

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

**Einfluss des Alters und der Katarakterkrankung auf das
Kontrastsehen**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der

Medizinischen Fakultät

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Andrea Zieprich-Reiser

aus Seehausen/Altmark

Magdeburg 2016

Bibliographische Beschreibung

Zieprich-Reiser, Andrea:

Einfluss des Alters und der Katarakterkrankung auf das Kontrastsehen

2016, Magdeburg, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Medizinische Fakultät, Bereich Arbeitsmedizin, Dissertation, 64 Seiten, 44 Abbildungen, 16 Tabellen, 41 Anlagen

Kurzreferat

Im Rahmen der Promotionsarbeit wurde eine Studie durchgeführt, mit der verschiedene Methoden zur Erfassung des Kontrastsehens unter photopischen und mesopischen Bedingungen bei Gesunden und Probanden mit einer Katarakt überprüft wurden. Die Ergebnisse sollten eine verbesserte Standardisierung in der Überprüfung der Sehfunktion von Kraft- und Berufskraftfahrern in betriebsärztlichen Praxen ermöglichen. Erfasst wurden die Daten von 99 Probanden im Alter zwischen 21 und 86 Jahren, wobei die Unterteilung der Gruppen in über und unter 45-Jährige bzw. Probanden mit und ohne Katarakt erfolgte. Dabei stellten sich einige Messverfahren und methodische Vorgehensweisen als geeigneter dar als andere. Grenzwerte für das Kontrastsehen sollten neu überdacht und angepasst werden. Mesopische und photopische Messungen sind nicht zwangsläufig kongruent und sollten immer in Kombination durchgeführt werden, um eine umfassendere Auswertung zu ermöglichen. Ein Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit belegte, dass es keinen Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung und dem Visus bzw. den ermittelten Kontrastwerten gab. Demnach wurde bei der subjektiven Beurteilung visueller Leistungen das Kontrastsehen unterschätzt.

Für die nähere Zukunft sind weitere Messreihen mit verschiedenen Verfahren wünschenswert, um die Prüfung der visuellen Leistungen im Rahmen der betriebsärztlichen Tätigkeit, auch in Hinblick auf den Aspekt des Kontrastsehens, zu optimieren.

Schlüsselwörter

Kontrastsehen, Kontrastempfindlichkeit, Visus, Blendung, photopisches Sehen, mesopisches Sehen, Dämmerung, Alter, Katarakt, Rodatest, Mesotest, Vistech-Tafel, VCTS, subjektive Einschätzung des Sehens

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einführung.....	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit.....	1
1.2 Literaturstand.....	2
1.2.1 Sehschärfe und Sehleistung.....	2
1.2.2 Kontrast und Kontrastempfindlichkeit.....	5
1.2.3 Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit.....	7
1.2.4 Prüfung der visuellen Funktionen im Rahmen der FeV und arbeitsmedizinischer Untersuchungen nach dem DGUV-Grundsatz G25.....	8
1.3 Arbeitshypothesen.....	9
2 Probanden und Methoden.....	11
2.1 Probanden.....	11
2.1.1 Rekrutierung der Probanden.....	11
2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	11
2.2 Methodik.....	12
2.2.1 Studiendesign.....	12
2.2.2 Visusbestimmung.....	12
2.2.3 Prüfung des Kontrastsehens mit dem Rodatest 302.....	13
2.2.4 Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit mit der Vistech-Tafel.....	14
2.2.5 Prüfung des Kontrastsehens mittels Mesotest.....	15
2.2.6 Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit.....	16
2.3 Statistik.....	16
3 Ergebnisse.....	19
3.1 Einteilung der Probanden.....	19
3.1.1 Soziodemografische Daten und Zusammensetzung der Stichprobe.....	19
3.1.2 Visusdaten.....	20
3.2 Rodatest 302.....	21
3.2.1 Messdaten.....	21
3.2.2 Einfluss der Blendung.....	21
3.2.3 Gegenüberstellung der Messwerte.....	24
3.2.3.1 Altersgruppen.....	24
3.2.3.2 Diagnose Katarakt.....	26
3.2.4 Vergleich des Testbestehens.....	26
3.2.4.1 Häufigkeitstabelle.....	26
3.2.4.2 Altersgruppen.....	27
3.2.4.3 Diagnose Katarakt.....	28
3.3 Vistech-Tafel.....	29
3.3.1 Messdaten.....	29
3.3.2 Gegenüberstellung der Messwerte und des Gesamtscores.....	29
3.3.2.1 Altersgruppen.....	29
3.3.2.2 Diagnose Katarakt.....	32
3.3.3 Vergleich des Testbestehens.....	33
3.3.3.1 Häufigkeitstabelle.....	33
3.3.3.2 Altersgruppen.....	34
3.3.3.3 Diagnose Katarakt.....	35

3.3.4	Korrelation zwischen Werten der Vistech-Tafel und denen des Rodatest 302.....	36
3.4	Mesotest.....	36
3.4.1	Messdaten.....	36
3.4.2	Einfluss der Blendung.....	37
3.4.3	Vergleich Messwerte und Bestehen des Teiltests.....	38
3.4.3.1	Häufigkeitstabelle.....	38
3.4.3.2	Alterseinfluss.....	39
3.4.3.3	Diagnose Katarakt.....	41
3.4.4	Vergleich des Gesamttestbestehens.....	43
3.4.4.1	Häufigkeitstabelle.....	43
3.4.4.2	Altersgruppen.....	43
3.4.4.3	Diagnose Katarakt.....	44
3.5	Multivariate Statistik.....	44
3.6	Auswertung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit.....	48
4	Diskussion.....	49
5	Zusammenfassung.....	63
	Literaturverzeichnis.....	IX
	Anhang.....	XIV
	Danksagung.....	XXXVII
	Eidesstattliche Erklärung.....	XXXVIII
	Darstellung des Bildungsweges.....	XXXIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Optotypen zur Bestimmung der Sehschärfe nach Deetjen 1999.....	3
Abbildung 2:	Landoltring nach Decker 2004.....	3
Abbildung 3:	Beispiel Simultankontrast nach Deetjen 1999.....	5
Abbildung 4:	Sinusgitter und Leuchtdichteprofil nach Arden 1978.....	6
Abbildung 5:	Übersicht der Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit.....	7
Abbildung 6:	Gerät Rodatest 302.....	12
Abbildung 7:	Gerät Mesotest.....	15
Abbildung 8:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppe 2 beim Visus 0,4 (binokular).....	23
Abbildung 9:	Rodatest: Kontrastwerte der Kataraktgruppe beim Visus 0,4 (monokular rechts).....	23
Abbildung 10:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,4 (monokular rechts; mit Blendung).....	24
Abbildung 11:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,25 (monokular links; mit Blendung).....	24
Abbildung 12:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,4 (monokular links; mit Blendung).....	25
Abbildung 13:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,4 (binokular; ohne Blendung).....	25
Abbildung 14:	Rodatest: Kontrastwerte der Gruppe 1 und 2 beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung).....	25
Abbildung 15:	Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (binokular; mit Blendung).....	26
Abbildung 16:	Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (monokular links; mit Blendung).....	27
Abbildung 17:	Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (binokular; mit Blendung).....	28
Abbildung 18:	Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 2 (monokular links; mit Blendung).....	29
Abbildung 19:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (monokular rechts).....	29
Abbildung 20:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (monokular links).....	31
Abbildung 21:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (binokular).....	31
Abbildung 22:	Vistech: Gesamtscore (monokular links).....	31
Abbildung 23:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (monokular rechts).....	32
Abbildung 24:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (monokular links).....	32
Abbildung 25:	Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (binokular).....	33
Abbildung 26:	Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Gesamtscore).....	34
Abbildung 27:	Vistech: Erfolgsquote (monokular links; Gesamtscore).....	34
Abbildung 28:	Vistech: Erfolgsquote (binokular, Gesamtscore).....	34
Abbildung 29:	Vistech: Erfolgsquote (binokular; Ortsfrequenz 6 cpd).....	35
Abbildung 30:	Vistech: Erfolgsquote (binokular; Ortsfrequenz 18 cpd).....	35
Abbildung 31:	Mesotest: gruppeninterne Vergleiche (MW ohne/mit Blendung; monokular links).....	37
Abbildung 32:	Mesotest: gruppeninterne Vergleiche (MW ohne/mit Blendung; monokular rechts).....	37
Abbildung 33:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular rechts; ohne Blendung).....	39
Abbildung 34:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (binokular; ohne Blendung).....	40
Abbildung 35:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular rechts; mit Blendung).....	40
Abbildung 36:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular links; mit Blendung).....	40
Abbildung 37:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (binokular; mit Blendung).....	41
Abbildung 38:	Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular rechts; mit Blendung).....	41
Abbildung 39:	Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular links; ohne Blendung).....	42
Abbildung 40:	Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest; (monokular links; ohne Blendung).....	42
Abbildung 41:	Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular links mit Blendung).....	42
Abbildung 42:	Mesotest: Erfolgsquote beim Gesamttest (monokular rechts).....	43
Abbildung 43:	Mesotest: Erfolgsquote beim Gesamttest (monokular links).....	44
Abbildung 44:	Intraindividueller Vergleich.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Soziodemographische Daten.....	19
Tabelle 2: Messdaten Nahvisus.....	20
Tabelle 3: Messdaten Fernvisus.....	21
Tabelle 4: Kontrastwerte für die Messung mittels Rodatest 302.....	22
Tabelle 5: Rodatest: Erfolgsquoten für Kontrast 1 und 2.....	27
Tabelle 6: Kontrastempfindlichkeitstest mittels Vistech-Tafel.....	30
Tabelle 7: Vistech-Tafel: Erfolgsquoten.....	33
Tabelle 8: Korrelation der Messwerte Vistech-Tafel und Rodatest 302.....	36
Tabelle 9: Kontrastwerte der Messungen mittels Mesotest.....	37
Tabelle 10: Mesotest: Erfolgsquoten des Teiltests ohne/mit Blendung.....	39
Tabelle 11: Mesotest: Erfolgsquote des Gesamttests.....	43
Tabelle 12: Übereinstimmung der Testergebnisse; K1 (Rodatest) und Mesotest.....	45
Tabelle 13: Übereinstimmung der Testergebnisse; K2 (Rodatest) und Mesotest.....	45
Tabelle 14: Übereinstimmung der Testergebnisse; Rodatest und Vistech.....	46
Tabelle 15: Übereinstimmung der Testergebnisse; Mesotest und Vistech.....	47
Tabelle 16: Statistische Größen für die Auswertung des Fragebogens.....	48

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
cd/m ²	Candela pro Quadratmeter als Einheit der Leuchtdichte
cpd	cycles per degree, Perioden / Grad
DOG	Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
FeV	Fahrerlaubnisverordnung
G	Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen
K1	Kontrast 1
K2	Kontrast 2
Kap.	Kapitel
KE	Kontrastempfindlichkeit
KS	Schwellenkontrast
L	Leuchtdichte
lx	Lux als SI-Einheit der Beleuchtungsstärke (1 lx = 1 lm/m ²)
Max	Maximum
min	Minute
Min	Minimum
MW	Mittelwert
OF	Ortsfrequenz
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
r	Spearman-Korrelationskoeffizienten
SD	Standardabweichung
VCTS	Vision Contrast Test System

1 Einführung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Im Straßenverkehr gibt es oftmals Situationen, die auch bei Augengesunden und vollständigem Sehvermögen zu einer Einschränkung der optischen Wahrnehmung führen. Man denke hier an Nebel, Starkregen, Hagel oder auch Blendung durch Sonne oder entgegenkommende Fahrzeuge, ständige Lichtwechsel in einer Allee oder Reflexionen durch nasse Straßen. In wie weit sich ein Objekt von seiner Umgebung abgrenzt, spielt dabei eine ebenso große Rolle wie die vom Augenarzt oder Optiker erfasste Sehstärke.

Welche ophthalmologischen Anforderungen an den Fahrzeugführer gestellt werden, wird gesetzlich durch die Fahrerlaubnisverordnung (FeV) und bei Berufskraftfahrern zusätzlich nach dem Grundsatz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) G25 geregelt. Am 19.01.2013 wurde eine aktualisierte FeV herausgegeben, die einige Neuerungen beinhaltet [1]. Die Änderungen umfassen neben Umformulierungen zur Sehstärkenanforderung und zum Farbsehvermögen auch vorher noch nicht berücksichtigte Aspekte der visuellen Leistung.

Ein wesentlicher Bestandteil stellt die Prüfung des Kontrast- oder Dämmerungssehens dar, welche durch ein standardisiertes, von der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) anerkanntes Prüfgerät durchgeführt werden soll, was aus einer Stellungnahme der DOG im Juni 2011 bereits hervorging. Nicht alle Geräte zählen dabei zu den üblicherweise in den arbeitsmedizinischen Ambulanzen und Praxen für betriebsärztliche Untersuchungen eingesetzten Verfahren. Einige von ihnen erfassen das photopische Sehen, andere prüfen diese Leistungen im mesopischen Bereich.

Auf der Netzhaut befinden sich verschiedene Fotorezeptoren - Zapfen als auch Stäbchen - wobei das Ausmaß ihrer Aktivität je nach Dämmerungszustand in unterschiedlichem Maße variiert. So sind unter photopischen Bedingungen die Zapfen, unter skotopischen Bedingungen die Stäbchen aktiv. Beim Dämmerungssehen hingegen werden beide Rezeptortypen gleichermaßen stimuliert.

Durch die Erfassung des photopischen sowie des mesopischen Zustandes, mittels der verwendeten Messmethoden, ergibt sich das Problem der eingeschränkten Vergleichbarkeit der Testverfahren. Zudem arbeiten die Testverfahren mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen und unterschiedlichen Definitionen zur Berechnung des Kontrastes, welche einen direkten Vergleich zusätzlich erschweren.

Für das Kontrastsehen im mesopischen Bereich wurden konkrete Grenzwerte vorgeschlagen. Derzeit existieren über den DGUV-Grundsatz G25 für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten hinaus jedoch noch keine konkreten Empfehlungen für Grenzwerte im photopischen Bereich [2, 3]. Dieser Sachverhalt bildet die Grundlage der Idee für diese Arbeit. Es sollen insgesamt drei unterschiedliche Methoden zur Erfassung der Kontrastwahrnehmung bei einem Probandenkollektiv,

das sich aus gesunden unter und über 45-Jährigen als auch Kataraktprobanden zusammensetzt, miteinander verglichen werden. Einerseits lässt sich somit ein Alterseinfluss evaluieren. Andererseits ermöglicht das Hinzuziehen des augenkranken Probandenkollektivs einen Vergleich der Messergebnisse zu einem Krankheitsbild, dass nachgewiesenermaßen zur Einschränkung der Kontrastwahrnehmung führt.

1.2 Literaturstand

1.2.1 Sehschärfe und Sehleistung

Die *Sehschärfe* wird im medizinischen Fachterminus auch als *visus cum correctione* bezeichnet. Sie beschreibt die Fähigkeit des Auges, zwei nahe beieinander liegende Punkte als getrennt voneinander wahrnehmen zu können. Dieses Auflösungsvermögen wird in der Regel bei optimal korrigierten Refraktionsfehlern gemessen [4].

Der *Refraktionsfehler* wird beschrieben als die von der Normalsichtigkeit abweichenden Dioptrien und kann optional durch geeignete Sammel- oder gegebenenfalls Zerstreuungslinsen korrigiert werden [5].

Der *visus cum correctione* dient in der augenärztlichen Diagnostik dazu, Augenerkrankungen unabhängig von Refraktionsanomalien zu erkennen.

Die *Sehleistung* hingegen bezeichnet das Auflösungsvermögen ohne Korrektur durch Sammel- oder Zerstreuungslinsen. Sie wird auch als Rohvisus - *visus sine correctione* - bezeichnet.

Um den Visus zu bestimmen, werden verschiedene Testverfahren verwendet. Diese meist subjektiven Testverfahren bedienen sich einiger verschiedener Sehzeichen. Diese werden auch als *Optotypen* bezeichnet, wobei in der Praxis Landoltringe, Pflügerhaken, Zahlen und Buchstaben unterschieden werden. Landoltringe haben sich weitestgehend durchgesetzt und können als Standard betrachtet werden. Sie haben beispielsweise den Vorteil, auch bei Analphabeten oder Kindern genutzt werden zu können. Zudem ist zu erwähnen, dass die Ratewahrscheinlichkeit bei den Landoltringen kleiner ist als die bei Buchstaben und Zahlen. Um den bestmöglichen Visus bestimmen zu können, muss der Kontrast (Kap. 1.2.2) der Optotypen mindestens 0,8 betragen [6].

Seit November 2009 werden für ophthalmologische Gutachten ausschließlich Landoltringe verwendet. Für die Bestimmung der Sehschärfe sind die internationale Norm DIN ISO 8596:2009 und die nationale Norm DIN 58220 (Teil 3,5,6 und 7) zu beachten [7]. Danach werden auch straßenverkehrsbezogene Sehtests mit Landoltringen durchgeführt. Nach dem DGUV-Grundsatz zu arbeitsmedizinischen Untersuchungen für Bildschirmarbeitsplätze G37 werden hauptsächlich Landoltringe verwendet [8].

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Optotypen (Abb. 1).

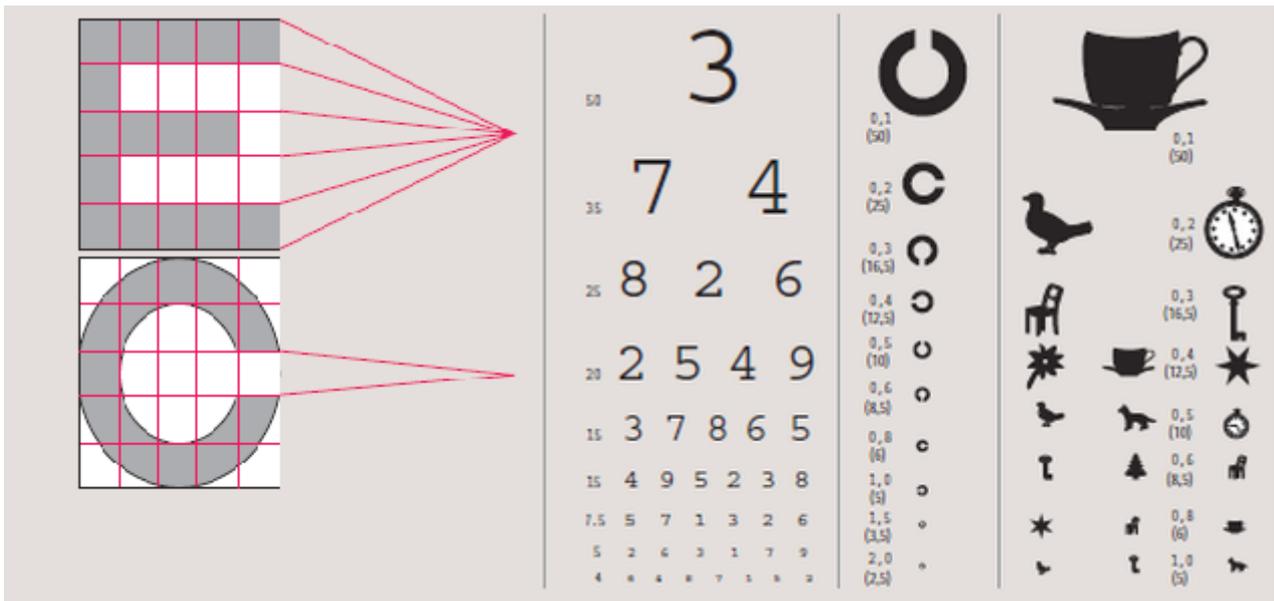


Abbildung 1: Optotypen zur Bestimmung der Sehschärfe nach Deetjen 1999

In der Abbildung ist in der linken Spalte der Pflügerhaken und ein Landoltring dargestellt. Daneben sind diverse Abbildungen für Sehtafeln mit Angabe der Soll-Entfernung pro Reihe.

Der *Landoltring* wird in der klinischen Praxis häufig angewendet. Die folgende Abbildung (Abb. 2) zeigt den Landoltring als Kreisfigur mit einer Öffnung, die ein Fünftel des Gesamtdurchmessers beträgt. Gesamtdurchmesser und Innendurchmesser stehen im Verhältnis 5:3 miteinander [9]. Es ergeben sich acht verschiedene Positionsvarianten für die Öffnung: Oben, rechts oben, rechts, rechts unten, unten, links unten, links und links oben. Wichtig hierbei ist, dass der Proband kein Feedback innerhalb der Untersuchung darüber erhält, ob seine Wahl richtig oder falsch ist, um einen Lerneffekt zu vermeiden. Wird eine Öffnung bei einem Sehwinkel von einer Winkelminute erkannt, ergibt sich daraus ein Visus von eins [10].

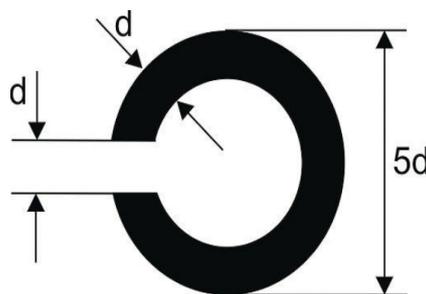


Abbildung 2: Landoltring nach Decker 2004

Von diesen subjektiven Methoden abzugrenzen sind die objektiven Verfahren. Zu diesen zählt, da von der Mitarbeit der Versuchsperson unabhängig, die Refraktometrie. Einsatz findet diese Methode bei Kindern, aber auch bei unkooperativen Patienten. Weitere Möglichkeiten zur unterstützenden Bestimmung des Visus, wie die visuell evozierten Potentiale, werden aktuell erforscht und sollen daher hier nur genannt werden, da sie auch im Versuchsaufbau keinen Platz einnehmen [11].

In der Theorie werden verschiedene mathematische Methoden angewendet, um den Visus zu

bestimmen. So lässt er sich beispielsweise als Quotient aus einer Winkelminute als Bezugsgröße und individueller Winkelsehschärfe α berechnen. Dieser Winkel entspricht der Öffnung eines Landoltrings, die erforderlich ist, um diese richtig zu erkennen. Dabei entspricht eine Winkelminute 0,016 Grad.

$$Visus = \frac{1'}{\alpha}$$

Der individuelle Abstand d , den es benötigt um beispielsweise eine Zahlenreihe von einer Zahlentafel zu erkennen, kann auch zum Referenzabstand D des jeweiligen Verfahrens in Bezug gesetzt werden. Dieser Ansatz kommt bei der Visusbestimmung mit Hilfe von Sehtafeln zum Einsatz.

$$Visus = \frac{d}{D}$$

In beiden Fällen erhält man eine dimensionslose Zahl, wobei der Wert 1 einen nicht beeinträchtigten Visus repräsentiert. Sie kann jedoch bei Jugendlichen größer sein, im Alter nimmt sie kontinuierlich ab [12].

Zusätzlich ist der Aspekt der maximalen Auflösung und der Abbildungsqualität auf der Retina von Bedeutung. Die maximale Auflösung ist in der *Fovea centralis* der Retina lokalisiert. Da hier die Dichte der Zapfen am größten ist, wird die Auflösung als eine Leistung der Zapfen interpretiert. Sowohl anatomische Eigenschaften wie die Brechkraft von *Kornea*, Kammerwasser, Linse und *Corpus vitreum*, als auch die Form des betrachteten Gegenstandes haben Einfluss auf die maximale Auflösung und die Abbildungsqualität. So können horizontale und vertikale Geraden und auch rechte Winkel besser wahrgenommen werden [6].

In der Empfehlung der DOG zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen sind die folgenden Sehtestgeräte aufgelistet, welche die Qualitätssicherungskommission der DOG für gutachterliche Zwecke und bei sicherheitsrelevanten Fragestellungen empfiehlt:

- Binotest/Binoptomer II (Oculus Optikgeräte, Wetzlar)
- Sehtestgerät Binoptometer 4P (Oculus Optikgeräte, Wetzlar)
- Sehtestgerät Optovist (Vistec AG, Olching)
- Sehtestgeräte R 20, R 21, R 22 (Vistec AG, Olching)
- Sehtestgeräte Rodatest 300 und 302 (Vistec AG, Olching)
- Sehprüfgerät SS – 3 (TOPCON Deutschland, Willich)
- Sehprüfgerät Titmus 2 a, Titmus 2s (Fa. Titmus Optical, Petersburg, USA)
- Sehprüfgerät TOPAS (Block GmbH, Dortmund)
- Visiotest – Physiologique (Medias Res GmbH, Hamburg-Schenefeld)
- Visiolite Master (FIM, Lyon, Frankreich)

In dieser Studie wurde das Sehtestgerät Rodatest 302 verwendet (Kap. 2.2.3).

Für die Sehschärfe von großer Bedeutung ist der Kontrast, der im folgenden Abschnitt beschrieben werden soll.

1.2.2 Kontrast und Kontrastempfindlichkeit

In der Theorie bedient man sich verschiedener Definitionen des Kontrastbegriffes. Physikalisch betrachtet, ist *Kontrast* der Unterschied zwischen hellen und dunklen Arealen. Diese relative Differenz der Leuchtdichten der aneinandergrenzenden Objekte oder Flächen wird auch als photometrischer Kontrast beschrieben. Der kleinste noch wahrgenommene Leuchtdichteunterschied ist die Leuchtunterschiedsschwelle [6].

Von diesem zu unterscheiden ist der physiologische Kontrast, auch Simultan-, Grenz- oder Randkontrast genannt. Dieser entspricht dem Unterschied zwischen zwei aneinandergrenzenden Flächen. Zur Veranschaulichung des Simultankontrastes dient die folgende Abbildung (Abb. 3):

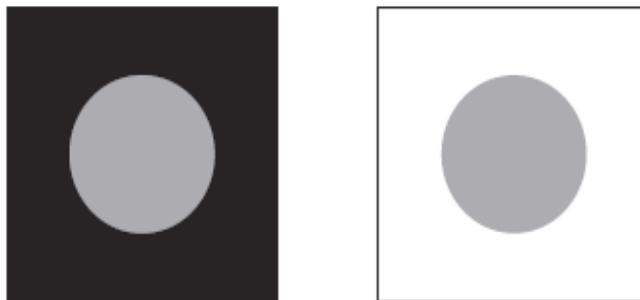


Abbildung 3: Beispiel Simultankontrast nach Deetjen 1999

Obwohl beide grauen Kreise gleichmäßig beleuchtet sind, nimmt man denjenigen in dunkler Umgebung als heller wahr, der in heller Umgebung erscheint hingegen dunkler.

Zudem unterscheidet man vom Simultankontrast den Sukzessivkontrast, bei dem die Flächen zeitlich voneinander verschoben dargeboten werden [10]

Die Fähigkeit des visuellen Systems zur Wahrnehmung dieses Helligkeitsunterschieds kann durch den Mechanismus der lateralen Hemmung verstärkt werden. Dabei kommt es durch afferente Neuronen nicht nur zur unmittelbaren Erregung, sondern auch zur Aktivierung nachgeschalteter Neuronen, die wiederum benachbarte Neuronen inhibieren [10].

Zwischen dem Kontrast und der *Kontrastempfindlichkeit (KE)* besteht ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang. Der Kontrast ist somit der reziproke Wert der Kontrastempfindlichkeit [6]. Bei einem gerade noch wahrgenommenen Kontrast von 1 % (0,01) entspricht die Kontrastempfindlichkeit demnach 100 %.

Die Theorie liefert zwei unterschiedliche Formeln zur quantitativen Erfassung des Kontrastes – den Kontrast nach *Weber* und den nach *Michelson*: Ihre Differenzierung ist von Bedeutung, da sie verschiedene Werte liefern. Daher ist bei der Kontrastangabe auch die Angabe der Berechnungsart von Nutzen. Bei Ersterem ist der Kontrast der Quotient aus Leuchtdichtendifferenz zwischen

Hintergrund sowie abgebildetem Objekt und Leuchtdichte des Hintergrunds jeweils in der Einheit cd/m^2 :

$$\text{Weber-Kontrast} = \frac{\text{Leuchtdichte}(\text{Hintergrund}) - \text{Leuchtdichte}(\text{Objekt})}{\text{Leuchtdichte}(\text{Hintergrunds})}$$

Dabei ist zu vermerken, dass lediglich die relative Differenz der Leuchtdichten von Bedeutung ist. Dies soll an folgendem Beispiel verdeutlicht werden: Sowohl bei einer Leuchtdichte des Hintergrunds von 90 cd/m^2 und einer Leuchtdichte des Objekts von 81 cd/m^2 , als auch bei Werten von 40 cd/m^2 für den Hintergrund und 36 cd/m^2 für das Objekt, erhält man einen Kontrast von 0,1 (10 %). Diese Berechnungsvorschrift wird bei der Abbildung von dunkleren bzw. helleren Objekten auf homogenen helleren bzw. dunkleren Hintergründen verwendet. Der Weber-Kontrast gilt damit als Grundlage für die Berechnungen des Kontrastes mit den Geräten Rodatest sowie Mesotest (Kap. 2.2.3 bzw. Kap. 2.2.5).

Der Michelson-Kontrast hingegen wird zur Definition von Kontrasten bei Gittermustern, wie zum Beispiel bei der Sinuscharakteristik im Versuchsaufbau der *Vistech*-Tafel (Kap. 2.2.4), verwendet. Es hilft die Vorstellung, dass jedes Bild mathematisch gesehen in einfache Muster zerlegt werden kann. Das Leuchtdichteprofil eines solchen Sinusmusters beschreibt dabei den sinusförmigen Wechsel zwischen einer maximalen und einer minimalen Leuchtdichte (Abb. 4).

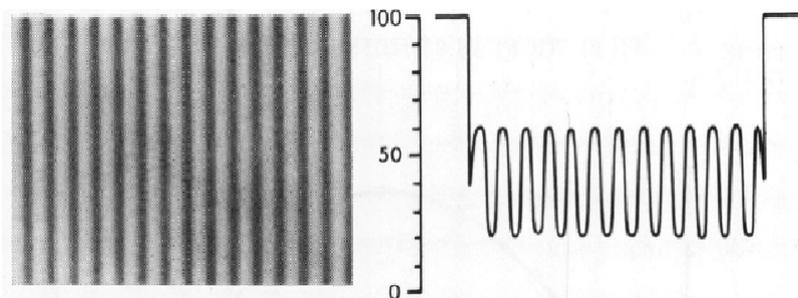


Abbildung 4: Sinusgitter und Leuchtdichteprofil nach Arden 1978

Die Anzahl der Wiederholungen des Wechsels von Hell nach Dunkel pro Grad der Ausdehnung bezeichnet die *Ortsfrequenz* (OF). Die Angabe der Ortsfrequenz erfolgt in Perioden pro Grad ($\text{cpd} = \text{cycles per degree}$). Mit steigender Ortsfrequenz verkleinert sich der Abstand zwischen maximaler und minimaler Leuchtdichte und somit der Leuchtdichtendifferenz.

Wenn man die Kontrastempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Ortsfrequenz in ein Diagramm logarithmisch aufträgt, erhält man die *Kontrastempfindlichkeitskurve*. Das Auswerteformular zur *Vistech*-Tafel nutzt diesen Sachverhalt als Grundlage (Kap. 2.2.4). Der parabelförmige Verlauf zeigt ein Maximum bei mittleren Ortsfrequenzen von 3 bis 6 cpd , wohingegen sich bei sehr hohen oder niedrigen Ortsfrequenzen niedrigere Werte dokumentieren lassen.

Die Erzeugung der Kontrastveränderung wird durch Erhöhung der Leuchtdichte der dunkleren Streifen und dunkler werdenden hellen Streifen realisiert. Unter Verwendung der mittleren

Leuchtdichte $\frac{1}{2} (L_{\max} + L_{\min})$, aus der mit der kleinsten Leuchtdichte die Differenz gebildet und diese anschließend ins Verhältnis zur mittleren Leuchtdichte gesetzt wird, erhält man den Michelson-Kontrast.

$$\text{Michelson-Kontrast} = \frac{\frac{1}{2}(L_{\max} + L_{\min}) - L_{\min}}{\frac{1}{2}(L_{\max} + L_{\min})} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Welche Faktoren Einfluss auf die Kontrastempfindlichkeit haben, werden im folgenden Abschnitt geklärt.

1.2.3 Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit

In der Literatur ist eine Reihe von Faktoren, die Einfluss auf die Kontrastempfindlichkeit nehmen können, beschrieben [13]. Einen Überblick über die Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit zeigt die nachstehende Abbildung (Abb. 5). Einige Aspekte werden anschließend näher beleuchtet.

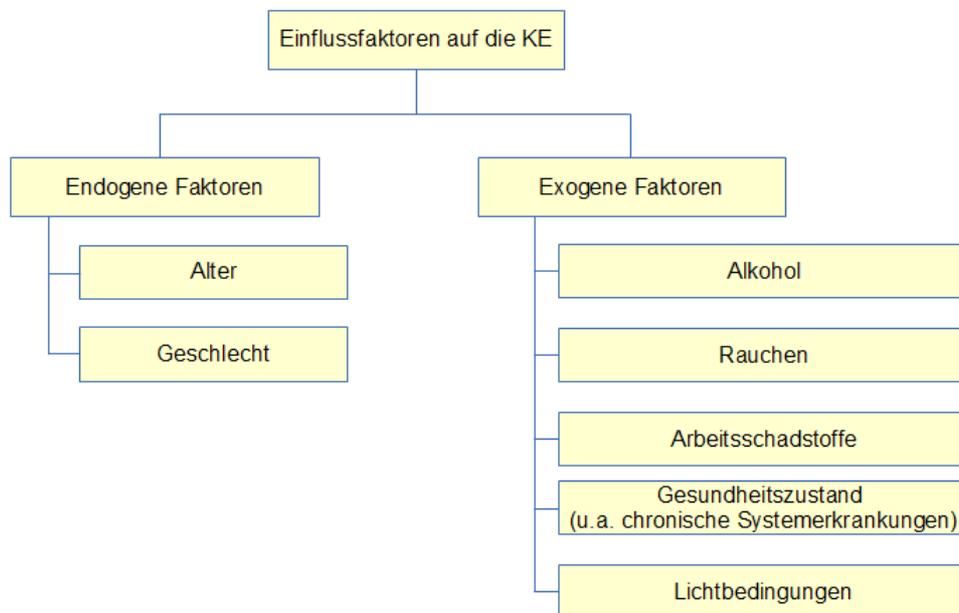


Abbildung 5: Übersicht der Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit

Da die Kontrastempfindlichkeit von der Netzhautadaptation abhängt, ist sie besser unter photopischen Bedingungen als unter mesopischen oder gar skotopischen Bedingungen [6]. Ein an die Dunkelheit adaptiertes Auge ist demnach nicht in der Lage, die gleich hohe Kontrastempfindlichkeit aufzubringen wie ein helladaptiertes Auge. Die Hintergrundhelligkeit und die dargebotenen Ortsfrequenzen als spezifisches Detail haben ebenfalls einen Einfluss auf die Wahrnehmung von Kontrasten [6].

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass es zur Diskrepanz zwischen Sehschärfe und Wahrnehmung von Kontrasten bei folgenden Krankheitsprozessen kommen kann: Beginnender Katarakt [14], Frühformen des Glaukoms [15], Optikusprozessen und Schielamblyopie [4, 16].

1.2.4 Prüfung der visuellen Funktionen im Rahmen der FeV und arbeitsmedizinischer Untersuchungen nach dem DGUV-Grundsatz G25

Kraftfahrern wird insbesondere in der Dämmerung die Sicht erschwert, nicht nur durch das Licht entgegenkommender Fahrzeuge. Dämmerung ist in Bezug auf die Helligkeit als Bereich zwischen 0,0032 und 32 cd/m² definiert. Dies sind die Grenzwerte für das mesopische Sehen, das den Übergang zwischen dem photopischen und skotopischen Sehen darstellt. Dieser Bereich des mesopischen Sehens ist durch eine erschwerte visuelle Wahrnehmung im Vergleich zum Sehen unter Tageslichtbedingungen gekennzeichnet. Einen großen Einfluss hat auch die Zunahme des Schwellenkontrastes, das bedeutet, dass der minimal erforderliche Leuchtdichteunterschied zur Umgebung noch größer sein muss, damit ein Kontrast wahrgenommen werden kann. Unterschwellige Reize können nicht wahrgenommen werden.

Aus diesem Zusammenhang heraus ist darauf hinzuweisen, dass die neue FeV keine Vorschriften für die Prüfung des Dämmerungssehens im Rahmen von Führerscheingutachten beinhaltet. Dennoch hat sich die DOG dazu entschlossen, das Sehen unter mesopischen Bedingungen im Rahmen der Führerscheingutachten zu prüfen zu lassen. Gegebenenfalls ist bei außerhalb der festgelegten Grenzwerte liegenden Ergebnissen eine Untauglichkeit für das Führen von Fahrzeugen bei Nacht auszusprechen [17].

Es wird vorgesehen, die Funktion des optischen Apparates unter Dämmerungsbedingungen für die Führerscheinebegutachtung wie folgt zu bestimmen: Die Untersuchung wird binokular durchgeführt. Verwendet werden Sehzeichen der Visusstufe 0,1 unter der Bedingung einer Umfeldleuchtdichte von 0,0032 cd/m² ohne und 0,1 cd/m² mit Blendung, die in unterschiedlichen Kontraststufen dargeboten werden. Die Angabe erfolgt als Quotient aus Leuchtdichte des Sehzeichens zu Leuchtdichte des Umfeldes, bezogen auf eine normierte Sehzeichenleuchtdichte [17]. Die Analyse des Blendverhaltens erfordert eine Punktlichtquelle, die gleich der im Straßenverkehr entgegenkommenden Autos von links unter einem Winkel von drei Grad zum Landoltring angebracht ist und eine bestimmte Hornhautbeleuchtungsstärke von 0,35 lx hervorruft [17]. Zum Ausschluss von Fehlerquellen gilt es, eine im Raum herrschende Helligkeit zwischen 3 und 5 lx einzuhalten, auf zusätzliche Lichtquellen im Raum zu verzichten und dem Untersuchenden eine 10-minütige Adaptationszeit zu gewähren. Genaue Anforderungen für die Nachtfahrtauglichkeit und zugehörige Geräteparameter wurden nach den Empfehlungen der DOG zuletzt 2013 festgelegt [1]. Demnach ist von einer Nachtfahreignung ab einem Kontrast von 1:2,7 für Kraftfahrzeuge über 7,5 t, Fahrgastbeförderung, Fahrlehrer sowie 1:5 für alle übrigen Kraftfahrzeuge angegeben. Für Führerscheinklassen A, B, M, L und 7 gilt ein Kontrast 1:23 als ausreichend.

Neben der beschriebenen Durchführung der Prüfung des Kontrastsehens im Rahmen der FeV, die

trotz gleichem Untersuchungsschwerpunkt darauf abzielt, die Verkehrstauglichkeit zur Sicherstellung der Verkehrssicherheit zu gewährleisten, ist die Prüfung des Kontrastsehens auch wesentlicher Bestandteil des G25. Dies ist ein allgemein gültiger Grundsatz in der Arbeitsmedizin, gültig für alle Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten. Gemäß der gesetzlichen Grundlage des Arbeitssicherheitsgesetzes, der Unfallverhütungsvorschrift „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ und dem Arbeitsschutzgesetz ist der Arbeitgeber verpflichtet, einen Betriebsmediziner mit der Beratung sowohl des Unternehmers als auch des Arbeitnehmers sowie der Durchführung der arbeitsmedizinischen Untersuchung zu beauftragen [2]. Gutachten, die nach dem G25 durchgeführt werden, erfolgen analog den Verfahren, die bereits oben bei Führerscheingutachten detailliert dargestellt wurden. In Abhängigkeit der innerbetrieblichen Aufgabenbereiche wird zwischen zwei unterschiedlichen Anforderungsstufen differenziert:

- Anforderungsstufe 1: Kontrast von 1:2,7
- Anforderungsstufe 2: Kontrast von 1:5

An die erstgenannte Stufe werden dementsprechend höhere Anforderung gestellt, was einen besseren Lichtsinn bescheinigt. Welche Anwendung die beiden Stufen erfahren, wird nicht genauer erläutert. Die Einteilung in den Stufen wird unter der Maßgabe getroffen, jeweils bei einer Umfeldleuchtdichte von $0,032 \text{ cd/m}^2$ den Kontrast wahrnehmen zu können [17].

Nachfolgende Geräte werden durch die DOG zur Durchführung der Bestimmung der Dämmerungssehschärfe empfohlen:

- Mesotest II (Oculus Optikgeräte, Wetzlar)
- Nyktometer 500 (Rodenstock Instrumente, Ottobrunn)
- Binoptometer 4P (Oculus Optikgeräte, Wetzlar)
- Optovist (Vistec AG, Olching)

Es gibt weitere Geräte zur Prüfung des Blendverhaltens, die jedoch nicht für gutachterliche Zwecke geeignet sind, da die durch die DOG nahe gelegten Standardbedingungen nicht eingehalten werden.

1.3 Arbeitshypothesen

In dieser Arbeit sollen folgende Arbeitshypothesen überprüft werden:

1. Das Kontrastsehen nimmt mit dem Alter signifikant nachweisbar ab.
2. Im Vergleich mit gesunden Probanden liefern die an einer Katarakt erkrankten Probanden schlechtere Ergebnisse für das Kontrastsehen.
3. Innerhalb einer Gruppe verschlechtern sich die erfassten Werte für das Kontrastsehen unter Blendung im Vergleich zu den Messwerten ohne Blendung.
4. Ältere reagieren im Vergleich zu einem jüngeren Probandenkollektiv auf Blendung mit einer deutlichen Verschlechterung des Kontrastsehens. Analog dazu fallen die unter Blendung

ermittelten Werte der Probanden mit einer Katarakt schlechter aus als die einer vergleichbaren gesunden Gruppe von Probanden.

5. Es zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen den Daten des Rodatest und denen der Vistech-Tafel.
6. Die Testergebnisse der drei Verfahren unterscheiden sich für einen Probanden nicht.
7. Der mittels Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit ermittelte relative Score korreliert positiv mit den Visuswerten der Probanden.
8. Die Analyse des Fragebogens zeigt einen Zusammenhang zwischen der subjektiv eingeschätzten Sehfähigkeit und der objektiven, bei den einzelnen Tests ermittelten Werte für das Kontrastsehen. Probanden mit subjektiv schlechterem Sehempfinden fallen in den Tests eher durch als diejenigen, mit der Angabe, eher keine Probleme mit dem Sehen im alltäglichen Leben zu haben.

2 Probanden und Methoden

2.1 Probanden

2.1.1 Rekrutierung der Probanden

Die Stichproben dieser Studie wurden so gewählt, dass jede dieser um die 30 Probanden umfasste (Kap. 3.1.1). Ausgesucht wurde nach den Kriterien Alter sowie der Erkrankung an einer Katarakt. Anschließend wurden diese den folgenden Gruppen zugeordnet:

- Gruppe 1: Gesunde ≤ 45 Jahren (entspricht der jüngeren Gruppe: unter 45-Jährige)
- Gruppe 2: Gesunde > 45 Jahren (entspricht der älteren Gruppe: über 45-Jährige)
- Gruppe 3: Probanden mit einer Katarakt monokular rechts
- Gruppe 4: Probanden mit einer Katarakt monokular links
- Gruppe 5: Probanden mit einer Katarakt binokular

Die Altersgruppen eins und zwei berücksichtigten entsprechend der Ausschlusskriterien nur gesunde Probanden. Die Gruppen drei bis fünf hatten eine vom Augenarzt diagnostizierte Katarakterkrankung. Diese wurden keiner Altersgruppe zugeordnet.

Keine wesentliche Voraussetzung stellte die Emmetropie dar. Zum Ausgleich eventueller Refraktionsanomalien wurden die Probanden bereits im Voraus gebeten, zum Untersuchungstag ihre Sehhilfe mitzubringen. Alle Versuchsteilnehmer wurden unter Voraussetzung der freiwilligen Teilnahme geworben, wobei ihr Interesse in der eigenen Gesundheit sowie dem Wunsch zur Unterstützung von medizinischem Nachwuchs und Forschung im Motivationsmittelpunkt standen.

Die Rekrutierung der Probanden übernahm vollständig die Promovendin selbst. Die Probanden der Gruppen mit einer Katarakt wurden durch die Kooperation mit fachärztlichen Kollegen aus Augenarztpraxen gewonnen.

Durch ein positives Votum findet die Studie die Zustimmung der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (146/11) (Anhang A).

2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

In dem Kollektiv befanden sich Probanden beiden Geschlechts, für die folgende Voraussetzungen gelten sollten:

- Freiwilligkeit der Teilnahme
- Lebensalter zwischen 18 und 90 Jahren

Zu den Ausschlusskriterien zählten folgende Merkmale:

- Augenerkrankungen (Kap. 1.2.3) in den Gruppen 1 und 2
- Alkohol > 250 g/Woche [18]
- Visus $< 0,63$

2.2 Methodik

2.2.1 Studiendesign

Die Untersuchungen wurden von der Promovendin selbst konzipiert und die Daten in den Jahren 2011 und 2012 eigenständig erhoben. Die Dauer der Untersuchungen belief sich auf 1 – 1,5 h. In Form eines Fragebogens (Anhang B) wurden demographische Daten, Informationen zu Einflussfaktoren, wie dem Konsumverhalten bezüglich Nikotin und Alkohol, und auch Augenvorerkrankungen und Operationen gesammelt. Zudem beantworteten die Probanden zur subjektiven Einschätzung ihrer Sehleistung Fragen zu bestimmten Situationen, wie Autofahren bei Dämmerung, bei Nacht oder auch zu Problemen im alltäglichen Leben (Anhang C). Anschließend erfolgten die ophthalmologischen Untersuchungen. Begonnen wurde mit der Visusbestimmung. Die anschließenden Tests konzentrierten sich hinsichtlich ihrer Fragestellung ausschließlich auf das Kontrastsehen. Die Prüfung des Kontrastsehens wurde dabei mittels *Rodatest 302*, der *Vistech-Tafel* sowie des Gerätes *Mesotest* durchgeführt. Zur Randomisierung erfolgten die Testverfahren zur Prüfung des Kontrastsehens in wechselnder und beliebiger Reihenfolge. Alle Testverfahren wurden gemäß der gebräuchlichen ophthalmologischen Vorgehensweise durchgeführt. Die Probanden durchliefen die Tests dabei erst monokular, mit dem rechten Auge beginnend, anschließend binokular.

2.2.2 Visusbestimmung

Zur Bestimmung des Nah- und Fernvisus wurde das Gerät *Rodatest 302* der Firma Vistec AG (D-Olching) genutzt (Abb. 6).



Abbildung 6: Gerät Rodatest 302

Dieses Gerät bot eine Vielzahl von Sehtests, von denen die in dieser Arbeit verwendeten Testmöglichkeiten mit Landoltringen (Kap. 1.2.1) und einem sehr hohen Kontrast arbeiteten. Für diese Arbeit wurde der Sehtest G25/FeV genutzt. Dieser entspricht den Anforderungen nach der FeV sowie den Standards für die Eignungsuntersuchung nach DGUV-Grundsatz G25 für Fahr-,

Steuer- und Überwachungstätigkeiten.

In fünf Abstufungen des Visus – von 0,5; 0,63; 0,8; 1,0 und 1,25 – wurden dem Probanden pro Visusstufe eine Reihe mit fünf Landoltringen dargeboten, von denen jeweils mindestens drei Öffnungen richtig erkannt werden mussten, um den entsprechenden Visus zu erreichen. Alle Reihen wurden gleichzeitig eingeblendet, wobei mit dem kleinsten Visus gestartet wurde.

2.2.3 Prüfung des Kontrastsehens mit dem Rodatest 302

Dieser Kontrasttest wurde ebenfalls mit dem Gerät Rodatest 302 der Firma Vistec AG durchgeführt (Kap. 2.2.2). Es wurde zwischen zwei verschiedenen Tests – *Kontrast 1* (K1) und *Kontrast 2* (K2) – mit unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben differenziert. Das Gerät hatte die Besonderheit, auch unter Blendung das Kontrastsehen prüfen zu können. Hierzu verfügte das Gerät über eine ringförmige Blendlichtquelle mit einer Leuchtdichte von $> 10000 \text{ cd/m}^2$, in deren Mitte das Testfeld erschien. Variiert werden konnte zwischen verschiedenen Umfeldleuchtdichten, wobei die Messungen dieser Studie unter einer Testfeldleuchtdichte von 300 cd/m^2 erfolgten.

Die Tests ließen sich anhand ihrer Kontraststufen unterteilen, die zudem bei unterschiedlichen Sehschärfen abgebildet wurden, worauf später näher eingegangen wird. Der Sehtest Kontrast 1 arbeitete mit niedrigen Kontrasten von 20 %, 10 %, 5 % und 2,5 %, wohingegen der Sehtest Kontrast 2 hohe Werte von 80 %, 40 %, 20 % und 10 % verwendete. Dies bedeutet, dass der Kontrast 1 höhere Anforderungen an den Probanden stellte. Die Kombinationen von Visus- und Kontraststufe sind dem Testblatt zu entnehmen (Anhang D: Abb. 1).

Dokumentiert wurden der beste ermittelte Kontrastwert (absoluter Wert) bei der jeweiligen Visusstufe sowie ob die beiden Tests bestanden wurden. Je kleiner der gemessene Messwert des Kontrastes und je höher die Kontrastempfindlichkeit, desto besser dementsprechend das Ergebnis (Kap. 1.2.2). Die geforderten Werte zum Bestehen des Tests waren auf dem Testbogen (Anhang D: Abb. 1) vermerkt. Beim Kontrast 1 lagen die Mindestbestehensgrenze folgendermaßen:

- 5 % bei einem Visus von 0,16
- 10 % bei einem Visus von 0,25
- 20 % bei einem Visus von 0,40

Kontrast 2 wies hingegen folgende Kriterien zum Bestehen auf:

- 10 % bei einem Visus von 0,16
- 20 % bei einem Visus von 0,25
- 40 % bei einem Visus von 0,4

Analog dazu galten diese Angaben auch für Messungen unter Blendung. In dieser Arbeit wurde der Test Kontrast 1 als Maßstab für die Bestehensgrenze in der Gruppe 1 sowie der Test Kontrast 2 als Vorlage für die Gruppe 2 verwendet. Begonnen wurde mit Kontrast 1. Wenn dieser nicht erfolgreich

bestanden wurde, folgte Kontrast 2.

In der Praxis begann der Test mit einem Landoltring bei einem Visus von 0,1 und 100 %igem Kontrast, welcher eher zur Kontrolle diente, ob der Proband den Ring erkennen konnte und alles optimal für ihn eingestellt war. Nun wurden je Test die oben angegebenen Kontraststufen bei den jeweiligen Visusstufen von 0,16; 0,25 und 0,4 angeboten. Für die Bewertungskriterien galt die Drei-Aus-Fünf-Regel zum Bestehen einer Kontraststufe, wobei jede Stufe die fünf Ringe gleichzeitig abbildete.

2.2.4 Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit mit der Vistech-Tafel

Ein weiteres Verfahren zur Kontrastempfindlichkeitsmessung bietet die Firma VCI® Vistech Consultants, Incorporation (Dayton, Ohio, USA) mit der Prüftafel VCTS 6000 (Vision Contrast Test System) an.

Dargestellt wurden fünf Reihen mit den Ortsfrequenzen 1,5; 3; 6; 12 und 18 cpd (Kap. 1.2.2). Theoretisch liegen die besten Kontrastempfindlichkeitsbestimmungen bei Ortsfrequenzen zwischen 3 und 5 cpd [6]. In jeder Reihe befanden sich neun runde Felder mit abnehmendem Kontrast, in denen ein sinusförmiges Leuchtmuster dargestellt wurde [19]. Bei diesem Muster gehen maximale in minimale Kontraste kontinuierlich ineinander über [6].

Die auf der Testtafel abgebildeten Streifen orientierten sich in verschiedene Richtungen, so dass es die Möglichkeiten gerade, schräg rechts und schräg links gab (Anhang D: Abb. 2). Daraus ergab sich eine Ratewahrscheinlichkeit von 33,3 %.

Der Prüfabstand zwischen Proband und Sehtafel musste einem Abstand von 3 m entsprechen. Dies entsprach einem Sehwinkel von drei Grad. Sehr wichtig war es, auf eine ausreichende und auch gleichmäßige Beleuchtung der Tafel zu achten, da die höchste Kontrastempfindlichkeit bei einer Hintergrundleuchtdichte zwischen 3 und 3000 cd/m² liegt [6]. Die von der DOG empfohlene Leuchtdichte liegt zwischen 80 - 320 cd/m² (= normale Prüftafelleuchtdichte nach DIN EN ISO 88596) [20]. Nach Herstellerangaben sollten die Werte der Vistech-Tafel bei einer Leuchtstärke von 100 cd/m² liegen. Die Konstanz der Beleuchtung wurde durch ein Fotobelichtungsmesser kontrolliert.

Der Proband bekam die Aufgabe, die Richtungen der Streifen in den Kreisen, beginnend von links nach rechts, reihenweise anzugeben. Die letzte Spalte enthielt lediglich leere Felder, wobei diese Information dem Probanden während des Tests nicht bekannt war. Gewertet wurde das letzte noch richtig erkannte Feld in der jeweiligen Reihe. So wurde für jede Ortsfrequenz die Kontrastschwelle ermittelt und für die Auswertung in ein logarithmisches Diagramm aufgetragen (Anhang D: Abb. 3). Dieser Auswertungsbogen zeigt die Kontrastempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Ortsfrequenz. Die Höhe der Stufe entsprach gleichzeitig einem Score. Durch Verbindung der

einzelnen Punkte ergab sich eine individuelle Kontrastempfindlichkeitskurve, welche mit einem Referenzbereich verglichen wurde. Dieser Normbereich wird als 90. Perzentil angegeben, welcher einer Normalbevölkerung zwischen dem 10. und 70. Lebensjahr entspricht [13]. Bei höheren Ortsfrequenzen ist der Anteil, der auf die Netzhaut übertragen werden kann, immer kleiner, weshalb der Kontrast unter den Schwellenwert sinkt und die Kurve somit nach unten abfällt. Sobald ein Wert die Referenzkurve unterschritt, galt der Test als „nicht bestanden“. Überdurchschnittlich gute Werte für die Kontrastempfindlichkeit oberhalb des angegebenen Bereiches wurden als normal gewertet. Der Test galt somit als „bestanden“.

Die Kontrastempfindlichkeit, die sich hinter der jeweiligen Stufe bzw. dem Score verbarg, war in einer Tabelle vom Hersteller bereits vermerkt (Anhang D: Tab. 1).

Es wurde bereits beschrieben, dass die einzelnen Werte für die Kontrastempfindlichkeit nicht ohne weiteres immer ineinander umgerechnet werden können. Für den in dieser Arbeit durchgeführten Methodenvergleich ist es daher von besonderem Interesse, dass die Möglichkeit besteht, die Messwerte der Erhebung mittels der Vistech-Tafel mit denen des Gerätes Rodatest direkt zu vergleichen. Dieser Schnittpunkt beider Verfahren liegt bei einer Ortsfrequenz von 12 cpd bei der Vistech-Tafel und einem Visus von 0,4 bei der Messung mit dem Rodatest, da hier die Ortsfrequenz der Auflösungsstärke von $12/30 = 0,4$ entspricht [6, 21].

2.2.5 Prüfung des Kontrastsehens mittels Mesotest

Mit dem Gerät Mesotest II von der Firma OCULUS (Abb. 7) wurden die Untersuchungen, im Gegensatz zu den zuvor erläuterten Verfahren, die unter photopischen Bedingungen stattfanden, nun unter mesopischen Bedingungen abgehandelt.



Abbildung 7: Gerät Mesotest

Dazu musste der Proband eine Dunkeladaptationszeit von 10 min einhalten. Dem Probanden wurden Landoltringe konstanter Größe mit einer Visusstufe von 0,1 gezeigt. Unter sechs möglichen Positionen der Öffnung war zu entscheiden. Dabei wurden diese von extern über einen Laptop durch den Untersucher variiert. Zunächst wurde mit einem hohen Kontrast und einem

Leuchtdichtenwert von 1:23 begonnen, der dann kontinuierlich über 1:5; 1:2,7 bis schließlich 1:2 verringert wurde. Dabei galt es, immer mindestens drei von fünf Ringen pro Kontraststufe zu erkennen, um diese zu bestehen. Insgesamt wurden jeweils vier Stufen ohne und vier Stufen mit Blendung durchlaufen. Dadurch war auch ein Rückschluss auf die Blendempfindlichkeit möglich. Die Umfeldleuchtdichte ohne Blendung betrug dabei 0,032 cd/m², die unter Blendung 0,1 cd/m². Für einen erfolgreich absolvierten Test musste der Proband sowohl ohne als auch mit Blendung mindestens die Stufe 1:27 bestanden haben. Im Ergebnisteil wurden diese beiden Varianten – Testbestehen ohne Blendung und Testbestehen mit Blendung – auch als Teilttest betitelt. Der gesamte Test galt nur dann als „bestanden“, wenn beide zuvor genannten Bedingungen erfüllt waren.

2.2.6 Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit

Mittels eines Fragebogens (Anhang C) wurden Informationen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit gesammelt. Der institutserprobte Bogen umfasste zehn Fragen, die sich auf alltägliche Lebenssituationen wie Lesen oder Autofahren bezogen. Fragen, die auf die aktive Teilnahme am Straßenverkehr abzielten, musste von Nichtautofahrern nicht berücksichtigt werden. Durch die Antwortmöglichkeiten „Immer“, „Oft“, „Gelegentlich“, „Selten“ oder „Nie“ wurde ein Zeitraum von drei vorangegangenen Monaten beleuchtet.

Um den Fragebogen statistisch erfassen zu können, wurden den abgestuften Antwortmöglichkeiten Punktwerte von eins bis fünf zugeordnet (Anhang C). Die Punktevergabe erfolgte der Logik nach, so dass ein hoher Score mit einem subjektiv guten Sehgefühl einhergeht. Die Punkte wurden anschließend aufsummiert und zu dem maximal erreichbaren Score ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergab sich ein relativer Score, der anschließend verglichen wurde. Durch dieses Verfahren wurden die relativen Scores aller Teilnehmer miteinander vergleichbar, auch wenn ein Teilnehmer nicht alle Fragen beantwortet hatte.

2.3 Statistik

Zur Erfassung der Daten wurde mittels Microsoft Access eine Datenbank erstellt. Für die statistische Auswertung wurden die Rohdaten in das Statistikprogramm SPSS 19 implementiert und aufgearbeitet. Die Auswertung der Tests erfolgte unabhängig voneinander in separaten Datenblättern.

Als Entscheidungsgrundlage dienten folgende Signifikanzniveaus, angegeben mit zugehöriger Symbolik, wobei p der Irrtumswahrscheinlichkeit entspricht:

- $p \geq 0,05$ nicht signifikant = n. s.
- $p < 0,05$ signifikant = *

- $p < 0,01$ sehr signifikant = **
- $p < 0,001$ höchst signifikant = ***

Alle Berechnungen basierten auf einer zweiseitigen Testung.

Mittels des Shapiro-Wilk-Tests konnte die Normalverteilung der Stichprobenwerte nicht für alle Fälle gesichert werden, weshalb alle Berechnungen grundsätzlich parameterfrei erfolgten. Häufigkeitsvergleiche wurden mit dem Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Unterschiede in den Gruppen wurden bei nicht normalverteilten unverbundenen Stichproben mittels Wilcoxon- und Mann-Whitney-Test untersucht. Bei nicht normalverteilten verbundenen Stichproben fand der Wilcoxon-Paar-Differenzentest seine Anwendung.

Bei der nichtparametrischen Korrelationsanalyse wurden anhand des Spearman-Korrelationskoeffizienten r Aussagen zu Zusammenhängen zweier Testvariablen getroffen. Dieser Wert, als Maß für die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Variablen, liegt zwischen -1 und +1. Ist der Wert nahezu +1, kann von einem hohen positiven Zusammenhang ausgegangen werden. Geht der Wert hingegen gegen -1, spricht man von einem reziproken Zusammenhang. Gebräuchlich für die Abstufung des Korrelationskoeffizienten sind folgende Bezeichnungen (ausgehend vom absoluten Wert):

- $r < 0,2$ sehr geringe Korrelationen
- $0,2 \leq r < 0,5$ geringe Korrelation
- $0,5 \leq r < 0,7$ mittlere Korrelation
- $0,7 \leq r < 0,9$ hohe Korrelation
- $r \geq 0,9$ sehr hohe Korrelation

Im Rahmen der Auswertung mittels SPSS wurden die Probandengruppen mit einer Katarakt (Gruppen 3, 4, 5) aufgrund der niedrigen Gruppenstärke (Kap. 3.1.1) zusammengefasst. Da die Probanden mit einer binokularen Katarakt die Bedingungen der jeweils monokularen Kataraktprobanden erfüllten und mit dieser Gruppe ebenfalls monokulare Messungen durchgeführt wurden, konnten diese Messungen den Gruppen der monokularen Kataraktgruppe zugeordnet werden. Diese Zusammenfassung erfolgte beim Vergleich mit den monokularen Messungen der Kataraktgruppe. Die neu definierte Vergleichsgruppe bestand demnach aus den Messungen des rechten bzw. linken Auges sowie den Messungen des entsprechenden Auges des binokular erkrankten Probanden. Durch die Vergrößerung des Stichprobenumfangs konnte die Aussagekraft der statistischen Auswertung unterstrichen werden.

Im Gegensatz dazu wurden die Messungen des Partnerauges der monokular erkrankten Probanden in keine Vergleichsgruppe mit einbezogen, da ein möglicher Beginn einer Katarakt am Partnerauge nicht sicher ausgeschlossen werden konnte. Dementsprechend wurden für die Berechnungen der einseitigen Kataraktprobanden nur die jeweiligen Messbedingungen berücksichtigt (monokular

rechts bzw. monokular links).

Wurden Messreihen unter der Bedingung „gesund – nicht gesund“ verglichen, wurden als Vergleichsgruppen nur die Gruppe der über 45-Jährigen und die der erkrankten Probanden gegenübergestellt. Damit konnte verhindert werden, dass der Einfluss des Alters das Ergebnis verfälscht.

Bei der graphischen Darstellung wurde als Maßzahl der zentralen Tendenz aus Gründen der besseren Anschaulichkeit und der Vergleichbarkeit mit anderer Literatur der Mittelwert verwendet. In einigen Fällen erwies sich dies als problematisch, da die Streuung sehr groß war und hier der Boxplot die statistisch exaktere Darstellung gewesen wäre. Da die gemessenen Werte als ordinal skaliert anzusehen waren, wurde – obwohl die Stichprobenanzahl in einigen Stichproben über 31 lag und somit eine Normalverteilung hätte angenommen werden können – nicht parameterfrei getestet. Diese Methodik geht gleichzeitig mit dem Vorteil einher, dass aufgrund der mathematischen Hintergründe, sprich der Berechnung mithilfe von Rängen, große Ausreißer nicht so sehr ins Gewicht fallen wie bei parametrischen Tests.

Bei der Auswahl der Grafiken beschränkte man sich auf diejenigen Fälle, die den zugrundeliegenden Zusammenhang besonders gut grafisch erkennen ließen, sprich, die Mittelwertunterschiede am größten waren. Als Skalenbezugspunkt wurde immer der kleinste Wert der Achse mit Null markiert.

3 Ergebnisse

3.1 Einteilung der Probanden

3.1.1 Soziodemografische Daten und Zusammensetzung der Stichprobe

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 99 Probanden getestet. Diese verteilten sich auf die Gruppen (Kap. 2.1.1) wie folgt:

- Gruppe 1 (unter oder gleich 45-Jährige): n = 34 Probanden
- Gruppe 2 (über 45-Jährige): n = 33 Probanden
- Gruppe 3 (Katarakt monokular rechts): n = 7 Probanden
- Gruppe 4 (Katarakt monokular links): n = 1 Proband
- Gruppe 5 (Katarakt binokular): n = 24 Probanden

Somit ließen sich insgesamt 32 Probanden mit einer Katarakt monokular oder binokular erfassen.

Neben den bereits genannten Augenerkrankungen (Kap. 1.2.3) wurden der Visus und der wöchentliche Alkoholkonsum in die Bewertung der Probandendaten einbezogen. In Bezug auf den Alkoholkonsum, mussten die Messdaten eines Probanden vollständig verworfen werden und wurden in keiner weiteren statistischen Bewertung berücksichtigt. Als ein weiteres Ausschlusskriterium war ein Visus unter 0,63 zu werten (Kap. 2.1.2). Nach Ausschluss auf Grund eines zu geringen Fernvisus besaßen die Stichproben einen Umfang von 74 Messdaten monokular rechts, 65 Daten monokular links und 82 verblieben für die binokulare Auswertungen (Anhang E: Tab. 2). Nach Anwendung des Ausschlusskriteriums Nahvisus verblieben noch 68 Messungen für die Betrachtung monokular rechts, 67 für monokular links und 75 für die binokularen Berechnungen für die Kontrasttests beim Rodatest und dem Mesotest (Anhang E: Tab. 2).

Probanden mit anderen Erkrankungen, die Einfluss auf die Messungen haben könnten, wurden bereits im Voraus nicht als Probanden zugelassen (Kap. 1.2.3).

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die soziodemografische Struktur aller im Datenbereich erfassten Probanden, einschließlich derjenigen, die später aufgrund von Nebenbedingungen ausgeschlossen werden mussten (Tab. 1).

Tabelle 1: Soziodemographische Daten

	Gesamtzahl (m:w)	Alter [a]	Nikotinkonsum [Pack Years]	Alkoholkonsum [g/d]
gesamt	99 (38 : 61)	53,0 ± 18,11	4,1 ± 11,78	7,3 ± 9,36
unter 45-Jährige	34 (9 : 25)	31,8 ± 8,37	6,2 ± 18,17	7,5 ± 10,62
über 45-Jährige	33 (17 : 16)	57,5 ± 6,62	2,6 ± 5,96	8,2 ± 9,46
Katarakt	32 (12 : 20)	71,0 ± 8,38	3,5 ± 6,55	6,4 ± 7,93

Dabei wurde die Gesamtzahl der Probanden, aufgeschlüsselt nach dem Geschlechterverhältnis, sowie das Alter in Jahren bestimmt. Weiterhin wurde der Alkoholgenuss in g/d und das

Rauchverhalten aufgelistet. Letztere Angabe erfolgte in der Einheit Pack Years, die sich aus der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten und der Anzahl der Raucherjahre ergab.

In der Gesamtstichprobe befanden sich 38,4 % Männer und 61,6 % Frauen mit einem Durchschnittsalter von $53,0 \pm 18,11$ Jahren. Der Anteil der Frauen lag in der Gruppe unter 45 Jahren mit 73,5 % deutlich über dem der Männer, wobei das Altersniveau mit $31,8 \pm 8,37$ Jahren ermittelt wurde. Das Geschlechterverhältnis in der Gruppe der über 45-Jährigen war nahezu ausgeglichen. Das Alter lag hier im Mittel bei $57,5 \pm 6,62$ Jahren. Die Gruppe der Probanden mit einer Katarakt setzte sich zusammen aus 37,5 % Männer sowie 62,5 % Frauen. Der Altersbereich dieser Gruppe lag bei $71,0 \pm 8,38$ Jahren.

Das Rauchverhalten der Gesamtstichprobe ließ sich mit $4,1 \pm 11,78$ Pack Years ermitteln. Die höchsten Werte fanden sich dabei in der Gruppe der unter 45-Jährigen. Die Statistik ergab sowohl zwischen der Gruppe der unter 45-Jährigen und den über 45-Jährigen ($p = 0,149$), als auch beim Vergleich zwischen den über 45-Jährigen und den Probanden mit einer Katarakt ($p = 0,485$) keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Rauchverhalten.

Der Alkoholkonsum der Gesamtstichprobe lag pro Tag bei $7,3 \pm 9,34$ g, wobei die höchsten Werte durch die ältere Probandengruppe zu verzeichnen waren. Analog dem Rauchverhalten unterschieden sich die einzelnen Gruppen in ihrem Trinkverhalten statistisch gesehen nicht ($p = 0,489$ für die Altersgruppen; $p = 0,369$ für Gruppe über 45-Jährige und Katarakt).

3.1.2 Visusdaten

Die nachstehenden Tabellen listen die Mittelwerte (MW) des gemessenen Visus der jeweiligen Gruppe unter Angabe der Standardabweichung (SD) sowie den Median und deren Range (Min – Max) auf (Tab. 2 und 3).

Tabelle 2: Messdaten Nahvisus

	Nahvisus					
	monokular rechts		monokular links		binokular	
	MW \pm SD	Median (Min - Max)	MW \pm SD	Median (Min - Max)	MW \pm SD	Median (Min - Max)
gesamt	0,93 \pm 0,232	0,80 (0,63 – 1,25)	0,97 \pm 0,221	1,00 (0,63 – 1,25)	1,03 \pm 0,223	1,00 (0,63 – 1,25)
unter 45-Jährige	1,06 \pm 0,183	1,00 (0,63 – 1,25)	1,09 \pm 0,205	1,25 (0,63 – 1,25)	1,17 \pm 0,140	1,25 (0,80 – 1,25)
über 45-Jährige	0,82 \pm 0,224	0,80 (0,63 – 1,25)	0,89 \pm 0,198	0,80 (0,63 – 1,25)	0,97 \pm 0,221	1,00 (0,63 – 1,25)
Katarakt	0,78 \pm 0,179	0,80 (0,63 – 1,25)	0,81 \pm 0,119	0,80 (0,63 – 1,00)	0,84 \pm 0,193	0,80 (0,63 – 1,25)

Tabelle 3: Messdaten Fernvisus

	Fernvisus					
	monokular rechts		monokular links		binokular	
	MW ± SD	Median (Min - Max)	MW ± SD	Median (Min - Max)	MW ± SD	Median (Min - Max)
gesamt	0,91 ± 0,246	0,80 (0,63 – 1,25)	0,96 ± 0,239	1,00 (0,63 – 1,25)	1,02 ± 0,241	1,00 (0,63 – 1,25)
unter 45-Jährige	1,03 ± 0,230	1,00 (0,63 – 1,25)	1,06 ± 0,207	1,00 (0,63 – 1,25)	1,14 ± 0,177	1,25 (0,63 – 1,25)
über 45-Jährige	0,86 ± 0,230	0,80 (0,63 – 1,25)	0,90 ± 0,237	0,80 (0,63 – 1,25)	0,99 ± 0,232	1,00 (0,63 – 1,25)
Katarakt	0,74 ± 0,170	0,63 (0,63 – 1,25)	0,84 ± 0,236	1,25 (0,80 – 1,25)	0,81 ± 0,211	0,80 (0,63 – 1,25)

Die Gruppe der Katarakte wies die schlechtesten Visuswerte für alle Versuchsbedingungen auf, wohingegen in der Gruppe der unter 45-Jährigen für alle Bedingungen (monokular rechts, monokular links und binokular) sehr hohe Visuswerte ermittelt werden konnten.

3.2 Rodatest 302

3.2.1 Messdaten

Die Tabelle beinhaltet die wesentlichen statistischen Größen, die die Grundlage weiterführender Vergleiche zwischen den einzelnen Gruppen bildeten und auf die in den nächsten Unterkapiteln Bezug genommen wird (Tab. 4). Dabei wurde nicht zwischen dem Test Kontrast 1 oder Kontrast 2 differenziert, da bereits bei der Datendokumentation die Kontrastwerte der jeweiligen Visusstufe (0,16; 0,25; 0,4) zugeordnet wurden (Kap. 2.2.3).

Der kleinste Mittelwert aller Daten und somit der Nachweis des besten Kontrastsehens, wurde durch die Gruppe 1 im Rahmen der binokularen Messreihe bei einem Visus von 0,16 ohne Blendung mit $0,049 \pm 0,0159$ bestimmt. Der schlechteste Wert der Gruppe 1 lag bei $0,259 \pm 0,2408$, gemessen für die linken Augen ohne Blendung bei der Visusstufe 0,4. Die Spannweite der Mittelwerte für die Gruppe 2 erstreckte sich von 0,0769 (binokular; ohne Blendung; Visus = 0,16) bis 0,3435 (monokular rechts; mit Blendung; Visus = 0,4). Den kleinsten Mittelwert in der Gruppe der Katarakte erzielte die Versuchsreihe monokular rechts mit 0,1038 bei einem Visus von 0,14 ohne Blendung. Der größte Wert dieser Gruppe wurde unter Blendung für das rechte Auge bei einem Visus von 0,4 mit 0,4923 ermittelt. Die biologische Variabilität der Messergebnisse war in den einzelnen Gruppen groß (Anhang E: Abb. 4 und 5).

3.2.2 Einfluss der Blendung

Im folgenden Abschnitt wurden die Messwerte ohne Blendung mit denen unter Blendung innerhalb einer Gruppe miteinander verglichen (Anhang E: Tab. 3). Die zugrunde liegenden Messwerte der

Tabelle 4: Kontrastwerte für die Messung mittels Rodatest 302

		Visus	Kontrast ohne Blendung		Kontrast mit Blendung	
			MW ± SD	Median (Min – Max)	MW ± SD	Median (Min – Max)
unter 45-Jährige	monokular rechts	0,16	0,078 ± 0,040	0,05 (0,05 – 0,20)	0,076 ± 0,0345	0,05 (0,03 – 0,20)
		0,25	0,125 ± 0,0762	0,10 (0,05 – 0,40)	0,117 ± 0,0714	0,10 (0,05 – 0,40)
		0,4	0,227 ± 0,2079	0,20 (0,05 – 1,00)	0,202 ± 0,1394	0,20 (0,05 – 0,80)
	monokular links	0,16	0,084 ± 0,0448	0,08 (0,05 – 0,20)	0,076 ± 0,0409	0,05 (0,03 – 0,20)
		0,25	0,147 ± 0,1764	0,10 (0,05 – 1,00)	0,109 ± 0,0483	0,10 (0,05 – 0,20)
		0,40	0,259 ± 0,2408	0,20 (0,10 – 1,00)	0,209 ± 0,1505	0,20 (0,05 – 0,80)
	binokular	0,16	0,049 ± 0,0159	0,05 (0,03 – 0,10)	0,051 ± 0,0182	0,05 (0,03 – 0,10)
		0,25	0,075 ± 0,0342	0,05 (0,03 – 0,20)	0,075 ± 0,0265	0,10 (0,03 – 0,10)
		0,4	0,127 ± 0,0821	0,10 (0,05 – 0,40)	0,129 ± 0,0839	0,10 (0,05 – 0,40)
über 45-Jährige	monokular rechts	0,16	0,104 ± 0,0498	0,10 (0,05 – 0,20)	0,102 ± 0,0439	0,10 (0,05 – 0,20)
		0,25	0,174 ± 0,0903	0,20 (0,05 – 0,40)	0,176 ± 0,1021	0,20 (0,05 – 0,40)
		0,4	0,309 ± 0,2234	0,20 (0,10 – 1,00)	0,344 ± 0,2371	0,20 (0,10 – 1,00)
	monokularlinks	0,16	0,141 ± 0,1505	0,10 (0,05 – 0,80)	0,113 ± 0,0726	0,10 (0,05 – 0,40)
		0,25	0,196 ± 0,1930	0,20 (0,05 – 1,00)	0,194 ± 0,1909	0,20 (0,05 – 1,00)
		0,4	0,352 ± 0,2826	0,20 (0,10 – 1,00)	0,309 ± 0,2172	0,20 (0,10 – 1,00)
	binokular	0,16	0,077 ± 0,0433	0,05 (0,03 – 0,20)	0,076 ± 0,0350	0,05 (0,05 – 0,20)
		0,25	0,126 ± 0,0944	0,10 (0,05 – 0,40)	0,094 ± 0,0446	0,10 (0,05 – 0,20)
		0,4	0,233 ± 0,1922	0,20 (0,10 – 1,00)	0,169 ± 0,0845	0,20 (0,05 – 0,40)
Katarakt	monokular rechts	0,16	0,104 ± 0,0477	0,10 (0,05 – 0,20)	0,169 ± 0,1164	0,10 (0,05 – 0,40)
		0,25	0,215 ± 0,1390	0,20 (0,05 – 0,40)	0,246 ± 0,1973	0,20 (0,05 – 0,80)
		0,4	0,346 ± 0,2757	0,20 (0,10 – 1,00)	0,492 ± 0,3095	0,40 (0,10 – 1,00)
	monokular links	0,16	0,171 ± 0,0916	0,20 (0,05 – 0,40)	0,233 ± 0,2136	0,20 (0,05 – 0,80)
		0,25	0,208 ± 0,1240	0,20 (0,10 – 0,40)	0,333 ± 0,2934	0,20 (0,10 – 1,00)
		0,4	0,433 ± 0,3576	0,30 (0,10 – 1,00)	0,492 ± 0,3232	0,40 (0,10 – 1,00)
	binokular	0,16	0,140 ± 0,1153	0,10 (0,05 – 0,40)	0,157 ± 0,1132	0,10 (0,05 – 0,40)
		0,25	0,184 ± 0,1215	0,10 (0,05 – 0,40)	0,257 ± 0,1954	0,20 (0,05 – 0,80)
		0,4	0,380 ± 0,2731	0,20 (0,10 – 0,80)	0,427 ± 0,2577	0,40 (0,10 – 0,80)

nichtparametrischen Berechnungen finden sich in Tabelle 4.

Für Gruppe 1 konnten keine signifikanten Unterschiede für diesen Vergleich ermittelt werden, weder für monokular rechts, links noch binokular. Somit konnte für keine der drei Visusstufen bewiesen werden, dass sich die Messwerte unter Blendung im Vergleich zu denen ohne Blendung innerhalb der Gruppe 1 verschlechterten oder gegebenenfalls verbesserten.

In der Gruppe 2 zeigten die Berechnungen für die monokularen Werte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten ohne und mit Blendung. Testete man den Unterschied für die Messwerte, die unter binokularen Bedingungen erhoben wurden, fanden sich signifikant bessere Messwerte unter Blendung für die Visusstufen 0,25 und 0,4. Besonders aussagekräftig ließ sich der Zusammenhang für den letztgenannte Fall darstellen (Abb. 8).

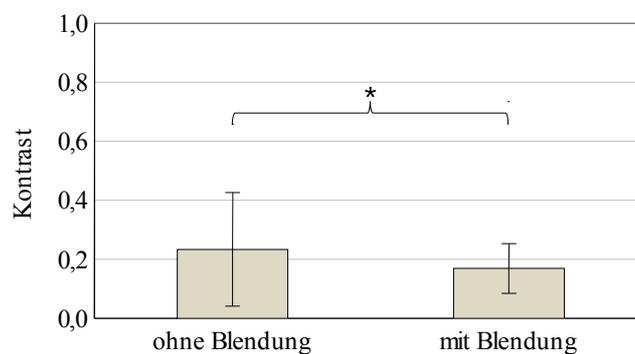


Abbildung 8: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppe 2 beim Visus 0,4 (binokular)

Betrachtete man die rechten Augen, die an einer Katarakt erkrankt waren, gab es signifikante Unterschiede bei den Visusstufen 0,16 ($p = 0,044$) und 0,4 ($p = 0,041$). Dabei kam es bei den beiden letztgenannten Ereignissen zu einer Verschlechterung des Kontrastsehens bei zusätzlicher Verwendung der Lichtquelle. Die Abbildung 9 macht den Vergleich grafisch deutlich.

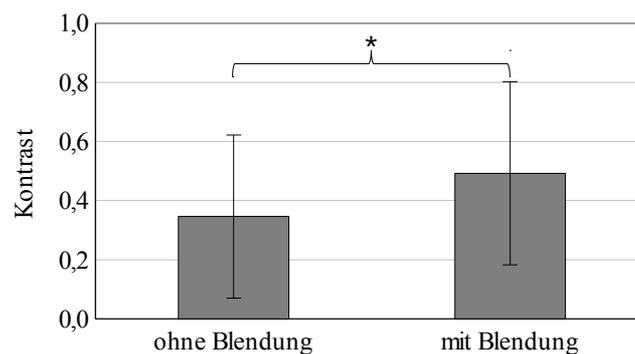


Abbildung 9: Rodatest: Kontrastwerte der Kataraktgruppe beim Visus 0,4 (monokular rechts)

Bei einem Visus von 0,25 hatte die Blendung monokular rechts keine Auswirkung auf die gemessenen Werte ($p = 0,461$). Für die Untersuchungen monokular links in der Gruppe der Probanden mit einer Katarakt war lediglich bei einer Visusstufe von 0,25 ein signifikanter Abwärtstrend der Kontrastempfindlichkeit zu verzeichnen ($p = 0,042$) (Anhang E: Abb. 6). Keine Beeinträchtigung der Wahrnehmung des Kontrastsehens zeigte sich bei den Visusstufen 0,16

($p = 0,141$) und $0,4$ ($p = 0,216$).

Prüfte man die Werte für die binokularen Messungen in der Gruppe der Katarakte wurde festgestellt, dass es bei der Visusstufe von $0,25$ zu einer Verschlechterung der Kontrastwerte unter Blendung kam ($p = 0,046$). Keinen Einfluss hatte die Lichtquelle auf die Werte bei den Visusstufen $0,16$ und $0,4$ ($p = 0,465$ und $p = 0,066$).

3.2.3 Gegenüberstellung der Messwerte

3.2.3.1 Altersgruppen

Es wurden die Messwerte für die jeweilige Visusstufe ($0,16$; $0,25$; $0,4$) der Gruppe 1 mit denen der Gruppe 2 verglichen (Anhang E: Tab. 4).

Der Messwertvergleich für die rechten Augen lieferte für alle drei Visusstufen signifikant bessere Ergebnisse in der Gruppe 1. Dieser Sachverhalt zeigte sich sowohl für die Ergebnisse ohne als auch für diejenigen mit Blendung. Die Abbildung 10 macht den Unterschied besonders gut für Gruppe 1 und 2 bei der monokularen Messung bei einem Visus von $0,4$ mit Blendung deutlich.

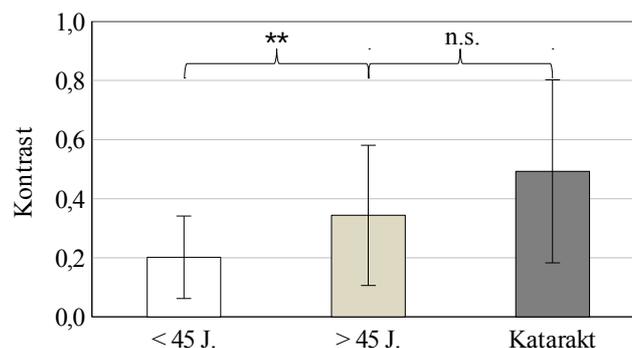


Abbildung 10: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus $0,4$ (monokular rechts; mit Blendung)

Unter der Bedingung monokular links konnten für die Visusstufen $0,16$ und $0,25$ signifikant bessere Ergebnisse durch das jüngere Probandenkollektiv – unabhängig vom Blendzustand – erzielt werden. Grafisch lässt sich der Unterschied gut anhand der Abbildung 11 nachvollziehen. Signifikant besser hatte die Gruppe 1 auch bei einem Visus von $0,4$ unter Blendung abgeschnitten (Abb. 12). Monokular links ohne Blendung bei einem Visus von $0,4$ war der Messwertvergleich nicht signifikant.

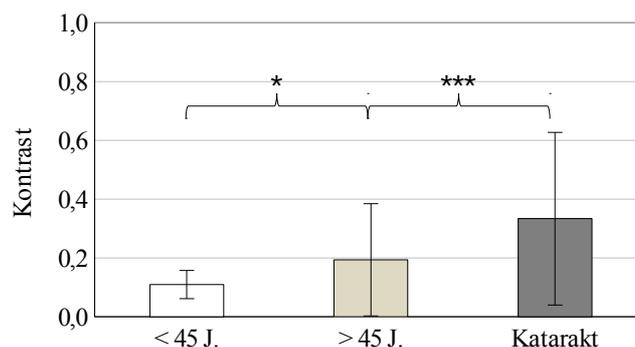


Abbildung 11: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus $0,25$ (monokular links; mit Blendung)

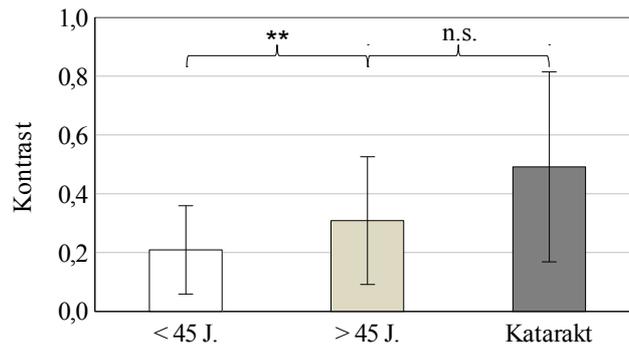


Abbildung 12: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,4 (monokular links; mit Blendung)

Der binokulare Vergleich zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 zeigte ohne Blendung für alle drei Visusstufen signifikant bessere Ergebnisse der jüngeren Probanden, besonders deutlich jedoch für einen Visus von 0,4 (Abb. 13).

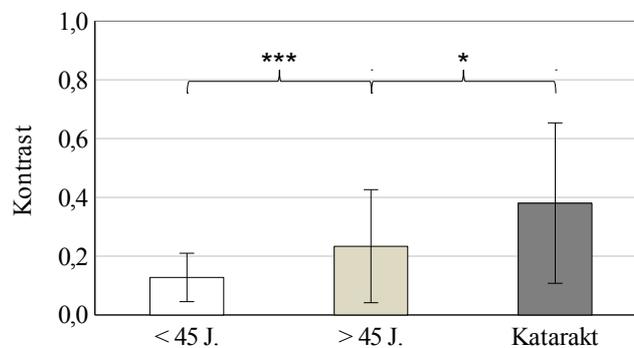


Abbildung 13: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppen beim Visus 0,4 (binokular; ohne Blendung)

Der Abbildung 13 ist zudem der Gruppenunterschied zwischen den älteren Gesunden und den Probanden mit einer Katarakt zu entnehmen. Es ist zu erkennen, dass dieser Unterschied nur einfach signifikant war, obwohl sich die Mittelwertdifferenz zwischen den Gruppen kaum unterschieden. Bereits im Kapitel 2.3 wurde auf dieses Problem der Darstellung eingegangen, was mit Hilfe eines Boxplots besser verdeutlicht werden kann (Anhang E: Abb. 7).

Nach Einschalten der Lichtquelle wurden nur für die Visusstufen 0,16 und 0,4 innerhalb der binokularen Messreihe signifikante Unterschiede ermittelt. Bei einem Visus von 0,25 waren statistisch keine Unterschiede erfassbar. Hier war die Streuung der Messwerte groß (Abb. 14).

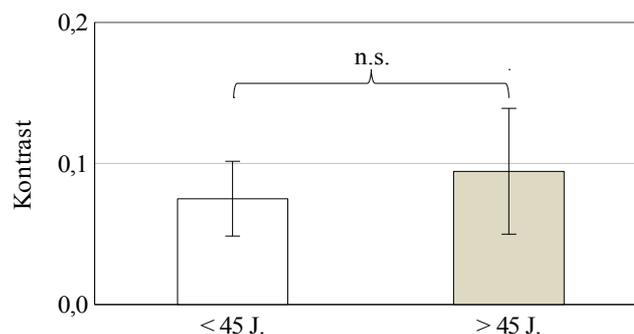


Abbildung 14: Rodatest: Kontrastwerte der Gruppe 1 und 2 beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung)

Dass der Unterschied zwischen der Gruppe 1 und Gruppe 2 tatsächlich nicht signifikant war, wurde deutlich, wenn man die Darstellung als Boxplot betrachtet (Anhang E: Abb. 8). Der Median lag in beiden Gruppen bei einem Kontrastwert von 0,1.

3.2.3.2 Diagnose Katarakt

Es folgt der Vergleich zwischen der Gruppe ohne Katarakt mit derjenigen mit einer Katarakterkrankung (Anhang E: Tab. 5). Die der Auswertung zugrundeliegenden statistischen Größen wurden bereits in Tabelle 4 aufgeführt.

Der Vergleich der Gruppe 2 mit der Vergleichsgruppe der Kataraktprobanden ergab sowohl für die Testung monokular rechts als auch monokular links für alle drei Visusstufen keine signifikanten Ergebnisse für die Messung ohne und mit Blendung.

Verwendete man für die statistischen Berechnungen die binokularen Messwertreihen, ließen sich für alle drei Visusstufen, unabhängig vom Zustand der Blendung, signifikante Ergebnisse verzeichnen. Dabei lag die Irrtumswahrscheinlichkeit mit unter 0,1 % für Visusstufen 0,25 und 0,4 mit Blendung besonders niedrig. Der Unterschied zwischen diesen Gruppen war bei den Messungen mit Blendung dementsprechend deutlich (Abb. 15, Anhang E: Abb. 9).

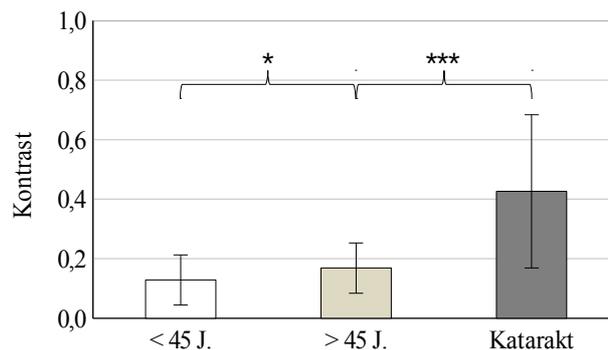


Abbildung 15: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (binokular; mit Blendung)

Es konnte festgestellt werden, dass die Gruppe 2 bei der Überprüfung beider Augen unter allen Bedingungen besser abschnitt, als die Vergleichsgruppe, die an einer Katarakt erkrankt war.

3.2.4 Vergleich des Testbestehens

3.2.4.1 Häufigkeitstabelle

Der nachstehenden Tabelle können die absoluten und relativen Häufigkeiten für das Testbestehen bei der Rodatest-Prüfung unter den jeweiligen Versuchsbedingungen entnommen werden (Tab. 5).

Tabelle 5: Rodatest: Erfolgsquoten für Kontrast 1 und 2

		Kontrast 1			
		ohne Blendung		mit Blendung	
		bestanden	nicht bestanden	bestanden	nicht bestanden
unter 45-Jährige	monokular rechts	18 (56,3 %)	14 (43,8 %)	16 (50 %)	16 (50 %)
	monokular links	16 (50 %)	16 (50 %)	19 (59,4 %)	13 (40,6 %)
	binokular	31 (93,9 %)	2 (6,1 %)	28 (84,9 %)	5 (15,2 %)
über 45-Jährige	monokular rechts	6 (26,1 %)	17 (73,9 %)	5 (21,7 %)	18 (78,3 %)
	monokular links	3 (13,1 %)	20 (87,0 %)	4 (17,4 %)	19 (82,6 %)
	binokular	15 (55,6 %)	12 (44,4 %)	15 (55,6 %)	12 (44,4 %)
Katarakt	monokular rechts	3 (23,1 %)	10 (73,9 %)	2 (15,4 %)	11 (84,6 %)
	monokular links	1 (8,3 %)	11 (91,7 %)	2 (16,7 %)	10 (83,3 %)
	binokular	4 (26,7 %)	11 (73,3 %)	3 (20 %)	12 (80 %)
		Kontrast 2			
unter 45-Jährige	monokular rechts	29 (90,6 %)	3 (9,4 %)	30 (93,8 %)	2 (6,3 %)
	monokular links	28 (87,5 %)	4 (12,5 %)	29 (90,6 %)	3 (9,4 %)
	binokular	33 (100 %)	0 (0 %)	33 (100 %)	0 (0 %)
über 45-Jährige	monokular rechts	18 (78,3 %)	5 (21,7 %)	20 (87,0 %)	3 (13,1 %)
	monokular links	17 (73,9 %)	6 (26,1 %)	20 (87,0 %)	3 (13,1 %)
	binokular	25 (92,6 %)	2 (7,4 %)	26 (96,3 %)	1 (3,7 %)
Katarakt	monokular rechts	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	6 (46,2 %)	7 (53,9 %)
	monokular links	5 (41,7 %)	7 (58,3 %)	5 (41,7 %)	7 (58,3 %)
	binokular	10 (66,7 %)	5 (33,3 %)	9 (60 %)	6 (40 %)

3.2.4.2 Altersgruppen

Im folgenden Abschnitt wurden die Testergebnisse der Altersgruppen verglichen, wobei die Testkriterien „bestanden“ und „nicht bestanden“ betrachtet wurden (Anhang E: Tab. 6). Differenziert wurde dabei nach Kontrast 1 und Kontrast 2.

Die Probanden der Gruppe 1 hatten für alle Versuchsbedingungen im Rahmen des Kontrast 1 signifikant bessere Ergebnisse erzielt.

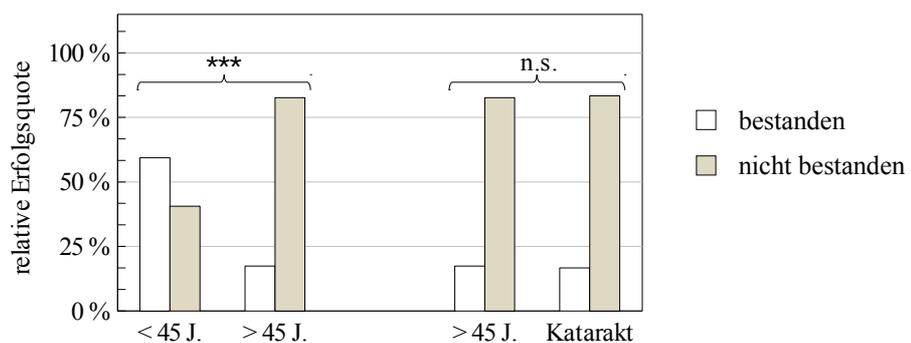


Abbildung 16: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (monokular links; mit Blendung)

Exemplarisch wurde dies für die Konstellationen monokular links mit Blendung dargestellt (Abb. 16, weitere im Anhang E: Abb. 10).

Bei Kontrast 2 waren alle Vergleiche zwischen den Gruppen 1 und 2 für die Messreihen ohne und mit Blendung statistisch nicht signifikant ausgefallen (Anhang E: Tab. 6). Die Gruppen unterschieden sich demnach nicht.

3.2.4.3 Diagnose Katarakt

Analog zum vorangegangenen Kapitel wurde im kommenden Abschnitt das Testbestehen für das Gerät Rodatest der Gruppe 2 mit der Vergleichsgruppe der Kataraktprobanden gegenübergestellt (Anhang E: Tab. 7).

Wählte man den Test Kontrast 1, so fielen – bis auf den Vergleich für binokular mit Blendung – die Unterschiede nicht signifikant aus. Die Abbildung 17 zeigt den Fall für den Gruppenvergleich binokular mit Blendung für den Kontrast 1.

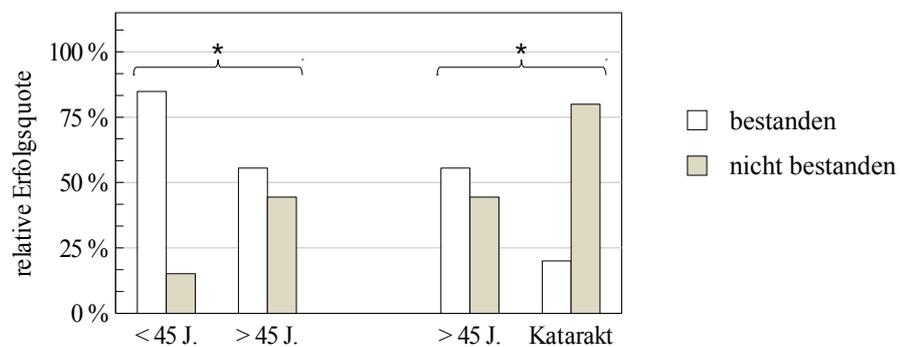


Abbildung 17: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (binokular; mit Blendung)

Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Berechnungen im Vergleich Gruppe 2 und der Versuchsgruppe der Katarakte für binokular ohne Blendung lag bei 2,6 %. Nur für diesen Fall war es möglich, statistisch nachzuweisen, dass die über 45-Jährigen häufiger ein positives Testergebnis erzielten als die Probanden mit einer Katarakt. Da der Kontrast 1 die höheren Anforderungen an das Kontrastsehen stellte, sollte damit auch der Kontrast 2 unter gleichen Bedingungen dieses Ergebnis vermuten lassen. Dies ließ sich rechnerisch bestätigen ($p = 0,002$).

Untersuchte man das Testbestehen für den Test Kontrast 2, wurden für die Messungen monokular ohne Blendung keine signifikanten Ergebnisse erzielt. Der Fall binokular ohne Blendung konnte für Kontrast 2 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,031$ nachweisen, dass die Probanden der Gruppe 2 häufiger mit positivem Ergebnis bestanden hatten als die Probanden mit einer Katarakt.

Aus den Berechnungen der Fälle für Kontrast 2 unter Blendung ließen sich auch für die beiden Fälle monokular rechts ($p = 0,009$) und links ($p = 0,005$) sehr signifikante Ergebnisse erzielen (Abb. 18, weitere im Anhang E: Abb. 12).

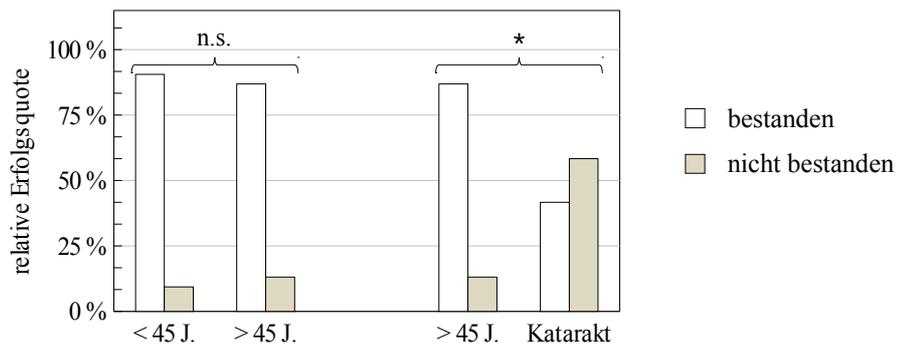


Abbildung 18: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 2 (monokular links; mit Blendung)

Durch die zusätzliche Verwendung der Blendlichtquelle im Versuchsaufbau für Kontrast 2 ergab sich ein statistisch nachweisbarer Unterschied für die Häufigkeitsverteilung zu Gunsten der Gruppe 2 für die monokularen Messreihen.

3.3 Vistech-Tafel

3.3.1 Messdaten

Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Mittelwerte, deren Standardabweichung, der Mediane, den Minima und Maxima aus der Prüfung mit der Vistech-Tafel.

3.3.2 Gegenüberstellung der Messwerte und des Gesamtscores

3.3.2.1 Altersgruppen

Der folgende Abschnitt umfasst den Vergleich der Messwerte der jungen Probandengruppe mit den Werten der älteren Probanden. Diese Gegenüberstellung erfolgte für die Ortsfrequenzen, die in dem Testverfahren der Vistech-Tafel Anwendung fanden. Zudem wurden die Gesamtscores der jeweiligen Gruppen im Vergleich statistisch geprüft (Anhang E: Tab. 8).

Der Vergleich der KE-Werte zwischen den Altersgruppen erwies sich für die jüngere Probandengruppe für alle Ortsfrequenzen monokular rechts als signifikant besser. Besonders deutlich ließen sich die Unterschiede bei den Ortsfrequenzen 3 cpd, 6 cpd und 12 cpd – exemplarisch in der folgenden Abbildung – darstellen (Abb. 19).

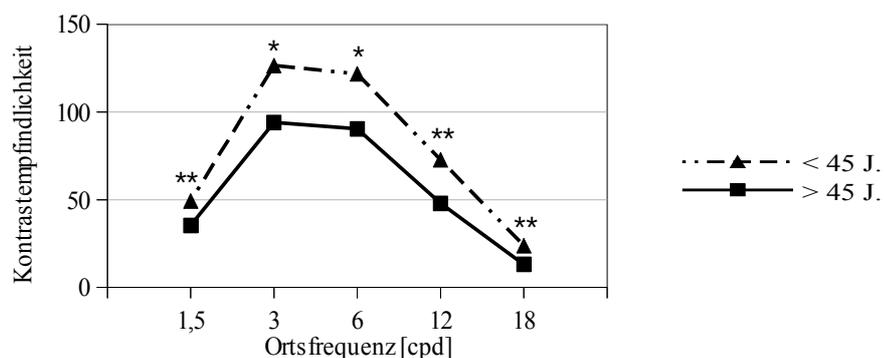


Abbildung 19: Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (monokular rechts)

Tabelle 6: Kontrastempfindlichkeitstest mittels Vistech-Tafel

		OF [cpd]										Gesamtscore	
		1,5		3		6		12		18			
		MW ± SD	Median (Min- Max)	MW ± SD	Median (Min- Max)	MW ± SD	Median (Min- Max)	MW ± SD	Median (Min-Max)	MW ± SD	Median (Min-Max)		
unter 45- Jährige	monokular rechts	49,2 ± 22,29	35 (20-120)	126,5 ± 51,06	170 (44-220)	121,7 ± 58,24	125 (11 - 260)	72,7 ± 33,14	88 (5 - 125)	23,8 ± 18,73	15 (2 - 65)	27,0 ± 4,28	27 (15 - 35)
	monokular links	45,9 ± 21,22	354 (20 - 120)	124,9 ± 49,74	85 (44 - 220)	119,2 ± 52,20	125 (11 - 260)	76,2 ± 35,28	88 (8 - 125)	24,2 ± 17,69	15 (2 - 65)	27,1 ± 4,60	28 (17 - 35)
	binokular	59,7 ± 25,71	70 (35 - 120)	135,5 ± 44,82	170 (85 - 220)	138,9 ± 44,35	125 (70 - 260)	83,7 ± 30,26	88 (15 - 125)	30,0 ± 15,50	26 (4 - 65)	29,2 ± 3,24	29 (22 - 35)
über 45- Jährige	monokular rechts	35,3 ± 11,83	35 (3 - 70)	94,0 ± 38,03	85 (44 - 170)	90,4 ± 52,06	70 (11 - 185)	47,9 ± 34,88	55 (5 - 125)	13,1 ± 12,65	7 (2 - 70)	23,0 ± 4,68	23 (14 - 31)
	monokular links	43,3 ± 23,95	35 (3 - 125)	81,5 ± 33,29	85 (24 - 170)	94,6 ± 42,52	125 (11 - 185)	50,2 ± 34,51	55 (5 - 125)	14,1 ± 10,49	15 (2 - 40)	23,6 ± 5,21	25 (10 - 31)
	binokular	53,5 ± 24,97	35 (20 - 120)	127,8 ± 49,35	170 (44 - 220)	125,7 ± 49,55	125 (11 - 185)	63,5 ± 32,24	88 (5 - 125)	18,5 ± 13,88	15 (2 - 40)	26,4 ± 4,75	28 (12 - 33)
Kata- rakt	monokular rechts	34,3 ± 12,07	35 (20 - 70)	98,2 ± 59,39	85 (44 - 220)	60,8 ± 42,71	45 (21 - 185)	26,9 ± 21,82	15 (8 - 88)	6,2 ± 3,60	5 (2 - 15)	20,4 ± 3,46	19 (16 - 26)
	monokular links	32,5 ± 5,84	35 (20 - 35)	61,3 ± 41,68	44 (2 - 170)	47,3 ± 16,42	45 (21 - 70)	13,9 ± 9,68	15 (2 - 32)	5,7 ± 4,70	4 (2 - 15)	17,7 ± 3,96	18 (10 - 22)
	binokular	40,3 ± 17,28	35 (20 - 70)	86,8 ± 50,09	85 (24 - 70)	70,7 ± 46,59	45 (21 - 185)	21,8 ± 16,78	15 (5 - 55)	5,8 ± 3,67	4 (2 - 15)	20,1 ± 3,68	20 (14 - 28)

Ebenso konnten für die meisten Ortsfrequenzen der Messreihe monokular links signifikant bessere Ergebnisse der Gruppe 1 im Vergleich zu denen der Gruppe 2 bestätigt werden. Ausnahmen stellten hier die Vergleiche bei den Ortsfrequenzen 1,5 cpd und 6 cpd dar. Die Grafik verdeutlicht besonders bei den Ortsfrequenzen 3 cpd und 12 cpd, dass die Gruppe 1 bessere Messwerte geliefert hatte (Abb. 20).

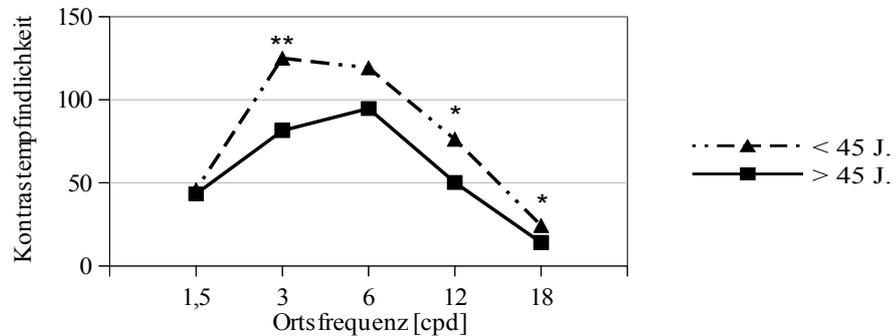


Abbildung 20: Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (monokular links)

Wurden beide Augen der Gruppen 1 und 2 gegenübergestellt, konnte ab der OF = 12 cpd statistisch erwiesen werden, dass die jüngeren Probanden besser die Muster erkannten als die ältere Vergleichsgruppe (Abb. 21). Bei der OF = 12 cpd war dieser Sachverhalt besonders gut zu erkennen.

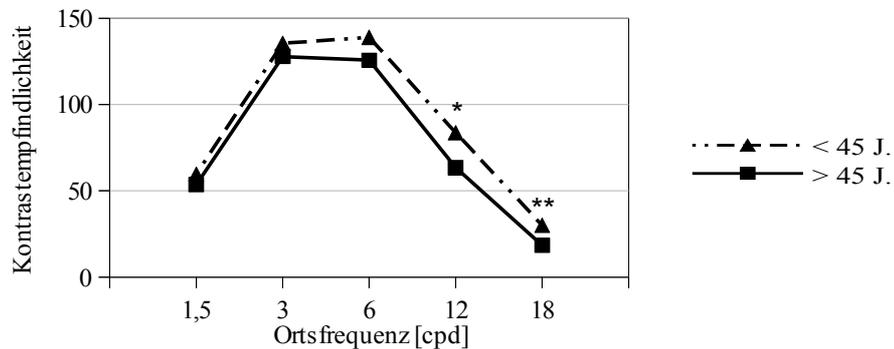


Abbildung 21: Vistech: KE-Kurven Gruppe 1 und 2 (binokular)

Die Abbildung 22 gibt den Sachverhalt des Gesamtscores exemplarisch bei der Messreihe monokular links wieder (weitere im Anhang E: Abb. 11 und 13).

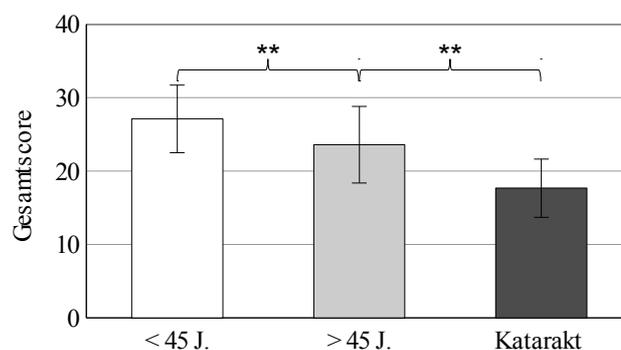


Abbildung 22: Vistech: Gesamtscore (monokular links)

Der Gesamtscore ergab für alle Konstellationen (monokular rechts; monokular links; binokular), dass die jüngeren Probanden höhere Werte für den Score lieferten als die älteren Probanden. Es konnte ein genereller Abwärtstrend von Gruppe 1 zur Gruppe der Katarakte erkannt werden.

3.3.2.2 Diagnose Katarakt

Analog zum vorherigen Kapitel wurden für den anschließenden Abschnitt die Messwerte der Gruppe 2 mit denen der Probanden mit einer Katarakt verglichen (Anhang E: Tab. 9).

Die rechten Augen im Vergleich erbrachten mit Ausnahme der Gegenüberstellung bei einer OF = 6 keine signifikanten Unterschiede im Messwertvergleich zwischen der Gruppe der über 45-Jährigen und der der Katarakte (Abb. 23).

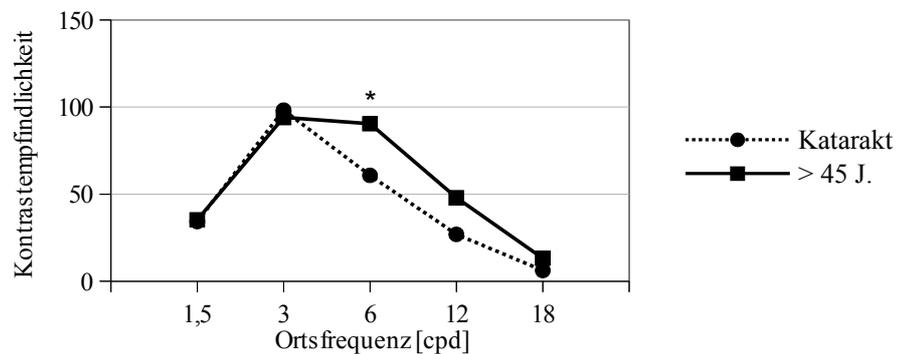


Abbildung 23: Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (monokular rechts)

Die Messreihe monokular links lieferte statistisch signifikant bessere Ergebnisse in der Gruppe 2 für die Ortsfrequenzen 3 cpd, 6 cpd, 12 cpd und 18 cpd und den Gesamtscore (Abb. 22). Besonders deutlich wurde der Unterschied bei den Ortsfrequenzen 6 cpd ($p = 0,001$) und 12 cpd ($p = 0,002$) (Abb. 24).

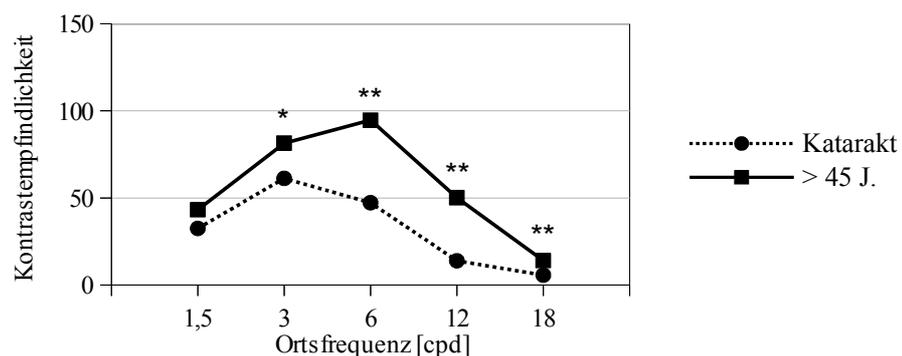


Abbildung 24: Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (monokular links)

Die Betrachtung der binokularen Messreihen erwies sich für alle Ortsfrequenzen und auch für den Gesamtscore als statistisch signifikant – die gesunden Probanden hatten bessere Werte bzw. höhere Scores für die einzelnen Stufen erzielt (Abb. 25). Am besten zeigte sich dieser Unterschied bei den Ortsfrequenzen 3 cpd ($p = 0,006$), 6 cpd ($p = 0,001$), 12 cpd ($p < 0,001$) und dem Gesamtscore ($p < 0,001$).

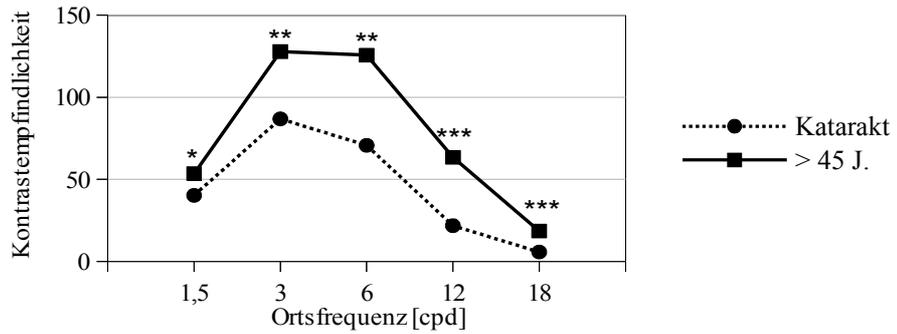


Abbildung 25: Vistech: KE-Kurven Gruppe 2 und Kataraktgruppe (binokular)

Der Gesamtscores für monokular links wurde bereits im vorherigen Kapitel (Kap. 3.3.2.1) dargestellt (Abb. 22, weitere im Anhang E: Abb. 11 und 13).

3.3.3 Vergleich des Testbestehens

3.3.3.1 Häufigkeitstabelle

Tabelle 7 zeigt die Erfolgsquoten bei der Prüfung mit der Vistech-Tafel über die einzelnen Ortsfrequenzen und dem Gesamtscore, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Versuchskonstellationen.

Tabelle 7: Vistech-Tafel: Erfolgsquoten

		unter 45-Jährige		unter 45-Jährige		Gruppe Katarakt	
		bestanden	nicht bestanden	bestanden	nicht bestanden	bestanden	nicht bestanden
monokular rechts	gesamt	23 (74,2 %)	8 (25,8 %)	14 (48,3 %)	15 (51,7 %)	2 (14,3 %)	12 (85,7 %)
	OF = 1,5 cpd	29 (93,6 %)	2 (6,5 %)	26 (89,6 %)	3 (10,3 %)	11 (78,6 %)	3 (21,4 %)
	OF = 3 cpd	31 (100 %)	0 (0 %)	29 (100 %)	0 (0 %)	14 (100 %)	0 (0 %)
	OF = 6 cpd	26 (83,9 %)	5 (16,1 %)	19 (65,5 %)	10 (34,5 %)	3 (21,43 %)	11 (78,6 %)
	OF = 12 cpd	30 (96,8 %)	1 (3,2 %)	25 (86,2 %)	4 (13,8 %)	12 (85,7 %)	2 (14,3 %)
	OF = 18 cpd	29 (93,6 %)	2 (6,5 %)	19 (65,5 %)	10 (34,5 %)	7 (50 %)	7 (50 %)
monokular links	gesamt	23 (79,3 %)	6 (20,7 %)	13 (54,2 %)	11 (45,8 %)	2 (16,7 %)	10 (83,3 %)
	OF = 1,5 cpd	28 (96,6 %)	1 (3,5 %)	21 (87,5 %)	3 (12,5 %)	10 (83,3 %)	2 (16,7 %)
	OF = 3 cpd	29 (100 %)	0 (0 %)	23 (95,8 %)	1 (4,1 %)	11 (91,7 %)	1 (8,3 %)
	OF = 6 cpd	24 (82,8 %)	5 (17,2 %)	18 (75 %)	6 (25 %)	3 (25 %)	9 (75 %)
	OF = 12 cpd	27 (93,1 %)	2 (6,9 %)	21 (87,5 %)	3 (12,5 %)	7 (58,3 %)	5 (41,7 %)
	OF = 18 cpd	25 (86,2 %)	4 (13,8 %)	17 (70,8 %)	7 (29,2 %)	4 (33,3 %)	8 (66,7 %)
binokular	gesamt	32 (97,0 %)	1 (3,0 %)	25 (80,7 %)	6 (19,4 %)	1 (5,6 %)	17 (94,4 %)
	OF = 1,5 cpd	33 (100 %)	0 (0 %)	30 (96,8 %)	1 (3,2 %)	15 (83,3 %)	3 (16,7 %)
	OF = 3 cpd	33 (100 %)	0 (0 %)	31 (100 %)	0 (0 %)	17 (94,4 %)	1 (5,6 %)
	OF = 6 cpd	33 (100 %)	0 (0 %)	27 (87,1 %)	4 (12,9 %)	8 (44,4 %)	10 (55,6 %)
	OF = 12 cpd	33 (100 %)	0 (0 %)	29 (93,6 %)	2 (6,5 %)	14 (77,8 %)	4 (22,2 %)
	OF = 18 cpd	31 (93,9 %)	2 (6,1 %)	25 (80,7 %)	6 (19,4 %)	6 (33,3 %)	12 (66,7 %)

3.3.3.2 Altersgruppen

Die Gegenüberstellung der Häufigkeiten des Bestehens (Anhang E: Tab. 10) zeigte, dass innerhalb der Messreihe monokular rechts ausschließlich bei einer Ortsfrequenz von 18 cpd und für den Gesamtscore nachgewiesen werden konnte, dass die Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2 statistisch häufiger mit positivem Testergebnis abgeschlossen hatte. Exemplarisch dargestellt wurde dies für den Gesamtscore monokular rechts in Abbildung 26 (weitere im Anhang E: Abb. 14).

Für die Ortsfrequenzen von 1,5 cpd bis 12 cpd war kein Unterschied festzustellen.

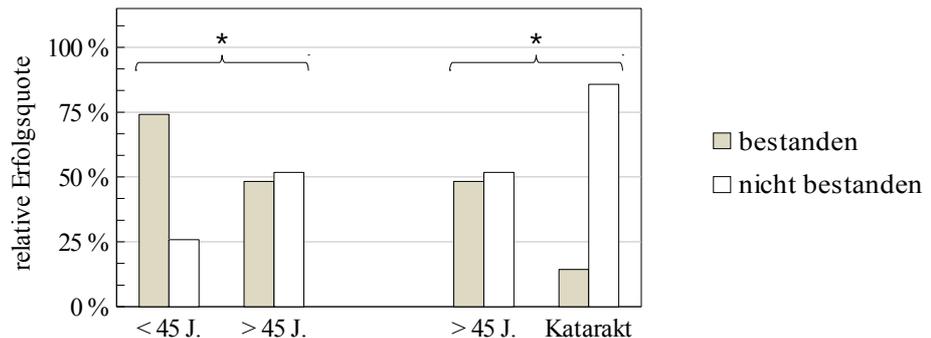


Abbildung 26: Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Gesamtscore)

Der Vergleich der Häufigkeiten des Gesamtscores der linken Augen zeigte, dass es sehr knapp, aber dennoch zu einem nicht signifikanten Unterschied gekommen war ($p = 0,051$) (Abb. 27). Auch erwies sich der Vergleich der Häufigkeiten für monokular links bei den einzelnen Ortsfrequenzen in jedem Falle als nicht signifikant.

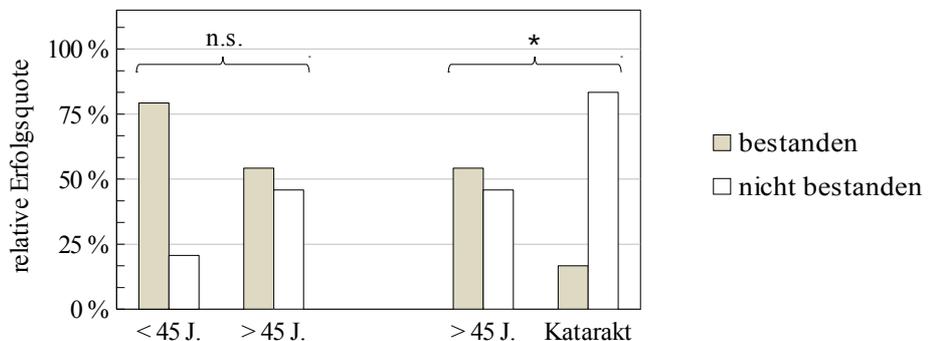


Abbildung 27: Vistech: Erfolgsquote (monokular links; Gesamtscore)

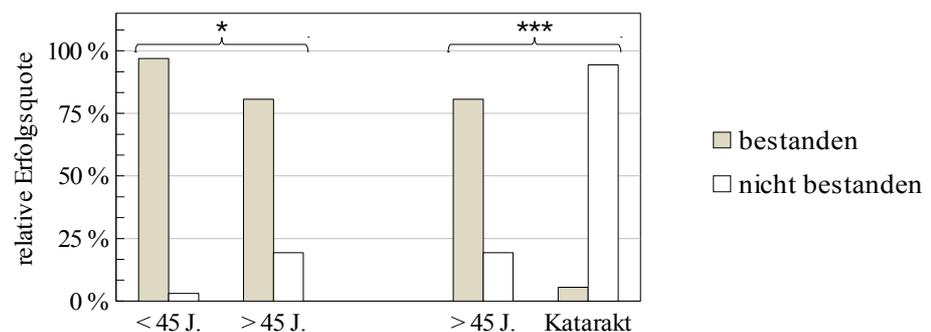


Abbildung 28: Vistech: Erfolgsquote (binokular; Gesamtscore)

Stellte man die Werte, die für beide Augen der Gruppen 1 und 2 ermittelt wurden, gegenüber, konnte für den Gesamtscore festgestellt werden, dass hier die jüngeren Probanden statistisch häufiger mit positivem Testergebnis abgeschlossen hatten (Abb. 28).

Die Betrachtung bei den einzelnen Ortsfrequenzen der binokularen Messreihe ergab bei fast allen Ortsfrequenzen, bis auf die der OF = 6 cpd (Abb. 29), keinen signifikanten Unterschied. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden in einer Tabelle aufgelistet (Anhang E: Tab. 10). Der Chi-Quadrat-Test konnte für OF = 3 cpd teilweise nicht durchgeführt werden, da die Tests in beiden Gruppen zu 100 % bestanden wurden.

3.3.3.3 Diagnose Katarakt

Im Vergleich der Erfolgsquoten der gesunden Probanden mit denen der an einer Katarakt erkrankten, stellte sich heraus, dass für fast alle Ortsfrequenzen der Messreihe monokular rechts keine signifikanten Unterschiede statistisch bewiesen werden konnten. Eine Ausnahme stellte die Gegenüberstellung bei der Ortsfrequenz von 6 cpd dar, wobei auch bei den Messreihen monokular links und binokular genau bei dieser Ortsfrequenz ein Unterschied zu finden war (Abb. 29, weitere im Anhang E: Abb. 15 und 16).

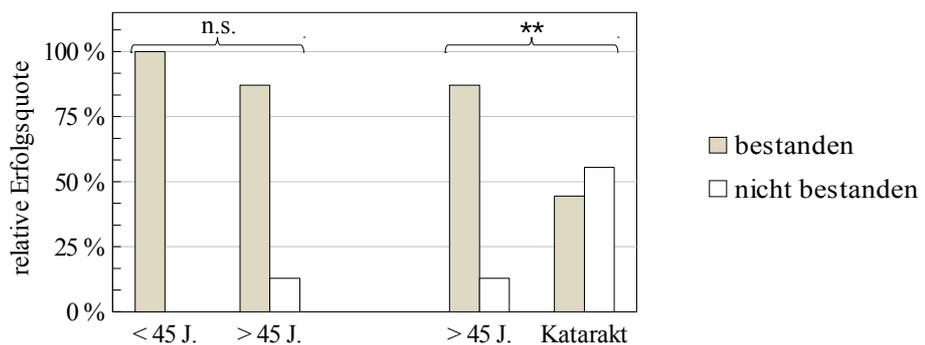


Abbildung 29: Vistech: Erfolgsquote (binokular; Ortsfrequenz 6 cpd)

Die Gruppe 2 schnitt bei der Betrachtung der linken Augen für die folgenden Ortsfrequenzen besser ab: OF = 6 cpd , OF = 12 cpd und OF = 18 cpd. Ausgewählt wurde die Abbildung für die OF = 18 cpd, da hier der Unterschied besonders gut ersichtlich wird (Abb. 30).

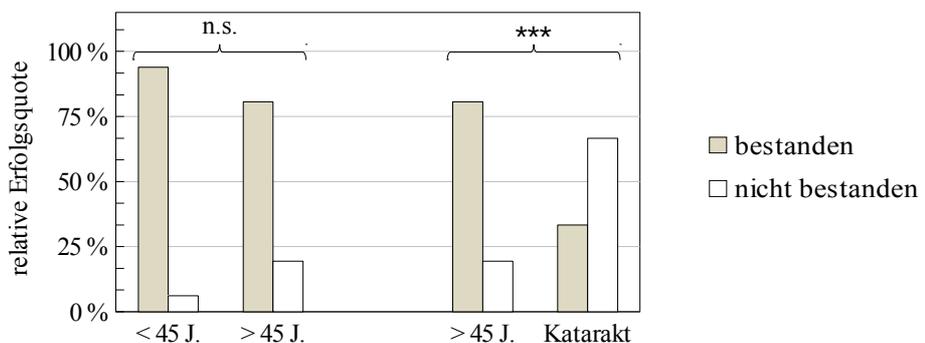


Abbildung 30: Vistech: Erfolgsquote (binokular; Ortsfrequenz 18 cpd)

Wurden beide Augen betrachtet, waren die Ergebnisse der Gruppe 2 mit Ausnahme derer bei den Ortsfrequenzen 6 cpd und 18 cpd, nicht signifikant besser als die der Kataraktprobanden.

Die Betrachtung des Gesamtscores ergab für alle Messbedingungen, dass die gesunden Probanden statistisch häufiger besser abschnitten als die Probanden mit einer Katarakt. Besonders deutlich wurde dies bei der binokularen Messreihe, was durch die Abbildung 28 bereits gezeigt wurde.

Zusammenfassend wurden die p-Werte der Berechnungen mittels Chi-Quadrat-Test tabellarisiert (Anhang E: Tab. 11).

3.3.4 Korrelation zwischen Werten der Vistech-Tafel und denen des Rodatest 302

Wie bereits im Kapitel 2.2.4 besprochen, war es möglich die Werte, die mittels Rodatest 302 bei einem Visus von 0,4 ermittelt wurden, mit denen der Vistech-Tafel bei einer Ortsfrequenz von 12 cpd miteinander zu korrelieren. Bei der Vistech-Tafel wurden die Messungen unter normalen Lichtverhältnissen durchgeführt, weshalb eine Differenzierung nach den Blendzuständen nicht möglich war. Die durch den Rodatest 302 erfassten und für die Korrelationsanalyse verwendeten Werte bezogen sich daher auf die Messungen ohne Blendung.

Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse zwischen Messwerten des Rodatest und der Vistech-Tafel sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tab. 8).

Tabelle 8: Korrelation der Messwerte Vistech-Tafel und Rodatest 302

		Vistech-Werte bei OF = 12 cpd	
		Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz
Rodatest-Werte bei Visus = 0,4	monokular rechts	- 0,376 **	0,003
	monokular links	- 0,563 ***	< 0,001
	binokular	- 0,652 ***	< 0,001

Die Korrelationsanalyse ergab, dass für alle drei Fälle ein Zusammenhang zwischen den Werten bestand. Sehr signifikant waren dabei die Zusammenhänge bei monokular links ($p < 0,001$) und binokular ($p < 0,001$) ausgefallen. Die negativen Korrelationskoeffizienten wiesen dabei darauf hin, dass je größer die KE-Werte der Vistech-Tafel wurden, desto kleiner waren die per Rodatest 302 ermittelten Kontrastwerte.

3.4 Mesotest

3.4.1 Messdaten

Die mittels des Gerätes Mesotest erfassten Daten wurden in Tabelle 9 dokumentiert. Aufgelistet wurden der Mittelwert, die Standardabweichung sowie der Median des Kontrastwertes und deren Range bei der jeweiligen Versuchskonstellation.

Tabelle 9: Kontrastwerte der Messungen mittels Mesotest

		ohne Blendung		mit Blendung	
		MW ± SD	Median (Min – Max)	MW ± SD	Median (Min – Max)
unter 45-Jährige	monokular rechts	0,432 ± 0,1337	0,5 (0,02 – 0,50)	0,375 ± 0,1756	0,5 (0,02 – 0,50)
	monokular links	0,465 ± 0,082	0,5 (0,20 – 0,50)	0,326 ± 0,2026	0,37 (0,02 – 0,50)
	binokular	0,398 ± 0,1514	0,5 (0,02 – 0,50)	0,436 ± 0,1338	0,5 (0,02 – 0,50)
über 45-Jährige	monokular rechts	0,316 ± 0,1938	0,37 (0,02 – 0,50)	0,160 ± 0,1856	0,043 (0,02 – 0,50)
	monokular links	0,436 ± 0,1292	0,5 (0,02 – 0,50)	0,220 ± 0,2035	0,2 (0,02 – 0,50)
	binokular	0,247 ± 0,2012	0,2 (0,02 – 0,50)	0,328 ± 0,1838	0,37 (0,02 – 0,50)
Katarakt	monokular rechts	0,214 ± 0,2217	0,043 (0,02 – 0,50)	0,166 ± 0,1920	0,02 (0,02 – 0,50)
	monokular links	0,243 ± 0,2126	0,285 (0,02 – 0,50)	0,080 ± 0,0886	0,02 (0,02 – 0,20)
	binokular	0,132 ± 0,1799	0,02 (0,02 – 0,50)	0,132 ± 0,1923	0,02 (0,02 – 0,50)

Die Spannweite der Mittelwerte ohne Blendung umfasste Kontrastwerte zwischen 0,131 und 0,465. Bei den Messungen unter Blendung erstreckten sich die Werte von 0,080 bis 0,436. Der kleinste Mittelwert insgesamt wurde dabei für die Kataraktgruppe monokular links bestimmt. Den besten Mittelwert erzielte die Gruppe der jungen Probanden innerhalb der Messreihe für die linken Augen.

3.4.2 Einfluss der Blendung

Um schlussfolgern zu können, wie die Probanden einer Gruppe auf die zusätzliche Blendung reagierten, wurden für den folgenden Abschnitt die Kontrastwerte ohne und mit Blendung in einer verbundenen Stichprobe untersucht (Anhang E: Tab. 12).

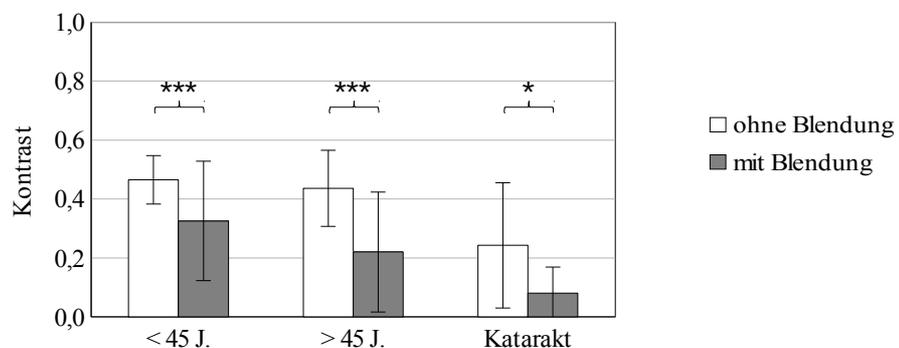


Abbildung 31: Mesotest: gruppeninterne Vergleiche (MW ohne/mit Blendung; monokular links)

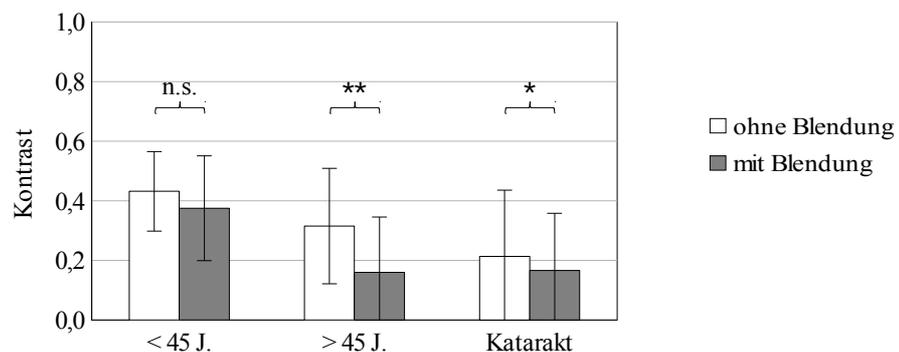


Abbildung 32: Mesotest: gruppeninterne Vergleiche (MW ohne/mit Blendung; monokular rechts)

Die statistische Betrachtung der Gruppe 1 ergab, dass zwar monokular links mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ ein signifikanter Unterschied unter Verwendung der Kontrastwerte bestand, nicht jedoch bei der Untersuchung der rechten Augen ($p = 0,125$) (Abb. 31 und 32).

Betrachtete man die entsprechenden Mittelwerte, ließ sich ableiten, dass durch die Einschaltung der Lichtquelle während der Untersuchung nur bei den linken Augen ein relevanter Einfluss der Blendung zu finden war und sich die Messwerte der Probanden verschlechterten. Die rechten Augen der jungen Probanden waren statistisch gesehen nicht blendempfindlicher. Diese Aussage ließ sich auch für binokular in der Gruppe 1 treffen, deren Vergleich ebenfalls kein signifikantes Ergebnis lieferte ($p = 0,246$).

Bei der Untersuchung der Messwerte der Gruppe 2 zeigten sich folgende Ergebnisse: Der Unterschied für monokular rechts war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,001$ sehr signifikant (Abb. 32). Unter Blendung verschlechterten sich die Kontrastwerte. Die gleiche Tendenz zeigten die Ergebnisse für die Messwerte monokular links ($p < 0,001$), deren Auswertung eine höchst signifikante Verschlechterung der Werte unter Verwendung des zusätzlichen Blendlichtes verzeichnete (Abb. 31). Die Messwerte unter binokularen Bedingungen waren einfach signifikant ($p = 0,034$), wobei hier die Berechnungen ergaben, dass die Verwendung der Lichtquelle zu einer Verbesserung des Kontrastsehvermögens führte.

Einfach signifikant war der Vergleich der Werte für monokular rechts ($p = 0,027$) und für monokular links ($p = 0,017$) innerhalb der Gruppe der Katarakte sowohl ohne als auch mit Blendung. In beiden Fällen kam es zu einer Verschlechterung der Kontrastwerte unter Blendung im Vergleich zu denen ohne Blendung. Der Unterschied lässt sich mittels der obigen Abbildung 31 nachvollziehen. Betrachtete man beide Augen der Kataraktprobanden, konnte statistisch kein signifikanter Unterschied ermittelt werden ($p = 0,893$).

3.4.3 Vergleich Messwerte und Bestehen des Teiltests

3.4.3.1 Häufigkeitstabelle

Die Tabelle 10 schlüsselt die prozentuale Verteilung für das Bestehen des Testes mittels des Gerätes Mesotest ohne und mit Blendung auf.

Die Durchfallquote lag überwiegend mit Blendung höher als ohne Blendung. Ausnahmen stellten die Messbedingungen binokular in Gruppe 1 und 2 sowie monokular rechts für die Augen mit einer Katarakt dar, bei denen unter Blendung häufiger oder zumindest gleich oft bestanden wurde.

Tabelle 10: Mesotest: Erfolgsquoten des Teiltests ohne/mit Blendung

		ohne Blendung		mit Blendung	
		bestanden	nicht bestanden	bestanden	nicht bestanden
unter 45-Jährige	monokular rechts	28 (87,5 %)	4 (12,5 %)	24 (75 %)	8 (25 %)
	monokular links	30 (93,8 %)	2 (6,3 %)	21 (65,6 %)	11 (34,4 %)
	binokular	29 (87,9 %)	4 (12,1 %)	29 (87,9 %)	4 (12,1 %)
über 45-Jährige	monokular rechts	13 (56,5 %)	10 (43,5 %)	5 (21,7 %)	18 (78,3 %)
	monokular links	20 (87,0 %)	3 (13,0 %)	10 (43,5 %)	13 (56,5 %)
	binokular	18 (66,7 %)	9 (33,3 %)	21 (77,8 %)	6 (22,2 %)
Katarakt	monokular rechts	5 (38,5 %)	8 (61,5 %)	5 (38,5 %)	8 (61,5 %)
	monokular links	6 (50 %)	6 (50 %)	0 (0 %)	12 (100 %)
	binokular	11 (73,3 %)	4 (26,3 %)	14 (93,3 %)	1 (6,7 %)

3.4.3.2 Alterseinfluss

Im Folgenden wurden als erstes die konkreten Kontrastwerte, deren Auswertung Rückschluss auf das Testbestehen gaben, als Berechnungsgrundlage genutzt. Im Vergleich dazu wurde anschließend getestet, in wie weit diese Messergebnisse mit dem Kriterium „bestanden“ oder „nicht bestanden“ für den Zustand „ohne Blendung“ bzw. „mit Blendung“ übereinstimmten. Sie wurden hier zusätzlich untersucht um nachzuweisen, ob oder ob nicht die gleiche Tendenz wie bei der Betrachtung der ermittelten Messwerte nachgewiesen werden konnte. Durch diese Vorgehensweise wurde es möglich, besser zwischen den Zuständen mit beziehungsweise ohne Blendung zu differenzieren (Kap. 2.2.5).

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests und des Chi-Quadrat-Tests (Bestehen des Teiltest) wurden tabellarisch gegenübergestellt (Anhang E: Tab. 13).

Die anschließenden Berechnungen bezogen sich auf den Vergleich der Messwerte der Gruppe 1 und 2, die ohne Blendung erhoben wurden. Monokular rechts ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und 2 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,016$ (Abb. 33). Es ließ sich ableiten, dass die jüngeren Probanden mit dem rechten Auge unter nicht blendenden Verhältnissen bessere Ergebnisse erzielten als die ältere Kohorte.

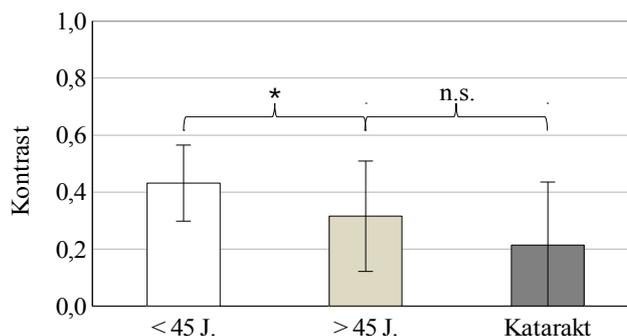


Abbildung 33: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular rechts; ohne Blendung)

Die monokularen Ergebnisse des linken Auges ließen keine signifikanten Rückschlüsse erkennen. Für den Gruppenvergleich unter binokularen Messbedingungen zeigten sich sehr signifikante Ergebnisse ($p = 0,003$) im Vergleich der Gruppen 1 und 2. Die älteren Probanden hatten, wie auch bei den Messergebnissen für das rechte Auge, deutlich schlechtere Ergebnisse erzielt (Abb. 34).

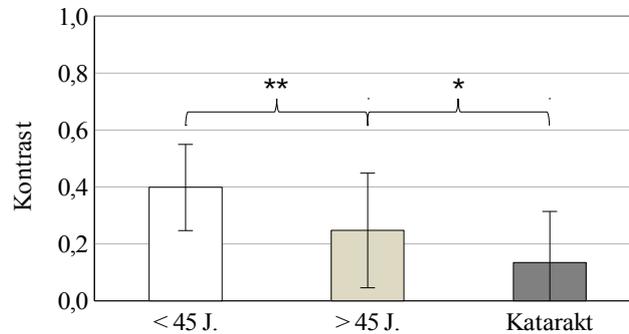


Abbildung 34: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (binokular; ohne Blendung)

Anschließend wurden die Messwerte, die unter Blendung erhoben wurden, untersucht. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,001$ war das Ergebnis für die Messungen monokular rechts höchst signifikant (Abb. 35). Die Jüngeren erbrachten dementsprechend bessere Ergebnisse bei der Testung mittels Mesotest als die ältere Vergleichsgruppe. Monokular links ließen sich ähnliche Tendenzen nachweisen, allerdings lag die Irrtumswahrscheinlichkeit mit $p = 0,041$ höher (Abb. 36). Unter binokularen Messbedingungen konnten die bereits zuvor beschriebenen Tendenzen mit einem sehr signifikanten Testergebnis bestätigt werden ($p = 0,007$) (Abb. 37).

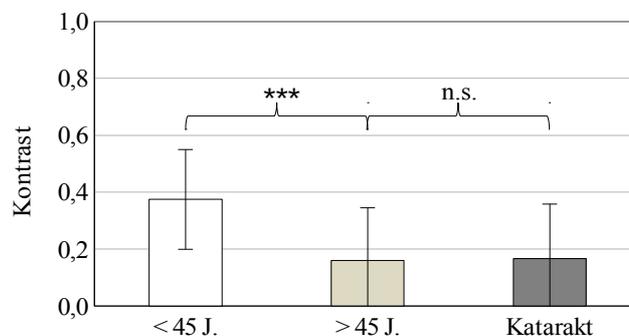


Abbildung 35: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular rechts; mit Blendung)

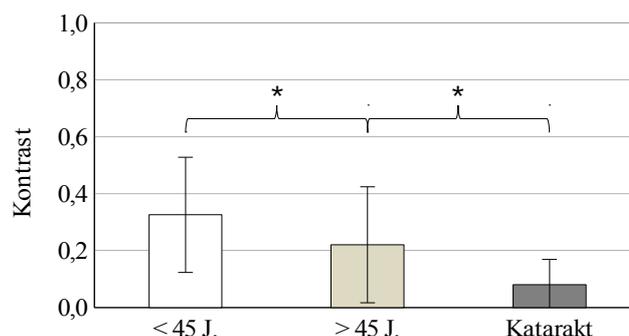


Abbildung 36: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular links; mit Blendung)

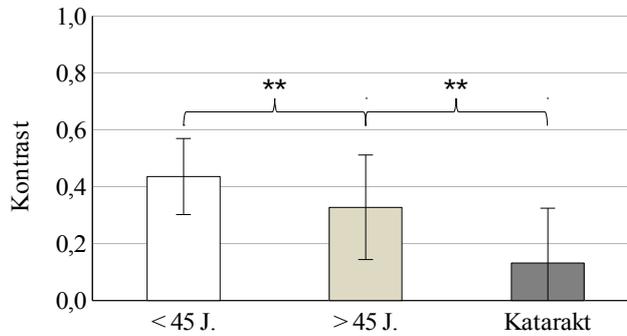


Abbildung 37: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (binokular; mit Blendung)

Betrachtete man nun das Teilkriterium des Testbestehens für die Zustände ohne bzw. mit Blendung, konnten fast überall die Ergebnisse verifiziert werden. Die Ergebnisse wurden exemplarisch in der folgenden Abbildung verdeutlicht (Abb. 38, weitere im Anhang E: Abb. 17 und 18).

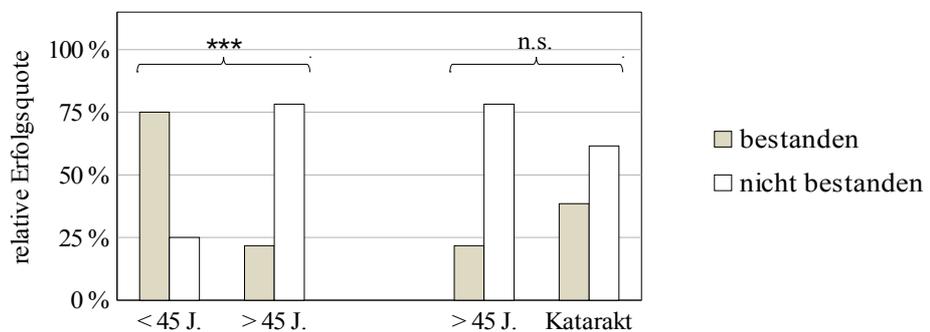


Abbildung 38: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular rechts; mit Blendung)

Lediglich bei den Ergebnissen der Messung monokular links mit Blendung ($p = 0,102$) und unter binokularen Bedingungen mit Blendung ($p = 0,296$) ergab der Chi-Quadrat-Test ein nicht signifikantes Ergebnis, obwohl die Betrachtung der Messwerte signifikante Unterschiede zwischen den jüngeren und den älteren Probanden ergab (Tab. 10). Es konnte in einigen Fällen nachgewiesen werden, dass die älteren Probanden unter Blendung schlechter als ihre jüngere Bezugsgruppe abschnitten, dies aber keinen Einfluss auf das Bestehen des Teiltestes hatte.

3.4.3.3 Diagnose Katarakt

Analog zum vorherigen Kapitel wurde im Folgenden der Vergleich der Gruppe 2 mit der jeweiligen Vergleichsgruppe der Probanden mit einer Katarakt herausgearbeitet (Anhang E: Tab. 14).

Betrachtete man ausschließlich die absoluten Messwerte unter den Versuchsbedingungen der monokularen Messung des rechten Auges, ließ sich weder ohne ($p = 0,166$) noch mit Blendung ($p = 0,887$) ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen belegen. Dies bestätigte auch der Chi-Quadrat-Test. Der Anteil der Probanden mit positiv zu wertendem Testergebnis, war in der Gruppe der jungen Probanden nur unwesentlich höher (Tab. 10). Der Unterschied bei der Betrachtung der Messwerte unter den Bedingungen monokular links ohne Blendung, war sehr signifikant ($p = 0,003$) (Abb. 39).

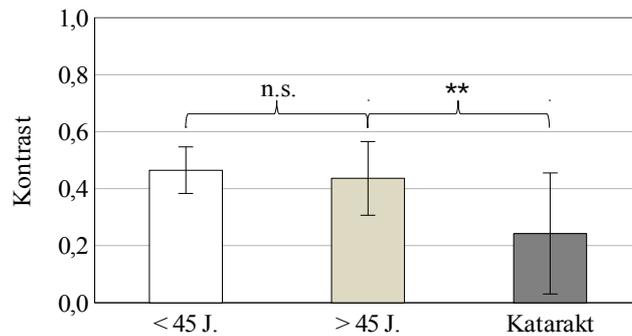


Abbildung 39: Mesotest: Mittelwertvergleich der Gruppen (monokular links; ohne Blendung)

Auch mit Blendung war der Unterschied einfach signifikant ($p = 0,024$), so dass in beiden Fällen nachweisbar war, dass die Gruppe 2 bessere Ergebnisse bei der Betrachtung der Messwerte erzielte (Abb. 36). Auch bei der Berücksichtigung des Kriteriums „nicht bestanden“ bzw. „bestanden“ konnten diese Ergebnisse bestätigt werden ($p = 0,018$ bzw. $p = 0,007$) (Abb. 40 und 41).

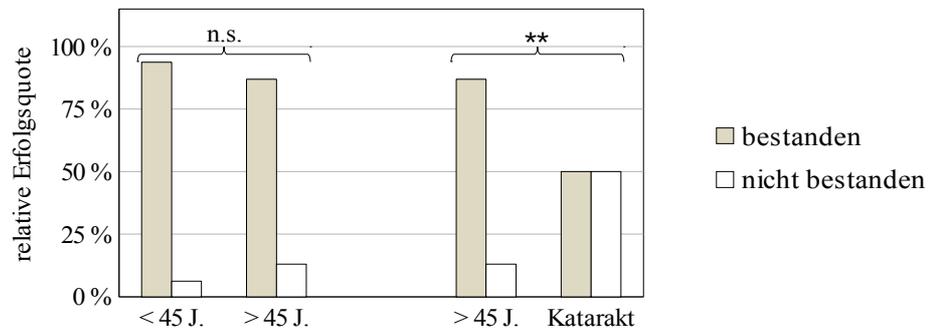


Abbildung 40: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest; (monokular links; ohne Blendung)

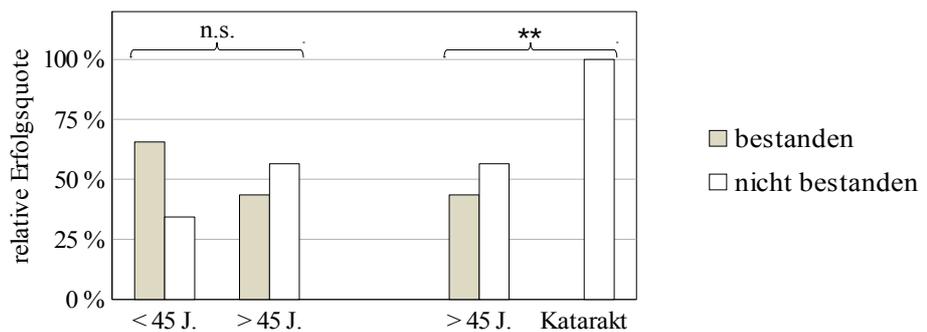


Abbildung 41: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular links mit Blendung)

Signifikante Ergebnisse erbrachten die Messwerte sowohl für binokular ohne ($p = 0,018$) als auch mit Blendung ($p = 0,001$) (Abb. 34 und 37). Gruppe 2 konnte in beiden Fällen nachweislich bessere Ergebnisse erzielen. Jedoch wichen die Ergebnisse bei der statistischen Auswertung unter Verwendung des Testkriteriums davon ab. Hier konnten keine Unterschiede zwischen den gesunden Älteren und den an einer Katarakt erkrankten Personen gefunden werden.

3.4.4 Vergleich des Gesamttestbestehens

3.4.4.1 Häufigkeitstabelle

In den nachstehenden Kapiteln wurde überprüft, ob sich die einzelnen Gruppen bezüglich des Bestehens des Gesamttestergebnis („bestanden“ oder „nicht bestanden“) mittels des Messverfahrens mit dem Mesotest voneinander unterschieden.

Tabelle 11: Mesotest: Erfolgsquote des Gesamttests

		bestanden	nicht bestanden
unter 45-Jährige	monokular rechts	23 (71,9 %)	9 (28,2 %)
	monokular links	20 (62,5 %)	12 (37,5 %)
	binokular	28 (84,9 %)	5 (15,2 %)
über 45-Jährige	monokular rechts	5 (21,74 %)	18 (78,3 %)
	monokular links	9 (39,1 %)	14 (60,9 %)
	binokular	15 (55,6 %)	12 (44,4 %)
Katarakt	monokular rechts	5 (38,5 %)	8 (61,5 %)
	monokular links	0 (0 %)	12 (100 %)
	binokular	4 (26,7 %)	11 (73,3 %)

Diese Beurteilung berücksichtigte sowohl das Testergebnis ohne als auch mit Blendung (Kap. 2.2.5). Die Tabelle 11 zeigt die Häufigkeiten für den Erfolg des Gesamttests.

3.4.4.2 Altersgruppen

Der Einfluss des Alters auf das Endergebnis der Testung mittels des Gerätes Mesotest wurde im nachstehenden Abschnitt näher beleuchtet (Anhang E: Tab. 15).

Der Vergleich der Gruppen 1 und 2 erwies, dass sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,001 ein signifikanter Unterschied für monokular rechts ergab (Abb. 42).

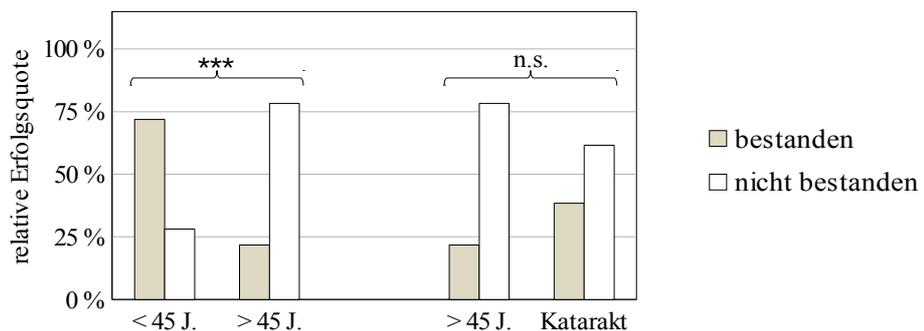


Abbildung 42: Mesotest: Erfolgsquote beim Gesamttest (monokular rechts)

Tendenziell haben demnach die Probanden in der Altersgruppe unter 45 Jahren ein besseres Ergebnis bezüglich der Testung des rechten Auges erzielt. Für das linke Auge zeigten sich hingegen keine signifikanten Unterschiede bei der Unterscheidung „bestanden“ oder „nicht bestanden“ ($p = 0,087$). Dementsprechend konnte für die Messung monokular links kein Alterseinfluss

festgestellt werden. Die Betrachtung der binokularen Gesamtergebnisse der Gruppe 1 und 2 zeigten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,012$, dass die Probanden der Gruppe der unter 45-Jährigen bei der Bestimmung des Kontrastes mittels Mesotest unter binokularer Testung tendenziell besser abschnitten als die ältere Vergleichsgruppe.

3.4.4.3 Diagnose Katarakt

Es wurde zuvor bereits auf einen möglichen Alterseinfluss auf das Gesamtergebnis bei der Verwendung des Gerätes Mesotest eingegangen. Im Folgenden wurde nun in gleicher Weise der Einfluss der Diagnose „Katarakt“ geprüft (Anhang E: Tab. 16).

Bei der Auswertung für die Ergebnisse monokular rechts zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe 2 und der Vergleichsgruppe der Katarakte ($p = 0,282$). Monokular links wurde jedoch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,012$ ein signifikanter Unterschied im Endergebnis des Testes gefunden. Die an der Katarakt erkrankten Probanden hatten mit dem linken Auge in keinem Fall das Testkriterium erfüllt. Dadurch haben im direkten Vergleich die gesunden älteren Probanden wesentlich besser abgeschnitten (Abb. 43).

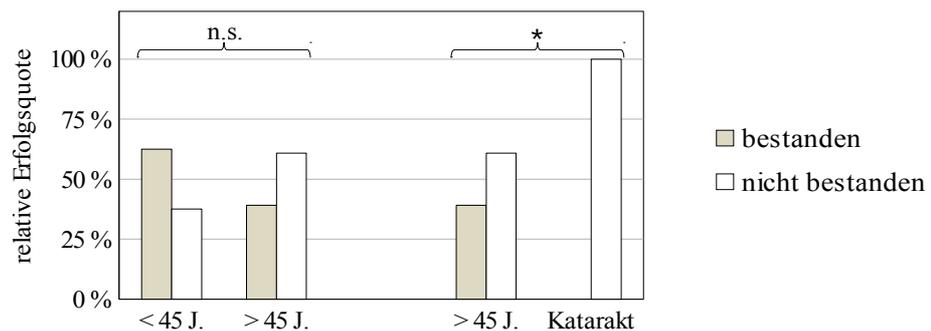


Abbildung 43: Mesotest: Erfolgsquote beim Gesamtest (monokular links)

Betrachtete man die Ergebnisse unter binokularen Testbedingungen, konnte festgestellt werden, dass mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,071$ keine wesentlichen Unterschiede im Ausgang des Testverfahrens gefunden werden konnten. Bei der Gegenüberstellung der Häufigkeiten zeigte sich, dass sowohl bei den über 45-Jährigen als auch bei den Probanden mit einer Katarakt ein etwa gleich hoher Anteil derjenigen zu finden war, deren Testergebnis negativ zu bewerten war.

3.5 Multivariate Statistik

Im Mittelpunkt der multivariaten Statistik standen die Testendergebnisse aller drei Tests („bestanden“ und „nicht bestanden“), die im direkten Vergleich für einen Probanden gegenübergestellt wurden. Dabei wurden die folgenden Tests auf Übereinstimmungen jeweils monokular und binokular geprüft:

- Rodatest K1 bzw. K2 ohne Blendung und Mesotest ohne Blendung
- Rodatest K1 bzw. K2 mit Blendung und Mesotest mit Blendung

- Rodatest K1 bzw. K2 ohne Blendung mit Vistech
- Mesotest ohne Blendung mit Vistech

Eine positive Übereinstimmung lässt keine Rückschlüsse auf den Sachverhalt, ob es sich um ein bestandenes oder nicht bestandenes Testergebnis handelt.

Tabelle 12: Übereinstimmung der Testergebnisse; K1 (Rodatest) und Mesotest

K1 und Mesotest						
	ohne Blendung			mit Blendung		
monokular rechts						
	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt
Übereinstimmung	22 (69 %)	14 (61%)	9 (69 %)	20 (62,5 %)	17 (74 %)	10 (77 %)
keine Übereinstimmung	10 (31 %)	9 (39 %)	4 (31 %)	12 (37,5 %)	6 (26 %)	3 (23 %)
monokular links						
Übereinstimmung	18 (56 %)	6 (26 %)	7 (58 %)	20 (62,5 %)	17 (74 %)	10 (83 %)
keine Übereinstimmung	14 (44 %)	17 (74 %)	5 (42 %)	12 (37,5 %)	6 (26 %)	2 (17 %)
binokular						
Übereinstimmung	26 (79 %)	14 (52 %)	6 (40 %)	26 (79 %)	17 (63 %)	2 (13 %)
keine Übereinstimmung	7 (21 %)	13 (48 %)	9 (60 %)	7 (21 %)	10 (37 %)	13 (87 %)

Tabelle 13: Übereinstimmung der Testergebnisse; K2 (Rodatest) und Mesotest

K2 und Mesotest						
	ohne Blendung			mit Blendung		
monokular rechts						
	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt
Übereinstimmung	29 (91 %)	16 (70 %)	9 (69 %)	26 (81 %)	8 (35 %)	10 (77 %)
keine Übereinstimmung	3 (9 %)	7 (30 %)	4 (31 %)	6 (19%)	15 (65 %)	3 (23 %)
monokular links						
Übereinstimmung	28 (88 %)	18 (78 %)	9 (75 %)	22 (69 %)	10 (43 %)	7 (58 %)
keine Übereinstimmung	4 (13 %)	5 (22 %)	3 (25 %)	10 (31 %)	13 (57 %)	5 (42 %)
binokular						
Übereinstimmung	29 (88 %)	16 (59 %)	6 (40 %)	28 (85 %)	22 (81 %)	8 (53 %)
keine Übereinstimmung	4 (12 %)	11 (41 %)	9 (60 %)	5 (15 %)	5 (19 %)	7 (47 %)

Für die Prüfung der Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen Rodatest und Mesotest konnten die Werte in den Tabellen 12 und 13 festgehalten werden. Wie die Zahlen zeigen, kam es in der Gruppe der unter 45-Jährigen zu hohen Übereinstimmungsraten zwischen den mittels Rodatest und Mesotest ermittelten Ergebnissen. Zwischen 56 bis 79 % der Jüngeren lieferten einheitliche Ergebnisse, wenn mit dem K1 ohne Blendung verglichen wurde (Tab. 12). Besonders deutlich wurde dies für den Vergleich zwischen dem K2 und den Mesotest-Ergebnissen ohne Blendung (Tab. 13). Hier zeigten sich Raten von bis zu 91 %. Auch mit Blendung waren diese Tendenzen

ersichtlich, jedoch für den Vergleich mit dem K2 mit Werten zwischen 69 und 85 % etwas weniger deutlich als für die Messreihen mit Blendung. Gleiche Ergebnisse, wenn auch insgesamt weniger prägnant, konnten für die Gruppe der über 45-Jährigen ermittelt werden. Abweichungen wurden bei den Vergleichen des Mesotests mit dem Test K1 für monokular links ohne Blendung (Übereinstimmung bei 25 %) und mit dem K2 für monokulare Messungen mit Blendung (knapp ein Drittel) festgestellt. Es war auffällig, dass der Vergleich der Mesotest-Ergebnisse mit denen des Rodatests im Falle der binokularen Messreihen, unabhängig von der Blendung, für die Kataraktgruppe in über der Hälfte der Fälle keine Übereinstimmung zeigte. Lediglich mit Blendung konnte für beide Augen im K2 eine Kongruenz von 53 % nachgewiesen werden. Besonders hoch lag die Rate des Nichtübereinstimmens für die Messreihe binokular mit Blendung im K1 (87 %). Hingegen ergab sich monokular größtenteils eine Übereinstimmung mit Werten zwischen 58 und 77 %.

Die nachstehende Tabelle zeigt die prozentuale und absolute Verteilung nach der Gegenüberstellung der Testergebnisse des Rodatest (K1 und K2) mit den Ergebnissen der Vistech-Tafel (Tab. 14).

Tabelle 14: Übereinstimmung der Testergebnisse; Rodatest und Vistech

	K1 und Vistech			K2 und Vistech		
	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt
monokular rechts						
Übereinstimmung	17 (57 %)	11 (55 %)	8 (100 %)	21 (70 %)	11 (55 %)	2 (22 %)
keine Übereinstimmung	13 (43 %)	9 (45 %)	0 (0 %)	9 (30 %)	9 (45 %)	7 (78 %)
monokular links						
Übereinstimmung	22 (76 %)	10 (55,5 %)	7 (87,5 %)	25 (86 %)	9 (50 %)	3 (37,5 %)
keine Übereinstimmung	7 (24 %)	8 (44,5 %)	1 (12,5 %)	4 (14 %)	9 (50 %)	5 (62,5 %)
binokular						
Übereinstimmung	30 (91 %)	19 (73 %)	10 (77 %)	32 (97 %)	17 (71 %)	10 (83 %)
keine Übereinstimmung	3 (9 %)	7 (27 %)	3 (23 %)	1 (3 %)	7 (29 %)	2 (17 %)

Die Übereinstimmung der Testergebnisse der unter 45-Jährigen fiel bei dem Vergleich zwischen K1 bzw. K2 und den Vistech-Ergebnissen sehr deutlich aus. Für die binokularen Messungen (K1 und Vistech-Tafel) lag die Rate der Übereinstimmung bei 91 %, bzw. bei 97 % (K2 und Vistech-Tafel).

Die prozentuale Verteilung der Übereinstimmungsraten für die über 45-Jährigen, war für den Vergleich der Vistech-Tafel mit denen des K1 ähnlich denen des K2. Alle Werte lagen über 50 % und erreichten maximal eine Rate von 73 %. Die Vistech-Ergebnisse der Kataraktgruppe zeigten im Vergleich mit dem K1 für alle Messreihen, als auch mit dem K2 für die binokulare Messreihe, eine sehr hohe Deckungsgleichheit. Hingegen wies der Vergleich zwischen K2 und den Vistech-Ergebnissen für die monokularen Messreihen eher keine Übereinstimmung auf.

Die Gleichheit zwischen den Ergebnissen des Mesotests und denen der Vistech-Tafel wird in der nachstehenden Tabelle mit Zahlen belegt (Tab. 15).

Tabelle 15: Übereinstimmung der Testergebnisse; Mesotest und Vistech

	unter 45-Jährige	über 45-Jährige	Katarakt
monokular rechts			
Übereinstimmung	22 (73%)	17 (85%)	6 (67%)
keine Übereinstimmung	8 (27%)	3 (15%)	3 (33%)
monokular links			
Übereinstimmung	25 (86%)	10 (56%)	4 (50%)
keine Übereinstimmung	4 (14%)	8 (44%)	4 (50%)
binokular			
Übereinstimmung	28 (88%)	12 (48%)	10 (77%)
keine Übereinstimmung	4 (12%)	13 (52%)	3 (23%)

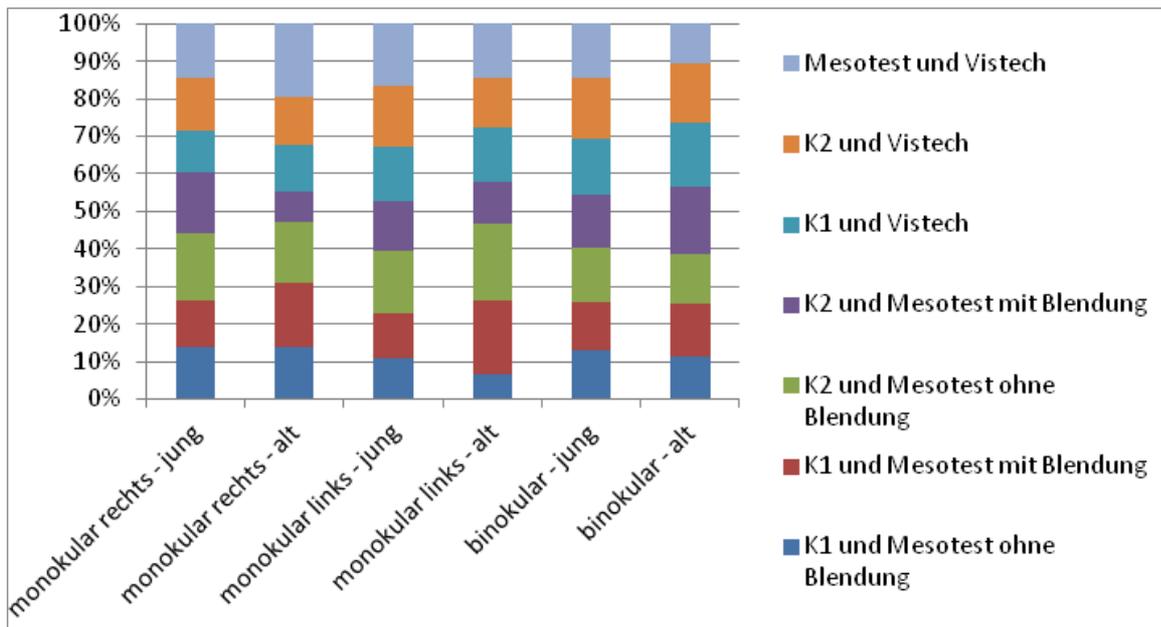


Abbildung 44: Intraindividuelle Vergleich

Dabei lag die Übereinstimmung für die Probanden unter 45 Jahren bei etwa drei Viertel. Bei den über 45-Jährigen waren die Ergebnisse für den Vergleich monokular links und binokular zu etwa der Hälfte kongruent, monokular rechts wurden in 85 % der Fälle gleiche Ergebnisse mit dem Mesotest und der Vistech-Tafel erzielt. Die Probanden, die an einer Katarakt erkrankt waren, hatten monokular rechts und binokular Übereinstimmungsraten in über zwei Drittel der betrachteten Fälle. Jedoch stimmten die Testkriterien der Kataraktgruppe für die Messreihen, die monokular links erhoben wurden, nur zu 50 % überein.

Die Abbildung 44 verdeutlicht den Sachverhalt zum Thema des intraindividuellen Vergleichs des Bestehensverhaltens bei den jeweiligen Tests noch einmal im Überblick.

3.6 Auswertung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit

Die Scores (Kap. 2.2.6), die sich aus den Antworten des Fragebogens ergaben, wurden tabellarisiert (Tab. 16). Überprüft wurde die Korrelation zwischen dem relativen Score und dem Visus (Anhang E: Tab. 17).

Tabelle 16: Statistische Größen für die Auswertung des Fragebogens

	erreichter Score	maximaler Score	relativer Score
Mittelwert	37,59	45,35	0,83
Standardabweichung	8,37	8,152	0,10
Stichprobenumfang	99	99	99
Median	39	50	0,84
Min - Max	19 – 50	25 – 50	0,46 – 1

Den Berechnungen nach zu urteilen, ließ sich kein Zusammenhang zwischen dem Visus und der subjektiven Einschätzung des Sehens ermitteln. Eine Ausnahme bestand beim Nahvisus des linken Auges, wobei hier eine positive Korrelation berechnet wurde. Je höher der Score, desto besser war in diesem Fall der Nahvisus.

Bei der Korrelation der relativen Scores und den jeweiligen Kontrastwerten, zeigte sich, dass für alle Konstellationen bei Mesotest und für die meisten bei den beiden anderen Testverfahren, kein Zusammenhang mit dem relativen Score des Fragebogens bestand (Anhang E: Tab. 18, 19 und 20). Vereinzelt wurden positive Korrelationen bei den Ergebnissen der Vistech-Tafel (monokular rechts OF = 6, monokular links OF = 3 und OF = 18) sowie für die Kontrasttests mittels Rodatest (monokular rechts mit Blendung Visus = 0,16) gefunden.

4 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Auswertungen der vergangenen Kapitel aufgearbeitet und mit Bezug zum Standard der aktuellen Literatur diskutiert. Als Orientierung dienen die im Kapitel 1.3 aufgeführten Arbeitshypothesen.

1. *Das Kontrastsehen nimmt mit dem Alter signifikant nachweisbar ab.*

An verschiedenen Stellen der hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse kann der Einfluss des Alters belegt werden. So liefert die Gruppe der über 45-Jährigen fast ausschließlich signifikant schlechtere Messergebnisse bei der Überprüfung des Kontrastsehens mittels Rodatest. Ausnahmen sind die Messungen monokular links bei einem Visus von 0,4 ohne Blendung sowie binokular mit Blendung bei einem Visus von 0,25 (zur Blendung siehe Arbeitshypothesen 3 und 4). Aufgrund der schlechteren Messwerte der älteren Probanden stellt sich für den Test mit den Anforderungen des K1 ein signifikanter Zusammenhang für die schlechtere Durchfallquote im Verhältnis zu den Jüngeren dar. Dieser belegt, dass ältere Probanden bei höheren Anforderungen an das Kontrastsehen durch diesen Test besser herausgefiltert werden können, wodurch die Arbeitshypothese demnach gestützt werden kann. Wählt man hingegen den Testteil mit niedrigeren Anforderungen (K2), gelingt dies nicht mehr. So können beim K2 im Vergleich zwischen alt und jung keine signifikanten Unterschiede für das Testbestehen ermittelt werden.

Fraglich ist, ob das Ansetzen unterschiedlicher Bedingungen für die Altersklassen Sinn macht, denn ist es nicht Zweck des Verfahrens, diejenigen zu identifizieren, die schlechter sehen? Bei eingeschränktem Sehvermögen in jungen Jahren ist mit einer Verschlechterung durch den Alterungsprozess zu rechnen. Durch die schärferen Bedingungen, die bei dem K1 Anwendung finden, lassen sich jedoch diejenigen bereits in jungen Jahren filtern, die hinweisgebend ein schlechtes Kontrastsehen besitzen, beziehungsweise eine Abnahme im Laufe des Lebens erwarten müssen. Durch das Gleichsetzen der Anforderungsstufen hätte ein Teil der Älteren dementsprechend schon von vornherein keine Chance, wären sie nach den härteren Anforderungsstufen beurteilt worden. Arbeitsmedizinisch ist dies ein schwierig zu beantwortender Sachverhalt, denn einerseits möchte man ein hohes Maß an Sicherheit, ohne andererseits aufgrund des Alters Mitarbeiter zu diskriminieren.

Die Vistech-Tafel liefert differenzierte Ergebnisse. Während für das rechte Auge im Bereich aller Ortsfrequenzen ein Unterschied zwischen jung und alt zu verzeichnen ist, kann dieser für das linke Auge nur bei einigen Ortsfrequenzen beschrieben werden. Es liegt demnach der Verdacht nahe, dass beide Augen nicht zwangsläufig miteinander korrelieren müssen. Binokular ist der Unterschied signifikant im Bereich höherer Ortsfrequenzen, sprich ab einer Ortsfrequenz von 12 cpd. Wichtig

scheint letztendlich die Beurteilung des Gesamtergebnisses zu sein, da hier für den Gesamtscore sowohl für monokular als auch für binokular gut zwischen den jungen und den älteren Probanden differenziert werden kann. Dies bestätigt sich in der Häufigkeitsanalyse, die größtenteils für die einzelnen Ortsfrequenzen keine signifikanten Ergebnisse liefern kann. Hingegen kann bei der binokularen Prüfung und bei der Überprüfung monokular rechts nachweisbar festgestellt werden, dass jüngere Probanden häufiger den Test bestehen als ihre ältere Vergleichsgruppe. Schlussfolgernd lässt sich die Arbeitshypothese für die binokularen Kontrollen verifizieren, jedoch nur eingeschränkt im Bereich der monokularen Messungen.

Für die Vistech-Tafel erbringt die Literaturrecherche einige interessante Aspekte. Einige Arbeiten lieferten nur teilweise übereinstimmende Fakten mit der postulierten These [2, 7]. So auch die arbeitsmedizinische Studie von Lühke, bei der anhand von 111 gesunden Probanden unterschiedliche Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit mittels Vistech-Tafel geprüft wurden [2]. Zwar wurden für alle Ortsfrequenzen mit Ausnahme der $OF = 12$ cpd eine Verschlechterung im Alter nachgewiesen, aber signifikant waren die Ergebnisse nur bei der niedrigsten Ortsfrequenz von $OF = 1,5$ cpd. Auch eine ähnliche Studie von Oen et al. hatte zuvor dies für niedrige Ortsfrequenzen ($OF = 1,5$ und 3 cpd) belegt [7].

Hingegen konnte in anderen Studien eine Abhängigkeit für alle Ortsfrequenzen nachgewiesen werden [22, 23]. Besonders deutlich fiel in der Studie von Greene und Madden dabei der Zusammenhang für die ältere Probandengruppe aus – je älter, desto besser die Unterscheidung zwischen jung und alt [22]. Eine japanischen Vergleichsstudie von Nomura und Koautoren zeigte gleiche Tendenzen [23]. Sie vertraten die Ansicht, dass der Einfluss des Alters besonders bei höheren Ortsfrequenzen zum Tragen kommt.

Eine australische Studie mit 472 Probanden von Sia et al. prüfte das Kontrastsehen mit einer ähnlichen Methode, der Vectorvision CSV-1000 contrast sensitivity test chart (Vectorvision, Dayton, Ohio, USA) [24]. Es erfolgte die Messung der Kontrastempfindlichkeit bei den Ortsfrequenzen 3 cpd, 6 cpd, 12 cpd und 18 cpd, wobei für alle die Abnahme der Kontrastempfindlichkeit mit dem Alter belegt wurde. Besonders signifikant waren jedoch auch in diesem Fall die Ergebnisse im Bereich der hohen Ortsfrequenzen, weniger im Bereich der niedrigen. Bereits ältere Untersuchungen zeigten solche Zusammenhänge für höhere Ortsfrequenzen, auch wenn diese mit abgewandelten Methoden arbeiteten [21]. Auch Glass zeigte eine Abnahme der Kontrastempfindlichkeit für alle Ortsfrequenzen, gemessen mittels Optec 2000, für die Lebensdekaden zwischen 20 und 80 Jahren [25].

Die aufgetretenen Unterschiede zwischen beiden Augen konnten bereits in anderen randomisierten Studien aufgezeigt werden. So kam Jüde in seiner Dissertation auf gleiche Ergebnisse [26].

Die Mesotestmesswerte zeigen tendenziell eine Verschlechterung des Kontrastsehens im Alter,

jedoch kann dies nicht für alle Fälle statistisch bestätigt werden. Lediglich die binokulare Betrachtung der Messergebnisse sowie diejenige monokular rechts können sinnvoll zwischen jung und alt differenzieren. Die Tendenz des Messwertvergleichs zwischen den beiden Altersgruppen deckt sich mit den endgültigen Ergebnissen über das Testbestehen. Insgesamt scheinen dabei die Anforderungen für das Testbestehen jedoch nicht ausreichend hoch gestellt worden zu sein. Empfohlen wird daher eine Verschärfung dieser Anforderungsstufen.

Bereits ältere Studien belegten den Alterseinfluss auf die Kontrastwahrnehmung [12]. Eine Vergleichsstudie zum Thema Nachtfahreignung von Scharwey et al. an 117 Augengesunden erbrachte korrespondierende Ergebnisse (Mesoptometer 2) [27]. Sie verwiesen dabei gleichzeitig auf die schwierige Rekrutierung von älteren Versuchsteilnehmern mit einem für die Studie ausreichendem Visus. Dies deutet darauf hin, dass bereits ein hoher Anteil der am Straßenverkehr Teilnehmenden keinen ausreichenden Visus aufbringt. Als kritische Grenze gaben sie in dieser Studie ein Alter von 60 Jahren an, wobei gleichzeitig auf die soziale Problematik des Ausschlusses von Älteren aufgrund der Testung unter mesopischen Bedingungen hingewiesen wurde.

Kritisch zu berücksichtigen ist die Tatsache, dass für die Berechnungen in dieser Arbeit nicht getestet wurde, ob ein signifikanter Unterschied der Altersdurchschnittswerte besteht. Dies wäre für kommende Untersuchungen jedoch wünschenswert.

2. Im Vergleich mit gesunden Probanden liefern die an einer Katarakt erkrankten Probanden schlechtere Ergebnisse für das Kontrastsehen.

Die monokulare Gegenüberstellung der Rodatestmesswerte liefert keine ausreichende Differenzierungsmöglichkeit zwischen gesunden und den an einer Katarakt erkrankten Probanden. Bestätigen lässt sich die Arbeitshypothese jedoch für die Betrachtung der binokularen Messwerte, für die sich ausschließlich signifikante Ergebnisse nachweisen lassen.

Das Testendergebnis mit den Anforderungen des K1 ist nicht hinreichend geeignet für die Abgrenzung der Gesunden von den Kataraktprobanden, da beide Gruppen vergleichsweise schlechte Ergebnisse liefern. Hier können nur bei der binokularen Betrachtung mit Blendung signifikante Ergebnisse erzielt werden.

Die Kontrollen mittels des Testteils K2 unter Blendung können gesund und erkrankt eindeutig voneinander abgrenzen. Ebenso gelingt es für die Überprüfung binokular ohne Blendung. Nicht ausreichend zur Differenzierung sind dagegen die monokularen Kontrollen ohne Blendung. Näheres zum Einfluss der Blendung findet sich im anschließenden Abschnitt bei der Besprechung der Arbeitshypothesen zum Thema Blendung (Arbeitshypothesen 3 und 4).

Wie bereits bei den Altersgruppen liefert die Vistech-Tafel ebenfalls keine einheitlichen Ergebnisse für das rechte bzw. linke Auge in den einzelnen Ortsfrequenzen. Gleiches gilt für den Gesamtscore.

Während es bei den rechten Augen nur bei der mittleren Ortsfrequenz von 6 cpd zu einem nachweislich verschlechterten Kontrastsehen der Kataraktprobanden kommt, ist bei der Prüfung monokular links bei allen Ortsfrequenzen – mit Ausnahme der niedrigsten Ortsfrequenz $OF = 1,5$ cpd – und auch bei dem Gesamtscore der Unterschied zwischen gesund und krank festzumachen. Die binokulare Testreihe liefert sowohl bei allen Ortsfrequenzen als auch beim Gesamtscore signifikante Ergebnisse. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass sich die Arbeitshypothese für die binokulare Messreihe vollständig, für die monokulare jedoch nur eingeschränkt verifizieren lässt. Für die Vistech-Tafel empfiehlt es sich, den binokularen Vergleich zwischen den gesunden und den an einer Katarakt erkrankten Augen der monokularen Testung vorzuziehen.

Die okuläre Dominanz könnte einen Hinweis auf die Diskrepanz, die sich gehäuft zwischen den Augen aufzeigt, geben. Es ist bis dato wenig neurowissenschaftlich publiziert worden, aber es wird vermutet, dass es einen Zusammenhang zwischen der Dominanz der Hirnhemisphären und dem dominanten Auge gibt. Auch Laing und seine Kollegen kamen in jüngsten tierexperimentellen Studien zu solchen Ergebnissen [28]. Ehrenstein und Mitautoren versuchten bereits, Zusammenhänge zwischen der Seitenprävalenz und der Dominanz aufzuzeigen [29]. Der Aspekt des Kontrastsehens wurde jedoch nicht berücksichtigt, lediglich ein wahrscheinlich nicht bestehender Zusammenhang mit der Sehschärfe aufgezeigt. Da die Lokalisation der Haupthemisphäre bei einem Großteil der Bevölkerung links lokalisiert ist, sind sie, mit Ausnahme des Falles einer Kreuzdominanz, auch okulär rechtsdominant, analog der Händigkeit [30]. Wenn demnach rechts das dominantere Auge wäre, macht sich eine Minderung der Sehfähigkeit und möglicherweise des Kontrastsehens durch objektivierbare Tests auch zuerst auf der Seite des schwächeren Auges bemerkbar. Auch wenn die subjektive Abnahme der Sehfähigkeit ein schleichender Prozess ist und das Eingeständnis Zeit erfordert, ist es wichtig, durch Objektivierung das Ausmaß zu erfassen und gegebenenfalls ein Fahrverbot zu erteilen, schon allein aus dem Grunde, weil im schlimmsten Fall nicht nur das Leben der Insassen, sondern auch das Unbeteiligter auf dem Spiel steht.

Reeves et al. verglichen die Vistech-Tafel mit einem anderen Verfahren, der Bailey-Lovie high contrast visual acuity, und erachteten es als keinen geeigneten klinischen Test, gesunde von klinisch erkrankten Augen zu unterscheiden [31]. So hatte sich der Gesamtscore der Probanden nach drei Wochen deutlich verbessert, so dass die Reliabilität des Testverfahrens in diesem Zusammenhang als eher niedrig eingeschätzt wurde.

Bestätigt werden kann die Eingangshypothese bezüglich der Mesostestmesswerte lediglich für die binokulare Messreihe sowie für monokular links. Eine Korrelation zwischen den Messwerten und der Einzeltestinterpretation anhand der Anforderungsstufen erfolgt nur bei der monokularen

Betrachtung. Entsprechend wird die Verschärfung der Testbedingungen angeraten. Die Arbeitshypothese lässt sich nur eingeschränkt mittels der Datenlage unterstützen. Durch das Gesamtergebnis kann ebenfalls nicht hinreichend zwischen den gesunden und den erkrankten Augen differenziert werden, da lediglich für monokular links die gesunden Probanden signifikant häufiger bestanden.

3. *Innerhalb einer Gruppe verschlechtern sich die erfassten Werte für das Kontrastsehen unter Blendung im Vergleich zu den Messwerten ohne Blendung.*
4. *Ältere reagieren im Vergleich zu einem jüngeren Probandenkollektiv auf Blendung mit einer deutlichen Verschlechterung des Kontrastsehens. Analog dazu fallen die unter Blendung ermittelten Werte der Probanden mit einer Katarakt schlechter aus als die einer vergleichbaren gesunden Gruppe von Probanden.*

Der folgende Abschnitt umfasst einerseits die intraindividuelle Reaktion auf eine Blendlichtquelle, andererseits das Verhalten auf Blendung zwischen den verschiedenen Gruppen. Dabei werden nur diejenigen Tests betrachtet, bei denen die Blendung im Versuchsaufbau eine Rolle spielt.

Beim Rodatest gibt es innerhalb der jungen Altersgruppe keinen nachweisbaren Hinweis auf einen Einfluss der Blendquelle. Ebenfalls übt die Blendung bei den monokularen Messungen innerhalb des älteren Probandenkollektivs keinen Effekt aus. Testet man hingegen die älteren Probanden binokular, zeigen sich entgegen der vorangestellten Vermutungen sogar Verbesserungen bezüglich des Kontrastsehens bei den Visusstufen von 0,25 und 0,4 durch die zusätzliche Verwendung einer Lichtquelle. Dies steht im klaren Widerspruch zur formulierten Arbeitshypothese. Für die Probandengruppe, die an einer Katarakt erkrankte, kann kein einheitlicher Zusammenhang gefunden werden. Diejenigen Visusstufen, in denen sich die Ergebnisse jedoch als signifikant herausstellen, deuten auf eine Verschlechterung der Kontrastempfindlichkeit unter Blendung hin. Resultierend ist die These nur eingeschränkt und in so fern nur auf die Gruppe der an einer Katarakt Erkrankten zu übertragen.

Hinsichtlich des Vergleichs der Altersgruppen können, bis auf eine Ausnahme (Visus = 0,25), alle untersuchten Fälle bestätigen, dass die älteren Probanden deutlich empfindlicher auf Blendung reagieren als ihre jüngere Vergleichsgruppe. Die These ist für die Altersgruppen klar zu verifizieren. Die Gegenüberstellung gesunder Probanden vs. Probanden mit Katarakterkrankung zeigt eine deutliche Tendenz der ausgeprägteren Empfindlichkeit der Kataraktprobanden gegenüber Blendlicht im Vergleich zu den gesunden Probanden. Dieses lässt sich aber nur für die binokulare Untersuchung statistisch belegen, weshalb die These eingeschränkt bestätigt werden kann.

Die Mesotestdaten zeigen im intraindividuellen Vergleich überwiegend die Tendenz einer Verschlechterung durch die zusätzliche Blendung. Bestätigt werden kann diese vermehrte

Blendempfindlichkeit jedoch nur in der jüngeren Altersgruppe (monokular links) sowie der älteren und der an einer Katarakt erkrankten Gruppe (jeweils monokular rechts und links). Ausnahmen stellen die binokularen Betrachtungen für die Jüngeren und Älteren dar, deren Werte sich unter Blendung wiederum verbessern, was gegen eine übermäßige Blendempfindlichkeit spricht. Die binokularen Untersuchungen der Kataraktprobanden liefern in beiden Fällen den Status idem. Als Konsequenz lassen sich die Vermutungen nur teilweise bestätigen.

Die Berücksichtigung der absoluten Werte für den Kontrast, welche durch das Gerät Mesotest bestimmt wurden, lassen folgenden Rückschlüsse zu: Durch das Alter nimmt die Blendempfindlichkeit nachweislich zu. Anhand der vorgegeben Grenzwerte zum Testbestehen des Kontrastsehtestes unter Blendung kann zwar mittels Häufigkeitsanalyse gezeigt werden, dass tendenziell mehr Ältere durch den Test fallen. Dies lässt sich statistisch jedoch nur monokular rechts bestätigen. Da es scheinbar durch die Aussage „Test unter Blendung bestanden bzw. nicht bestanden“ nicht hinreichend gelingt, diejenigen mit schlechterem Kontrastsehen zu identifizieren, wird im Zusammenhang mit den vorangestellten Fakten eine Verschärfung der Auflagen zum Testbestehen zu empfohlen.

Die reinen Messwerte der Kataraktprobanden, die unter Blendung erhoben wurden, ergeben für monokular links und für binokular eine nachweisbare Verschlechterung des Kontrastsehens in Anwesenheit der Blendquelle im Vergleich zu den Gesunden. Durch die vom Hersteller empfohlenen Anforderungen gelingt es jedoch nur für monokular links nachzuweisen, dass die Kataraktprobanden auch nachweislich häufiger im Test durchfallen als die Gesunden. Konsequenterweise müssten auch in diesem Fall, um die schlechter Kontrastwahrnehmenden zu identifizieren, die Kriterien verschärft werden.

Bereits Lachenmayr und Kollegen stellten fest, dass es durch einen verminderten Tagesvisus, gestörtem Dämmerungssehen und einer erhöhten Blendempfindlichkeit zu einer signifikanten Anhäufung von Unfällen durch Verkehrsteilnehmer kommt [32, 33]. Insbesondere 15 % der Verkehrsteilnehmer mit Nachtunfällen hatten ein eingeschränktes Kontrastsehen ohne Blendung (Nachweisgrenze unter 1:5) und 20,7 % fielen beim Test mit Blendung durch. Im Vergleich mit der Kohorte ohne Unfallanamnese stellte sich heraus, dass es durch die Einschränkung des Dämmerungssehens zu einer Verdreifachung des Unfallrisikos bei Nacht gekommen war.

Auch Babizhayev wies mittels Halo-Software eine eingeschränkte Fahrtüchtigkeit bei Nacht bei Älteren und bei Probanden mit beginnender Katarakt nach [34]. Ursächlich für das unzureichende Fahrvermögen waren schlechtes Kontrastsehen im mesopischen Bereich und eine erhöhte Blendempfindlichkeit. Weiterhin gab er infolge weiterer Studien den Hinweis auf die Herabsetzung der Wahrnehmungsfähigkeit und des sensorischen Auffassungsvermögens potentiell sicherer Autofahrer [35]. Nachtfahren setzt nachweislich die psychologische Belastbarkeit von Fahrern mit

voller Sehfunkton herab und steigert dadurch die Empfindlichkeit gegenüber Blendquellen im Straßenverkehr. Daher empfiehlt er den Einsatz von speziellen Medien mit Antirefektionsschutz in Form von Nachtsichtbrillen oder Kontaktlinsen während der Exposition.

Adamsons et al., die eine Stichprobe von insgesamt 110 Probanden untersuchten, konzentrierten sich ausschließlich auf Probanden mit einer Katarakt [36]. Dazu differenzierte die Studie nach unterschiedlichen Stadien und Graden, die bei dieser Erkrankung durchlaufen werden. Durch verschiedene Tests zur Blendempfindlichkeit (Brightness Acuity Tester and Berkeley glare test) und Kontrastsensitivität (Sinusgitter-Test und Pelli-Robson-Chart) stellten sie fest, dass diejenigen mit einer fortgeschrittenen Linsentrübung nachweislich schlechtere Ergebnisse bezüglich der Testkriterien aufwiesen, als diejenigen mit klaren Linsen. Eine weiterführende Differenzierung der Kataraktprobanden wurde bei den Untersuchungen, die dieser Dissertation zugrunde liegen, nicht vorgenommen, was durchaus als Kritikpunkt zu sehen ist.

Hohberger und seine Kollegen bestätigten mittels OPTEC® 6500 P die Annahme, dass die Kontrastempfindlichkeit unter Nachtlichtbedingungen schlechter ist als unter Tageslichtbedingungen, wobei sich der Einfluss der Blendung beim Tageslicht als geringer erwies [37]. Die Sicherheit war dabei für die Bedingungen unter Tageslicht (ohne Blendung) und diejenigen zur Nacht (mit Blendung) am größten (Reliabilitätskoeffizient bei 0,87 bzw. 0,81).

Bühren et al. untersuchten 60 Probanden (Aufteilung analog der vorliegenden Arbeit) mittels verschiedener, mit unterschiedlichen Helligkeitsstufen arbeitenden Testverfahren [38]: Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System (FF-CATS), Functional Acuity Contrast Test sowie die Pelli-Robson-Tafel. Sie bestätigten große Unterschiede für die Maximalwerte, die für die Kontrastempfindlichkeit erhoben wurden, wobei sie die höchsten bei dem photopisch messenden Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System und die niedrigsten bei der Pelli-Robson-Tafel festmachten. Erstgenanntes ergab die beste Wiederholbarkeit für alle Testverfahren im mesopischen Bereich und erwies sich als am besten geeignet zur Differenzierung der einzelnen Gruppen. Letztgenanntes Verfahren ermöglicht zudem die Differenzierung nach unterschiedlichen Blendzuständen. Obwohl dieses Testverfahren insgesamt die beste Reliabilität aufwies, lag diese für den Fall der Messungen unter Blendung im mesopischen Bereich deutlich niedriger.

Auch Hertenstein et al. beschäftigten sich mit der Frage, ob die photopisch gemessene Kontrastempfindlichkeit als Surrogatparameter stellvertretend für das mesopisch gemessene Kontrastsehen dienen kann [39]. Sie kamen zu dem Schluss, dass niedrig gemessene photopische Kontrastempfindlichkeiten mit ebenfalls niedrigen Werten unter mesopischer Testung einhergehen, jedoch kann eine gute Kontrastempfindlichkeit im photopischen Bereich ebenso mit guten als auch mit schlechten Werten für die Kontrastempfindlichkeit im mesopischen Bereich einhergehen. Dementsprechend bleibt eine Testung unter beiden Versuchsbedingungen unerlässlich. Die aktuelle

Empfehlung der DOG sieht dementsprechend eine Prüfung des Kontrastsehens unter mesopischen Bedingungen zur Beurteilung des Dämmerungsehens, unabhängig von der Überprüfung unter Tageslichtbedingungen, vor [40].

Puell et al. untersuchten das mesopische Kontrastsehen mittels Mesotest II an 297 verkehrsteilnehmenden Autofahrern [41]. Sie beschrieben einen signifikanten Zusammenhang zwischen photopischem und mesopischem Kontrastsehen, sowohl ohne als auch mit Blendung. Eine Besserung des photopischen Kontrastsehens ging mit einem ebenso guten Kontrastsehen im mesopischen Bereich einher. Dies steht nicht im Konsens mit der von Hertenstein erbrachten These. Weiterhin kam es zu einer Verschlechterung des mesopischen Kontrastsehens in der Altersgruppe zwischen 51 und 60 Jahren ohne Blendung, wohingegen es unter zusätzlichem Blendeinfluss zu einer Verschlechterung in der Altersgruppe zwischen 41 und 50 Jahren kam. Bei einigen der Teilnehmer kam es, wie auch in der vorliegenden Studie, zu dem Phänomen, dass sich das Kontrastsehen unter Blendung verbesserte. Die jungen Altersgruppen erbrachten keinen Hinweis auf einen Einfluss der Blendung, wobei auch Harrison et al. diese Aussage unterstützen [42]. Puell und Koautoren schlussfolgerten daraus, dass das Kontrastsehen sowie die Blendempfindlichkeit bis zu einem Alter von 50 Jahren annähernd stabil bleibt, um von da an pro Lebensdekade um 0,1 log Einheiten abzusinken. In einem Fragebogen zum Vermeidungsverhalten von Nachtfahrten konnte nachgewiesen werden, dass Probanden mit eingeschränktem mesopischen Kontrastsehen auch tatsächlich vermieden, nachts dem Straßenverkehr aktiv beizuwohnen und eine erhöhte Blendempfindlichkeit aufwiesen. 20 % derjenigen, die Schwierigkeiten beim Nachtfahren angaben, waren nicht in der Lage, Kontraste zu differenzieren.

5. *Es zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen den Daten des Rodatest und denen der Vistech-Tafel.*

Die Gegenüberstellung der mittels Rodatest ermittelten Kontrastwerte mit den Kontrastempfindlichkeiten der Vistech-Tafel ist unter bestimmten Bedingungen möglich. Niedrige Kontrastwerte im Rodatest gehen mit hohen KE-Werten für die Vistech-Tafel einher. Die Arbeitshypothese kann verifiziert werden.

Auch Bergmann et al. untersuchten die Korrelation zwischen diesen beiden Verfahren und kamen dabei auf ein positives Ergebnis [3]. Darius et al. hingegen konnten diesen Zusammenhang für binokulare Versuchskonstellationen und für die Messreihen monokular rechts nicht bestätigen [43]. Lediglich links ergab sich ein signifikanter Zusammenhang.

6. Die Testergebnisse der drei Verfahren unterscheiden sich für einen Probanden nicht.

Die zentrale Fragestellung dieser These bezieht sich auf die Vergleichbarkeit der einzelnen Messmethoden. Dabei liefert der intraindividuelle Vergleich der Ergebnisse über das Bestehen bzw. Nichtbestehen zwischen Mesotest und dem Rodatest differenzierte Ergebnisse. Die Deckung ist sowohl für die jungen als auch für die älteren Probanden, mit wenigen Ausnahmen für die älteren, (monokular links ohne Blendung beim K1 sowie beim K2 monokular mit Blendung) durchweg positiv zu werten, da hier die Übereinstimmungsquote über 50 % liegt. Tendenziell ist im Vergleich mit dem K2 die Rate geringfügig besser ausgefallen. Durch die Altersanpassung der Bestehensgrenzen scheint dementsprechend die Vergleichbarkeit zwischen Mesotest und Rodatest verbessert worden zu sein. Probanden mit nachweislich eingeschränktem Kontrastsehen (Kataraktgruppe) zeigen im monokularen Vergleich mit Werten um die 60 % oder besser, ebenfalls gute Übereinstimmungen. Ob dadurch auch gezielt Personen mit eingeschränktem Kontrastsehvermögen selektiert werden, bleibt offen. Binokulare Gegenüberstellungen hingegen, weisen für die Kataraktprobanden eine deutlich eingeschränkte Vergleichbarkeit der Tests mit Werten um die 40 % bei Messungen ohne Blendung. Auffällig markant ist die starke Divergenz zwischen der extrem schlechten Übereinstimmung beim K1 mit Blendung, im Vergleich zu der mittelmäßig guten Deckung beim K2 mit Blendung.

Insgesamt muss konsequenterweise geschlussfolgert werden, dass die Arbeitshypothese nur eingeschränkt zu verwerten ist. Der Grund ist am wahrscheinlichsten darin zu suchen, dass es sich um eine eingeschränkte Vergleichbarkeit aufgrund des unterschiedlichen Versuchsaufbaus handelt, der mesopisch bzw. photopisch gemessenes Kontrastsehen klar voneinander differenzieren lässt. Dies scheint insbesondere für den Untersuchten mit eingeschränktem Kontrastsehen (Kataraktgruppe) zu gelten. Um so größer ist der Handlungsbedarf bei der Fragestellung der aktuellen Richtlinien zur Führerscheinverordnung zu sehen.

Die Gegenüberstellung zwischen Rodatest- und Vistech-Ergebnissen zeigt ebenfalls eine hohe Deckung in der Stichprobe unter 45 Jahren, vor allem deutlich zu sehen bei K2. Weniger prägnant, aber dennoch mit hoher Übereinstimmung, fällt die Kontrolle der über 45-Jährigen aus, wobei nahezu gleiche Zahlen bei K1 und K2 erreicht werden konnten. Eine einheitliche Tendenz bezüglich der altersangepassten Anforderungsstufen, realisiert durch die Differenzierung nach K1 und K2, ergibt sich für den Vergleich Rodatest und Vistech-Tafel schlussfolgernd nicht. Dennoch kann die Arbeitshypothese für die Gruppen 1 und 2 bestätigt werden.

Die Vergleichbarkeit für Probanden mit nachweislich niedrigem Kontrastsehen zeigt beim Vergleich mit K1 sehr hohe Übereinstimmungen, wohingegen beim Vergleich mit K2 nur binokular vergleichbar hohe Werte erreicht werden konnten. Eine Übereinstimmung im Vergleich zwischen

K2 und der Vistech-Tafel kann monokular in der Stichprobe der Kataraktprobanden nicht gefunden werden. Die Aussagekraft der Arbeitshypothese für die Kataraktprobanden ist dadurch eingeschränkt und nur bedingt zu verifizieren.

Sehr hohe Übereinstimmungen können gefunden werden für die Gegenüberstellung im intraindividuellen Vergleich zwischen Mesotest- und Vistech-Ergebnissen in der Gruppe der jüngeren Probanden, als auch bei den Älteren für den Vergleich monokular rechts und den Kataraktprobanden binokular sowie monokular rechts. Etwas geringer fielen die Deckungen bei den Kataraktprobanden und den älteren Probanden monokular links (jeweils um die 50 %) sowie im Falle der älteren Probanden beidäugig (knapp unter 50 %) aus. Auch in diesem Fall kann die Arbeitshypothese nur eingeschränkt bestätigt werden. Zurückführen lässt sich dieser Sachverhalt darauf, dass es sich hierbei um den Vergleich eines mesopisch mit einem photopisch testenden Messverfahren handelt, denen zudem zwei vollkommen unterschiedlich Berechnungsverfahren zu Grunde gelegt wurden.

Zusammenfassend kann man den Rückschluss von einem Testergebnis auf das andere nur bei jungen und gesunden Probanden mit ausreichender Zuverlässigkeit vornehmen. Vorsicht ist immer geboten bei Einschränkungen im Kontrastsehen, einerseits durch das Alter und auch durch das Kontrastsehen einschränkende Erkrankungen wie der Katarakt. Für diesen Fall ist es nicht hinreichend, ein Testverfahren allein anzuwenden. Aufgrund der eingeschränkten Aussagefähigkeit sollte eine strikte Trennung erfolgen zwischen photopisch bzw. mesopisch arbeitenden Messverfahren.

Bereits Gruber und ihre Kollegen kamen zu dem Schluss, dass es schwierig zu sein scheint, ein photopisch bestimmtes Messergebnis von älteren Kraftfahrern anstandslos auf einen mesopischen Kontext zu übertragen [44]. Auch eine japanische Studie konnte diesen Zusammenhang bereits für 68 gesunde Probanden mittels anderer zur Verfügung stehender Verfahren (AS-28; Kowa, Aichi, Japan) für die Sehschärfe nachweisen [45].

Wilhelm et al. verglichen die Ergebnisse der Prüfung des Kontrastsehens mittels Mesotest (ohne Blendung bei Kontraststufen 1:2,7 und 1:5) mit denen des Optovist (Visusstufen 0,25 und 0,4; Mindestkontrast 5 %) und kamen dabei auf Übereinstimmungsraten zwischen 87 und 92 % [46]. Interessant war, dass es von denjenigen Probanden (insgesamt 169, etwa die Hälfte Piloten), die den Mesotest bei einer Kontraststufe von 1:2,7 verfehlten (18,8 %), etwa die Hälfte keinen ersichtlichen Grund für das schlechte Abschneiden in den Tests aufwies. Auf der Suche nach einer Verbesserung der Spezifität, bei gleichzeitig ausreichender Sensitivität, sahen sie beim Mesotest bei Einstellungen ohne Blendung die Kontraststufe von 1:5, bei der Einstellung mit Blendung den Grenzwert von 1:23 als gerechtfertigt.

Bergmann et al. publizierten einen Vergleich von mesopischen und photopischen Messverfahren

und untersuchten hierzu 150 normalsichtige Probanden mit nicht eingeschränktem Visus und ohne das Kontrastsehen einschränkende Erkrankungen [3]. Im Mittelpunkt standen dabei unter anderem die auch in dieser Arbeit betrachteten Verfahren sowie die Marstafeln und das Gerät Optovist von Vistech. Dabei ergab die statistische Berechnung nach Kappa lediglich eine schwache Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Vistech-Tafel und dem Mesotest (cohens kappa 0,341 auf dem rechten und 0,147 auf dem linken Auge). Keine Übereinstimmung zeigte sich zwischen den Ergebnissen des Rodatest und denen des Mesotest in der Einzelbetrachtung monokular rechts, links bzw. binokular. Betrachtete man hingegen das gleichzeitige Bestehen sowohl monokular rechts, links und binokular, zeigte sich eine hohe Übereinstimmung zwischen Roda- und Mesotest-Ergebnissen (Cohen's kappa von 0,358). Die Gegenüberstellung der Vistech-Ergebnisse mit denen des Rodatests ergab keine Übereinstimmungen für monokulare Bedingungen, binokular wurde es nicht untersucht.

Eine Studie von Koefoed et al. an 180 gesunden Erwachsenen (Alter zwischen 18 und 25 Jahren) verglich photopisch mit mesopisch arbeitenden Geräten [47]. Verwendet wurden dabei die Geräte Optec 6500 (FACT) und CSV-1000E, welche ähnlich der Vistech-Tafel ein Frequenzspektrum bis maximal 18 cpd erfassen. Interessant war dabei der Deckeneffekt bei photopisch arbeitenden Geräten. Dies ist hinweisgebend dafür, dass durch die Verfahren nicht die komplette Bandbreite des Kontrastsehens erfasst wurde. Insgesamt empfohlen Koefoed und Koautoren die Verwendung von mesopischen Geräten, da hier die Abgrenzung zwischen gut und schlecht Kontrastwahrnehmenden besser gelang.

Eine weitreichende Literaturrecherche ergab viele Treffer zur Kataraktchirurgie und deren intraindividuellem Vergleich vor und nach Implantation von intraokulären Linsen. Dies bezieht sich im Einzelfall jedoch immer auf einen Sachverhalt, der nicht mit dem dieser Arbeit in direktem Zusammenhang steht und daher nicht weiter besprochen wird.

7. *Der mittels Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit ermittelte relative Score korreliert positiv mit den Visuswerten der Probanden.*
8. *Die Analyse des Fragebogens zeigt einen Zusammenhang zwischen der subjektiv eingeschätzten Sehfähigkeit und der objektiven, bei den einzelnen Tests ermittelten Werte für das Kontrastsehen. Probanden mit subjektiv schlechterem Sehempfinden fallen in den Tests eher durch als diejenigen, mit der Angabe, eher keine Probleme mit dem Sehen im alltäglichen Leben zu haben.*

Die Auswertung des Fragebogens sollte einen Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung des Sehens und den objektivierbaren Tests bringen. Es stellt sich heraus, dass überwiegend kein Zusammenhang besteht, weder für den Visus noch für die Korrelation mit den

einzelnen Testverfahren. Das bedeutet, dass sich die subjektive Einschätzung nicht in objektiv messbaren Ergebnissen widerspiegeln lässt. Die Arbeitshypothesen müssen somit verworfen werden.

Aus diesem Kontext heraus wird die immer wieder in den Medien kommunizierte und auch in letzter Zeit verstärkte Diskussion über die Gesundheitschecks der motorisierten, am Straßenverkehr teilnehmenden Senioren verständlicher. Bereits Ortiz et al. untersuchten mittels der Software Halov1.0 zur Abgrenzung der Leistungseinschränkung das Fahrverhalten von 55 Probanden mit normalem Visus im Vergleich zu 15 Probanden, die an einer Katarakt erkrankt waren [48]. Sie stellten fest, dass ältere Verkehrsteilnehmer ein signifikant schlechteres Fahrverhalten aufwiesen, trotz der Tatsache eines ausreichenden Visus über 0,8. Auch Wood und Mallon kamen zu dem Schluss, dass die Fahrsicherheit im Alter nachlässt [49]. Andere Autoren behaupteten, dass, obwohl die Jüngeren zwar ein besseres Fahrverhalten zeigen, sie dennoch eine erhöhte Unfallrate im Vergleich zu den Älteren aufweisen [50]. Der Anteil der älteren Bevölkerung steigt kontinuierlich an. Während jüngere Menschen zunehmend auf das Auto verzichten, sind ältere Menschen, insbesondere die Landbevölkerung, auf das Auto angewiesen und begeben sich für ihre Erledigungen in die verkehrsreiche Stadt. Gründe, die die Fahrtauglichkeit im Alter einschränken, können vielseitig sein und sind nicht ausschließlich auf visuelle Funktionen beschränkt. Auch andere Faktoren wie physische (Arthrose, Gicht oder andere Erkrankungen des muskuloskeletalen Systems) und psychiatrische Erkrankungen (Demenz, Epilepsie, Psychosen), kardiovaskuläre oder pulmonale Beschwerden sowie sedierende Pharmaka spielen eine Rolle, wobei letztgenannte gerade mit zunehmendem Alter von steigender Relevanz sein können. Die Bereitschaft, freiwillig die Fahrerlaubnis abzugeben, scheint in der Bevölkerung begrenzt. Dennoch empfehlen Experten eine regelmäßige ärztliche Beurteilung der Fahrtauglichkeit, um die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen [51].

Andere Studien beschreiben hingegen einen positiven Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung des Fahrverhaltens und den Eigenschaften des Sehens [52]. Van Rijn et al. erarbeiteten anhand von 93 über 50 Jahre alten Probanden diesen Zusammenhang, wobei festgehalten werden muss, dass diese als Auswahlkriterium alle bereits ein deutlich eingeschränktes Sehvermögen mit unter 40 % Sehleistung aufwiesen. Dieses deckt sich mit der bereits beschriebenen Vermutung, dass die Bereitwilligkeit des Eingeständnisses anfangs fehlt, da diese Veränderungen schleichend und nicht abrupt auftreten. Umso wichtiger stellen sich in diesem Zusammenhang die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen dar.

Bereits Van Rijn et al. verwiesen durch ihre Studie an 2422 fahrtüchtigen Europäern auf die Problematik der schlechten Sehfunktion bei Autofahrern [53]. Der Vergleich mit den aktuellen europäischen Standards zeigte mit einer Prävalenz von 0,5 % in der Altersgruppe zwischen 45 bis

54 Jahren eine unterdurchschnittliche visuelle Sehschärfe. Der Anteil in der ältesten Gruppe (über 75 Jahren) lag bei 5,3 % unter den geforderten Standards zur Erlangung des Führerscheins. Sie verwiesen bereits darauf, dass es wichtig ist, einzelne Komponenten als Bestandteil des Sehens, insbesondere das Kontrastsehen, näher zu untersuchen. Insbesondere auch der älteren Bevölkerung mit einer Katarakt konnten Defizite im Fahrverhalten nachgewiesen werden [54]. So hatten sie laut Owsley et al. innerhalb von fünf Jahren 2,5 mal häufiger eine Mitschuld an Unfällen im Straßenverkehr. In weiteren Studien zeigte er, dass Fahrer mit Unfallanamnese sowohl bei monokularer Beeinträchtigung bis zu achtmal häufiger eine Einschränkung der Kontrastempfindlichkeit bzw. sechsmal häufiger binokular aufwiesen [55].

Als Referenz zur Überprüfung des Kontrastsehens gibt die DOG das Testgerät Mesotest an, welches sich jedoch auf lange Adaptationszeiten von 15 min nicht als sonderlich praktikabel im alltäglichen arbeitsmedizinischen Gebrauch darstellt. Rassow verwies in seiner Studie auf den fehlenden Unterschied in der Anwendung von Dunkeladaptationszeiten von 5 oder 15 min [56]. Andererseits wurde in neueren Studien bereits erprobt, ob durch eine Erhöhung der Lichtintensität eine Verkürzung des Zeitintervalls und dennoch eine gute Abschätzbarkeit der Fahrtauglichkeit geschaffen werden kann [57]. Durch die Erhöhung der Lichtstärke von 8 auf 60 cd/m² während der mesopischen Untersuchungen mittels des Gerätes Nyktometer von Rodenstock verbesserte sich die Detektionsgrenze des herabgesetzten Kontrastsehens um den Faktor vier. Möglicherweise gibt es hier weitere Ansätze zur Optimierung der Testumstände.

Des Weiteren ist es fraglich, ob die Testung monokular für die Praxis an sich relevant ist. Es gibt Studien, die keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Ergebnissen unter monokularer bzw. binokularer Testung bei Gesunden erbrachten [58] und andere, die aus diesem Grund gänzlich darauf verzichteten [59].

Die Vistech-Tafel findet vielerorts noch Anwendung, ist jedoch mittlerweile vom Markt genommen. Die Praktikabilität bleibt auch hier zu hinterfragen, da nicht immer eine ausreichende Beleuchtung ermöglicht werden kann. Zudem gibt es andere Verfahren, deren Ratewahrscheinlichkeit deutlich niedriger liegt, laut Bach bei der Pelli-Robson-Tafel unter 4 % pro Sehzeichen bzw. unter 1 % pro Kontraststufe [60].

Fazit für die Praxis

Die Kontrastwahrnehmung stellt einen wesentlichen Aspekt der Sehfunktion dar. Die ophthalmologische Untersuchung sollte daher neben dem Visus immer das Kontrastsehen beinhalten.

Eine Übereinstimmung zwischen mesopisch arbeitenden Geräten mit denen, die unter photopischen Bedingungen arbeiten, wird nur teilweise erreicht. Daher sollten zur Überprüfung des

Kontrastsehens mesopische und photopische Verfahren parallel durchgeführt werden, auch wenn dies ein zeitlicher Mehraufwand für den Arbeits- und Betriebsmediziner darstellt. Die binokulare Messung wird dabei der monokularen vorgezogen, da ihre Ergebnisse aussagekräftiger sind.

Auch wenn das Gerät Rodatest 302 nicht mehr erhältlich ist, stellt es ein geeignetes Verfahren zur Bestimmung des Kontrastsehens dar und kann bedenkenlos weiter empfohlen werden. Hinsichtlich der Fahrsicherheit sollten alle Altersgruppen gleich gut sehen können, weshalb die Differenzierung nach Kontrast 1 und Kontrast 2 für die Fahrerlaubnisverordnung jedoch fragwürdig erscheint.

Nachdem die subjektive Einschätzung der Sehfähigkeit nicht objektivierbar ist, sollten regelmäßige ophthalmologische Kontrollen für alle fahrzeugführenden Verkehrsteilnehmer gesetzlich verankert werden.

Um die Aussagekraft der bisherigen Untersuchungen zu unterstreichen, sollten weitere Studien durchgeführt werden. Bei umfangreicheren Stichproben können die Bildung altersgemachter Paare sowie die Bildung geschlechtsspezifischer Paare von Interesse und einen Zugewinn für die Forschung auf dem Gebiet des Kontrastsehens liefern. Diese Aspekte konnten in dieser Arbeit, aufgrund unzureichender Stichprobengröße, keine Berücksichtigung finden.

In Zukunft sind weitere Untersuchungen auf dem Gebiet des Kontrastsehens notwendig, um eine Besserung der Standardisierung bei ophthalmologischen und arbeitsmedizinischen Untersuchungen gewährleisten zu können. Eine detaillierte Formulierung von Grenzwerten für das Kontrastsehen ist wünschenswert.

5 Zusammenfassung

Die Erfassung des Visus ist eine Standarduntersuchung in der ophthalmologischen und arbeitsmedizinischen Praxis. Im Straßenverkehr ist zusätzlich die Beurteilung des Kontrastsehens von Bedeutung. Selbst für einen Augengesunden ist die Abgrenzung von Objekten in der Dämmerung, bei schlechten Wetterverhältnissen oder aufgrund der Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge erschwert. Seit Juli 2011 ist in der Fahrerlaubnisverordnung die Überprüfung des Kontrastsehens oder des Dämmerungssehens zusätzlich zu den bereits vorgeschriebenen Prüfungen visueller Leistungen dazugekommen. Daraufhin hat die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft Empfehlungen zur Überprüfung des Kontrast- und Dämmerungssehens bei Berufskraftfahrern ausgesprochen, ohne jedoch für alle Verfahren Referenzwerte vorzugeben. Die Vielzahl der existierenden Messverfahren, deren Messprinzipien und Versuchsbedingungen (photopisch und mesopisch) führen zu unterschiedlichen Kontrastwerten, deren Vergleichbarkeit eingeschränkt ist.

Ziel der Arbeit war es, ausgewählte Messverfahren zur Überprüfung des Kontrast- und Dämmerungssehens in verschiedenen Altersgruppen bzw. bei Probanden mit und ohne Katarakt zu vergleichen. Im Mittelpunkt standen die betriebsärztlich eingesetzten Geräte *Rodatest 302* und *Mesotest* sowie die *Vistech-Tafel*. Wobei die Messungen mit *Rodatest 302* und der *Vistech-Tafel* unter photopischen Versuchsbedingungen erfolgten, prüfte das Gerät *Mesotest* unter mesopischen Bedingungen. Die Geräte *Rodatest 302* und *Mesotest* ermöglichten es, zusätzlich den Einfluss der Blendung auf das Kontrastsehen zu prüfen.

Die Unterteilung der 99 Probanden ($53,0 \pm 18,11$ Jahre) erfolgte in drei Gruppen: Gesunde unter 45-Jährige, Gesunde über 45-Jährige und Probanden mit einer Katarakt. Um Einflussfaktoren wie das Alter und die Augenerkrankung Katarakt, welche nachweislich das Kontrastsehen reduziert, zu erfassen, wurden Vergleiche in den Altersgruppen sowie zwischen den Gesunden über 45-Jährigen und den an einer Katarakt erkrankten Probanden durchgeführt. Die von dem Gerät *Rodatest 302* bereitgestellten Testverfahren *Kontrast 1* und *Kontrast 2* unterschieden sich durch die Anforderungen an den Probanden bezüglich des Kontrastsehens. Durch die höheren Anforderungen bei *Kontrast 1* gelang eine gute Differenzierung zwischen den Altersgruppen. Mit *Kontrast 2* – geringere Anforderungen an das Kontrastsehen – konnten hingegen besser die gesunden von den an einer Katarakt erkrankten Probanden unterschieden werden, wobei die binokulare der monokularen Überprüfung vorzuziehen war.

Die *Vistech-Tafel* ermöglichte die Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit bei verschiedenen Ortsfrequenzen. Die Berücksichtigung einzelner Ortsfrequenzen stellte nur bedingt ein geeignetes Mittel dar, um die Gruppen voneinander abzugrenzen. Insbesondere divergierten die Ergebnisse der

monokularen Messreihen, weshalb eine binokulare Messung aussagekräftiger schien. Als vergleichsweise besser geeignetes Kriterium im Vergleich zu den Einzelscores (Punkte bei jeweiliger Ortsfrequenz) stellte sich der Gesamtscore (Summe der Einzelscores) dar, wodurch sowohl monokular als auch binokular zwischen jung und alt unterschieden werden konnte.

Beim Mesotest verschlechterten sich zwar tendenziell die Kontrastwerte im Alter und auch bei einer Katarakt, dennoch sollten die Bestehensgrenzen nach oben korrigiert werden, da Signifikanzen nicht stringent nachweisbar waren und sich die Testergebnisse („bestanden“ und „nicht bestanden“) teilweise nicht mit den Messwtergebnissen deckten.

Bei der Untersuchung mit dem Gerät Rodatest 302 wurde ein Einfluss der Blendung nicht vollständig bestätigt. Jedoch zeichnete sich in einigen Fällen die Tendenz ab, dass die Blendung einen Einfluss auf das Kontrastsehen der Kataraktgruppe hatte. Die binokulare Messreihe bestätigte die Verschlechterung des Kontrastsehens durch die Erkrankung an einer Katarakt. Die Gruppe der Gesunden über 45-Jährigen erfuhr unter Blendung teilweise eine Verbesserung. Ein Einfluss der Blendung auf die junge Probandengruppe wurde nicht belegt.

Die gruppeninterne Zunahme der Blendempfindlichkeit konnte durch das Gerät Mesotest für keine der Gruppen durchweg bestätigt werden. Eine Verschlechterung des Kontrastsehens unter Blendung im Alter wurde zwar bestätigt, jedoch konnte mittels der Testkriterien nicht hinreichend in den Altersgruppen differenziert werden. Eine Verschärfung der Bestehenskriterien wird daher ebenfalls zur Identifizierung der Katarakterkrankten empfohlen.

Rückschlüsse von einem Testergebnis auf das eines anderen Verfahrens sollten nur bei jungen und gesunden Probanden vorgenommen werden. Das Alter und die Katarakt stellen limitierende Faktoren dar, welche es nahe legen, bei der Prüfung des Kontrastsehens verschiedene Messverfahren zu berücksichtigen. Zur Optimierung der Vergleichbarkeit sollte auf photopische und mesopische Testverfahren gleichermaßen zurückgegriffen werden, auch wenn dies besondere zeitliche und geräte-technische Anforderungen in der Praxis für Betriebs- und Arbeitsmediziner darstellt.

In einem Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit wurde herausgefunden, dass die subjektive Einschätzung durch den Probanden nicht objektivierbar ist, da sie weder mit dem gemessenen Visus noch mit den ermittelten Kontrastwerten korrelierte.

Es kann keine endgültige Empfehlung getroffen werden, welches Gerät am ehesten zur Prüfung des Kontrastsehens geeignet ist. Die Bestehensgrenzen in einzelnen Testverfahren sollten angepasst werden, um schlecht kontrastwahrnehmende Personen besser zu identifizieren. Um zeitnah eine bessere Standardisierung im Rahmen von Sehprüfungen bei Fahrzeugführern und Berufskraftfahrern bei ophthalmologischen und arbeitsmedizinischen Untersuchungen vornehmen zu können, sind weitere Studien notwendig, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu untermauern und zu verfeinern.

Literaturverzeichnis

1. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft e.V.. Fahreignungsbegutachtung für den Straßenverkehr - Anleitung für die Augenärztliche Untersuchung und Beurteilung zum Führen von Kraftfahrzeugen; 2013
2. Lüthke S. Arbeitsmedizinische Studie über Einflussfaktoren auf die Kontrastempfindlichkeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2015
3. Bergmann LCE, Darius S, Kropf S, Bockelmann I. Measurement of contrast vision: mesopic or photopic vision?: Comparison of different methods for measuring contrast sensitivity within the framework of driving licence regulations. *Der Ophthalmologe: Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*; 2016; 113 (10):844–51.
4. Sachsenweger M. Augenheilkunde. Stuttgart, New York: Thieme; 2003.
5. Lachenmayr BJ, Brandl H. Begutachtung in der Augenheilkunde. Heidelberg: Springer; 2008.
6. Paliaga GP. Die Bestimmung der Sehschärfe. München: Quintessenz; 1993.
7. Oen F. Contrast sensitivity in a large adult population. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore* 1994; 23(3):322–6.
8. VBG - Ihre gesetzliche Rentenversicherung. Grundsatz für arbeitsmedizinische Untersuchungen „Bildschirmarbeitsplätze“G37; 2015.
9. Decker WD. Strabismus. 3rd ed. Stuttgart: Thieme; 2004.
10. Deetjen P, Speckmann E. Physiologie. 3rd ed.: Urban und Fischer; 1999.
11. Wolf M. FreiDok - Objektive Visusschätzung mit Visuell Evozierten Potentialen: Universität Freiburg; Medizinische Fakultät/Universitätsklinikum; Univ.-Augenklinik; 2010
12. Aulhorn E, Harms H. The examination on fitness for driving at darkness with the mesoptometer. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 1970; 157(6):843–73.
13. Böckelmann I, Lüthke S, Welters A. Contrast sensitivity in workers with diabetes mellitus and arterial hypertension. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*. 2010; 45(9):516–22.
14. Hong YT, Kim SW, Kim EK, Kim TI. Contrast sensitivity measurement with 2 contrast sensitivity tests in normal eyes and eyes with cataract. *Journal of cataract and refractive surgery* 2010; 36(4):547–52.
15. Onal S, Yenice O, Cakir S, Temel A. FACT contrast sensitivity as a diagnostic tool in glaucoma: FACT contrast sensitivity in glaucoma. *International ophthalmology* 2008; 28(6):407–12.

16. Hou F, Huang CB, Lesmes L, Feng LX, Tao L, Zhou YF, Lu ZL. qCSF in clinical application: efficient characterization and classification of contrast sensitivity functions in amblyopia. *Investigative ophthalmology & visual science* 2010; 51(10):5365–77.
17. Spallek G. Empfehlung der DOG zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen und Geräten; 2014
18. Mergler D, Blain L, Lemaire J, Lalande F. Colour vision impairment and alcohol consumption. *Neurotoxicology and Teratology* 1988; 10(3):255–60.
19. Bille J, Schlegel W. *Medizinische Laserphysik*: Berlin: Springer; 2005.
20. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.. *Begriffe der physiologischen Optik (DIN 5340)*. Beuth, Berlin; 1997
21. Yates JT. Contrast sensitivity: characteristics of a large, young, adult population. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*. 1987; 64(7):519–27.
22. Greene HA, Madden DJ. Adult age differences in visual acuity, stereopsis, and contrast sensitivity. *American journal of optometry and physiological optics* 1987; 64(10):749–53.
23. Nomura H, Ando F, Niino N, Shimokata H, Miyake Y. Age-related change in contrast sensitivity among Japanese adults. *Japanese Journal of Ophthalmology* 2003; 47(3):299–303.
24. Sia DIT, Martin S, Wittert G, Casson RJ. Age-related change in contrast sensitivity among Australian male adults: Florey Adult Male Ageing Study. *Acta ophthalmologica* 2013; 91(4):312–7.
25. Glass JM. Visual function and cognitive aging: differential role of contrast sensitivity in verbal versus spatial tasks. *Psychology and Aging* 2007; 22(2):233–8.
26. Jüde HTH. *Morphologische und funktionelle Parameter der Glaukomdiagnostik im intraindividuellen Seitenvergleich [Dissertation]*. Hamburg: Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg; 2005.
27. Scharwey K, Krzizok T, Herfurth M. Night driving ability of persons with normal vision and variable age. *Der Ophthalmologe* 1998; 95(8):555–8.
28. Laing RJ, Turecek J, Takahata T, Olavarria JF. Identification of Eye-Specific Domains and Their Relation to Callosal Connections in Primary Visual Cortex of Long Evans Rats. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)* 2015; 25(10):3314–29.
29. Ehrenstein WH, Arnold-Schulz-Gahmen BE, Jaschinski W. Eye preference within the context of binocular functions. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie* 2005; 243(9):926–32.
30. Bryden MP. Handedness, cerebral lateralization, and measures of "latent left-handedness". *International Journal of Neuroscience*. 1989; 44(3-4):227–33.

31. Reeves BC, Wood JM, Hill AR. Vistech VCTS 6500 charts-within- and between-session reliability. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry* 1991; 68(9):728–37.
32. Lachenmayr B, Buser A, Keller O. Sehstörungen als Unfallursache. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Mensch und SicherheitM 65); 1996.
33. Lachenmayr B, Berger J, Buser A, Keller AO. Reduced visual function causes higher risks of traffic accidents. *Der Ophthalmologe* 1998; 95(1):44–50.
34. Babizhayev MA. Glare disability and driving safety. *Ophthalmic Research*, 2003; 35(1):19–25.
35. Babizhayev MA. Disability glare effects and cataract as a problem of road safety in driving. In: *Cataracts: Causes, Symptoms, and Surgery*: Nova Science Publishers, Inc; 2010. p. 1–36.
36. Adamsons I, Rubin GS, Vitale S, Taylor HR, Stark WJ. The Effect of Early Cataracts on Glare and Contrast Sensitivity: A Pilot Study. *Archives of Ophthalmology* 1992; 110(8):1081–6.
37. Hohberger B, Laemmer R, Adler W, Juenemann A, Horn FK. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC® 6500: Influence of age and glare: *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2007; 245(12):1805–14.
38. Bühren J, Terzi E, Bach M, Wesemann W, Kohnen T. Measuring contrast sensitivity under different lighting conditions: comparison of three tests. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry* 2006; 83(5):290–8.
39. Hertenstein H, Bach M, Gross NJ, Beisse F. Marked dissociation of photopic and mesopic contrast sensitivity even in normal observers. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie* 2015; 254(2):373–84.
40. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft e.V. Stellungnahme der Verkehrskommission der DOG zum photopischen Kontrastsehen; 2015.
41. Puell MC, Palomo C, Sánchez-Ramos C, Villena C. Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie* 2004; 242(9):755–61.
42. Harrison JM, Applegate RA, Yates JT, Ballentine C. Contrast sensitivity and disability glare in the middle years. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision* 1993; 10(8):1849–55.
43. Darius S, Rößler T, Schenk D, Böckelmann I. Beurteilung der Kontrastempfindlichkeit - Ein Methodenvergleich. *Praktische Arbeitsmedizin* 2011:28–31.
44. Gruber N, Mosimann UP, Müri RM, Nef T. Vision and night driving abilities of elderly

- drivers. *Traffic injury prevention* 2013; 14(5):477–85.
45. Hiraoka T, Hoshi S, Okamoto Y, Okamoto F, Oshika T. Mesopic functional visual acuity in normal subjects. *PLoS ONE* 2015; 10(7).
 46. Wilhelm H, Hofmann D, Roelcke S, Quast R. Experience in contrast vision testing. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2011; 228(11):967–70.
 47. Koefoed VF, Baste V, Roumes C, Høvding G. Contrast sensitivity measured by two different test methods in healthy, young adults with normal visual acuity. *Acta ophthalmologica* 2015; 93(2):154–61.
 48. Ortiz C, Castro JJ, Alarcón A, Soler M, Anera RG. Quantifying age-related differences in visual-discrimination capacity: Drivers with and without visual impairment. *Applied Ergonomics* 2013; 44(4):523–31.
 49. Wood JM, Mallon K. Comparison of driving performance of young and old drivers (with and without visual impairment) measured during in-traffic conditions. *Optometry and Vision Science* 2001; 78(5):343–9.
 50. Charman WN. Vision and driving - A literature review and commentary. *Ophthalmic and Physiological Optics* 1997; 17(5):371–91.
 51. Bruhn C. Fahrtauglichkeit im Alter und bei Demenz; 2010. Available from:
URL:<https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2010/daz-44-2010/fahrtauglichkeit-im-alter-und-bei-demenz>.
 52. van Rijn LJ, Wilhelm H, Emesz M, Kaper R, Heine S, Nitsch S, Grabner G, Völker-Dieben HJ. Relation between perceived driving disability and scores of vision screening tests. *British Journal of Ophthalmology* 2002; 86(11):1262–4.
 53. van Rijn LJ, Nischler C, Michael R, Heine C, Coeckelbergh T, Wilhelm H, Grabner G, Barraquer RI, van Den Berg TJTP. Prevalence of impairment of visual function in European drivers. *Acta Ophthalmologica* 2011; 89(2):124–31.
 54. Owsley C, Stalvey B, Wells J, Sloane ME. Older drivers and cataract: Driving habits and crash risk. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences* 1999; 54(4):M203-M211.
 55. Owsley C, Stalvey BT, Wells J, Sloane ME, McGwin Jr. G. Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract. *Archives of Ophthalmology* 2001; 119(6):881–7.
 56. Rassow B. Effect of luminance on contrast sensitivity and glare in the mesopic range. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 1999; 214(6):401–6.
 57. Huang Y, Menozzi M. Method for assessing contrast performance under lighting conditions such as entering a tunnel on sunny day. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2015; 232(4):477–81.
 58. Naycheva L. Untersuchung des Kontrastsehens: Welches Verfahren ist am besten geeignet?:

Dissertation: Universität Tübingen; 2012.

59. Wilhelm H, Peters T, Durst W, Roelcke S, Quast R, Hütten M, Wilhelm B. Untersuchung des Dämmerungs- und Kontrastsehens nach Fahrerlaubnisverordnung: Welche Grenzwerte, welche Verfahren sind geeignet? Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 2013; 230(11):1106–13.
60. Bach M, Wesemann W, Kolling G, Bühren J, Krastel H, Schiefer U. Photopisches Kontrastsehen - Örtliche Kontrastempfindlichkeit. Der Ophthalmologe 2008; 105(1):46–59.

Anhang

Anhangsverzeichnis

A	Votum der Ethikkommission.....	XVII
B	Fragebogen zu den soziodemographischen Daten und Einflussfaktoren.....	XIX
C	Auswertung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit.....	XXI
D	Methodik.....	XXII
E	Ergebnisse.....	XXV
	E.1 Tabellen.....	XXV
	E.2 Abbildungen.....	XXXII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Testblätter Kontrast 1 und Kontrast 2 (Rodatest 302, Vistec AG).....	XXII
Abbildung 2: Vistech-Tafel (Vistech Consultants, Incorporation).....	XXIII
Abbildung 3: Auswertungsbogen Vistech-Tafel (Vistech Consultants, Incorporation).....	XXIII
Abbildung 4: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (monokular rechts; ohne Blendung)...	XXXII
Abbildung 5: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (monokular links; ohne Blendung)....	XXXII
Abbildung 6: Rodatest: Kontrastwerte der Kataraktgruppe beim Visus 0,25 (monokular links)	XXXII
Abbildung 7: Rodatest: Boxplot beim Visus 0,4 (binokular; ohne Blendung).....	XXXIII
Abbildung 8: Rodatest: Boxplot beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung).....	XXXIII
Abbildung 9: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung).....	XXXIV
Abbildung 10: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (monokular links; ohne Blendung).....	XXXIV
Abbildung 11: Vistech: Gesamtscore (monokular rechts).....	XXXIV
Abbildung 12: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 2 (monokular rechts; mit Blendung).....	XXXIV
Abbildung 13: Vistech: Gesamtscore (binokular).....	XXXV
Abbildung 14: Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Ortsfrequenz = 18 cpd).....	XXXV
Abbildung 15: Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Ortsfrequenz = 6 cpd).....	XXXV
Abbildung 16: Vistech: Erfolgsquote (monokular links; Ortsfrequenz = 6 cpd).....	XXXV
Abbildung 17: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular rechts; ohne Blendung).....	XXXVI
Abbildung 18: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (binokular; ohne Blendung).....	XXXVI

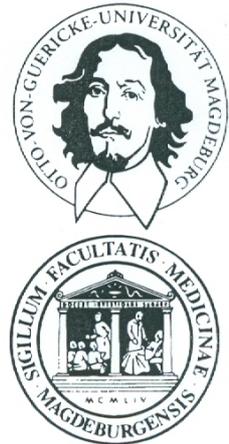
Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabelle zur Auswertung der Vistech-Tafel.....	XXIV
Tabelle 2: Stichprobenanzahl nach Anwendung der Ausschlusskriterien.....	XXV
Tabelle 3: Rodatest: p-Werte für den Messwertvergleich ohne/mit Blendung.....	XXV
Tabelle 4: Rodatest: Messwertvergleich Gruppe 1 und 2.....	XXVI
Tabelle 5: Rodatest: Messwertvergleich Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXVI
Tabelle 6: Rodatest: p-Werte (Chi-Quadrat-Test) für Gruppe 1 und 2.....	XXVII
Tabelle 7: Rodatest: p-Werte (Chi-Quadrat-Test) für Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXVII
Tabelle 8: Vistech-Tafel: U-Test Gruppe 1 und 2.....	XXVII
Tabelle 9: Vistech-Tafel: U-Test Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXVII
Tabelle 10: Vistech-Tafel: p-Werte Häufigkeitsvergleich Gruppe 1 und 2.....	XXVIII
Tabelle 11: Vistech-Tafel: p-Werte Häufigkeitsvergleich Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXVIII
Tabelle 12: Mesotest: p-Werte Messwertvergleich ohne/mit Blendung.....	XXVIII
Tabelle 13: Mesotest: U-Test und Chi-Quadrat-Test (Teilttest) Gruppe 1 und 2.....	XXVIII
Tabelle 14: Mesotest: U-Test und Chi-Quadrat-Test (Teilttest) Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXIX
Tabelle 15: Mesotest: Chi-Quadrat-Test (Gesamttest) Gruppe 1 und 2.....	XXIX
Tabelle 16: Mesotest: Chi-Quadrat-Test (Gesamttest) Gruppe 2 und Kataraktgruppe.....	XXIX
Tabelle 17: Korrelation; relativer Score (Fragebogen) und Visus.....	XXIX
Tabelle 18: Korrelation; Kontrastwerte (Rodatest) und relativer Score (Fragebogen).....	XXX
Tabelle 19: Korrelation; Werte (Vistech-Tafel) und relativer Score (Fragebogen).....	XXX
Tabelle 20: Korrelation; Kontrastwerte (Mesotest) und relativer Score (Fragebogen).....	XXXI

A Votum der Ethikkommission

OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG Ethik-Kommission

der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät
und am Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.
Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. med. C. Huth



Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • D-39120 Magdeburg

Frau PD Dr. med. Irina Böckelmann
Bereich Arbeitsmedizin
Medizinische Fakultät, Otto-von-Guericke-Universität
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Tel.
(0391) 67/14314
67/14344

Fax
(0391) 67/14354
67/290185

eMail
norbert.beck@med.ovgu.de
ethikkommission@ovgu.de

Datum

23.12.2011

Unser Zeichen: 146/11

Studie „Kontrast- und Dämmerungssehen“

Sehr geehrte Frau PD Böckelmann,

die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, dass gegen die Durchführung keine ethischen Bedenken bestehen. Diese **zustimmende Bewertung** ergeht unter dem Vorbehalt gleichbleibender Gegebenheiten.

Die Verantwortlichkeit des jeweiligen Prüfungswissenschaftlers / behandelnden Prüfarztes bleibt in vollem Umfang erhalten und wird durch diese Entscheidung nicht berührt. Alle zivil- oder haftungsrechtlichen Folgen, die sich ergeben könnten, verbleiben uneingeschränkt beim Projektleiter und seinen Mitarbeitern.

Beim Monitoring sind die Bestimmungen des Bundes- und Landesdatenschutzgesetzes sowie die sich aus der ärztlichen Schweigepflicht ergebenden Einschränkungen zu beachten, was eine Aushändigung kompletter Patientenakten zum Monitoring ausschließt. Ein Monitoring personen- und studienbezogener Daten wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Um die Übersendung von studienbezogenen Jahresberichten / Abschlussberichten / Publikationen wird unter Nennung unserer Registrationsnummer gebeten.

Mit freundlichen Grüßen


(i. A. Dr. med. Norbert Beck, Geschäftsführer)
Prof. Dr. med. C. Huth
Vorsitzender der Ethik-Kommission

Ethik - Kommission
der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät
und am Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.
Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. med. C. Huth

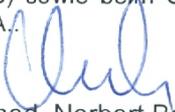
Anlage zum Votum der Studie 146/11 vom 23.12.2011

Zum Zeitpunkt der Bewertung der vorstehenden Studie waren folgende Damen und Herren Mitglied der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg:

Herr Prof. Dr. med. Norbert Bannert	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Pädiater
Frau Prof. Dr. phil. Eva Brinkschulte	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Bereich Geschichte, Ethik und Theorie der Medizin
Herr Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen	Fakultät für Elektrotechnik und Informations- technik, Institut für Automatisierungstechnik
Herr Prof. Dr. med. Thomas Fischer	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Universitätsklinik für Hämatologie und Onkologie
Herr Prof. Dr. med. Christof Huth	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Universitätsklinik für Herz- und Thoraxchirurgie
Frau Assessorin Ute Klanten	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Stabsstelle Recht
Herr OA Dr. med. Werner Kuchheuser	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Institut für Rechtsmedizin
Herr Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Läuter	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Mathematiker, Biometriker
Herr Prof. Dr. phil. Georg Lohmann	Fakultät Geistes-, Sozial- und Erziehungs- wissenschaften, Institut für Philosophie
Herr Prof. Dr. med. Frank Peter Meyer	Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Klinischer Pharmakologe

Mitglieder der Ethik-Kommission, die in eine Studie eingebunden sind, haben für die Votierung der betreffenden Studie kein Stimmrecht.

Die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg ist unter Beachtung entsprechender internationaler Richtlinien (ICH, GCP) und nationaler Richtlinien (AMG, GCP-V, MPG, MPKPV) tätig, nach Landesrecht (Hochschulmedizingesetz des Landes Sachsen-Anhalt § 1 Abs. 4, Verordnung über Ethik-Kommissionen zur Bewertung klinischer Prüfungen von Arzneimitteln - Ethik-Kom-VO LSA - i. d. akt. Fassung) legitimiert. Weiterhin besteht eine Registrierung der Ethik-Kommission beim Bundesamt für Strahlenschutz nach § 28g Röntgenverordnung (EK-043/R) und § 92 Strahlenschutzverordnung (EK-046/S) sowie beim Office for Human Research Protections, reg. no. IRB00006099, Rockville, MD, U.S.A..


Dr. med. Norbert Beck
Geschäftsführer der Ethik-Kommission

B Fragebogen zu den soziodemographischen Daten und Einflussfaktoren

Studie: „Kontrast- und Dämmerungssehen“

Untersucher: _____

Name, Vorname: _____

Probandennummer: _____

Geschlecht: weiblich männlich

geb. am: _____ **Alter:** _____

Datum / Uhrzeit der Untersuchung: _____

Beruf / Lösemittelkontakt: _____

Wielange? _____

Diabetes mellitus: ja nein

arterielle Hypertonie: ja nein

Alkoholkonsum, Rauch- oder andere spezielle Gewohnheiten etc.?

Raucher ja nein nicht mehr

▶ _____ Zigaretten, Wie oft?: _____

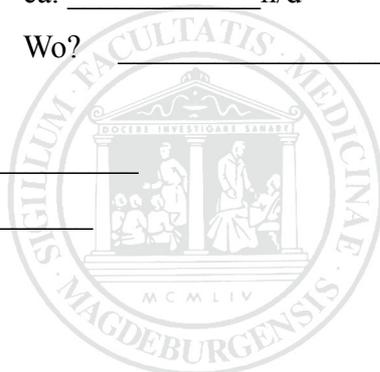
▶ Passivraucher? ja ca. _____ h/d

Wo? _____

nein

▶ Seit wann aufgehört? _____

▶ Wielange geraucht? _____



► Wieviel geraucht? _____

Zigaretten/d

Zusammenleben mit rauchendem Partner ja nein

Berufsabhängige Exposition am Arbeitsplatz wie z. B. bei Kellnern/Gastwirten

ja nein

Anzahl Raucher im Haushalt _____

Anzahl der durchschnittlich gerauchten Zigaretten, Zigarren, Pfeifen im Haushalt _____

Anzahl der Raucher am Arbeitsplatz (in geschlossenen Räumen) _____

Aufenthalt an Orten, wo geraucht wird _____

Alkoholkonsum der letzten 12 Monaten:

	täglich	3-4x pro Woche	1-2x pro Woche	ca. 1x im Monat	seltener oder nie
Bier	<input type="checkbox"/>				
Wein/Sekt	<input type="checkbox"/>				
Spirituosen	<input type="checkbox"/>				

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

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

Wieviel Spirituosen (2 cl) pro Trinksituation? _____ Glas

Augenerkrankungen/-operationen: ja nein

► Falls ja, welche _____

C Auswertung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der Sehfähigkeit

Meinen Sie, alles scharf sehen zu können?	Immer <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	
Können Sie in der Dämmerung alles noch gut erkennen (z. B. beim Autofahren abends)?	Immer <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	
Hatten Sie in den letzten 3 Monaten Probleme beim Autofahren im Regen?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Ich fahre nicht bei Regen selbst <input type="checkbox"/>
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Schwierigkeiten beim Fahren bei Nacht?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Ich fahre in der Nacht nicht <input type="checkbox"/>
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Schwierigkeiten beim Erkennen von Straßenschildern bei Nacht?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Ich fahre in der Nacht nicht <input type="checkbox"/>
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Schwierigkeiten durch das Blendlicht von entgegenkommenden Autos?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Ich fahre in der Nacht nicht <input type="checkbox"/>
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Schwierigkeiten beim Lesen der Zeitung oder einer Zeitschrift bemerkt?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	Ich lese keine Zeitung/Zeitschriften <input type="checkbox"/>
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Sehschwankungen oder verschwommenes Sehen bemerkt?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	
Haben Sie in den letzten 3 Monaten Probleme beim Treppen steigen oder bei Bordsteinkanten bemerkt?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	
Haben Sie in den letzten 3 Monaten gemerkt, ob Ihnen das Betreten von dunklen Räumen aus einer zuvor hellen Umgebung Probleme verursacht?	Immer <input type="checkbox"/> (1 Pkt.)	Oft <input type="checkbox"/> (2 Pkt.)	Gelegentlich <input type="checkbox"/> (3 Pkt.)	Selten <input type="checkbox"/> (4 Pkt.)	Nie <input type="checkbox"/> (5 Pkt.)	

Sehtest Kontrast 1 (Rodatest 302)

Sehtest Kontrast 2 (Rodatest 302)

ohne Blendung (Kontrastempfindlichkeit)

ohne Blendung (Kontrastempfindlichkeit)

mit Blendung (Blendempfindlichkeit)

mit Blendung (Blendempfindlichkeit)

Blendung

Kontrast			
2,5%	5%	10%	20%
0,15	X		
0,25		X	
0,40			X

Modifikation 08 erlaubt?

ja nein

Blendung

Kontrast			
2,5%	5%	10%	20%
0,15	X		
0,25		X	
0,40			X

Modifikation 10 erlaubt?

ja nein

Abbildung 1: Testblätter Kontrast 1 und Kontrast 2 (Rodatest 302, Vistec AG)

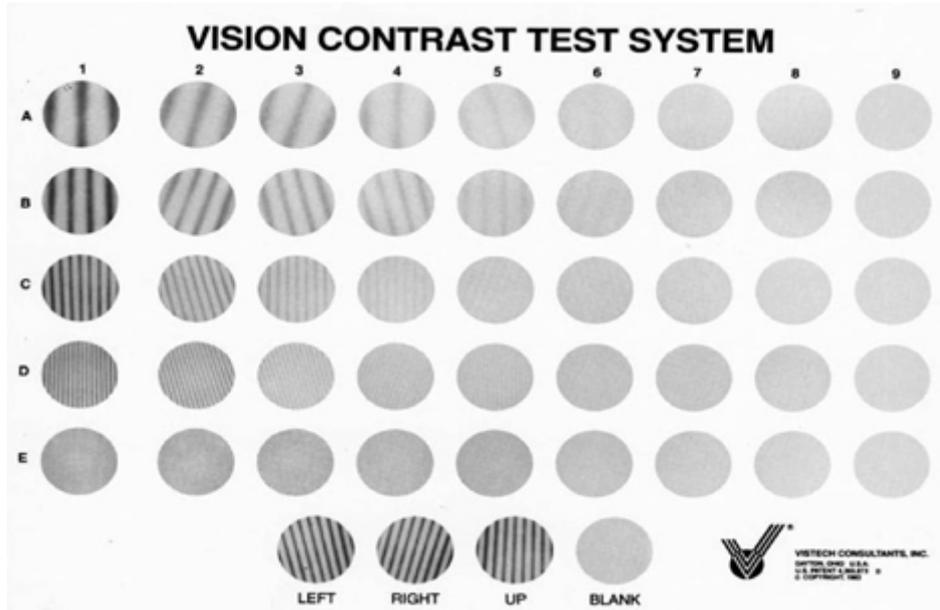


Abbildung 2: Vistech-Tafel (Vistech Consultants, Incorporation)

VCI Contrast Sensivity Evaluation Form

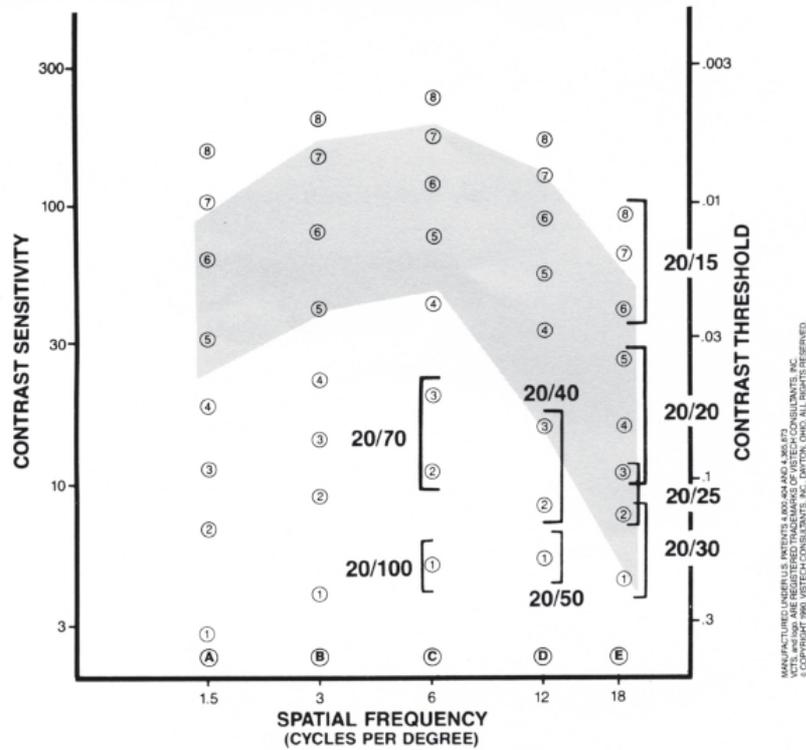


Abbildung 3: Auswertungsbogen Vistech-Tafel (Vistech Consultants, Incorporation)

Tabelle 1: Tabelle zur Auswertung der Vistech-Tafel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A (1,5)	U 3	U 7	L 12	R 20	U 35	L 70	L 120	L 170	B
B (3)	U 4	L 9	R 15	U 24	R 44	L 85	U 170	U 220	B
C (6)	U 5	L 11	U 21	R 45	L 70	R 125	U 185	R 260	B
D (12)	U 5	U 8	U 15	R 32	R 55	L 88	U 125	L 170	B
E (18)	U 4	R 7	U 10	L 15	R 26	U 40	R 65	R 90	B

E Ergebnisse

E.1 Tabellen

Tabelle 2: Stichprobenanzahl nach Anwendung der Ausschlusskriterien

		Ausschlusskriterium			
		<i>Nahvisus unter 0,63</i>		<i>Fernvisus unter 0,63</i>	
		Stichprobenanzahl			
		<i>ausgeschlossen</i>	<i>verbleibend</i>	<i>ausgeschlossen</i>	<i>verbleibend</i>
unter 45-Jährige	monokular rechts	1	32	2	31
	monokular links	1	32	4	29
	binokular	-	33	-	33
über 45-Jährige	monokular rechts	10	23	4	29
	monokular links	10	23	9	24
	binokular	6	27	2	31
Katarakt	monokular rechts	28	13	27	14
	monokular links	13	12	13	12
	binokular	9	15	6	18

Tabelle 3: Rodatest: p-Werte für den Messwertvergleich ohne/mit Blendung

		Visus	p (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)
unter 45-Jährige	monokular rechts	0,16	0,680
		0,25	0,364
		0,4	0,381
	monokular links	0,16	0,204
		0,25	0,126
		0,4	0,134
	binokular	0,16	0,670
		0,25	1,000
		0,4	0,739
über 45-Jährige	monokular rechts	0,16	0,739
		0,25	0,915
		0,4	0,242
	monokular links	0,16	0,066
		0,25	0,679
		0,4	0,404
	binokular	0,16	0,891
		0,25	0,016 *
		0,4	0,017 *

Katarakt	monokular rechts	0,16	0,044 *
		0,25	0,461
		0,4	0,041 *
	monokular links	0,16	0,141
		0,25	0,042 *
		0,4	0,216
	binokular	0,16	0,465
		0,25	0,046 *
		0,4	0,066

Tabelle 4: Rodatest: Messwertvergleich Gruppe 1 und 2

	Visus	p (Mann-Whitney-Test)	
		ohne Blendung	mit Blendung
monokular rechts	0,16	0,022 *	0,012 *
	0,25	0,022 *	0,008 **
	0,4	0,042 *	0,004 **
monokular links	0,16	0,006 *	0,003 **
	0,25	0,036 *	0,005 **
	0,4	0,100	0,023 *
binokular	0,16	0,001 **	< 0,001 ***
	0,25	0,010 *	0,102
	0,4	0,001 **	0,014 *

Tabelle 5: Rodatest: Messwertvergleich Gruppe 2 und Kataraktgruppe

	Visus	p (Mann-Whitney-Test)	
		ohne Blendung	mit Blendung
monokular rechts	0,16	0,955	0,100
	0,25	0,552	0,296
	0,4	0,845	0,202
monokular links	0,16	0,099	0,062
	0,25	0,526	0,141
	0,4	0,572	0,107
binokular	0,16	0,021 *	0,003 **
	0,25	0,042 *	< 0,001 ***
	0,4	0,033 *	< 0,001 ***

Tabelle 6: Rodatest: p-Werte (Chi-Quadrat-Test) für Gruppe 1 und 2

		p (Chi-Quadrat-Test)	
		Kontrast 1	Kontrast 2
monokular rechts	ohne Blendung	0,026 *	0,200
	mit Blendung	0,033 *	0,387
monokular links	ohne Blendung	0,004 **	0,198
	mit Blendung	0,002 **	0,667
binokular	ohne Blendung	< 0,001 ***	0,112
	mit Blendung	0,012 *	0,265

Tabelle 7: Rodatest: p-Werte (Chi-Quadrat-Test) für Gruppe 2 und Kataraktgruppe

		p (Chi-Quadrat-Test)	
		Kontrast 1	Kontrast 2
monokular rechts	ohne Blendung	0,841	0,548
	mit Blendung	0,644	0,009 **
monokular links	ohne Blendung	0,678	0,061
	mit Blendung	0,957	0,005 **
binokular	ohne Blendung	0,071	0,031 *
	mit Blendung	0,026 *	0,002 **

Tabelle 8: Vistech-Tafel: U-Test Gruppe 1 und 2

	p-Wert (Mann-Whitney-Test)					Gesamt-score
	OF [cpd]					
	1,5	3	6	12	18	
monokular rechts	0,008 **	0,013 *	0,033 *	0,008 **	0,006 **	0,001 **
monokular links	0,508	0,001 **	0,076	0,010 *	0,033 *	0,009 **
binokular	0,280	0,515	0,393	0,015 *	0,004 **	0,013 *

Tabelle 9: Vistech-Tafel: U-Test Gruppe 2 und Kataraktgruppe

	p-Wert (Mann-Whitney-Test)					Gesamt-score
	OF [cpd]					
	1,5	3	6	12	18	
monokular rechts	0,488	0,672	0,030 *	0,100	0,129	0,077
monokular links	0,149	0,032 *	0,001 **	0,002 **	0,009 **	0,002 **
binokular	0,045 *	0,006 **	0,001 **	< 0,001 ***	< 0,001 ***	< 0,001 ***

Tabelle 10: Vistech-Tafel: p-Werte Häufigkeitsvergleich Gruppe 1 und 2

	p (Chi-Quadrat-Test)					
	p (gesamt)	Ortsfrequenz [cpd]				
		1,5	3	6	12	18
monokular rechts	0,039 *	0,586	-	0,101	0,139	0,007 **
monokular links	0,051	0,214	0,267	0,488	0,487	0,170
binokular	0,037 *	0,298	-	0,033 *	0,138	0,108

Tabelle 11: Vistech-Tafel: p-Werte Häufigkeitsvergleich Gruppe 2 und Kataraktgruppe

	p (Chi-Quadrat-Test)					
	p (gesamt)	Ortsfrequenz [cpd]				
		1,5	3	6	12	18
monokular rechts	0,031 *	0,326	-	0,007 **	0,965	0,329
monokular links	0,031 *	0,733	0,607	0,004 **	0,047 *	0,031 *
binokular	< 0,001 ***	0,098	0,185	0,001 **	0,104	0,001 **

Tabelle 12: Mesotest: p-Werte Messwertvergleich ohne/mit Blendung

		p (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)
unter 45-Jährige	monokular rechts	0,125
	monokular links	0,001 **
	binokular	0,246
über 45-Jährige	monokular rechts	0,001 **
	monokular links	< 0,001 ***
	binokular	0,034 *
Katarakt	monokular rechts	0,027 *
	monokular links	0,017 *
	binokular	0,893

Tabelle 13: Mesotest: U-Test und Chi-Quadrat-Test (Teilttest) Gruppe 1 und 2

		p (Mann-Whitney-Test)	p (Chi-Quadrat-Test)
monokular rechts	ohne Blendung	0,016 *	0,009 **
	mit Blendung	< 0,001 ***	< 0,001 ***
monokular links	ohne Blendung	0,463	0,387
	mit Blendung	0,041 *	0,102
binokular	ohne Blendung	0,003 **	0,047 *
	mit Blendung	0,007 **	0,296

Tabelle 14: Mesotest: U-Test und Chi-Quadrat-Test (Teilttest) Gruppe 2 und Kataraktgruppe

		p (Mann-Whitney-Test)	p (Chi-Quadrat-Test)
monokular rechts	ohne Blendung	0,166	0,298
	mit Blendung	0,887	0,282
monokular links	ohne Blendung	0,003 **	0,018 *
	mit Blendung	0,024 *	0,007 **
binokular	ohne Blendung	0,037 *	0,654
	mit Blendung	0,003 **	0,195

Tabelle 15: Mesotest: Chi-Quadrat-Test (Gesamttest) Gruppe 1 und 2

	p (Chi-Quadrat-Test)
monokular rechts	< 0,001 ***
monokular links	0,087
binokular	0,012 *

Tabelle 16: Mesotest: Chi-Quadrat-Test (Gesamttest) Gruppe 2 und Kataraktgruppe

	p (Chi-Quadrat-Test)
monokular rechts	0,282
monokular links	0,012 *
binokular	0,071

Tabelle 17: Korrelation; relativer Score (Fragebogen) und Visus

		relativer Score	
		Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz
Nahvisus	monokular rechts	0,003	0,978
	monokular links	0,242 *	0,037
	binokular	0,097	0,383
Fernvisus	monokular rechts	- 0,035	0,769
	monokular links	- 0,008	0,945
	binokular	0,080	0,450

Tabelle 18: Korrelation; Kontrastwerte (Rodatest) und relativer Score (Fragebogen)

Kontrastwerte (Rodatest)		Visus	relativer Score	
			Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz
monokular rechts	ohne Blendung	0,16	0,093	0,449
		0,25	0,038	0,761
		0,4	0,099	0,424
	mit Blendung	0,16	0,270 *	0,026
		0,25	0,078	0,527
		0,4	0,158	0,199
monokular links	ohne Blendung	0,16	- 0,156	0,185
		0,25	- 0,129	0,273
		0,4	- 0,190	0,105
	mit Blendung	0,16	- 0,205	0,079
		0,25	- 0,116	0,323
		0,4	- 0,126	0,284
binokular	ohne Blendung	0,16	- 0,053	0,635
		0,25	- 0,171	0,124
		0,4	- 0,093	0,404
	mit Blendung	0,16	- 0,110	0,326
		0,25	- 0,142	0,202
		0,4	- 0,110	0,327

Tabelle 19: Korrelation; Werte (Vistech-Tafel) und relativer Score (Fragebogen)

KE-Werte (Vistech-Tafel)		OF [cpd]	relativer Score	
			Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz
monokular rechts	1,5	0,118	0,318	
	3	0,085	0,472	
	6	0,238 *	0,041	
	12	0,084	0,476	
	18	0,164	0,162	
	Gesamtscore	0,197	0,093	
	monokular links	1,5	0,195	0,106
3		0,296 *	0,013	
6		0,150	0,216	
12		0,064	0,600	
18		0,266 *	0,026	
Gesamtscore		0,223	0,063	
binokular		1,5	0,074	0,491
	3	0,141	0,185	
	6	0,182	0,086	

	12	0,107	0,315
	18	0,156	0,142
	Gesamtscore	0,188	0,076

Tabelle 20: Korrelation; Kontrastwerte (Mesotest) und relativer Score (Fragebogen)

KE-Werte (Mesotest)		relativer Score	
		Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz
monokular rechts	ohne Blendung	- 0,037	0,766
	mit Blendung	- 0,089	0,470
monokular links	ohne Blendung	0,046	0,700
	mit Blendung	- 0,016	0,895
binokular	ohne Blendung	- 0,034	0,765
	mit Blendung	0,029	0,799

E.2 **Abbildungen**

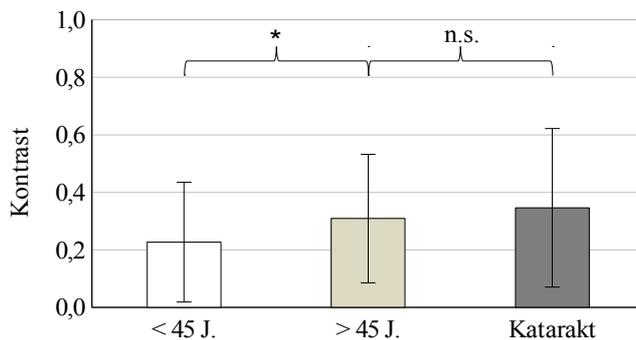


Abbildung 4: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (monokular rechts; ohne Blendung)

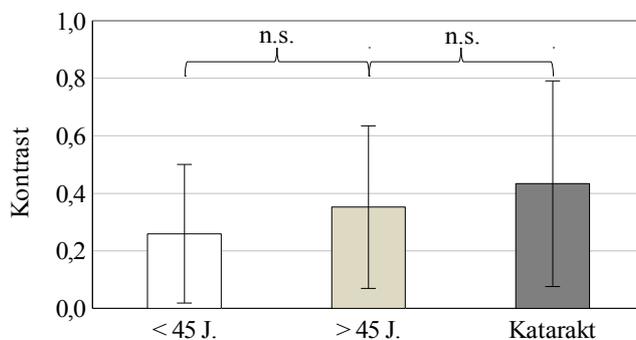


Abbildung 5: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,4 (monokular links; ohne Blendung)

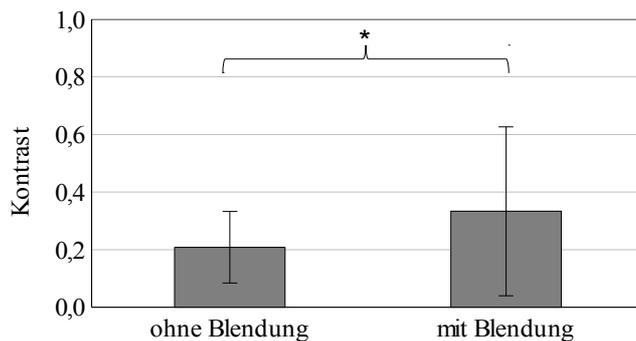


Abbildung 6: Rodatest: Kontrastwerte der Kataraktgruppe beim Visus 0,25 (monokular links)

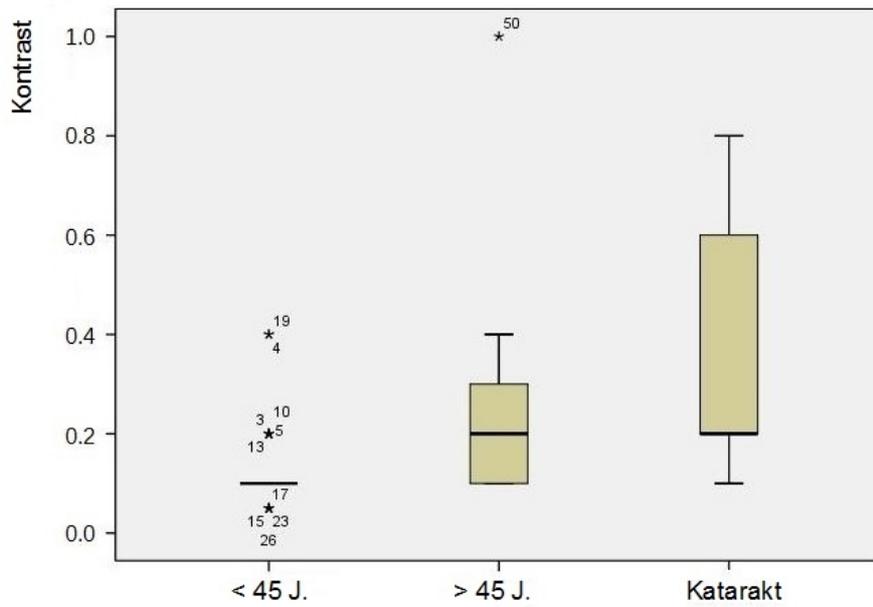


Abbildung 7: Rodatest: Boxplot beim Visus 0,4 (binokular; ohne Blendung)

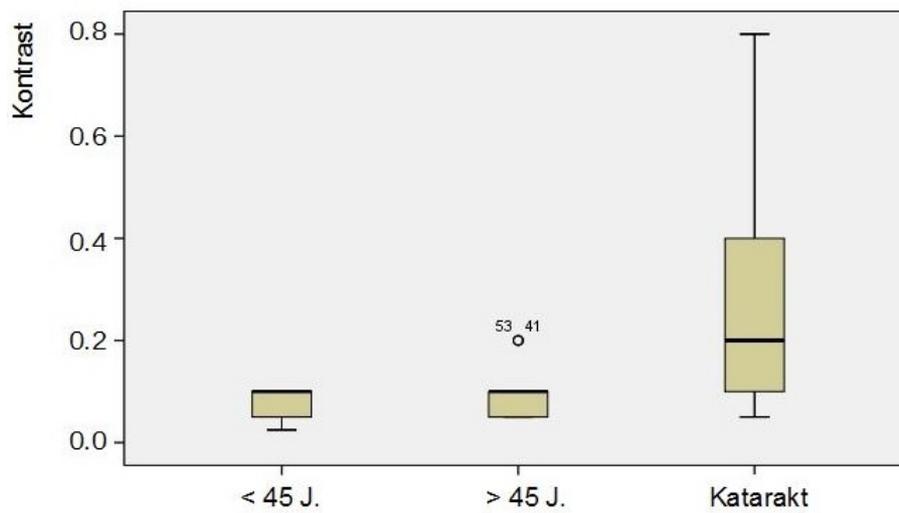


Abbildung 8: Rodatest: Boxplot beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung)

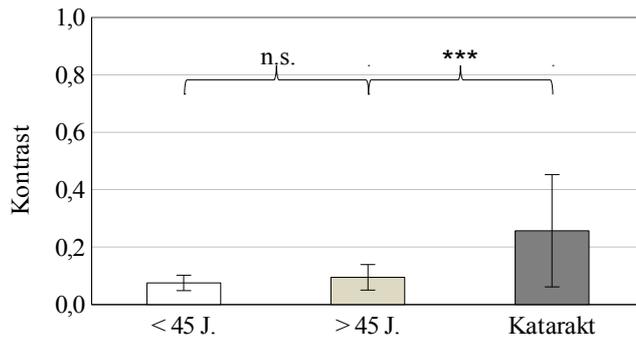


Abbildung 9: Rodatest: Kontrastwerte beim Visus 0,25 (binokular; mit Blendung)

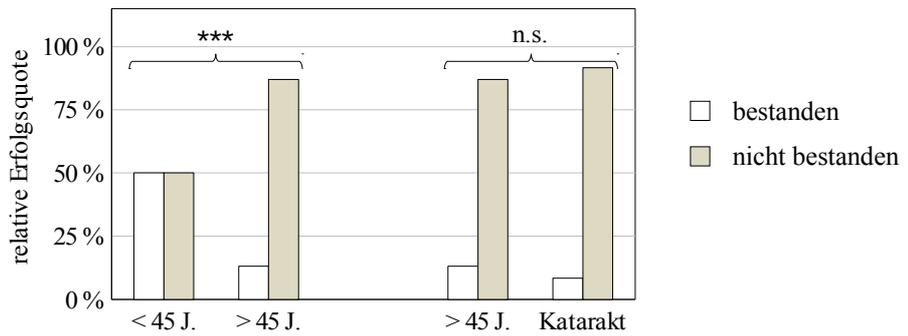


Abbildung 10: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 1 (monokular links; ohne Blendung)

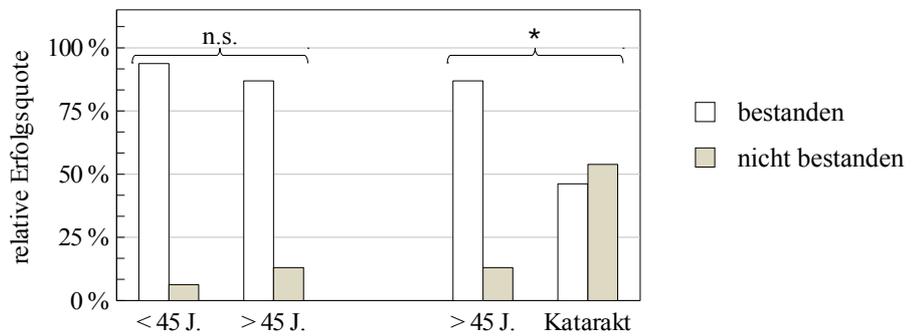


Abbildung 12: Rodatest: Erfolgsquote Kontrast 2 (monokular rechts; mit Blendung)

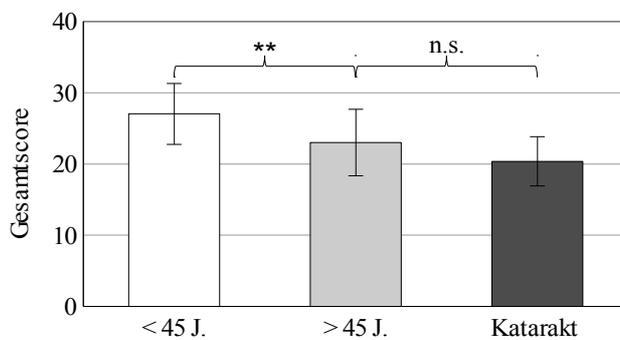


Abbildung 11: Vistech: Gesamtscore (monokular rechts)

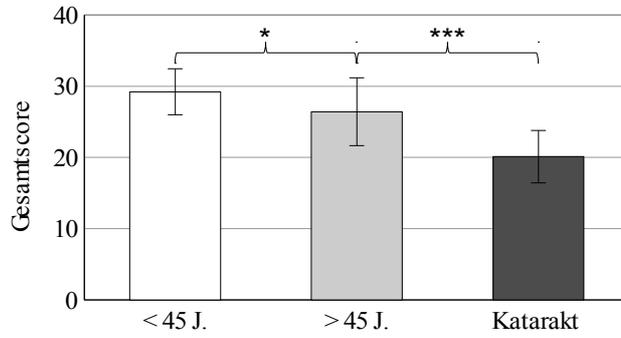


Abbildung 13: Vistech: Gesamtscore (binokular)

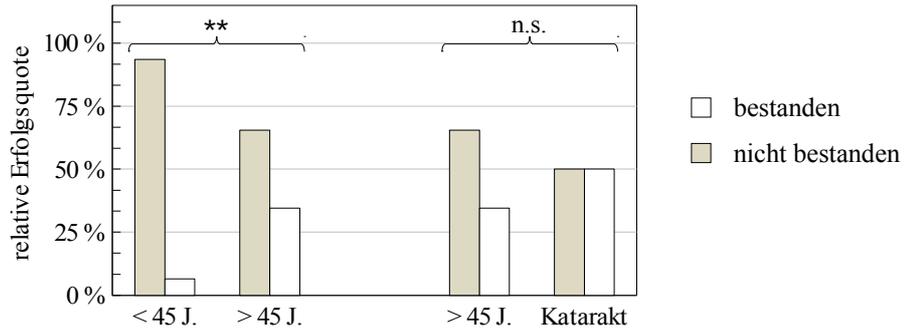


Abbildung 14: Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Ortsfrequenz = 18 cpd)

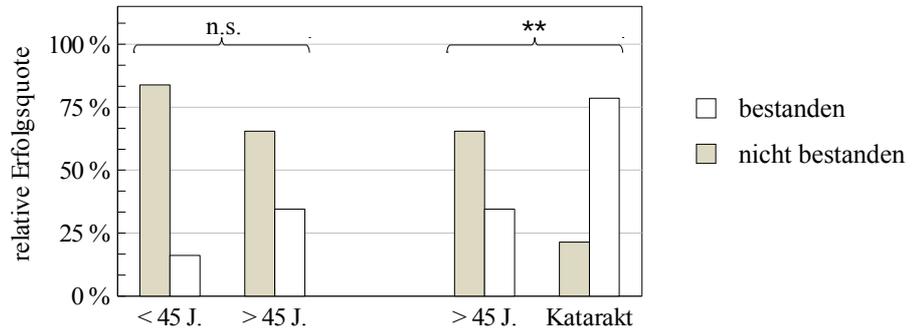


Abbildung 15: Vistech: Erfolgsquote (monokular rechts; Ortsfrequenz = 6 cpd)

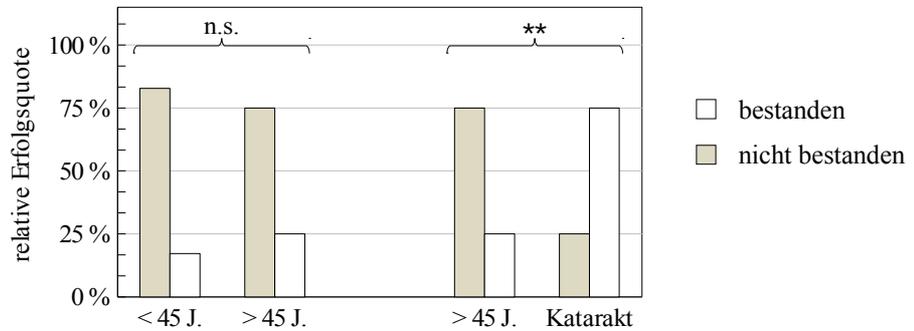


Abbildung 16: Vistech: Erfolgsquote (monokular links; Ortsfrequenz = 6 cpd)

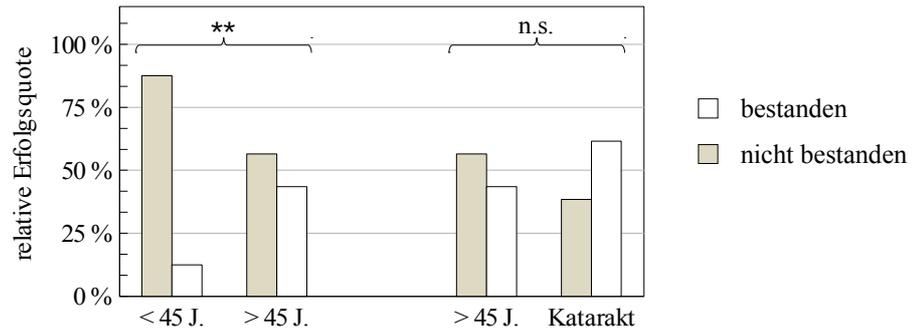


Abbildung 17: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (monokular rechts; ohne Blendung)

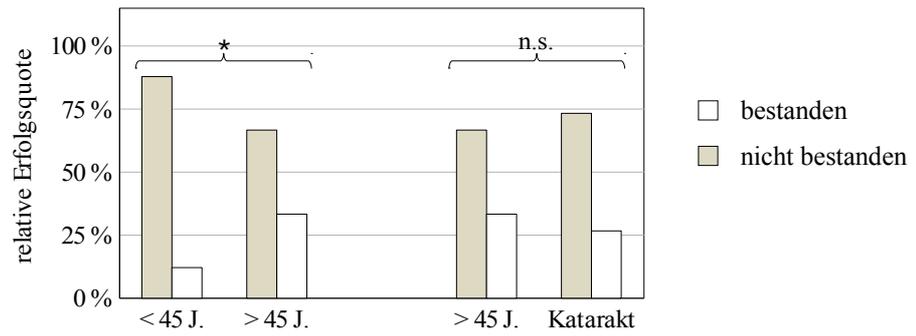


Abbildung 18: Mesotest: Erfolgsquote beim Teilttest (binokular; ohne Blendung)

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle kurz innehalten, und mich an den Anfang meiner Doktorarbeit zurück erinnern. Auch wenn Fleiß und Mühe hineinfließen, ginge es dennoch nicht ohne den zündenden Funken für die Idee dieser Arbeit. Deshalb gehört mein Dank allen vorangestellt Frau Prof. Dr. I. Böckelmann, die, auch wenn sie selbst vielerorts beschäftigt war, immer ein offenes Ohr für Fragen hatte und mir kompetent zur Seite stand. Sie war es, die es mir letztendlich ermöglichte, mein Wissen auf dem Gebiet der Arbeitsmedizin zu vertiefen, sowie das selbstständige Arbeiten unterstützte. Vielen Dank auch an die Kollegen im Institut.

Vielen Dank an meinen Ehemann Thomas, der sich so oft fragen musste, ob mein „Kopf gerade wieder im Tiefkühlfach eine Pause gemacht hatte“, als ich ihm meine geistigen Ergüsse zum Lesen gab. Mit viel Geduld durfte er dem Entstehungsprozess beiwohnen und oftmals habe ich motivierende Worte gebraucht, um weiter zu machen. Danke an meinen Sohn und meine Tochter, die mir schlafend die Mittagspause oftmals gönnten, um mich dem Schreiben, dem Erstellen von Tabellen, dem Umstellen von Tabellen und der spannenden Welt des SPSS zu widmen.

Vielen Dank an meine Schwiegereltern Frau und Herr Dres. B. und M. Reiser, die mich ebenfalls tatkräftig unterstützten, sowohl durch Hilfe bei der Rekrutierung der Probanden, als auch bei Problemen mit dem Statistikprogramm. Für die Hilfe bei der Rekrutierung der augenärztlichen Probanden möchte ich mich an dieser Stelle auch noch einmal bei Frau Dr. M. Schindler, Fachärztin für Augenheilkunde, bedanken.

Ich bedanke mich bei allen Probanden, die bereit waren, meine Studie zu unterstützen, in dem sie mir ihre kostbare Zeit für die Messungen schenkten.

Außerdem bedanke ich mich bei der Kommission zur Nachwuchsförderung der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg für das Förderstipendium im Rahmen meiner Promotionsarbeit.

Alle hier aufgeführten Personen haben dazu beigetragen, dass es hier und da schneller weiter ging, wenn es mal hier und mal da, zwickte und zwackte. Ich bedanke mich für die tolle Unterstützung!

Eidesstattliche Erklärung

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

„Einfluss des Alters und der Katarakterkrankung auf das Kontrastsehen“

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

mit Unterstützung durch Frau Prof. Dr. 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

Darstellung des Bildungsweges

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.