychol Aging. 5(1). 138-143 (1990)

(207) Long GM, Penn DL: Dynamic visual acuity: Normative functions and practical implications. Bulletin of the Psychonomic Society. 25. 252-256 (1987)

(208) Long GM, Riggs CA: Training effects on dynamic visual acuity with freehead viewing. Perception. 20(3). 363-371 (1991)

(209) Long GM, Rourke DA: Training effects on the resolution of moving targets – Dynamic visual acuity. Human Factors. 31(4). 443-451 (1989)

(210) Lovegrove W: Weakness in the transient visual system: a causal factor in dyslexia? Ann NY Acad Sci. 682. 57-69 (1993)

(211) Lüders S, Hammersen F, Kulschewski A, Frerichs A, Frieg R, Hahnheiser D, Reich G, Schnieders M, Schrandt G, Schrader J: Stressassoziierte Hypertonie am Arbeitsplatz - Ergebnisse des STARLET-Projekts. DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift. 131(46). 2580-2585 (2006)

(212) Ludvigh EJ: The visibility of moving objects. Science. 108(27-94). 63-64 (1948)

(213) Ludvigh EJ, Miller JW: A study of dynamic visual acuity. Joint Project NM001.075.01.01. Kresge Eye Institute and United States School of Aviation Medicine. Pensacola 1953.

(214) Ludvigh EJ, Miller JW: An analysis of dynamic visual acuity in a population of 200 naval aviation cadets. NSAM-568. Naval School of Aviation Medicine. Fla. Pensacola 1954a.

(215) Ludvigh EJ, Miller JW: Some effects of training on dynamic visual acuity. Project NM 001. 075. 01. 06. Kresge Eye Institute and U.S. School of Aviation Medicine. Fla. Pensacola 1954b.

(216) Ludvigh EJ, Miller JW: Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. I. Introduction. J Opt Soc Am. 48. 799-802 (1958)

(217) Lüthke S, Welters A, Kropf S, Böckelmann I: Farbsehuntersuchungen bei Patienten mit Diabetes mellitus und arterieller Hypertonie. Ophthalmologe. 10. 923-929 (2010)

(218) Mahmud A, Feely J: Effect of Smoking on Arterial Stiffness and Pulse Pressure Amplification. Hypertension. 41. 183-187 (2003)

(219) Maier R, Weger M, Berghold A, Schmut O, Haas A: Morbiditätsrate bei Durchblutungsstörungen am Auge. Spektrum Augenheilkd. 16(3). 121-123 (2002)

(220) Marmor MF, Gawande A: Effects of visual blur on contrast sensitivity. Clinical Implications. Ophthalmology. 95. 139-143 (1988)

(221) Matos R, Godinho M: Enhancing the useful field of vision in non-players through a perceptual-motor program. In: H Hoppeler, T Reilley, E Tsolakidis, L Gfeller, S Klossner (eds.): Book of Abstracts of the 11th annual Congress of the European College of Sport Science. 604-605. Lausanne 2006.

(222) Mättig WU, Schlykowa L, Wist ER, Ehrenstein WH, Wiedemann P: Binokulare und monokulare Bestimmung der dynamischen Sehschärfe bei Patienten mit okulärer Hypertension. Der Ophthalmologe. 93(Suppl.1). 539 (1996)

(223) McCarty CA, Mukesh BN, Fu CL, Mitchell P, Wang JJ, Taylor HR: Risk factors for age-related maculopathy. Arch Ophthalmol. 119. 1455-1462 (2001)

(224) McGregor LN, Chaparro A: Visual difficulties reported by low-vision and nonimpaired older adult drivers. Hum Factors. 47(3). 469-78 (2005)

(225) Melcher MH, Lund DR: Sports vision and the high school student athlete. Journal of the American Optometric Association. 63(7). 467-474 (1992)

(226) Menge K: Zur visuellen Leistungsfähigkeit von Handballspielern/-innen unterschiedlicher Leistungsklassen. Staatsexamensarbeit. Ruhr-Universität Bochum 1993.

(227) Mergler D, Bélanger S, de Grosbois S, Vachon N: Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. Toxicology. 341-348. Amsterdam 49. 1988.

(228) Merker R, Hartmann J: Visuelles System. In: C Hick, A Hick (Hrsg.): Intensivkurs Physiologie. 325-343. Urban & Fischer. München 2006.

(229) Mewes N, Kellman M, Ehrenstein WH, Jendrusch G: Veränderung der dynamischen Sehschärfe bei körperlicher und psychischer Beanspruchung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 59(6). 141-145 (2008)

(230) Miller JW: Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. II. Effects of direction of movement, relative movement, and illumination. J Opt Soc Am. 48. 803-808 (1958)

(231) Millslagle DG: Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. Percept Mot Skills. 90(2). 498-504 (2000)

(232) Millslagle DG: Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents. Percept Mot Skills. 99(3Pt2). 1147-115 (2004)

(233) Millslagle DG, DeLaRosby A, VonBank S: Incremental exercise in dynamic visual acuity. Percept Mot Skills. 101(2). 657-664 (2005)

(234) Miyao M, Ishikawa H, Ito M, Teo PC, Furuta M, Ishigaki H: Effect of a low dose of alcohol on dynamic visual acuity. Percept Mot Skills. 78(3 Pt 1). 963-967 (1994)

(235) Morgado PB, Chen HC, Patel V, Herbert L, Kohner EM: The acute effect of smoking on retinal blood flow in subjects with and without diabetes. Ophthalmology. 101. 1220-1226 (1994)

(236) Morris JW, Kreighbaum E: Dynamic visual acuity of varsity women volleyball and basketball players. Research Quarterly. 48. 480-483 (1977)

(237) Müller-Trudrung M: Ophthalmologische Untersuchung mit Hilfe des Sehtestes (Rodatest 302) an drogenbeeinflussten Kraftfahrern. Dissertation. Johann Wolfgang Goethe-Universität. Frankfurt am Main 2009.

(238) Nadler MP, Miller D, Nadler DJ (Hrsg.): Glare and contrast sensitivity for clinicians. Springer Verlag. New York 1990.

(239) Neumaier A: Visuelle Informationsaufnahme sportlicher Bewegungsabläufe. Eine Untersuchung zum Blickverhaltenbeim Betrachten von filmisch dargeboteten Übungsteilen aus dem Bodenturnen. Dissertation. DSHS Köln 1979.

(240) Neumaier A: Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Sport. Academia-Verlag Richarz. St. Augustin 1988.

(241) Neumaier A, Jendrusch G: Aktuelle Positionen zum Bewegungssehen im Sport. In: J Krug, C Hartmann (Hrsg.): Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik. 128-141. Sankt Augustin 1999.

(242) Nicholson ICH, Andre JT, Tyrrell RA, Wang M, Leibowitz HW: Effects of moderate dose alcohol on visual contrast sensitivity for stationary and moving targets. J Stud Alcohol. 56(3). 261-6 (1995)

(243) Nora S, Minc A: Die Informatisierung der Gesellschaft. Frankfurt am Main 1979.

(244) Nordmann JP, Guigui A, Laroche L, Denis P, Saraux H: Contrast sensitivity and diabetes. Bull Soc Ophthalmol Fr. 90(5). 465-469 (1990)

(245) Oeltze S, Bacher T, Dreger C, Eichmann V: Mobilität 2050 – Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Edition Difu. Berlin 2007.

(246) Ojofeitimi EO, Adelekan DA, Adeoye A, Ogungbe TG, Imoru AO, Oduah EC: Dietary and lifestyle patterns in the aetiology of cataracts in Nigerian patients. Nutr Health. 13. 61-68 (1999)

(247) Pahor D: Reduktion der Lichtunterschiedsempfindlichkeit der Netzhaut bei Diabetikern. Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 220. 868-872 (2003)

(248) Paliaga GP: Die Bestimmung der Sehschärfe. Quintessenz Verlag. München 1993.

(249) Patel I, Turano KA, Broman AT, Bandeen-Roche K, Munoz B, West SK: Measures of visual function and percentage of preferred walking speed in older adults: The Salisbury Eye Evaluation Project. Invest Ophthalmol Vis Sci. 47(1). 65-71 (2006)

(250) Paulsson LE, Sjöstrand J: Contrast sensitivity in the presence of a glare light. Theroretical concepts and preliminary clinical studies. Invest Ophthalmol Vis Sci. 19. 401-406 (1980)

(251) Petersen J: Bildschirmarbeitsplätze – eine arbeitsmedizinische Bewertung. Dtsch Arztebl. 103(30). A2047-52 (2006)

(252) Peto R, Lopez AD, Boreham J, Thun M, Heath JC: Mortality from smoking in developedcountries 1950-2000. Oxford University Press. Oxford 1994.

(253) Priebe M: Arbeitsmarkt und demographischer Wandel. Möglichkeiten betrieblicher Einflussnahmeauf die Auswirkungen alternder Belegschaften. Verlag Dr. Müller. Saarbrücken 2006.

(254) Rassow B: Zur Bstimmung der Kontrastempfindlichkeit . Klin Monatsbl Augenheilkd. 193. 93-98 (1988)

(255) Raupach T, Bätzing S, Wiebel F, Andreas S: Fehlinformation zum Tabakrauchen in deutschen Medizin-Lehrbüchern. Dtsch Med Wochenschr. 132. 261-264 (2007)

(256) Reading VM: Analysis of eye movement responses and dynamic visual acuity. Pflügers Arch. 333(1). 27-34 (1972)

(257) Regan D: Low-contrast letter charts and sineware gratings tests in ophthalmological and neurological disorders. Clin Vision Sci. 2. 235-50 (1988)

(258) Regan D, Beverley KI: Figure-ground segregation by motion contrast and by luminance contrast. J Opt Soc Am. (A)1. 433-42 (1984)

(259) Regan D, Giaschi D, Sharpe JA, Hong XH: Visual processing of motion-defined form: selective failure in patients with parietotemporal lesions. J Neurosci. 12. 2198-2210 (1992)

(260) Rehwald R, Reineke G, Wienemann E, Zinke E: Betriebliche Suchtprävention und Suchthilfe. Bundverlag. Frankfurt am Main 2007.

(261) Rehwald R, Reineke G, Wienemann E, Zinke E: Betriebliche Suchtprävention und Suchthilfe. Bundverlag. Frankfurt am Main 2012.

(262) Reichelt JA, Grütters G, Ritz-Timme S, Grütters M, Kaatsch HJ: Beeinträchtigung der Sicherheit im Schiffsverkehr durch Alkohol. Ophthalmologe. 100. 396-401 (2003)

(263) Riechenhagen G: Demografischer Wandel in der Arbeitswelt - Stand und Perspektiven in Deutschland. Zeitschrift Gesundheits- und Sozialpolitik. 5. 6 (2006)

(264) Rinnert K: Diabetes und Beruf. Arbeitsmedizinische Aspekte. Der Diabetologe. 5. 531-538 (2009)

(265) Rohrschneider K, Krastel H, Pressel G: Farben und Sehen. In: K Landau, G Pressel (Hrsg.): Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. Definitionen – Vorkommen – Arbeitsschutz. Gentner Verlag. Stuttgart 2009.

(266) Rose DM, Jung D: Diabetes mellitus im Berufsleben: Arbeitsmedizinische und berufsmedizinische Bedeutung bei Berufen mit besonderen Anforderungen an Sicherheit und Leistungsfähigkeit. ErgoMed. 6. 178-183 (2003)

(267) Rote Liste: Arzneimittelverzeichnis für Deutschland. Editio Cantor Verlag. Aulendorf 2009.

(268) Rouse MW, DeLand P, Christian R, Hawley J: A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. Journal of the American Optpmetric Association. 59(12). 946-950 (1988)

(269) Rummel M: Vom „Suchtprogramm“ zum betrieblichen Interventionskonzept. In: E Bamberg, A Ducki, A-M Metz (Hrsg.): Innovatives Management - Gesundheitsförderung und Gesundheitsmanagement in der Arbeitswelt. Hogrefe Verlag. Göttingen 2011.

(270) Rummel M, Rainer L, Fuchs R: Alkohol im Unternehmen. Prävention und Intervention. Aus der Reihe: Praxis der Personalpsychologie. Hogrefe Verlag für Psychologie. Göttingen 2004.

(271) Sanderson FH, Whiting HTA: Dynamic visual acuity and performance in a catching task. Journal of Motor Behaviour. 6. 87-94 (1974)

(272) Schenk T, Zihl J: Visual motion perception after brain damage. I. Deficits in global motion perception. Neuropsychologia. 35(9). 1289-1297 (1997a)

(273) Schenk T, Zihl J: Visual motion perception after brain damage. II.Deficits in form-from-motion perception. Neuropsychologia. 35(9). 1299-1310 (1997b)

(274) Schlykowa L, Mättig WU, Wist ER, Ehrenstein WH, Wiedemann P: Visual acuity based on motion contrast on glaucoma patients. Invest Ophthalmol. Vis Sci. 37(3). 513 (1996a)

(275) Schlykowa L, Wist ER, Mättig WU, Wiedemann P, Ehrenstein WH: Suprathreshold screening of glaucomatous optic neuropathy by random-dot kinematograms. Pflügers Arch Eur J Physiol. (Suppl.431)R57. abstr. no. P-36 (1996b)

(276) Schmäl F, Kunz R, Ortmann C, Stoll W, Nieschalk M, Fechner G: Effect of ethanol on dynamic visual acuity during vertical body osaillation in healthy volunteers. Eur Arch Otorhinolaryngol. 257(9). 485-489 (2000)

(277) Schmäl F, Thiede O, Stoll W: Effect of ethanol on visual-vestibular interactions during vertical linear body acceleration. Alcohol Clin Exp Res. 27(9). 1520-1526 (2003)

(278) Schmidt LG, Schmidt K: Psychiatrische Aspekte. In: Wissenschaftliches Kuratorium der Deutschen Hauptstelle für Suchtfragen (DHS) e. V. (Hrsg.): Alkoholabhängigkeit. Suchtmedizinische Reihe, Band 1. Hamm 2003.

(279) Schnell D: Sehorgan und Sport. In: U Bartmus , H Heck, J Mester, H Schumann, G Tidow (Hrsg.): Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées. 175-240. Köln 1996.

(280) Schnell D: Das kann ins Auge gehen ... : Was Aktive und Betreuer zur Sehleistung wissen sollten. Köln 1997

(281) Schnell D: Wieviel Auge braucht der Sport? Dt Ärztebl. 96(14). A925-928 (1999)

(282) Schober H, Munker H, Grimm W: Zur Erkennung bewegter Objekte: Dynamische Sehschärfe. Klin Mbl Augenheilk. 151. 399-402 (1967)

(283) Schorer J, Wörner A: Ich schau' dir in die Augen, Großer! Blickbewegungsanalysen von Handballtorhüternbeim Siebenmeterwurf. Handballtraining. 27(9-10). 42-46 (2005)

(284) Schrauf M, Wist ER, Ehrenstein WH: Development of dynamic vision based on motion contrast. Exp Brain Res. 124. 469-473 (1999)

(285) Schröder A, Assali B, Rüfer F, Erb C: Gesichtsfeldbefunde bei Patienten mit einer arteriallen Hypertonie. Klin Monatsbl. Augenheilkd. 220. 689-694 (2003)

(286) Schulze MB, Rathmann W, Giani G, Joost HG: Diabetesprävalenz – Verlässliche Schätzungen stehen noch aus. Deutsches Ärzteblatt. 107(36). A1694-6 (2010)

(287) Scialfa CT, Garvey PM, Gish KW, Deering LM, Leibowitz HW, Goebel CC: Relationships among measures of static and dynamic visual sensitivity. Hum Factors. 30. 677-87 (1988)

(288) Seidel HJ, Schochat T: Zurechtkommen der Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen in einer betriebsärztlich intensiv betreuten Einrichtung. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed. 36. 383-7 (2001)

(289) Sempf C, Sempf W: Die zentrale Sehbahn – Warum der Sehnerv kein Nerv ist. DOZ. 1. 58-63 (2009)

(290) Shen JK, Dong A, Hackett SF, Bell WR, Green WR, Campochiaro PA: Oxidative Schäden bei altersabhängiger Makuladegeneration. Histol Histopathol. 22. 1301-1308 (2007)

(291) Shine B, Fells P, Edwards OM, Weetman AP: Association between Graves' ophthalmopathy and smoking. Lancet. 335. 1261-1263 (1990)

(292) Silbernagl S, Despopoulos A: Taschenatlas der Physiologie. Thieme. Stuttgart 2007.

(293) Silverman SE, Trick GL, Hart Jr WM: Motion perception is abnormal in primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. Invest Ophthalmol Vis Sci. 31. 722-729 (1990)

(294) Singer MV, Teyssen S: Internistische und neurologische Aspekte. In: Wissenschaftliches Kuratorium der Deutschen Hauptstelle für Suchtfragen (DHS) e. V. (Hrsg.): Alkoholabhängigkeit. Suchtmedizinische Reihe, Band 1. Hamm 2003.

(295) Sloane ME, Owsley C, Alvarez SL: Aging, senile miosis and spatial contrast sensitivity at low luminance. Vision Res. 28(11). 1235-46 (1988)

(296) Smith W, Wang JJ, Wong TY, Rochtchina E, Klein R, Leeder SR, Mitchell P: Retinal arteriolar narrowing is associated with 5-year incident severe hypertension: the Blue Mountains Eye Study. Hypertension. 44(4). 442-7 (2004)

(297) Sokol S, Moskowitz A, Skarf B, Evans R, Molitch M, Senior B: Contrast sensitivity in Diabetics with and without Bachground Retinopathy. Arch Ophthalmol. 103. 51-54 (1985)

(298) Solberg Y, Rosner M, Belkin M: The association between cigarette smoking and ocular diseases. Surv Ophthalmol. 42. 535-547 (1998)

(299) Soyka M: Alkohol und Psychiatrie. In: MV Singer, S Teyssen (Hrsg.): Alkohol und Alkoholfolgekrankheiten. Grundlagen – Diagnostik – Therapien. Springer Verlag. Heidelberg 2005.

(300) Soyka M: Abhängigkeit. In: R Rupprecht, H Hampel (Hrsg.): Lehrbuch der Psychiatrie und Psychotherapie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Stuttgart 2006.

(301) Speckmann EJ, Hescheler J, Köhling R: Repetitorium Physiologie. 38-58. Elsevier. München 2008.

(302) Spillmann L, Ehrenstein WH: From neuron to Gestalt: Mechanisms of visual perception. In: R Greger, U Windhorst (Hrsg.): Comprehensive Human Physiology. From cellular mechanismus to integration. 861-893. Springer. Berlin 1996.

(303) Spillmann L, Ehrenstein WH: Gestalt factors in the visual neurosciences. In: LM Chalupa, JS Werner (Hrsg.): The Visual Neurosciences. 1573-1589. MIT Press. Mass Cambridge 2004.

(304) Stanton WR, Lowe JB, Gillespie AM: Adolescents‘ experience of smoking cessation. Drug and Alcohol Dependence. 43. 63-70 (1996)

(305) Starkes JL, Lindley S: Can we hasten expertise by video simulation? Quest. 46. 211-222 (1994)

(306) Statistisches Bundesamt (2009): Pressemitteilung Nr. 435 vom 18.11.2009: Im Jahr 2060 wird jeder Siebente 80 Jahre oder älter sein. Abgerufen am 18. März 2010 von http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2009/11/PD09__435__12411,templateId=renderPrint.psml

(307) Steigerwalt RD Jr, Laurora G, Incandela L, Cesarone MR, Belcaro G, De Sanctis MT: Ocular and orbital blood flow in cigarette smokers. Retina. 20. 394-397 (2000)

(308) Stine CD, Arterburn MR, Stern NS: Vision and sports: a review of the literature. Journal of the American Optometric Association. 53(8). 627-633 (1982)

(309) Stowasser S: Steuertätigkeit und Prozessführung. In: K Landau, G Pressel (Hrsg.): Medizinischer Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. 951-955. Gentner. Stuttgart 2009.

(310) Tanabe Y, Kawasaki R, Wang JJ, Wong TY, Mitchell P, Daimon M, Oizumi T, Kato T, Kawata S, Kayama T, Yamashita H: Retinal arteriolar narrowing predicts 5-year risk of hypertension in Japanese people: the Funagata study. Microcirculation. 17(2). 94-102 (2010)

(311) Thamm M, Lampert T: Tabak – Zahlen und Fakten zum Konsum In: DHS (Hrsg.): Jahrbuch Sucht 2005. 29-51. Neuland. Geesthacht 2005.

(312) Tidow G.: Beobachtung und Beurteilung azyklischer Bewegungsabläufe. Ahrensburg 1983

(313) Tidow G: Bewegungssehen im Sport – Möglichkeiten und Grenzen. In: HF Voigt (Hrsg.): Bewegungen lesen und antworten. 15-72. Czwalina. Hamburg 1993.

(314) Tidow G: Zur Optimierung des Bewegungssehens im Sport. In: U Bartmus, H Heck, J Mester, H Schumann, G Tidow (Hrsg.): Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées. 241-286. Köln 1996.

(315) Tidow G, Brückner P, de Marées H: Zur Bedeutung der dynamischen Sehschärfe in den Rückschlagspielen. In: H Rieckert (Hrsg.): Sportmedizin – Kursbestimmung. 590-593. Springer. Heidelberg, Berlin 1987.

(316) Trachtman JN: The relationship between ocular motilities and batting average in little leaguers. Am J Optom Arch Am Optom. 50(11). 914-9 (1973)

(317) Trick GL, Burde RM, Gordon MO, Santiago JV, Kilo C: The relationship between the discrimination and contrast sensitivity deficits in patients with diabetes mellitus. Ophthalmology. 95. 693-698 (1988)

(318) Trick GL, Silverman SE: Visual sensitivity to motion: age-related changes and deficits in senile dementia of the Alzheimer type. Neurology. 41. 1437-1440 (1991)

(319) Tullius M: Zur dynamischen Sehschärfe von Handballspielern. Examensarbeit der Universität Mainz 2001.

(320) U.S. Department of Health and Human Services: The Health Consequences of Smoking: A Report of the Surgeon General. U.S. Department for Health and Human-Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic DiseasePrevention and Health Promotion. GA. Atlanta 2004.

(321) U.S. Department of Health and Human Services: The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke: A Report of the Surgeon General. U.S. Department for Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. GA. Altanta 2006.

(322) Ulmer HV: Zum Umgang Farbsinngestörter mit Farbkodierung als Beispiel für Bewältigungsstrategien bei ungünstiger Ergonomie. In: E Hallier, J Bünger (Hrsg.): Verh. Dt. Ges. Arbeitsmed. Umweltmed. – 38. Jahrestagung. 361-363. DGAUM. Lübeck 1998.

(323) Ulmer HV: Anforderungen an das Sehvermögen des Kraftfahrers: Dynamisches Sehen vergessen. Deutsches Ärzteblatt. 100(34-35). A2238-2239 (2003)

(324) Uz E, Sahin S, Hepsen IF, Var A, Sogut S, Akyol O: The relationship between serum trace element changes and visual function in heavy smokers. Acta Ophthalmol Scand. 81. 161-164 (2003)

(325) Van de Grind WA, van Doorn AJ, Koenderink JJ: Detection of coherent movement in peripherally viewed random-dot patterns. J Opt Soc Am. 73(12). 1674-83 (1983)

(326) Van Doorn AJ, Koendrink JJ: Temporal properties of the visual detectability of moving spatial white noise. Exp Brain Res. 45(1-2). 179-88 (1982)

(327) Van Doorn AJ, Koenderink JJ: Detectability of velocity gradients in moving random-dot patterns. Vision Res. 23(8). 799-804 (1983)

(328) VISTECH Consultans Incorporation: Vision Contrast Test System: VCTS 6500. Ohio, Dayton 1983/1990.

(329) Voigt HF, Westphal G: Vom Sehen zum Erkennen. Handballtraining. 17(3-4). 21-27 (1995a)

(330) Voigt HF, Westphal G: Wahrnehmungsschulung im Volleyball. In: F Dannenmann: Neue Aspekte des Volleyballspiels. 154-169. Hamburg 1995b.

(331) Wagner G: Entfettete Diabetikerherzen kommen auch langfristig wieder in Schwung. Ärzte Zeitung. 217. 2 (2011)

(332) Walter LO: Derivatisierung, Computerisierung und Wettberwerb. Gabler. Wiesbaden 2009.

(333) Warden CJ, Brown HC, Ross S: A study of individual differences in motion acuity at scotopic levels of illumination. Journal of Experimental Psychology. 35. 37-70 (1945)

(334) Weale RA: Senescent Vision: Is it all the fault of the lens? Eye. 1. 217 (1987)

(335) Wehner HD: Verkehrsmedizin. In: B Madea (Hrsg.): Praxis Rechtsmedizin. 420-446. Springer. Heidelberg 2007.

(336) Weil J, Stritzke J, Schunkert H: Risikofaktor „Rauchen“. Der Internist. 53. 45-50 (2012)

(337) Weissmann S, Freeman CM: Relationship between static and dynamic visual acuity. J. exp. Psychol. 70. 141-146 (1965)

(338) Wersig G: Informatisierung und Gesellschaft. Wie bewältigen wir die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien. München 1983.

(339) Wesemann W: Die Grenzen der Sehschärfe, Teil 4: Wie misst man die Sehschärfe richtig? Regeln und Probleme. DOZ. 2. 32-38 (2002)

(340) Whiting HTA: Acquiring ball skill – a psychological interpretation. London 1973.

(341) Whiting HTA, Sanderson FH: The effect of exercise on the visual and auditory acuity of table-tennis players. J Mot Behav 4: 163-169 (1972).

(342) Wiencke J, Thurston S, Kelsey K, Varkonyi A, Wain JC, Mark EJ, Christiani DC: Early age atsmoking initiation and tobacco carcinogen DNA damage in the lung. Journal of the National Cancer Institute. 7. 614-619 (1999)

(343) Wilhelm H: Kontrastsehen - weshalb man es prüfen sollte. Z prakt Augenheilk. 29. 405-407 (2008)

(344) Williams AM, Davis K, Burwitz L, Williams JG: Visual search strategies in experienced and in experienced soccer players. Research Quarterly for Exercise and Sport. 65(2). 127-135 (1994)

(345) Williams AM, Davis K, Williams JG: Visual perception & action in sport. London 1999.

(346) Williams AM, Grant A: Training perceptual skill in sport. International Journal of Sport Psychology. 30(2). 194-220 (1999)

(347) Wilson GA, Field AP, Wilson N: Smoke gets in your eyes: smoking and visual impairment in New Zealand. N Z Med J. 114(1142). 471-474 (2001)

(348) Wilson MR, Hertzmark E, Walker AM, Childs-Shaw K, Epstein DL: A case-control study of risk factors in open-angle glaucoma. Arch Ophthalmol. 105. 1066-1071 (1987)

(349) Wist ER, Ehrenstein WH: Sport und dynamische Sehschärfe. Ein neuer Ansatz zur Prüfung des dynamischen Sehens. Z prakt Augenheilk. 22. 433-436 (2001)

(350) Wist ER, Ehrenstein WH, Schlykowa L, Schrauf M: A form-from-motion analog to the Landolt test. Pflügers Arch - Europ J Physiol. (Suppl.431). R14 (1996)

(351) Wist ER, Ehrenstein WH, Schrauf M: A computer-assisted test for the electrophysiological and electrophysical measurement of dynamic visual function based on motion contrast. Journal of Neuroscience Methods. 80. 41-47 (1998)

(352) Wist ER, Gross JD, Niedeggen M: Motion aftereffects with random-dot chequer board kinematograms: relation between psychophysical and VEP measures. Perception. 23(10). 1155-1162 (1994)

(353) Wist ER, Schrauf M, Ehrenstein WH: Dynamic visual performance between the ages of 4 and 80 years: results for 1850 normal subjects. Perception. 26(Suppl.). 78 (1997)

(354) Wist ER, Schrauf M, Ehrenstein WH: Dynamic vision based on motion-contrast: Changes with the age in adults. Exp Brain Res. 134. 295-300 (2000)

(355) Wist ER, Schrauf M, Ehrenstein WH, Schlykowa L, Niedeggen M: VEP and psychophysical correlates of contour processing based on motion contrast. Pflügers Arch - Europ J Physiol. (Suppl. 1). 420, R50, abstr. no. 195 (1992)

(356) Wolff H: Der Demografische Wandel - eine Herausforderung für alle Akteure am Arbeitsmarkt. Z Gerontol Geriat. 33. 251-255 (2000)

(357) Wood JM, Abernethy B: An assessment of the efficacy of sports vision training programs. Optometry and Vision Science. 74(8). 646-659 (1997)

(358) World Health Organization: Tobacco or health: A global status report. WHO. Geneva 1997.

(359) World Health Organization: Der Europäische Gesundheitsbericht 2005: Maßnahmen für eine bessere Gesundheit der Kinder und der Bevölkerung insgesamt. World Health Organization. Geneva 2005.

(360) Wu SY, Leske MC: Associations with intraocular pressure in the Barbados Eye Study. Arch Ophthalmol. 115. 1572-1576 (1997)

(361) Wyser C, Bolliger CT: Smoking-related disorders. In: Bolliger CT, Fagerström KO, Hrsg. The tobacco epidemic Progress in Respiratory Research. 78-106. Karger. Basel 1997.

(362) Zeki SM: Cerebral akinetopsia (visual motion blindness): A review. Brain. 114(2). 811-824 (1991)

(363) Zeki SM: A vision of brain. Blackwell. Oxford 1993.

(364) Zihl J, Von Cramon D, Mai N: Selective disturbance of movement vision after bilateral brain damage. Brain. 106(2). 313-340 (1983)

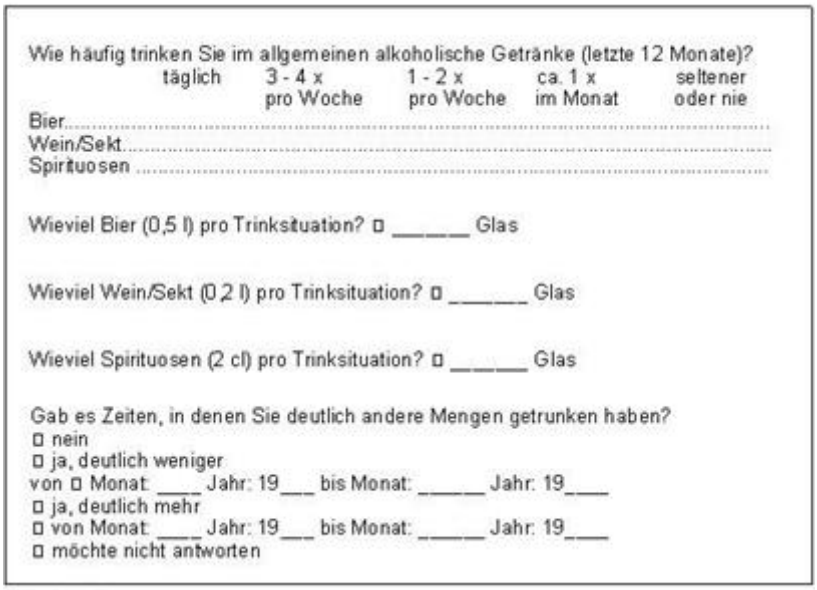
(365) Zrenner E: Neue differentialdiagnostische Möglichkeiten in der Sinnesphysiologie. In: OE Lund, T Waubke (Hrsg.): Bücherei des Augenarztes Bd. 115: Neuerungen in der ophthalmologischen Diagnose und Therapie. 154-164. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart 1988.

Anlagen

Anlage 1: Alkoholeffekte bei unterschiedlichen Blutalkoholkonzentrationen (modifiziert nach Klopf et al. 2002)

Blutalkohol in Promille	Funktionseinschränkungen
0,3	Fehleinschätzung von Abständen
0,5	Keine korrekte Wahrnehmung der Farbe Rot, um 15 % eingeschränkte Sehleistung (Tunnelblick, Reduktion der Entfernungseinschätzung), langsame Hell-Dunkel-Adaptation, Risiko für Verkehrsunfälle 2-fach erhöht
0,8	Enthemmung, Kontrollverlust über Augenbewegungen, Blickfeldverengung, Übersehen von Verkehrsinformationen, Lenkbewegungsstörungen, Reaktionsverlangsamung um 50 %, um 25 % verringerte Sehkraft, Risiko für Verkehrsunfälle 4-fach erhöht
1,1	Verwirrtheit, Sprechstörung, per Gesetz absolute Fahruntüchtigkeit, gesteigerte Enthemmung und Selbstüberschätzung, ab 1,5 ‰ Risiko für Verkehrsunfälle 16-fach erhöht
3,0	Volltrunkenheit, Vergiftungserscheinungen mit Bewusstlosigkeit

Anlage 2: Fragebogen zur Alkoholmengenbestimmung der Probanden



Wie häufig trinken Sie im allgemeinen alkoholische Getränke (letzte 12 Monate)?

	täglich	3 - 4 x pro Woche	1 - 2 x pro Woche	ca. 1 x im Monat	seltener oder nie
Bier					
Wein/Sekt					
Spirituosen					

Wieviel Bier (0,5 l) pro Trinksituation? ☐ _____ Glas

Wieviel Wein/Sekt (0,2 l) pro Trinksituation? ☐ _____ Glas

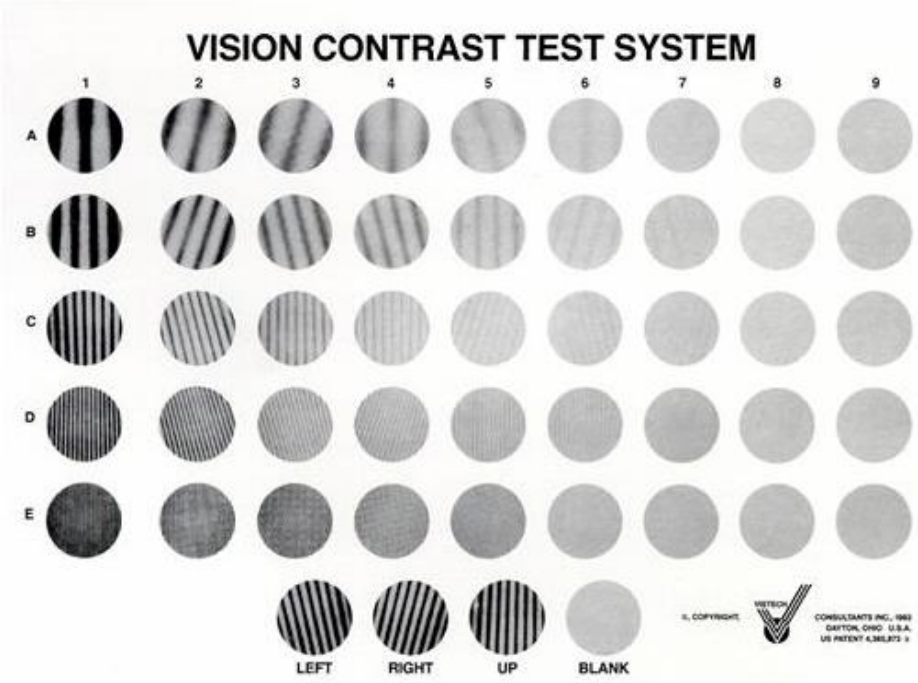
Wieviel Spirituosen (2 cl) pro Trinksituation? ☐ _____ Glas

Gab es Zeiten, in denen Sie deutlich andere Mengen getrunken haben?
☐ nein
☐ ja, deutlich weniger
von ☐ Monat: ____ Jahr: 19___ bis Monat: _____ Jahr: 19____
☐ ja, deutlich mehr
☐ von Monat: ____ Jahr: 19___ bis Monat: _____ Jahr: 19____
☐ möchte nicht antworten

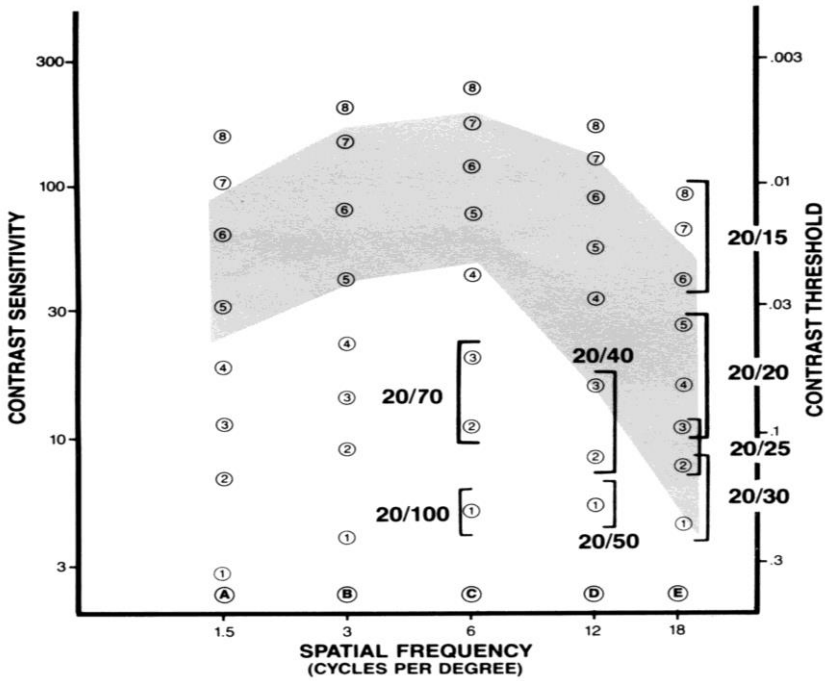
Anlage 3: Alkoholgehalt verschiedener Getränke

Getränk „ein Glas“	Bier	Wein	Sherry	Likör	Whisky
Volumen	0,33 l	0,21 l	0,1 l	0,02 l	0,02 l
Alkoholgehalt	13 g	16 g	16 g	5 g	7 g

Anlage 4: VCTS-Tafel



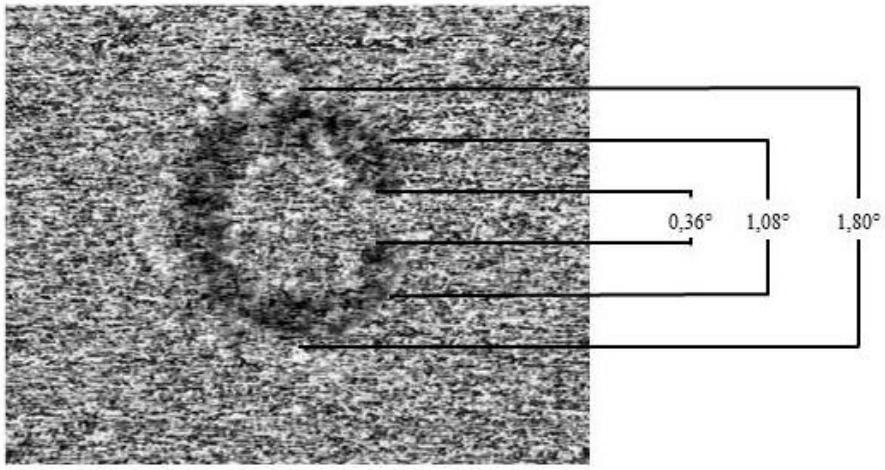
Anlage 5: Kontrastempfindlichkeitskurve (Normogramm)



Anlage 6: Kontrastempfindlichkeiten der Testfelder der VCTS-Tafel

Ortsfrequenz [Perioden/Grad]	Kreisnummer im Normogramm								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
A (1,5)	senkrecht 3	rechts 7	rechts 12	senkrecht 20	links 35	senkrecht 70	rechts 120	links 170	blank
B (3)	senkrecht 4	rechts 9	links 15	links 24	senkrecht 44	rechts 85	links 170	rechts 220	blank
C (6)	senkrecht 5	links 11	senkrecht 21	senkrecht 45	rechts 70	links 125	rechts 185	senkrecht 260	blank
D (12)	senkrecht 5	links 8	links 15	rechts 32	senkrecht 55	senkrecht 88	links 125	senkrecht 170	blank
E (18)	senkrecht 4	senkrecht 7	rechts 10	senkrecht 15	links 26	senkrecht 40	rechts 65	senkrecht 90	blank

Anlage 7: Maße des Sehzeichens beim DTDS (nach Wist et al. 1998)



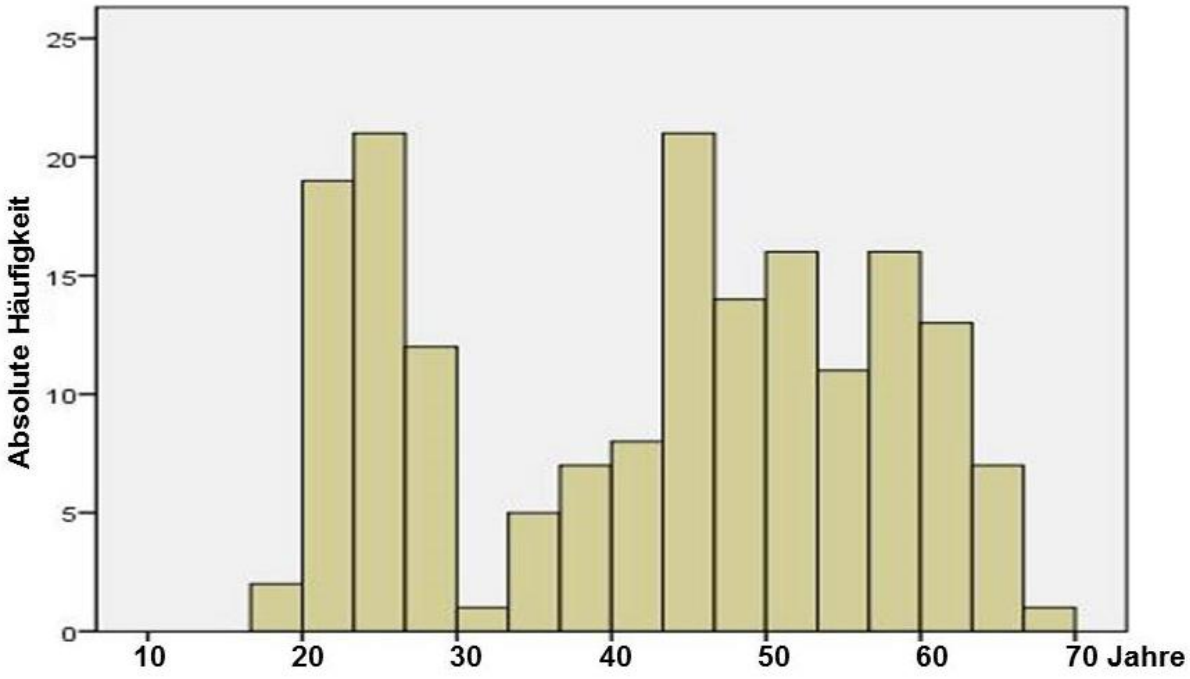
Anlage 8: Pixelbewegungen innerhalb des Landolt-Rings bei den einzelnen Bewegungskontrasten

Bewegungskontrast in %	Pixelbewegungen
100	4176
50	2088
30	1392
20	835

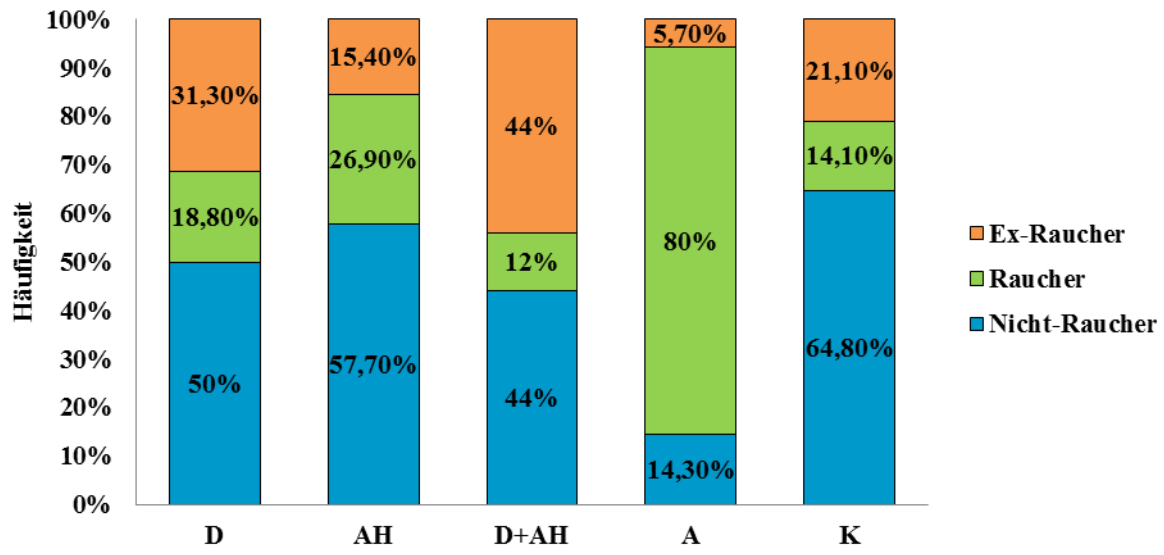
Anlage 9: Leistungsmaß (Pw) des DTDS nach Schrauf et al. (1999)

$$Pw = 100 - \sqrt{\frac{[1(100-p1)^2 + 2(100-p2)^2 + 3{,}3(100-p3)^2 + 5(100-p4)^2]}{11{,}3}}$$

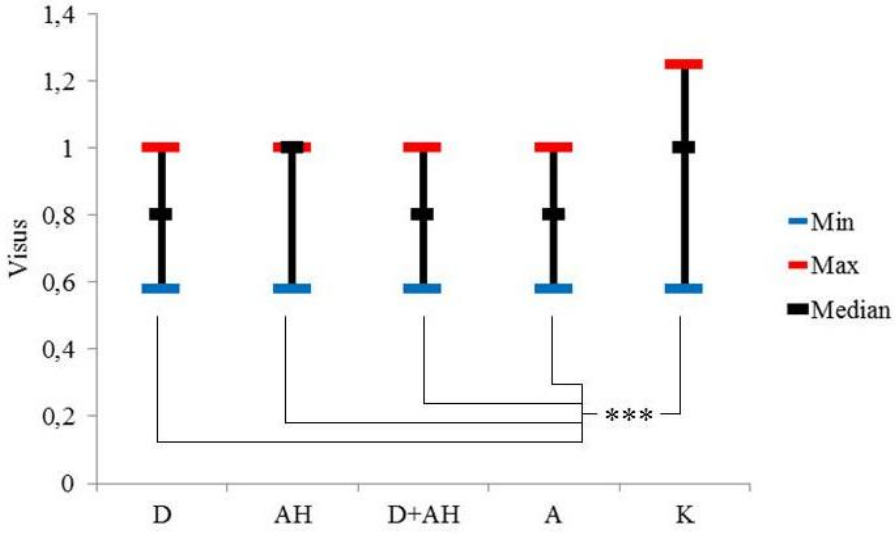
Anlage 10: Altersverteilung innerhalb der Gesamtstichprobe



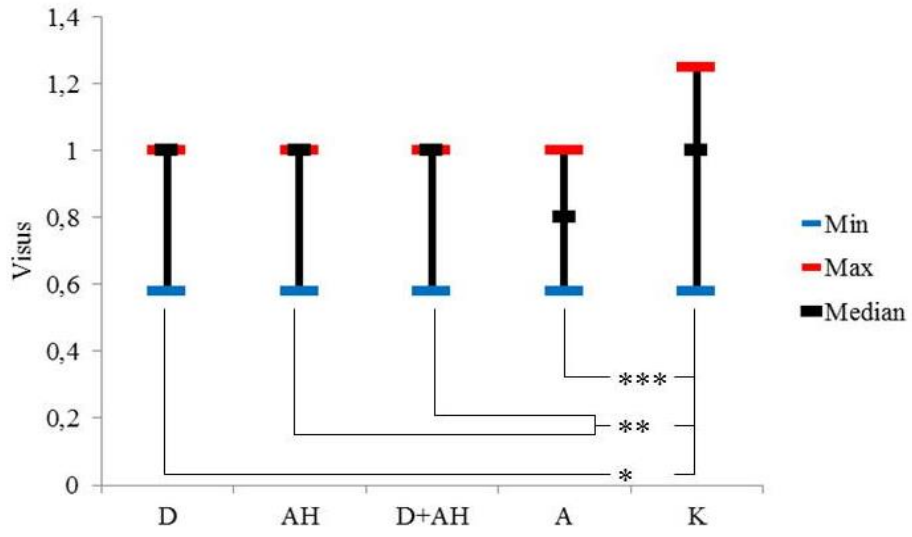
Anlage 11: Prozentuale Verteilung des Rauchverhaltens in den Probandengruppen



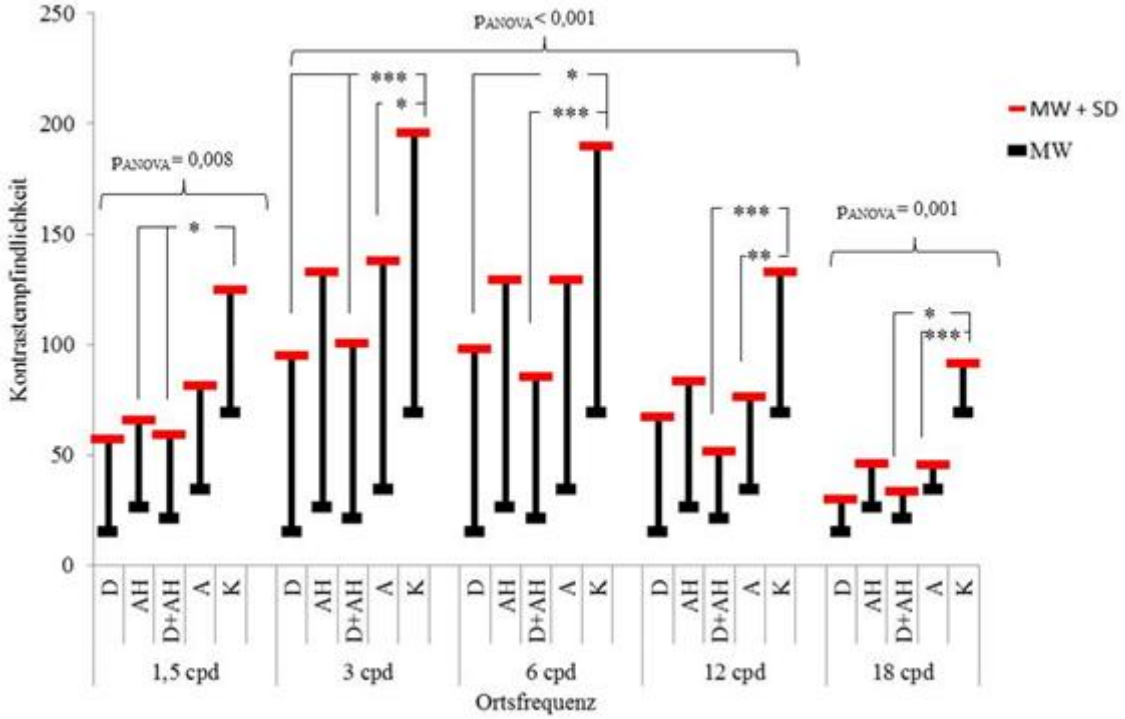
Anlage 12: Fernvisuswerte für das rechte Auge in den Probandengruppen



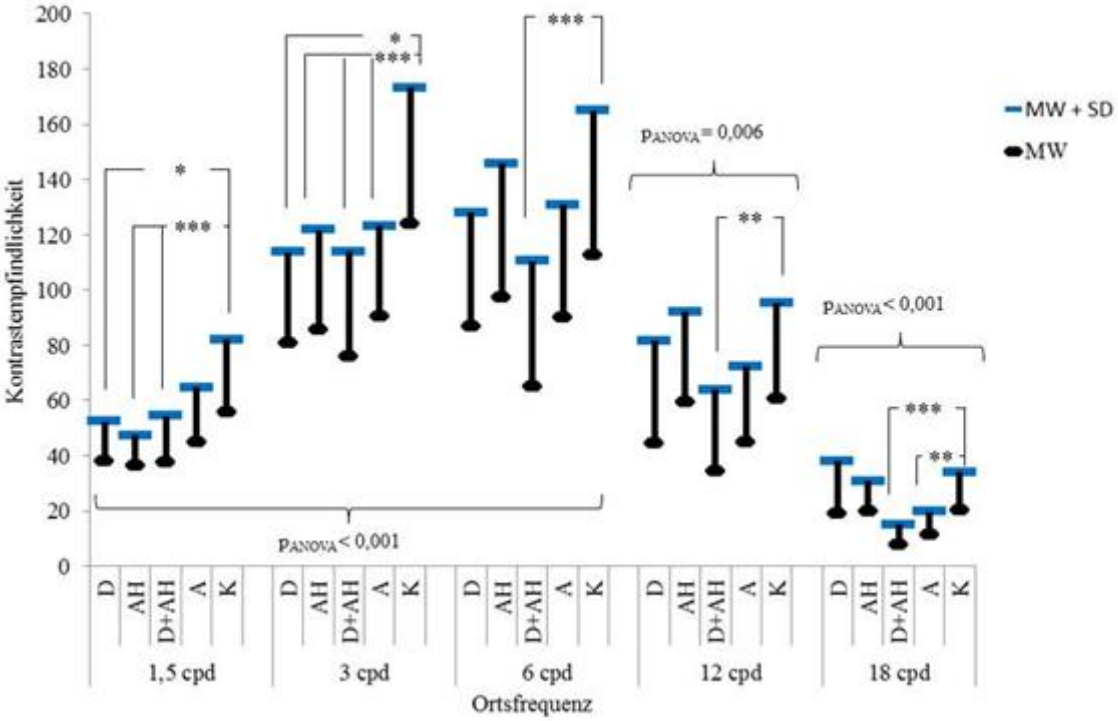
Anlage 13: Fernvisuswerte für das linke Auge in den Probandengruppen



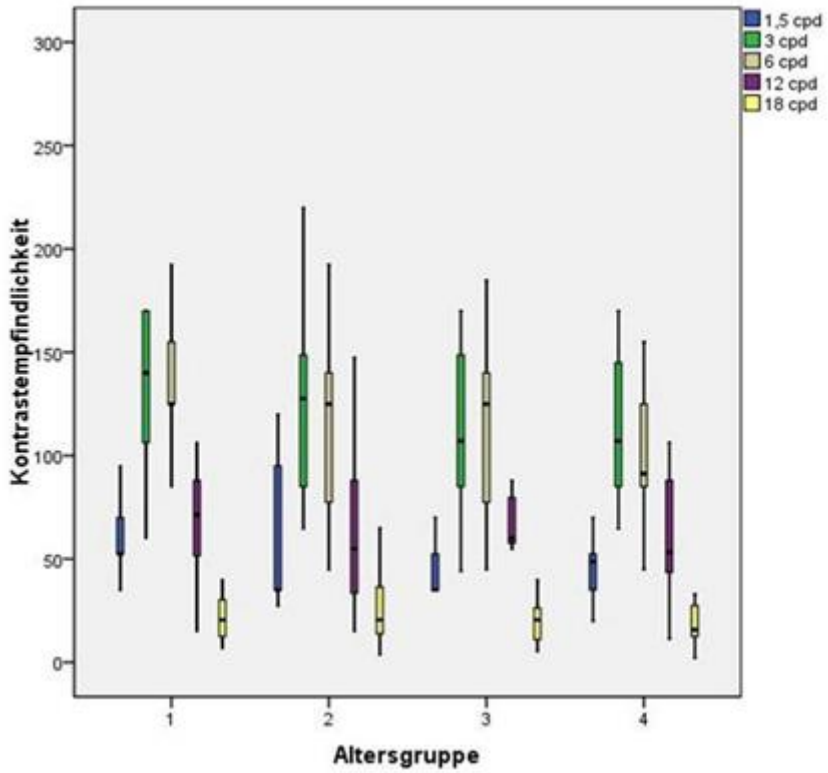
Anlage 14: Kontrastempfindlichkeit des rechten Auges der untersuchten Gruppen



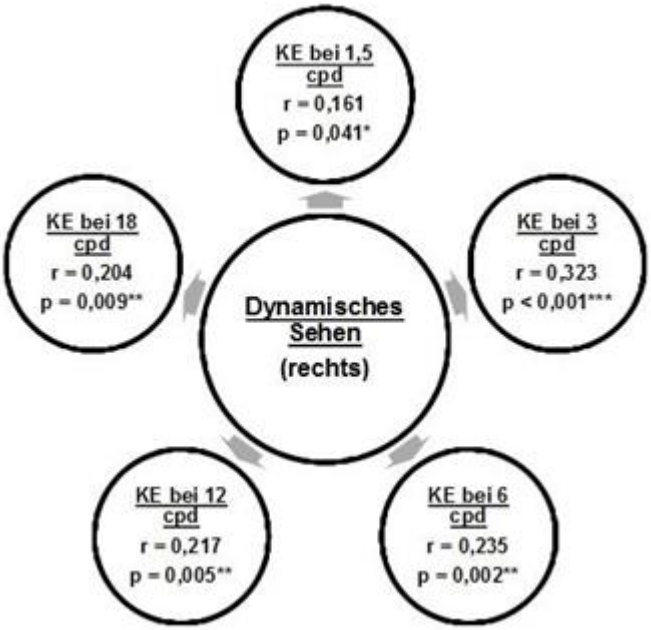
Anlage 15: Kontrastempfindlichkeit des linken Auges der untersuchten Gruppen

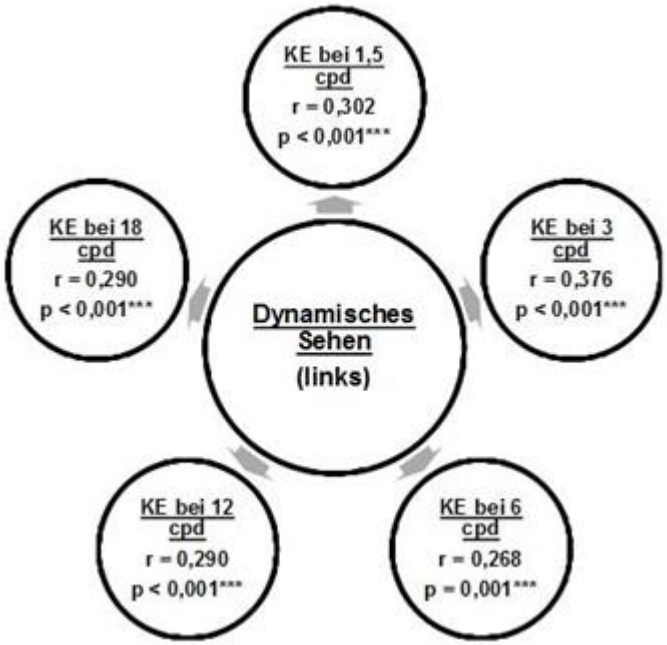


Anlage 16: Kontrastempfindlichkeit in den einzelnen Altersgruppen



Anlage 17: Korrelationsanalyse zwischen der Kontrastempfindlichkeit bei verschiedenen Ortsfrequenzen und der dynamischen Sehleistung am rechten und linken Auge

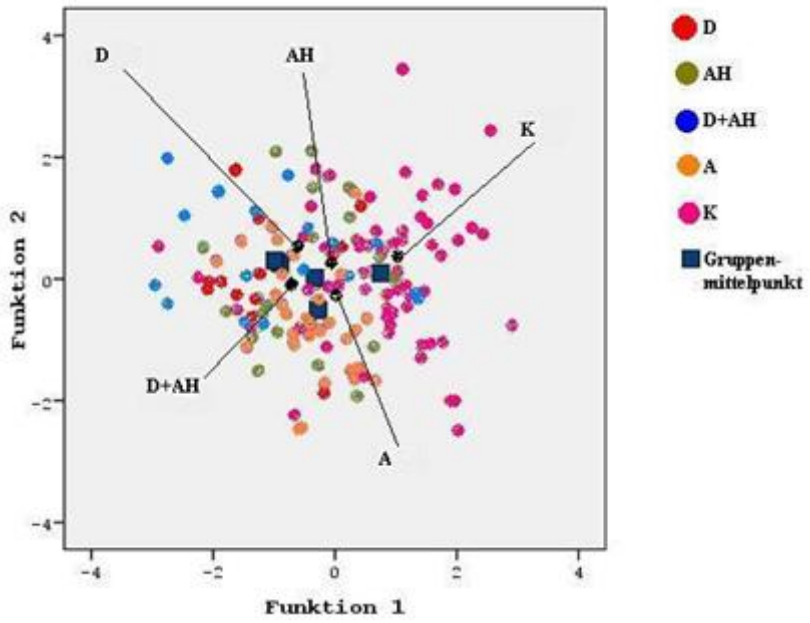




Anlage 18: Prozentuale Häufigkeiten unauffälliger Probanden der Altersgruppen des Kontrollkollektivs aus den ophthalmologischen Prüfmethoden

Gruppe	Ophthalmologische Prüfverfahren		
	Fernvisustafel Okulus Nr. 4606 – Anzahl in %	VCTS-Tafel 6500 – Anzahl in %	Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen – Anzahl in %
1	85,0	88,3	48,3
2	80,6	83,3	47,2
3	85,7	85,7	42,9
4	46,2	96,2	19,2
Gesamt	77,9	88,6	41,6

Anlage 19: Kanonische Diskriminanzfunktionen aller untersuchten Gruppen



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich ganz besonders denjenigen danken, die mich im Verlauf der vorliegenden Promotionsarbeit unterstützt haben.

Ich danke Frau Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann für die Überlassung des Themas und die stets hilfreiche Beratung, Betreuung sowie intensive Förderung meiner Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Ute Kirsch, die in jeder Phase meiner Arbeit meine kompetente Ansprechpartnerin in organisatorischen Sachverhalten war.

Darüber hinaus danke ich Frau Dr. med. Sabine Darius für die konstruktive Unterstützung bei der Erstellung meiner Arbeit.

Außerdem bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Bereiches Arbeitsmedizin für die Zusammenarbeit sowie bei allen anderen, die mir die Durchführung meiner Arbeit ermöglicht haben.

Für die Teilnahme an den Untersuchungen danke ich allen Probanden.

Außerdem bedanke ich mich bei der Kommission zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg für die finanzielle Unterstützung, die mir die Teilnahme an Tagungen und dadurch die eigenständige Präsentation und Diskussion meiner erarbeiteten Ergebnisse ermöglichte.

Ein großer Dank gilt auch meiner Mutti, die mich während meines gesamten Studiums und meiner Promotion verständnisvoll unterstützt hat. Durch ihren Enthusiasmus gelang es, meine Begeisterung für die Wissenschaft zu wecken.

Vielen Dank!

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

„Arbeitsmedizinische Studien zu Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung“

im Bereich Arbeitsmedizin der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

mit Unterstützung durch Frau Prof. Dr. med. habil. Irina Böckelmann

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den

Anna Lüder

Lebenslauf

Anna Lüder
Wasserstraße 3
39114 Magdeburg

Persönliche Angaben

Geburtsdatum:	20.06.1983
Geburtsort:	Altdöbern
Familienstand:	ledig
Staatsangehörigkeit:	Deutsch

Schulbildung

1990 – 1994	Grundschule „An der Biethe“ in Roßlau
1994 – 2000	„Goethe-Gymnasium“ in Roßlau
2000 – 2003	Gymnasium „Francisceum” in Zerbst Abschluss: Allgemeine Hochschulreife (Gesamtnote 1,5)

Ausbildung

2003 – 2006	Ausbildung zur Köchin 4-Sterne-MILLENNIUM HOTELS and RESORTS • Copthorne-Hotel in Hannover; Abschluss: Köchin (Gesamtnote 1,5)

Hochschulbildung

10/2006 – 11/2012	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät

08/2008	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung – schriftlicher Teil: Note 3 und mündlicher Teil: Note 3 (Gesamtnote 3,0)
09.02.2009 – 08.03.2009	Famulatur in der ambulanten Facharztpraxis für Urologie, Andrologie und medikamentöse Tumortherapie von Dr. med. B.-R. Kurt und Dr. med. T. Kurt in Erfurt
09.03.2009 – 20.03.2009	Famulatur in der ambulanten Facharztpraxis für Kinder- und Jugendmedizin von Dipl. med. S. Praetorius in Dessau-Roßlau
12.07.2009 – 31.07.2009	Famulatur in der ambulanten Facharztpraxis für Urologie, Andrologie und medikamentöse Tumortherapie von Dr. med. B.-R. Kurt und Dr. med. T. Kurt in Erfurt
01.08.2009 – 30.09.2009	Famulatur in der Urologischen Klinik des Klinikums Aschersleben-Staßfurt unter Chefarzt Dr. med. A. Mersdorf in Aschersleben
08/2011 – 7/2012	Praktisches Jahr an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 1. Tertial vom 15.08.2011 – 04.12.2011: Innere Medizin im Klinikum Magdeburg, Klinik für Gastroenterologie unter Chefarzt Dr. med. T. Gottstein 2. Tertial vom 05.12.2011 – 29.01.2012: Chirurgie im Klinikum Magdeburg, Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Abteilung Unfallchirurgie unter Chefarzt Priv.-Doz. Dr. med. habil. F. Draijer sowie vom 30.01.2012 – 25.03.2012 Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie unter Chefarzt Prof. Dr. med. habil. K. Ridwelski 3. Tertial vom 26.03.2012 – 15.07.2012: Urologie am Universitätsklinikum Magdeburg, Universitätsklinikum für Urologie und Kinderurologie unter Chefarzt Univ.-Prof. Dr. med. habil. M. Schostak
10/2012	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung – schriftlicher Teil: Note 2 und mündlicher Teil: Note 1 (Gesamtnote 1,5)
11/2012	Zeugnis über die Ärztliche Prüfung – unter Berücksichtigung der Prüfungsnoten für den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung – Gesamtnote: 2 Approbation als Ärztin

Promotion

seit 02/2009	Beginn der Promotionsarbeit zur Erlangung des Doktorgrades Dr. med. (doctor medicinae) mit dem Thema **„Arbeitsmedizinische Studien zu Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung“** im Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Betreuerin: Prof. Dr. med. habil. I. Böckelmann
11/2012	Einreichung der Dissertationsschrift

Magdeburg, den

Anna Lüder

Eigene wissenschaftliche Publikationsliste

Originalarbeit (2010 – 2012)

1) **Lüder A**, Böckelmann I (2012)
Der Einfluss des Rauchens auf visuelle Leistungen.
Nicorette science. - Neuss: Johnson & Johnson McNeil Consumer Healthcare 1: 8

2) **Lüder A**, Andexer V, Witte K, Böckelmann I (2011)
Dynamisches Sehen von Sportlern mit unterschiedlichem Anforderungsprofil an den visuellen Apparat.
Klin Monbl Augenheilkd 228(12): 1103-7

3) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Visuelle Leistungen unter dem Aspekt Alter.
Zbl Arbeitsmed 61(10): 328-336

4) **Lüder A**, Gutsch C, Kielstein V, Böckelmann I (2011)
Veränderungen des dynamischen Sehen und der Kontrastempfindlichkeit durch chronische Alkoholabhängigkeit.
Suchtmedizin in Forschung und Praxis 13(1): 29-39

5) **Lüder A**, Böckelmann I (2010)
Beurteilung des Zusammenhangs zwischen dem dynamischen Sehen und den Parametern statischer Visus sowie Kontrastempfindlichkeit.
Praktische Arbeitsmedizin 21: 22-27

Kongress- und Buchbeiträge (2010 – 2012)

1) **Lüder A**, Sánchez Márquez JS, Chegrynets O, Darius S, Böckelmann I (2012)
Ophthalmologische Analysen zur quantitativen Differenzierung der visuellen Wahrnehmungseinschränkung bei der Anwendung verschiedener Typen von Head-Mounted-Displays basierend auf Mobile Reality
In: Hallier E (Hrsg.): Tagungsband zur 52. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), Göttingen, 14.-17. März 2012: 427-429

2) Böckelmann I, **Lüder A**, Darius S (2011)
Untersuchungen des Sehvermögens - Überblick im Bezug zu endogenen und exogenen Einflussfaktoren auf die visuellen Leistungen.
In: Tagungsband zur 51. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. 721-724

3) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Dynamisches Sehen als Funktion der Beurteilung des Sehvermögens.
In: Tagungsband zur 51. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. 729-732

4) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Rauchen und Alkohol als mögliche Einflussfaktoren auf das dynamische Sehen.
In: Tagungsband zur 51. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. 541-543

5) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Dynamisches Sehen im Alter.
In: Verkehr und Gesundheit. Golka K, Letzel St, Nowak D (Hrsg.) ecomed Medizin, Landsberg: 325-330

6) **Lüder A**, Böckelmann I (2010)
Dynamisches Sehen im Alter.
In: Tagungsband zur 50. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 16.-19. Juni 2010 in Dortmund. Hrsg. B. Griefahn, K. Golka, J. G. Hengstler, H. M. Bolt. 929-931

7) **Lüder A**, Böckelmann I, Andexer V, Witte K (2010)
Dynamisches Sehen bei Sportstudenten.
In: Tagungsband zur 50. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 16.-19. Juni 2010 in Dortmund. Hrsg. B. Griefahn, K. Golka, J. G. Hengstler, H. M. Bolt. S. 744-746

Abtracts und Poster (2009 – 2012)

1) **Lüder A,** Sánchez Marquez JS, Chegrynets O, Darius S, Böckelmann I (2012)
Ophthalmologische Analysen zur quantitativen Differenzierung der visuellen Wahrnehmungseinschränkung bei der Anwendung verschiedener Typen von Head-Mounted-Displays basierend auf Mobile Augmented Reality.
Poster. 52. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 14.-17. März 2012 in Göttingen. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 47(3): 181

2) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Dynamisches Sehen als Funktion der Beurteilung des Sehvermögens.
Vortrag. 51. Workshop des FAP „Untersuchungen des Sehvermögens - Überblick im Bezug zu endogenen und exogenen Einflussfaktoren auf die visuellen Leistungen“. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 46: 226-227

3) **Lüder A**, Böckelmann I (2011)
Rauchen und Alkohol als mögliche Einflussfaktoren auf das dynamische Sehen.
Poster. 51. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 46: 201

4) Böckelmann I, **Lüder A**, Darius S (2011)
Untersuchungen des Sehvermögens - Überblick im Bezug zu endogenen und exogenen Einflussfaktoren auf die visuellen Leistungen.
Vortrag. 51. Workshop des FAP „Untersuchungen des Sehvermögens - Überblick im Bezug zu endogenen und exogenen Einflussfaktoren auf die visuellen Leistungen". Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 9.-12. März 2011 in Heidelberg. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 46: 226

5) **Lüder A**, Gutierrez F, Dreher J, Seidler M, Witte K, Böckelmann I (2010)
Vergleich der dynamischen Sehleistung vor und nach der sportlichen Belastung.
Vortrag. 14. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler. 3.-5.12.2010 in Olpe

6) **Lüder A**, Gutsch C, Kielstein V, Böckelmann I (2010)
Relevanz des Einflussfaktors chronischer Alkoholabusus auf die dynamische Sehleistung.
Poster. 14. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler. 3.-5.12.2010 in Olpe

7) **Lüder A**, Böckelmann I (2010)
Dynamisches Sehen im Alter.
Vortrag. 50. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 16.-19. Juni 2010 in Dortmund.

8) **Lüder A**, Böckelmann I, Andexer V, Witte K (2010)
Dynamisches Sehen bei Sportstudenten.
Poster. 50. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 16.-19. Juni 2010 in Dortmund. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 6: 369-370

9) **Lüder A**, Böckelmann I (2009)
Beurteilung visueller Funktionen anhand dynamischen Sehens.
Vortrag. 13. Symposium Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft für Nachwuchswissenschaftler. 6.-8.11.2009 in Haan. ISBN 978-3-936841-18-3, S. 26-27

Übersichtsarbeiten

1) **Lüder A**, Böckelmann I (2012)
Rauchen trübt den Blick: Tabakrauchen und Augenerkrankungen.
Nicorette science. - Neuss: Johnson & Johnson McNeil Consumer Healthcare 1: 3

Klinische Exkurse (2011 – 2012)

1) Lüder A, **Lüder A** (2012)
Akupunktur eines Hundes mit squamös-atopischer Dermatitis und Rhinitis allergica. Zeitschrift für Ganzheitliche Tiermedizin 26: 85-87

2) Lüder A, **Lüder A** (2011)
Emotionale Stressablösung - eine Therapieoption bei Atopie des Hundes.
Zeitschrift für Ganzheitliche Tiermedizin 25(2): 62-64

3) Lüder A, **Lüder A** (2011)
Autovakzine zur Behandlung von Dermatitis bei einer Hauskatze.
Zeitschrift für Ganzheitliche Tiermedizin 25(1): 21-23

Auszeichnung

1) **Lüder A** (2010)
Beurteilung visueller Funktionen anhand dynamischen Sehens. – Dynamisches Sehen im Alter.
Förderpreis in Höhe von 3.000 Euro des Deutschen Verkehrssicherheitsrates (DVR) und des Leibniz-Institutes für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo).
50. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), 16.-19. Juni 2010 in Dortmund