Neuronale Plastizität des visuellen Systems: Neurophysiologische und –psychologische Veränderungen durch Augen-Yoga bei Patienten mit Glaukomerkrankung

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

genehmigt durch die Fakultät für Naturwissenschaften der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

von	Luisa C. Fricke, M.Sc.
geb. am	08.11.1996 in Quedlinburg

Gutachter:	Prof. Dr. Bernhard A. Sabel
	Prof. Dr. Sigrid Elsenbruch

eingereicht am:	16.12.2024
verteidigt am:	29.04.2025

Das Leben ist ein rätselhaftes Geschenk.

Nur wer es [...] mit offenem Herzen annimmt,

kann sich diesem Geschenk erfreuen

und mit Glück einen Teil des Rätsels lösen.

(J. O. Pokorny, 2015)

Personenbezogene Angaben sind genderneutral zu verstehen.

Zusammenfassung

Zielsetzung: Neben anerkannten Ursachen für glaukomatösen Sehkraftverlust, wie erhöhter Augeninnendruck und Gefäßdysregulation, rückt chronischer psychischer Stress zunehmend als beitragender Faktor in den Fokus der Forschung. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob Stress sowohl als Ursache von Glaukom sowie auch im Sinne eines Sekundärphänomens in Frage kommt. Es wurde untersucht, ob Stressbewältigung durch Augenyoga (AY) inklusive Meditation, das Gesichtsfeld, die vaskuläre Regulation und die Mikrosakkadenfunktion verbessern und damit verbunden die Lebensqualität der Probanden steigern kann.

Methodik: In einer doppelblinden, kontrollierten klinischen Studie (RCT) wurden von August 2019 bis Dezember 2022 Probanden mit primärem Offenwinkelglaukom (POWG) entweder der AY-Gruppe (n = 19) oder einer aktiven Kontrollgruppe (Buchlesen, n = 18) zugewiesen. Prä- und Postmessungen umfassten perimetrische Gesichtsfelduntersuchungen und die Messung mikrosakkadischer Augenbewegungen als primäre Zielkriterien. Sekundäre Kriterien umfassten Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, dynamische Netzhautgefäßanalysen, Augeninnendruck und die Lebensqualität.

Ergebnisse: Das primäre Ergebnismaß, der mittlere Defekt des Gesichtsfelds (MD), verbesserte sich in der AY-Gruppe signifikant ($p < 0,05$) mit weniger relativen Defekten ($p < 0,05$) und einer besseren Reizdetektionsfähigkeit (absolut: $p < 0,01$; prozentual: $p < 0,05$) nach einem Monat AY. In der AY-Gruppe wurde im Gegensatz zur Kontrollgruppe eine signifikante Korrelation zwischen verbessertem MD und Verbesserungen der binokularen Mikrosakkaden ($p < 0,001$) und einer Augeninnendrucksenkung ($p = 0,05$) festgestellt. Bei den sekundären Resultaten zeigten die AY-Teilnehmer eine signifikant bessere Sehschärfe im Nahbereich ($p < 0,05$), einen erhöhten Netzhautgefäßdurchmesser ($p < 0,05$), ein verbessertes emotionales Wohlbefinden ($p < 0,05$) sowie geringere Reizbarkeit ($p < 0,05$). Die Abnahme des Augeninnendrucks war in beiden Gruppen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Schlussfolgerung: Augenyoga stellte sich als sichere, kostengünstige Entspannungsmethode heraus, die das Gesichtsfeld in Korrelation mit verbesserten binokularen Augenbewegungen optimiert. Nach 30 Tagen AY-Übungen wurden zudem Verbesserungen der Gefäßfunktion und der subjektiven Lebensqualität festgestellt. Da durch Stressreduktion mittels AY und Meditation ein Rückgang der Symptomatik erzielt werden konnte, scheinen die Ergebnisse die These zu untermauern, dass Stress im Umkehrschluss eine bedeutende Ursache bzw. einen beitragenden Faktor, für den Sehverlust bei Glaukom darstellen könnte. Umfassendere klinische Studien sind erforderlich, um diese Ergebnisse zu bestätigen, zu erweitern und zu prüfen, ob AY die Progredienz des Sehverlusts dauerhaft stoppen kann.

Abstract

Objective: Although intraocular pressure and vascular dysregulation are primary factors in vision loss from glaucoma, chronic mental stress is also suspected to contribute. This study examines whether stress results from glaucoma or if it also contributes to the condition. It was evaluated whether mitigating stress through eye yoga, which includes eye exercises and meditation, could reduce visual impairment, vascular dysregulation, microsaccade dysfunction, and thereby enhance quality of life.

Methods: In a double-blind, controlled clinical trial (RCT) conducted from August 2019 to December 2022, individuals with primary open-angle glaucoma were randomly assigned to either an eye yoga group (n = 19) or a placebo control group (book reading, n = 18). Test persons practiced twice a day for 30 days. Pre- and post-intervention assessments included measurements of visual field and microsaccadic eye movements as primary outcomes. Secondary outcomes measured visual acuity, contrast sensitivity, dynamic retinal vessel analyses, intraocular pressure, and quality of life.

Results: The primary outcome, mean deviation of the visual field (MD), showed significant improvement in the eye yoga group ($p < 0.05$), with fewer relative defects ($p < 0.05$) and better stimulus detection capability (absolute: $p < 0.01$; percentage: $p < 0.05$) after one month of eye yoga. There was a significant correlation between improved MD and intraocular pressure decrease ($p = 0.05$) as well as enhancements in binocular microsaccade (MS) proportion ($p < 0.05$) in the eye yoga group, unlike the control group. For secondary outcomes, eye yoga participants exhibited increased retinal vessel diameter ($p < 0.05$), significant better near visual acuity ($p < 0.05$)**,** and improved emotional well-being and irritability ($p < 0.05$). Decreases in intraocular pressure were observed in both groups but were not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusions: Eye yoga is a safe and cost-effective relaxation technique that enhances the visual field in correlation with improved binocular eye movements. After one month of eye yoga exercises, improvements in vascular function and subjective quality of life were also noted. These findings support the theory that stress might significantly contribute to vision loss in glaucoma. Eye yoga is recommended as a complementary, risk-free method to standard treatments. Larger clinical studies are required to confirm these results and determine if eye yoga can permanently stop the progression of vision loss.

Inhaltsverzeichnis

I Abkürzungsverzeichnis 8
II Tabellen- und Abbildungsverzeichnis 9
1. Einleitung 10
2. Stand der Forschung 13
2.1 Die Bedeutung von Stress 14
2.2 Stress und Persönlichkeit 15
2.3 Das Flammer-Syndrom 16
2.4 Physiologische Stressreaktionen 17
2.5 Folgen von chronischem Stress 18
2.6 Ursache und Konsequenz 20
2.7 Durchbrechen des Teufelskreises 23
2.8 Neuronale Plastizität des visuellen Systems 25
2.9 Reaktivierung des Sehvermögens 26
3. Anatomie und Funktionsweise des visuellen Systems 27
3.1 Das Gesichtsfeld 27
3.2 Verarbeitungspfade des visuellen Systems 27
3.3 Muskuläre Anatomie des Bulbus oculi 29
4. Fragestellung, Zielsetzung und Hypothesen 30
5. Methodik und Vorgehensweise 31
5.1 Studiendesign und Stichprobe 31
5.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien 32
5.1.2 Rekrutierungsprozess und Studienablauf 32
5.1.3 Interventions- und Kontrollbedingung 33
5.2 Operationalisierungen 35
5.2.1 Messung des Gesichtfelds 35
5.2.2 Messung der Augenbewegungen 37
5.2.3 Sehschärfe und Kontrastsensibilität 37
5.2.4 Messung der Biomarker 38
5.3 Statistische Datenauswertung 39
6. Ergebnisse 40
6.1 Primäre Zielkriterien 40
6.1.1 Gesichtsfeldmessungen 40
6.1.2 Messungen der Augenbewegungen - Mikroakkaden 42
6.2 Sekundäre Zielkriterien 45
6.2.1 Sehschärfe und Kontrastsensibilität 45

6.2.2 Biomarker 45
6.2.3 Lebensqualität – Selbstbeurteilung mittels NEI-VFQ 47
6.3 Kasuistik – Probandin „ABTM07“ 48
6.4 Hypothesenprüfung 51
7. Diskussion 54
III Literaturverzeichnis 60
IV Anhang 76
V Ehrenerklärung 82
VI Curriculum Vitae 83
VII Danksagung 84

I Abkürzungsverzeichnis

AD	Absoluter Defekt (Perimetrie)
AMD	Altersbedingte Makuladegeneration
AY	Augen-Yoga
CS	Colliculus superior
CGL	Corpus geniculatum laterale
DVA	Dynamische Gefäßanalyse (Dynamic Vessel Analyzer)
FS	Flammer-Syndrom
FU	Follow-Up Messung
GFD	Gesichtsfelddefekt
IG	Interventionsgruppe
IOD	Intraokularer Druck
KG	Kontrollgruppe
MD	Mittlerer Defekt (Perimetrie)
Mdn	Median
MS	Mikrosakkaden
MSE	Mittlere Sensitivität (Perimetrie)
MU	Measurement Unit
NEI-VFQ	National Eye Institute Visual Function Questionnaire
POWG	Primäres Offenwinkelglaukom
RCT	Randomisierte kontrollierte Studie
RD	Relativer Defekt (Perimetrie)
SAR	Systemisches Anforderungs-Resscourcen-Modell
WHO	World Health Organisation

II Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Systemisches Anforderungs-Ressourcen-Modell.....15

Abb. 2 Entwicklung allostatischer Belastung.....19

Abb. 3 Sehbahnen zwischen primärem visuellem Cortex und Augen.....28

Abb. 4 Äußere Augenmuskelstränge.....29

Abb. 5 Funktion der Augenmuskeln.....29

Abb. 6 Flussdiagramm des Studienprozesses.....33

Abb. 7 Augen-Yoga Bewegungsablauf.....34

Abb. 8 Beispielbefund der Oculus Twinfield® Perimetrie.....36

Abb. 9 Beispielbefund der High-Resolution-Perimetrie.....36

Abb. 10 Fallbeispiel Verbesserung des Gesichtsfeldausfalls, AY-Gruppe.....41

Abb. 11 Veränderungen des psychischen Befindens.....47

Abb. 12 Prä-Post-Vergleich des Gesichtsfelddefekts, Proband „ABTM07“.....49

Abb. 13 Gefäßanalyse des Probanden „ABTM07“.....50

Tabelle 1 Stichprobenmerkmale.....31

Tabelle 2 Veränderungen des Gefäßdurchmessers der 3. arteriellen Verzweigung.....46

1. Einleitung

Der Verlust des Sehvermögens ist eine der am meisten gefürchteten Erkrankungen weltweit, da es für Betroffene und deren Angehörige eine gravierende Veränderung der Lebensumstände bedeutet (Chu & Chan, 2022; Rokach et al., 2021; Sabel et al., 2018c).

Eine visuelle Einschränkung beeinträchtigt die Lebensqualität der Betroffenen in starkem Ausmaß, indem sie zu Gangunsicherheit, einem erhöhten Risiko für Stürze, Frakturen, und zu sozialer Isolation führen kann (Ainlay, 1988; Burton et al., 2021; Chu & Chan, 2022; Rokach et al., 2021; Sabel et al., 2018c). Zudem gehen mit einer Sehbehinderung neben alltäglichen Einschränkungen, Stürzen oder Kollisionen ebenfalls psychische Begleiterscheinungen einher, wobei insbesondere Angst und Depression eine zentrale Rolle spielen (Mabuchi et al., 2008; Skalicky & Goldberg, 2008; Sleath et al., 2006) und in ihrer Ausprägung in Korrelation mit einem geringeren Selbstwertgefühl stehen (Zapata & Pearlstein, 2022). Das Sehvermögen ist das Ergebnis hochkomplexer, physiologischer, kognitiver und neuropsychologischer Prozesse und selbst geringfügige Seheinschränkungen können zu psychischem Stress führen (Lee et al., 1997; Sabel et al., 2018a; Sabel & Lehnigk, 2021).

Weltweit leiden etwa 2,2 Milliarden Menschen unter einer Beeinträchtigung der Nah- oder Fernsicht, Sehbehinderung oder gar Blindheit (Burton et al., 2021). Laut World Health Organisation (2021) hätte bei mindestens einer Milliarde Menschen, fast der Hälfte aller Betroffenen, eine Sehbehinderung verhindert werden können. Zu den benannten Erkrankungen gehören nach Angaben der WHO (2021) unter anderem unbehandelte Brechungsfehler (88,4 Mio.), Katarakt (94 Mio.), **Glaukom** (7,7 Mio.) oder Hornhauttrübung (4,2 Mio.).

Zwar konnten seit 1990 insbesondere frühkindliche Fälle von Sehverlust besser behandelt, erkannt und deutlich reduziert werden (Stevens et al., 2013), jedoch ist das Risiko für chronische und altersbedingte Augenerkrankungen sowie deren Prävalenz stark angestiegen

(Bourne et al., 2013; Krumpaszky & Klauss, 1996). Durch den ansteigenden Altersdurchschnitt der Bevölkerung nimmt die Häufigkeit von Seheinschränkungen stetig zu, sodass innerhalb der letzten 15 Jahre ein Zunahme altersbedingter Augenerkrankungen um rund 34 % zu verzeichnen war (Schuster et al., 2019). Aufgrund dieser Entwicklung wird bis zum Jahr 2030 ein dramatischer Anstieg schwerer Sehbehinderungen und Blindheit prognostiziert (Finger et al., 2011), wobei Glaukom weiterhin als eine der Hauptursachen für Sehbehinderungen benannt wird (Bourne et al., 2013).

Definition von Glaukom

Das Glaukom (Grüner Star) stellt nach der altersbedingten Makuladegeneration (AMD) die weltweit zweithäufigste Ursache für schwere Seheinschränkungen bis hin zur Erblindung dar, wobei klassische medikamentöse und chirurgische Therapieverfahren die Progression oftmals nicht aufhalten können (Bertelmann & Strempel, 2016).

Bei Glaukom kann es durch erhöhten Augeninnendruck zu einer Schädigung des Sehnervs kommen (Rüfer, 2017). Von einem gesunden Augeninnendruck wird gesprochen, solange sich der Wert im Bereich von 10-20 mmHg befindet (Leydhecker, 1991). Ein leicht erhöhter Augeninnendruck reicht als Beweis für eine Glaukomerkrankung nicht aus (Leydhecker, 1991). Da jedoch ein Wert über 25 mmHg laut Leydhecker (1991) bei 99 % aller gesunden Augen nicht anzufinden ist, sei dies als Hinweis auf die Erkrankung zu deuten, sodass weitere Untersuchungen die Verdachtsdiagnose bestätigen müssen (z. B. Tagesdruckprofil, Papillenuntersuchung, Perimetrie).

Bei Glaukom tritt die Schädigung vorrangig im Bereich der Sehnervenscheibe (Papille) auf, an deren Stelle der Sehnerv in das Auge eintritt (Grehn, 2019). Die Axone der retinalen Ganglienzellen, die in die Papille eintretend bogenförmig um das Netzhautzentrum herumlaufen, werden bei der Glaukomerkrankung geschädigt (Grehn, 2019). In diesem Bereich

kann das vergleichsweise weichere Nervengewebe einem erhöhten Augeninnendruck mechanisch den geringsten Widerstand leisten.

Einen weiteren Einflussfaktor für die bei Glaukom auftretende Sehnervschädigung stellen Durchblutungsstörungen dar (Plange, 2012; Rüfer, 2017). Die mechanische (durch erhöhten Augeninnendruck) und vaskuläre Schädigung führt durch damit verbundene Nervenfaserdefekte zu korrespondierenden Gesichtsfelddefekten, die sich meist in asymmetrischer Weise in der unteren oder oberen Gesichtsfeldhälfte ausbilden (Plange, 2012).

Unterschieden werden eine Vielzahl an Varianten des Glaukoms. Die Klassifikation von Glaukomen erfolgt nach deren Anatomie, zeitlichem Auftreten, Schadensausmaß, Augendruckniveau und danach, ob es sich um eine primäre oder eine sekundäre, also begleitende Erscheinung einer anderen Grunderkrankung, handelt.

Zu den gängigen Therapiemethoden gehören derzeit lokale sowie systemische medikamentöse Augendrucksenkung, Lasertherapie (z. B. zur Verbesserung des Kammerwasserabflusses oder Ziliarkörperdestruktion) und operative Therapie (z. B. basale Iridektomie, Trabekulotomie oder Implantatchirurgie).

Stress und Glaukom

Diese Studie konzentrierte sich auf die Untersuchung von Glaukomerkrankten. Frühere Forschungsergebnisse zeigen, dass Stress sowohl als Ursache für Glaukom als auch im Sinne einer Folgeerscheinung der Erkrankung auftreten kann (Bilc et al., 2021; Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2020b). Daraus ergibt sich für Betroffene ein Teufelskreis, den es zu durchbrechen gilt (Sabel & Lehnigk, 2021). Gemäß der Theorie, dass Stressreduktion die Gesichtsfelddefekte und die vaskuläre Situation der Erkrankten verbessert (Brogan et al., 2022; Dada et al., 2018; Dada et al., 2020; Sabel & Lehnigk, 2021), kann im Umkehrschluss postuliert werden, dass Stress als eine primäre Ursache in Frage kommt.

Da für dieses Krankheitsbild im Besonderen Stress als Ursache in Frage kommt (Bilc et al., 2021; Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2020b), stellte sich die Etablierung gesunder Verhaltensgewohnheiten innerhalb dieser Gruppe aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse als bedeutsam für die Verbesserung des Krankheitsverlaufs heraus.

Die Wahl von Glaukomerkrankten als Untersuchungskohorte erfolgte gezielt, um die kausale Rolle von Stress und die Wirkung von Entspannungstherapien auf die Verhinderung der Progredienz des Glaukoms und die Wiederherstellung des Sehvermögens zu untersuchen.

Bei steigendem Altersdurchschnitt der Bevölkerung und vermehrtem Auftreten von Glaukomerkrankungen ist es von enormer Relevanz, die Komplexität des Themas zu erforschen. Im Hinblick auf stetig wachsendem Bedarf an Gesundheitsleistungen für Glaukomerkrankte sind leicht durchführbare, non-invasive Maßnahmen notwendig, um nicht nur das Gesundheitssystem zu entlasten, sondern vordergründig Betroffenen ein adäquates Behandlungsangebot mit positiver Perspektive bieten zu können.

In der vorliegenden, randomisierten, doppel-blind-kontrollierten Studie wurde Augenbewegungstraining mit kombinierter Atemmeditation, nachfolgend Augenyoga (AY) genannt, als komplementäres Mittel getestet, um ggf. zukünftig die standardmedizinische Behandlung von Glaukom mit dieser Methode zu unterstützen.

Die in dieser Studie geprüfte Intervention stellt keineswegs einen Ersatz für standardisierte Glaukomtherapien dar, sondern eine holistische Begleitmaßnahme.

2. Stand der Forschung

Die Auslöser für Glaukom sind vielfältig und können einander gegenseitig bedingen.

Der Einfluss der Psyche auf Sehbehinderungen, im Speziellen Glaukom, rückte innerhalb der letzten Jahrzehnte vermehrt in den Fokus der Forschung. Durch Werke wie

„Psychosomatik in der Augenheilkunde“ (Schultz-Zehden & Bischof, 1986) erfolgte ein großer Schritt in Richtung einer ganzheitlichen Betrachtung, sodass der Ansatz weltweit von Forschenden aufgegriffen wurde.

2.1 Die Bedeutung von Stress

Stress (lat. strictus: straff) wurde aus dem Englischen übernommen und bedeutet Belastung, Druck oder Spannung (Plaumann et al., 2006). Unter Stress wird in der Alltagstheorie eine psychosoziale Belastung verstanden, die jene Situationen einschließt, die zu Störungen, Irritationen und Angstzuständen sowie einer allgemeinen Beeinträchtigung des psychischen oder physischen Wohlbefindens beiträgt (Plaumann et al., 2006). Bei Betroffenen wird ein angespannter Zustand erzeugt, der durch Gefühle wie Angst, Ärger, Aggression, Hilflosigkeit oder gar physische Zustände wie Herzklopfen, Magenschmerzen oder Schweißausbrüche charakterisiert ist (Plaumann et al., 2006). Chronischer Stress kann zu gesundheitlichen Problemen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen und Depressionen führen (Bieliauskas, 2019; Cohen et al., 2007).

Ob eine Situation als Bedrohung wahrgenommen wird, sei es psychisch oder physisch, ist entscheidend für die physiologische und behaviorale Reaktion (McEwen, 1998). Im Falle von negativer Bewertung eines Stimulus kann es beispielsweise zu einer unmittelbaren Erhöhung des Cortisolspiegels kommen (McEwen, 1998). Abhängig von der subjektiv empfundenen Kontrollierbarkeit der Situation (Huether, 1996), vorherigen Erfahrungen und individuellen Einstellungen ergibt sich, wie jemand an neue Herausforderungen herangeht, wie das Stresserleben bewertet wird und wie stark die daraus resultierende physiologische Stressreaktion ausfällt (Cooper & Quick, 2017; Franke, 2012; Heinrichs et al., 2015; Huether, 1996; Kaluza, 2018; Lazarus & Folkman, 1984).

In dem systemischen Anforderungs-Ressourcen-Modell (SAR-Modell; Becker et al., 1994) wird davon ausgegangen, dass der Gesundheitszustand einer Person davon abhängt, wie gut interne und externe Anforderungen mittels interner und externer Ressourcen bewältigt werden können (Becker et al., 2004). Abbildung 1 verdeutlicht den interdependenten Prozess, der sich aus persönlichen Einstellungen, Erfahrungen, subjektiver Bewertung, Persönlichkeitsmerkmalen und Umweltfaktoren ergibt.

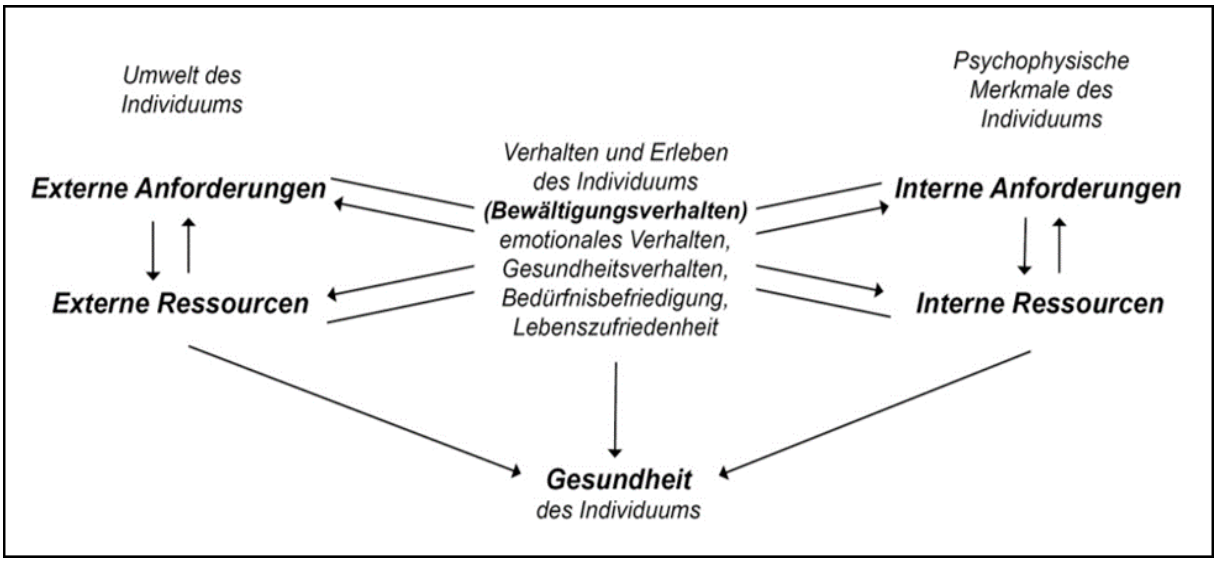

Abb. 1: Systemisches Anforderungs-Ressourcen-Modell (aus Becker et al., 1994)

2.2 Stress und Persönlichkeit

Über die Zeit stabil bleibende Persönlichkeitsmerkmale, sogenannte Traits, stellen stetige Dispositionen dar, die sich in bestimmten Reaktionen und Verhaltensweisen manifestieren (Hagemann et al., 2023). In einer Studie aus dem Jahr 2007 wiesen Glaukompatienten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe signifikant höhere Werte hinsichtlich Hypochondrie, Hysterie und allgemeiner gesundheitlicher Bedenken auf (Lim et al., 2007), wobei keine Korrelation mit der Dauer der Erkrankung oder etwaigen Operationen im Zusammenhang mit der Erkrankung festgestellt werden konnte.

Mittels des NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (Costa & McCrae, 1992) wurde ermittelt, dass Glaukompatienten im Vergleich zu Referenzprobanden signifikant höhere Neurotizismus-Werte aufweisen (Mabuchi et al., 2005). Laut Becker et al. (2004) stellt „Neurotizismus“ den relevantesten Prädiktor in Hinblick auf das persönliche Stressempfinden dar, während „Extraversion“ und „Offenheit für Erfahrung“ das Risiko für gesundheitliche Beschwerden verringern.

In einer Studie, in der die Wiederherstellung des Sehvermögens von Glaukompatienten mittels Wechselstromtherapie erfolgreich getestet wurde, hat sich ein Zusammenhang zwischen geringen Neurotizismus-Werten und stärkerer Genesung herausgestellt (Sabel et al., 2020b).

2.3 Das Flammer-Syndrom

Der Phänotyp von Menschen mit einer Prädisposition für eine veränderte Reaktion der Blutgefäße wird durch das sogenannte Flammer-Syndrom (FS) beschrieben (Konieczka & Flammer, 2016), welches mit der Glaukomerkrankung assoziiert wird (Flammer et al., 2013a; Flammer et al., 2013b; Konieczka & Flammer, 2016; Sabel et al., 2018b). Charakteristisch sind niedriger Blutdruck, ein reduziertes Durstgefühl, gehäuft unterkühlte Extremitäten und eine verstärkte Schmerzempfindlichkeit (Flammer et al. 2013b; Konieczka & Flammer, 2016; Konieczka et al., 2014b). Weitere Merkmale stellen beispielsweise ein verlängerter Blutflussstillstand in den Nagelfalzkapillaren sowie verminderte Autoregulation der okularen Durchblutung dar (Konieczka & Flammer, 2016). Zudem wird es mit okularen arteriellen und venösen Gefäßverschlüssen, Tinnitus oder gar Hörstürzen assoziiert (Konieczka & Flammer, 2016).

Betroffene des FS neigen Studien zufolge gehäuft dazu, strebsam und perfektionistisch zu sein sowie unter Grübelneigung zu leiden (Flammer et al., 2013b; Konieczka & Flammer, 2016; Sabel et al., 2018b; Saner et al., 1987).

Den genannten Symptomen des FS liegt eine **vaskuläre Dysregulation** zugrunde (Flammer et al., 2013a; Flammer et al., 2013b; Konieczka & Flammer, 2016). Die Verringerung des Blutflusses ist hierbei nicht auf das Auge beschränkt, sondern tritt ebenfalls in anderen Körperteilen auf und geht einer oxidativen/ischämischen Schädigung voraus (Flammer et al., 2002; Sabel et al., 2018b).

2.4 Physiologische Stressreaktionen

Ischämischer Stress aufgrund von verminderter Durchblutung kann zu einer verstärkten Produktion von freien Radikalen führen, wodurch oxidativer Stress entsteht (Granger & Kvietys, 2015; Turrens, 2003). Die Gefäßveränderungen, die bei Glaukomerkrankungen vorkommen, können durch oxidativen Stress verursachte Schädigungen begünstigen. Diese treten auch in Netzhautzellen auf und scheinen am neuronalen Zelltod, der bei primärem Offenwinkelglaukom (POWG) den Sehnerv betrifft, beteiligt zu sein (Izzotti et al., 2006). Da jegliche fluktuierende Durchblutung inklusive instabiler Sauerstoffversorgung oxidativen Stress fördert (Konieczka et al., 2014a), kann chronischer Stress zu Vasokonstriktion mit verringertem Blutfluss führen, wodurch die Neuronen des visuellen Systems in der Netzhaut und im Gehirn aufgrund von Sauerstoff- und Nährstoffmangel hypometabolisch werden (Sabel et al., 2011; Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2018c; Sabel et al., 2020b; Sabel & Lehnigk, 2021; Zhou & Sabel, 2023). Durch die mit vaskulärer Dysregulation einhergehende Unterversorgung von Neuronen können diese in eine Art inaktiven, „schlummernden“ Zustand geraten, in dem keine visuellen Signale mehr verarbeitet werden können (Bola et al., 2014; Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2018c; Sabel &

Lehnigk, 2021; Zhou & Sabel, 2023). Oxidative DNA-Schädigungen erwiesen sich im Augenepithel, das den Abfluss des Kammerwassers reguliert, sowie im Trabekelwerk von glaukomatösen Patienten signifikant erhöht im Vergleich zu Kontrollprobanden (Izzotti et al., 2006).

Erhöhter **Augeninnendruck** (IOD) stellt einen klinisch relevanten Mechanismus des Glaukoms dar, weshalb die derzeitige Standardbehandlung darin besteht, diesen durch Operationen oder Augentropfen zu senken. Sofern eine gestörte vaskuläre Autoregulation vorliegt, führt jede Augeninnendrucksteigerung oder Blutdruckschwankung zur Reduktion des okularen Blutflusses (Konieczka und Fränkl, 2013). Der Anstieg des intraokularen Drucks und des Schweregrads der Gesichtsfeldausfälle bei Glaukompatienten erfolgt parallel zur Menge der oxidativen DNA-Schäden (Izzotti et al., 2006).

Fallstudien zufolge bedingt akuter emotionaler Stress eine Steigerung des Augeninnendrucks und kann den Verlauf der Glaukomerkrankung stark beeinträchtigen (Gillmann et al., 2019). Werden Probanden stressauslösenden Situationen ausgesetzt, kommt es vorrübergehend, jedoch hoch signifikant zu erhöhtem Augeninnendruck (Brody et al., 1999; Jiménez & Vera, 2018), weshalb eine umgekehrte Reaktion bei der Durchführung von Entspannungsmethoden erwartbar erscheint.

2.5 Folgen von chronischem Stress

Durch psychischen Stress aktivierte physiologische Prozesse können den Körper zwar kurzfristig u. a. im Sinne verbesserter Reaktionsfähigkeit schützen, jedoch langfristig schädigen (McEwen, 1998; Selye, 1936). Unverhältnismäßig starke oder langandauernde Stressreaktionen können zu einer kumulierenden allostatischen Last führen, in einer Reihe von negativen Stoffwechselreaktionen münden (Gillmann et al., 2019) und diverse Erkrankungen begünstigen kann (Steinle, 2015).

Abbildung 2 verdeutlicht den komplexen Mechanismus, wie psychische Wahrnehmung von Stress mittels physiologischer Folgereaktionen in allostatischer Last münden kann. Durch die Interaktion von Umweltstressoren (z. B. berufliche Belastung, familiäre Gegebenheiten) und individuellen Unterschieden (Gene, Entwicklung, Erfahrungen) kann in verschiedener Weise auf äußere Einflüsse reagiert werden (McEwen, 1998). Wahrgenommener Stress, der beispielsweise Gefühle von Bedrohung oder Hilflosigkeit auslöst, führt zu physiologischen Reaktionen (z. B. Hormonfreisetzung) und Verhaltensweisen bzw. Bewältigungsstrategien, die positiv (z. B. aktive Bewegung) oder negativ (z. B. Alkohol- oder Nikotinkonsum) ausfallen können. Diese Prozesse dienen der Anpassung an den wahrgenommenen Stress, können jedoch bei chronischem Stress zu einer Überlastung des Körpers (allostatische Last) führen, was langfristig gesundheitsschädlich ist (McEwen, 1998; Selye, 1936; Bilc et al., 2021).

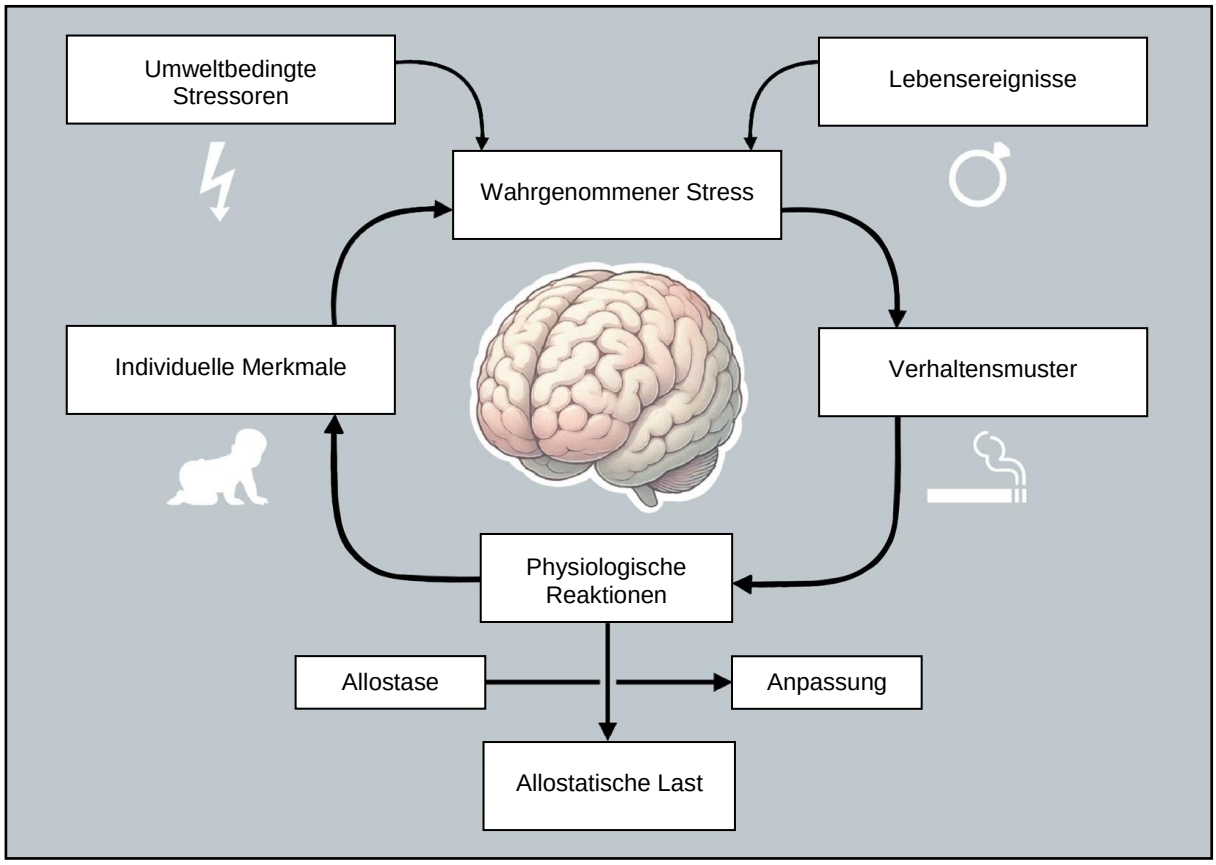

Abb. 2: Entwicklung allostatischer Belastung (angelehnt an McEwen, 1998)

Chronischer Stress beeinträchtigt die Gehirnfunktion, insbesondere im Hippocampus, der eine hohe Dichte an Cortisolrezeptoren aufweist (McEwen et al., 1986). Das Gehirn funktioniert nicht nur reaktiv infolge von Stressoren, sondern vermag aufgrund vorangegangener Erfahrung prädiktive/präventive Regulierungen vorzunehmen und bereits in Erwartungshaltung zu agieren (Sterling, 2015). Mit Blick auf die Gehirnfunktionen von Glaukompatienten können Ähnlichkeiten zu neurodegenerativen Erkrankungen, wie etwa Alzheimer oder Parkinson, nachgewiesen werden (Gupta et al., 2006; Izzotti et al., 2006). Zellschädigungen und -tod durch oxidativen/ischämischen Stress stellen sowohl bei Glaukom als auch bei neurodegenerativen Krankheiten eine der Hauptursachen für den Ausbruch der Krankheit dar (Flammer et al., 2002; Gupta et al., 2006).

Innerhalb einer Studie zu prä- und post-chiasmatischen Läsionen stellte sich die Verarbeitungsgeschwindigkeit im Gesichtsfeld selbst in den noch intakten Gesichtsfeldarealen als mangelhaft heraus, was den Zusammenhang zwischen Fehlfunktion im Gehirn und Sehvermögen hervorhebt (Bola et al., 2013).

Neben der Beeinflussung der Hirnfunktion führen chronische Stressbedingungen zu Veränderungen in der autonomen Herz- und Gefäßregulation (Lucini et al., 2002). Es wird argumentiert, dass Stressreaktionen ähnliche Entzündungen in den Arterien auslösen und, wiederholt oder chronisch vorkommend, in Arteriosklerose gipfeln können (Black & Garbutt, 2002).

2.6 Ursache und Konsequenz

Glaukompatienten begegnen ihren Berichten zufolge bei Diagnosestellung gehäuft der Aussage: „Sie werden erblinden“. Konfrontiert mit dieser Aussicht kommt es bei Betroffenen und deren Angehörigen zu einer intensiven Stressreaktion (Sabel & Lehnigk, 2021). Es drängen sich negative Zukunftsaussichten auf, die den Betroffenen prophezeien, ihr Leben nicht mehr

wie gewohnt fortführen zu können, sodass eine Vielzahl an Sorgen und Ängsten ausgelöst werden.

Es existieren drei allgemeine Reaktionsweisen auf den Verlust der eigenen Sehkraft: (1) Verleugnung, (2) Depression und Angst oder (3) Akzeptanz (Adams & Pearlman, 1970). Eine in Angst und Depression mündende Reaktion, konnte bei über 50 % der Betroffenen festgestellt werden (Emerson, 1981).

Die mit chronischen Krankheiten zusammenhängenden Belastungen sind von der Art der Erkrankung und dem individuellen Krankheitsverlauf abhängig (Senf & Broda, 2011). Laut Dinger-Broda und Schüßler (2012) gibt es dennoch Gemeinsamkeiten, die in Bezug auf Sehverlust folgendes umfassen:

- **Irreversibilität des Zustandes:** Das Wissen darum, dass Genesung nicht bzw. nur schwer erzielt werden kann und mit dem Auftreten etwaiger Rückschläge zu rechnen ist.
- **Unklare Zukunftsaussichten:** Der Krankheitsverlauf kann individuell stark variieren und stellt sich als schwer kalkulierbar dar.
- **Lebensbedrohung**: Im Falle von Erblindung kann diese subjektiv empfunden werden, da die Konfrontation mit eingeschränkter Handlungsfähigkeit sowie daraus resultierendem Katastrophisieren zu einem Gefühl von Kontrollverlust führen kann. Die eingeschränkte Wahrnehmung der Umgebung kann im Alltag in gewissen Situationen (Straßen- und Fußgängerverkehr, unebene Gehwege oder Treppen) zudem real lebensbedrohliche Situationen zur Folge haben.
- **Nachlassen der Leistungsfähigkeit:** Abbau der psychischen und physischen Belastbarkeit schreitet voran und ist Patienten stets präsent.
- **Verlust vertrauter Rollen und Lebensumstände:** Neuverteilung oder gar Verlust gewohnter beruflicher und familiärer Tätigkeiten.

- **Anpassung an das medizinische Setting:** Notwenigkeit der Anpassung und Orientierung an die klinischen Erfordernisse hinsichtlich Diagnostik und Therapie.

Die innerpsychische Auseinandersetzung mit eigener Behinderung zieht oftmals eine Selbstwertbeeinträchtigung nach sich und konfrontiert Patienten mit der Tatsache, dass persönliche Unverletzbarkeit nicht gegeben ist (Dinger-Broda & Schüßler, 2012). Chronische Erkrankungen wie Sehbehinderungen wirken laut Dinger-Broda und Schüßler (2012) innerhalb folgender Bereiche:

- **Partnerschaft und Familie**: Es erfolgt eine psychische Belastung körperlich gesunder Bezugspersonen, die beidseitige Schuld- und Abhängigkeitsgefühle sowie Kommunikationsprobleme auslösen kann.
- **Berufstätigkeit**: Es können sich geringe Aufstiegschancen in einem zudem eingeschränkten Tätigkeitsfeld ergeben; beruflich subjektiv empfundene und reale Herabstufung kann erfolgen; Beendigung der Berufstätigkeit und damit einhergehende finanzielle Einbußen, negative Reaktionen seitens Kollegiums und Arbeitgebern sowie Statusverlust können eintreten.
- **Soziale Aktivitäten und Freizeit**: Es kann zu einem Rückgang an Freizeitaktivitäten, Unsicherheit im zwischenmenschlichen Kontakt und zu sozialem Rückzug kommen.
- **Psychische Reaktionen**: Verstärkte emotionale Instabilität, Ängste, Depressionen, Reizbarkeit, Verlust an Selbstwertgefühl und vermehrte Selbstunsicherheit sind evidenzbasiert mit dem Sehverlust assoziiert.
- **Persönlichkeit des Betroffenen**: Zunehmende mentale und körperliche Passivität, vermehrte Beschäftigung mit dem eigenen Körper, individuelle unterschiedliche Anpassungsbereitschaft und etwaiges Zurückgreifen auf maladaptive Coping-Strategien treten auf.

Gefolgt der zuvor thematisierten Theorie, dass mit chronischem Stress sowie bereits bestehenden Persönlichkeitsmerkmalen (Neurotizismus, Zwanghaftigkeit, Grübelneigung, etc.) ein erhöhtes Risiko für Glaukom einhergeht (Lim et al., 2007; Mabuchi et al., 2005; Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2020b), kann durch die Konfrontation mit der Erkrankung eine Art Teufelskreis in Gang gesetzt werden, sodass emotionaler Stress und Ängste sowohl Teilursachen als auch weitere Konsequenz der Glaukomdiagnose darstellen (Sabel et al., 2018c). Die aufgrund der Diagnose verursachten Sorgen erzeugen erneut Stress, der chronifiziert ein ständiger Begleiter der Betroffenen wird (Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2018c).

2.7 Durchbrechen des Teufelskreises

Innerhalb der letzten Jahrzehnte hat sich die Forschung zunehmend dem naheliegenden Rückschluss gewidmet, dass stressreduzierende Methoden rehabilitierend auf die Progredienz der Erkrankung wirken können (Davidson et al., 2003; Goyal et al., 2014; Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2018c).

Die heutzutage bestehende, permanente Erreichbarkeit und Reizüberflutung durch Nachrichten, E-Mails und soziale Medien trägt dazu bei, dass der Körper in einem Zustand ständiger Alarmbereitschaft verharrt (Rosen et al., 2013). Dies kann das Durchbrechen des Teufelskreises zusätzlich, neben bestehenden risikobehafteten Persönlichkeitsmerkmalen von bspw. Flammer-Syndrom-Betroffenen erschweren. In Anbetracht der angeführten Glaukom-fördernden Persönlichkeitsmerkmale (Sabel et al., 2019; Sabel et al., 2020b; Sabel & Lehnigk, 2021), erscheinen aktiv geplante Ruhephasen demnach vielversprechend, um die Symptomatik positiv zu beeinflussen.

Es hat sich gezeigt, dass regelmäßig ausgeführte Entspannungsübungen wie Meditation, die einen positiven Einfluss auf die Gehirnfunktion und das Immunsystem haben, dabei helfen können, Stress entgegenzuwirken und das allgemeine Wohlbefinden zu verbessern

(Davidson et al., 2003; Goyal et al., 2014). Entspannungsmaßnahmen aktivieren das parasympathische Nervensystem (Tang et al., 2009). Innerhalb verschiedener Glaukom-Studien zu Meditation wurden Verbesserungen des zerebralen Blutflusses und der Sauerstoffversorgung sowie die aktivierende Wirkung auf der parasympathischen und inhibierenden Wirkung auf das sympathische Nervensystem bestätigt (Dada et al., 2016; Dada et al., 2020; Gagrani et al., 2018).

Achtsamkeitsmeditation, die 21 Tage praktiziert wurde, konnte in einer randomisierten, kontrollierten Studie signifikant den Augeninnendruck der an Glaukom erkrankten Interventionsprobanden senken und eine signifikante Verringerung bestimmter Stress-Biomarker, z. B. Cortisol, erzielen (Dada et al., 2018).

In Bezug auf verschiedene Augenerkrankungen wurden positive Effekte von Meditationsübungen auf die Lebensqualität der Probanden, deren Stimmung, den Augeninnendruck sowie auf verschiedene Biomarker ermittelt (Tran et al., 2024). Durch tägliches Ausführen von Meditationsübungen entwickelte sich bei Probanden zudem eine höhere Akzeptanz ihrer Seheinschränkung (Brogan et al., 2022).

Eine Vielzahl von Studien untersuchte zudem den Effekt körperlicher Bewegung auf den Augeninnendruck sowie des okularen Blutflusses von Glaukompatienten, wobei eine vorrübergehende Verbesserung dessen nach mäßiger körperlicher Aktivität festzustellen war (Nie et al., 2022; Zhu et al., 2018). Bezüglich Augenbewegungstrainings erfolgten erste Behandlungsvorschläge aufgrund der Annahme, dass Kontraktion und Entspannung der Ziliarmuskulatur durch gezielte Augenbewegungen den Abfluss des Kammerwassers verbessern könnte (Sankalp et al., 2018).

Da sich die Studienlage bislang nur auf die separate Untersuchung von Meditation bzw. Augenbewegungsübungen bezieht, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein kombinierter Ansatz zur Stärkung der Wirksamkeit überprüft.

2.8 Neuronale Plastizität des visuellen Systems

Um die zugrundeliegenden Mechanismen dieser kombinierten Intervention zu verstehen, spielt die Betrachtung der neuronalen Plastizität des visuellen Systems eine zentrale Rolle.

Der Begriff der neuronalen Plastizität beschreibt die Fähigkeit des Nervensystems, sich an veränderte Bedingungen funktionell und strukturell anzupassen, was sich in einer Steigerung synaptischer Effizienz oder Umgestaltung kortikaler Areale äußern kann (Sterr & Conforto, 2012). Abhängig von der Ursache neuroplastischer Veränderung wird in schädigungsinduzierte und trainingsinduzierte neuronale Plastizität unterschieden (Meier, 2021).

Der visuelle Cortex galt Jahrzehnte lang als unveränderbares statisch festgelegtes Netzwerk von Nerven, besitzt jedoch nach neuestem Erkenntnisstand enorme dynamische Veränderungsmöglichkeiten und ist demnach plastisch (Müllbacher, 2011). Laut Müllbacher (2011) können rezeptive Felder ihre Größe und ihren Ort beispielsweise nach Verletzungen variieren und sogar im gesunden Zustand nach nur einer kurzen Trainingseinheit umformiert werden. Die modalitätsspezifische Erregbarkeit des visuellen Kortexes kann auf diese Weise (z. B. durch sensorische Deprivation) kurzfristig abgewandelt werden (Müllbacher, 2011). Bestimmtes Training, intensiver Gebrauch von Muskelgruppen sowie veränderte Sinneswahrnehmungen bedingen differenzierte Reorganisation und können zu Funktionsverbesserungen führen (Müllbacher, 2011). Bei aktivitätsabhängiger neuronaler Plastizität werden gewöhnlich limitiert genutzte, inaktive synaptische Verbindungen zu Aktivität angeregt (Ende-Henningsen & Henningsen, 2010).

In vorangegangenen Studien konnte anhand von Gesichtsfeldtrainings (Kasten et al., 1997; Kasten et al., 1998; Sabel & Gudlin, 2014) oder Neuromodulation durch Mikrostromtherapie (Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2020a; Sabel et al., 2020c; Sabel & Gudlin, 2014) die Verbesserung der Sehfunktion beobachtet werden, was das neuroplastische Potenzial des visuellen Systems untermauert.

2.9 Reaktivierung des Sehvermögens

Aufgrund der vielfältigen, einander teilweise gegenseitig bedingenden Faktoren, die zu der Entstehung oder Progredienz von Glaukom beitragen, ist es ratsam, nicht nur einen einzigen Behandlungsansatz (z. B. medikamentöse Augeninnendrucksenkung) zu verfolgen, sondern im Sinne der holistischen Theorie den psychischen Krankeitsaspekt miteinzubeziehen (Sabel & Lehnigk, 2021).

Die Annahme, mittels Augenyoga und Meditation zur Reaktivierung von Restsehvermögen beitragen zu können, beruht auf dem holistischen Erklärungskonzept der Glaukomerkrankung (Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2018c; Sabel & Lehnigk, 2021; Zhou & Sabel, 2023). Der Teufelskreis (Sabel & Lehnigk, 2021) aus Stress, Symptomverschlechterung, daraus resultierenden Sorgen und Ängsten, weiterer Verschlechterung des Sehvermögens und damit einhergehenden weiteren Befürchtungen, soll innerhalb geplanter Ruhephasen zum Erliegen gebracht werden. Die Abwärtsspirale des fortschreitenden Sehverlusts wird durch geplante Aktivierung des parasymphatischen Nervensystems unterbrochen (Bieliauskas, 2019; Davidson et al., 2003; Sabel & Lehnigk, 2021; Tang et al., 2009).

Da erhöhter Augeninnendruck – ein Hochrisikofaktor für Glaukom (Rüfer, 2017) – durch Entspannungsverfahren gesenkt werden kann (Dada et al., 2016; Dada et al., 2018; Dada et al., 2020; G. Kaluza & Strempel, 1995; G. Kaluza et al., 1996), sollte die Schwere der Seheinschränkung durch Verbesserung des Augeninnendrucks insgesamt reduziert werden können. Regelmäßige Meditation inklusive Augenyoga erscheint demnach als vielversprechende, präventive Maßnahme, um das Fortschreiten eines Glaukoms zu verlangsamen.

Durch die Kombination aus Training der Augenmuskulatur (Augenyoga) und Meditation wird eine Verbesserung der Durchblutung, damit einhergehende verbesserte

Versorgung der Zellen und abschließende Reaktivierung/Reorganisation neuronaler Kommunikationsnetzwerke des visuellen Systems vermutet (Bola et al., 2014; Sabel et al., 2018b; Sabel & Gudlin, 2014).

3. Anatomie und Funktionsweise des visuellen Systems

3.1 Das Gesichtsfeld

Das Gesichtsfeld ist der Bereich der Außenwelt, den man bei ruhiggestelltem Auge wahrnimmt (Grehn, 2019). Unter normalen Bedingungen beträgt das monokulare Gesichtsfeld bei erwachsenen Personen 100° temporal, 75° nach unten und jeweils 60° nasal und nach oben (Bergua, 2017). Ausfälle des Gesichtsfeldes werden als Skotome bezeichnet, wobei in absolute und relative Skotome unterschieden wird (Grehn, 2019). Innerhalb der Gesichtsfeldareale, in denen ein absoluter Ausfall vorliegt, nimmt die betroffene Person nichts mehr von der Außenwelt wahr (Grehn, 2019). In den Bereichen von relativen Ausfällen ist eine reduzierte Wahrnehmung möglich, indem diese Areale zumeist als „verwaschene Flecken“ empfunden werden (Grehn, 2019). Parazentrale und periphere Gesichtsfeldausfälle sind Betroffenen im Anfangsstadium der Erkrankung oftmals nicht bewusst. Bei Voranschreiten des Glaukoms treten durch konzentrische Einengung beispielsweise auffällige Verschlechterungen der Lesefähigkeit auf und es kommt zudem vermehrt zu Problemen hinsichtlich räumlicher Wahrnehmung und damit verbundener eigener Bewegungen (Grehn, 2019).

3.2 Verarbeitungspfade des visuellen Systems

Innerhalb des visuellen Systems erfolgt eine unmittelbare, hochauflösende Wahrnehmung und Verarbeitung eines dreidimensionalen Umfeldes im Abstandsbereich weniger Zentimeter oder gar unendlich anmutender Weiten (Eysel, 2006). Die **Abbildung 3** verdeutlicht die

neurophysiologischen Verarbeitungsmechanismen des Sehvorgangs. Die nasal befindlichen Retinahälften kreuzen im Chiasma opticum die Hemisphäre, wodurch die Projektion des jeweiligen Gesichtsfelds kontralateral auftritt. Die temporalen Retinahälften hingegen verlaufen nach Austritt aus dem Auge ohne Überkreuzung. Demnach werden Informationen des linken Gesichtsfeldes (RA) in die rechte corticale Hemisphäre projiziert und umgekehrt. Ein Teil des Sehnervs verläuft, bevor die corticale Region erreicht wird, in den Colliculus superior (CS). Dieser ist maßgeblich an der Steuerung der Blickbewegungen beteiligt. Weitere Anteile des Sehnervs entsenden ihre Fasern überwiegend zum Corpus geniculatum laterale (CGL). Diese Struktur unterhalb des Thalamus gliedert sich in vier parvo- und zwei retinotop organisierte magnozelluläre Zellschichten.

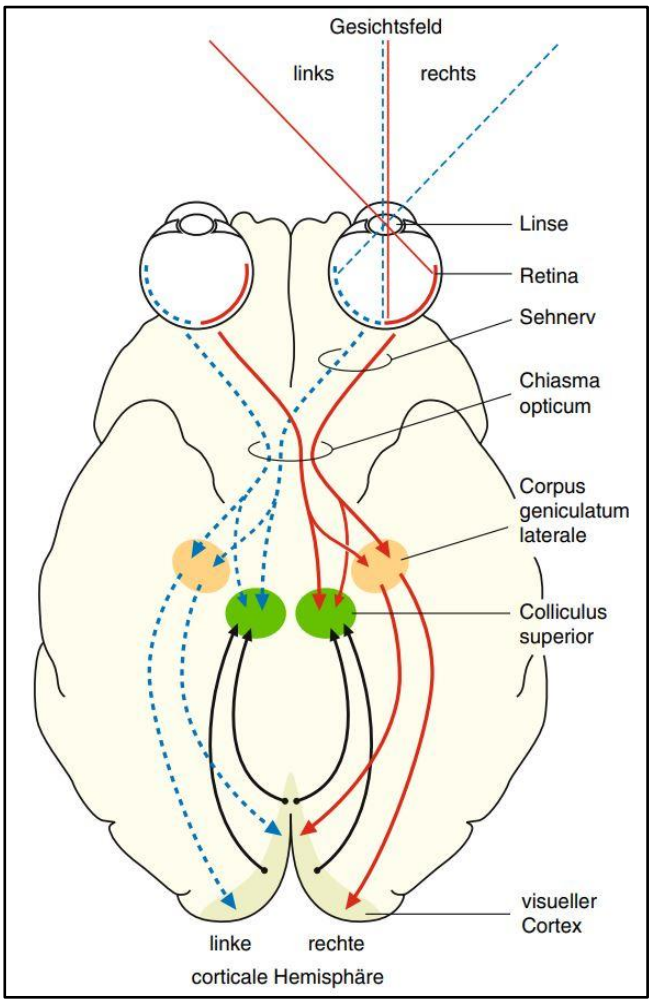

Abb. 3: Sehbahnen zwischen primärem visuellem Cortex und Augen (aus Müsseler, 2017)

3.3 Muskuläre Anatomie des Bulbus oculi

Die **Abbildung 4** zeigt ein rechtes Auge, wobei die laterale Orbitawand und ein Teil des Orbitadaches abgetragen sind, in **Abbildung 5** ist die Funktion des jeweiligen Muskels dargestellt (Tillmann, 2005).

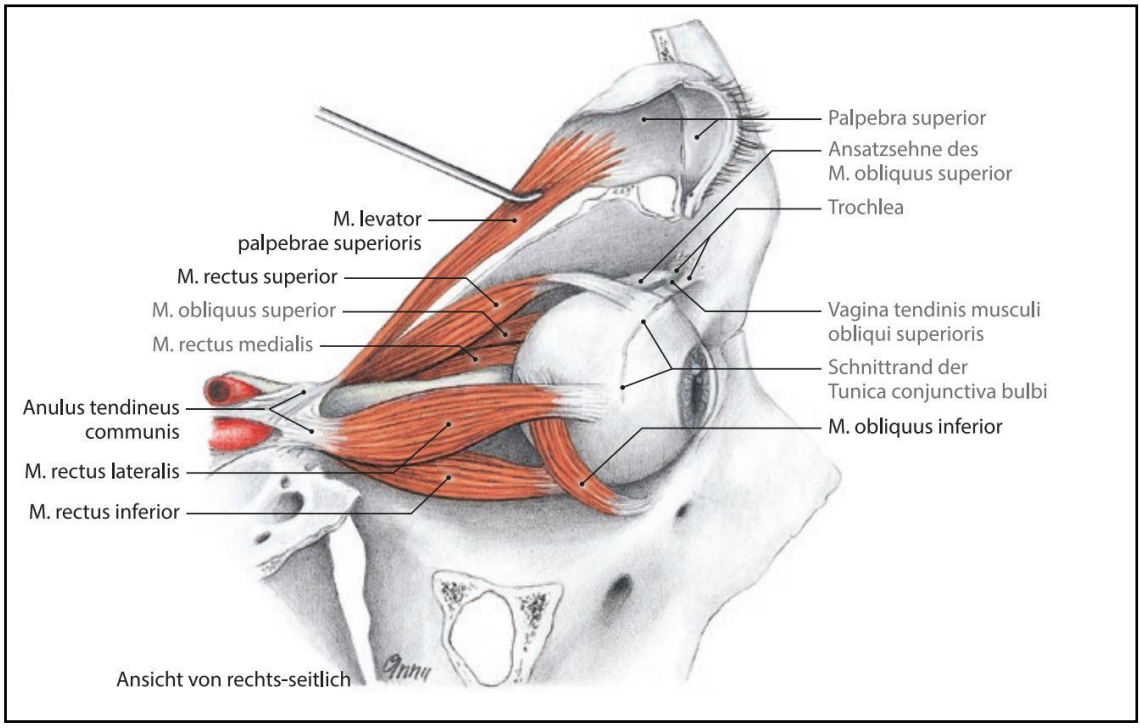

Abb. 4: Äußere Augenmuskelstränge (aus Tillmann, 2010)

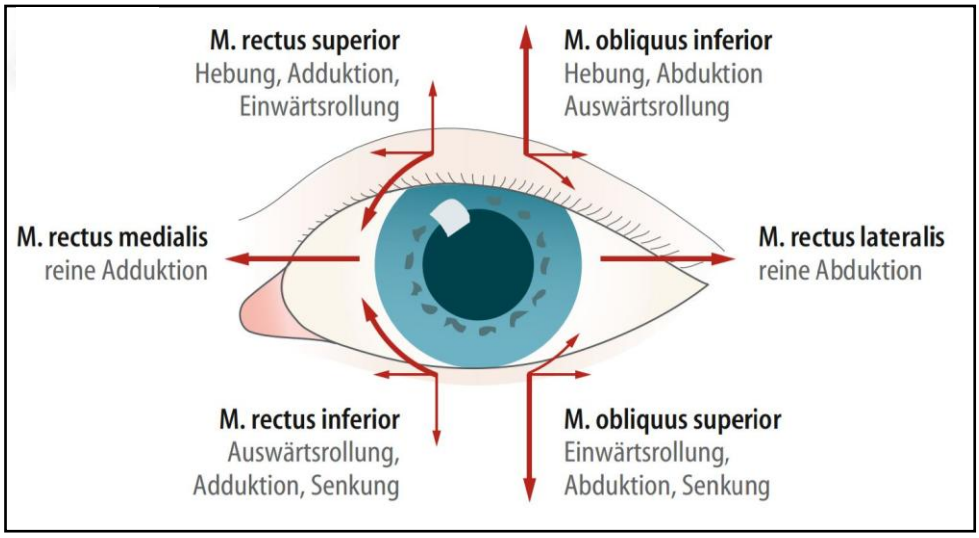

Abb. 5: Funktion der Augenmuskeln (aus Tillmann, 2010)

4. Fragestellung, Zielsetzung und Hypothesen

Es wurden im Voraus folgende Hypothesen formuliert, um systematisch die Wirkung von Augenyoga und kombinierter Meditation auf verschiedene Aspekte der Sehfunktionen und des allgemeinen Wohlbefindens der Probanden zu untersuchen.

Das **primäre Ziel** der Studie war die Reduktion von Gesichtsfelddefekten sowie die Verbesserung mikrosakkadischer Augenbewegungen. Diese Parameter wurden als wesentliche Indikatoren für eine Verbesserung des Sehvermögens und der visuellen Funktionen der Probanden festgelegt.

H1 Die Gesichtsfelddefekte werden durch die AY-Intervention signifikant verringert.

H2 Durch die AY-Intervention erfolgt eine Normalisierung der mikrosakkadischen Augenbewegungen.

Sekundäre Zielkriterien der Studie umfassten die Sehschärfe (Nah- und Fernsicht), Kontrastempfindlichkeit, den intraokularen Druck, vaskuläre Veränderungen und die Lebensqualität der Probanden. Diese Faktoren wurden gewählt, um ein umfassendes Bild der Auswirkungen der Interventionen zu erhalten.

H3 Die Reizdetektionsfähigkeit verbessert sich nach Durchführung der AY-Intervention signifikant.

H4 Der intraokulare Druck sinkt in Folge der AY-Intervention signifikant.

H5 Nach Durchführung der AY-Intervention der treten positive Veränderungen hinsichtlich der vaskulären Situation auf.

H6 Die subjektiv empfundene Lebensqualität der Probanden weist nach der AY-Intervention signifikante Verbesserungen auf.

5. Methodik und Vorgehensweise

5.1 Studiendesign und Stichprobe

Die vorliegende Studie wurde in Übereinstimmung mit der "Deklaration von Helsinki" in der Zeit von August 2019 bis Dezember 2022 durchgeführt und zuvor, nach Genehmigung durch eine Ethikkommission, bei clinicaltrials.gov (NCT04037384) registriert.

Es handelt sich um eine randomisierte, doppelblind-kontrollierte Studie (RCT), in der Probanden mit primärem Offenwinkelglaukom (POWG) nach dem Zufallsprinzip entweder der Interventions- (AY) oder einer aktiven Kontrollgruppe (KG) zugeteilt wurden. Da bei den Probanden entweder unterschiedliche Schädigungsgrade in beiden Augen vorlagen (links vs. rechts) oder teilweise eines der Augen die Ausschlusskriterien erfüllte, wurden bei der Datenanalyse alle Augen separat (N = 55; AY: n = 27; KG: n = 28) anstelle der einzelnen Personen (N = 37; AY: n = 19; KG: n = 18) berücksichtigt. Aufgrund einer G-Power-Analyse wurde ursprünglich eine Stichprobengröße von N = 40 Augen angestrebt.

Es handelte sich um Teilnehmer innerhalb einer Altersspanne von 25-81 Jahren. Die einbezogenen Probanden waren europäischer Herkunft mit deutscher Muttersprache. Das Geschlechterverhältnis männlich/weiblich betrug insgesamt 19/18. Eine genauere Übersicht der Stichprobenmerkmale ist in **Tabelle 1** ersichtlich.

Tab. 1: Stichprobenmerkmale

Gruppe	Intervention (n = 19)	Kontrolle (n = 18)
Alter in Jahren, MW (SD)	63.58 (11.82)	66.22 (8.69)
Geschlecht, n (%)		
Weiblich	11 (57.9)	7 (38.9)
Männlich	8 (42.1)	11 (61.1)

5.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Für die Studienteilnahme mussten folgende **Einschlusskriterien** erfüllt sein: Das Bestehen der Glaukomdiagnose seit mindestens 6 Monaten, nachweislich von einem Augenarzt diagnostiziert; Offenwinkelglaukom (primäres Glaukom, welches nicht als sekundäre Begleiterscheinung einer anderen Erkrankung auftritt); Ein Mindestalter von 18 Jahren und Restsehvermögen, welches die Fähigkeit zum Lesen ermöglicht.

Bei Vorliegen folgender **Ausschlusskriterien** war eine Teilnahme nicht möglich: Vorliegen weiterer Augenerkrankungen neben Glaukom, die das Nervengewebe oder das Sehvermögen beeinträchtigen (z. B. Katarakt, diabetische Retinopathie, pathologischer Nystagmus); Bestehendes Engwinkelglaukom; Neurologische oder psychische Erkrankungen (z. B. Epilepsie, Schizophrenie, akute depressive Episode); Suchterkrankungen (z. B. Alkohol-, Nikotinabusus); Autoimmunerkrankungen; Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie etwa Bluthochdruck (Grenzwert ≥ 160/100 mmHg); präoperative Tumorerkrankungen; Schwangerschaft; fokale Befunde im EEG und Anzeichen von Photosensibilität.

5.1.2 Rekrutierungsprozess und Studienablauf

Die Probandenrekrutierung erfolgte durch die Beauftragung eines Online-Rekrutierungsunternehmens über Zuweisung von Augenärzten und Allgemeinmedizinern, sowie Inseraten in Sehbehindertenverbänden und Selbsthilfegruppen. Der gesamte Prozess von der Rekrutierung bis zur Datenanalyse ist in **Abbildung 6** dargestellt.

Nach ausführlicher Aufklärung durch die Studienleitung, gemeinsamer Sichtung der Patienteninformationsdokumente, Datenschutzregelungen und anschließender Unterzeichnung einer Einverständniserklärung wurden die Probanden durch einen unverblindeten

Projektmitarbeiter randomisiert (1:1). Die Teilnehmer unterzeichneten in ihrer Studieneinwilligung, während des Studienzeitraumes keine zusätzlichen Methoden zu testen und zudem keinen Medikations- und/oder Dosierungswechsel vorzunehmen.

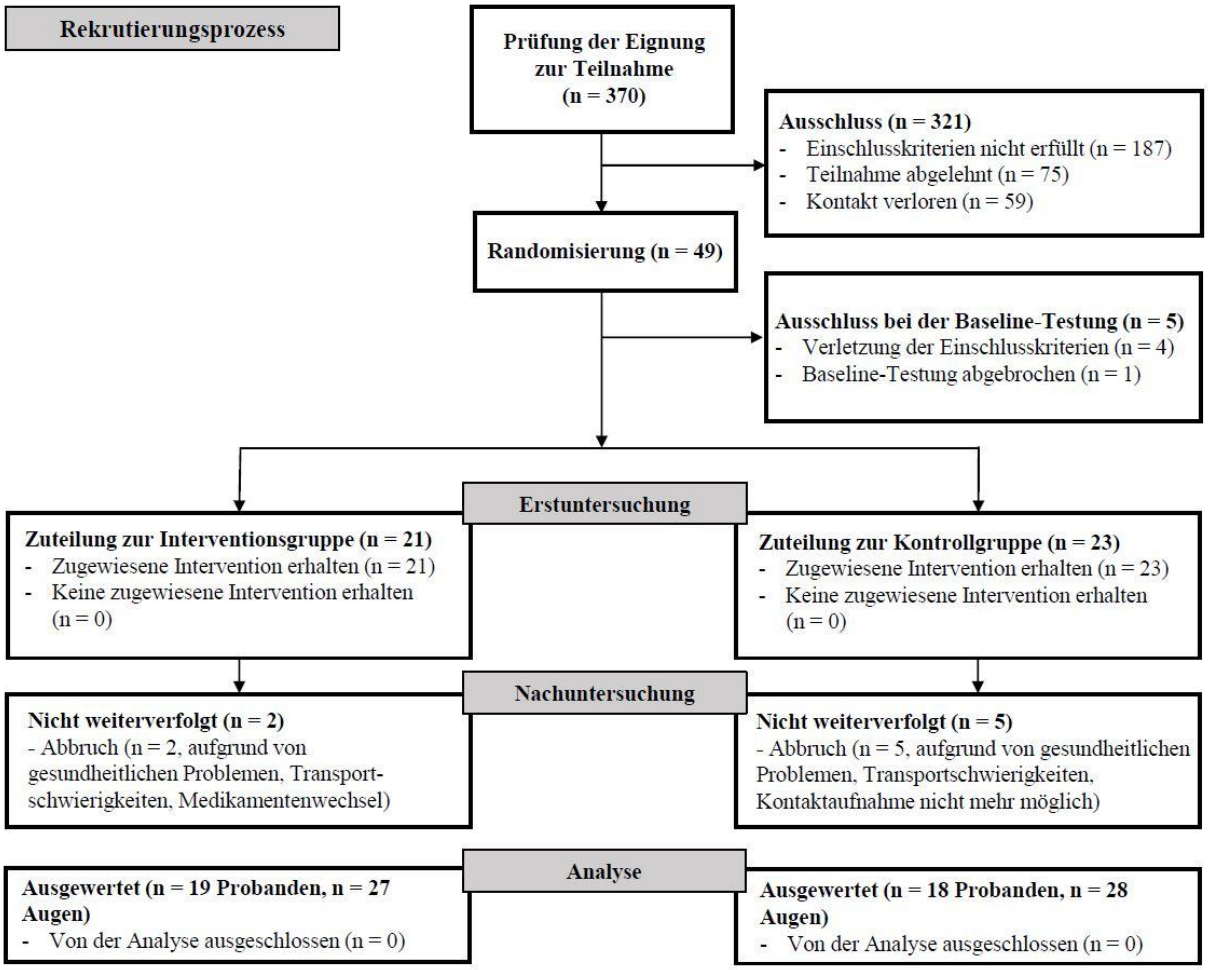

Abb. 6: Flussdiagramm des Studienprozesses

5.1.3 Interventions- und Kontrollbedingung

Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit mussten alle Teilnehmer das ihnen zugeteilte Verfahren an genau 30 aufeinanderfolgenden Tagen absolvieren. Diagnostische Messungen wurden zu Beginn der Studie vor Durchführungsbeginn (prä) der jeweiligen Gruppenmaßnahme sowie einen Monat später im Anschluss an das 30-tägige individuelle Training (post) durchgeführt. Alle Probanden erhielten ein Behandlungstagebuch, in dem sie

jede durchgeführte Übung protokollierten. Die Interventions- sowie Kontrollbedingung gestaltete sich dabei wie folgt:

Interventionsgruppe (AY): Teilnehmer dieser Kohorte absolvierten zweimal täglich (jeweils 30 Minuten morgens und abends) geführte Meditationseinheiten inklusive kombinierter Augenbewegungsübungen, dem sogenannten Augenyoga. Die Teilnehmer wurden nach der Erstuntersuchung im Studienzentrum in die Durchführung dieser Übung eingewiesen. Sie erhielten einen MP3-Player, auf dem die vollständige Session abgespeichert war, sodass alle Probanden das standardisierte Training im persönlichen, häuslichen Umfeld durchführen konnten. Die mittels des MP3-Players auditiv geleitete Aufgabe umfasste mehrere Module: systematische Augenbewegungsübungen zur Dehnung der Augenmuskeln (siehe **Abb. 7**), Gesichts- und periorbitale Druckpunktmassage, Irisentspannung in der Dunkelheit sowie Achtsamkeitsmeditation mit dem Ziel einer bewusst verlangsamten Atmung.

Aktive Kontrollgruppe (KG): Die Probanden erhielten die Aufgabe, jeden Morgen und Abend in äquivalentem Zeitumfang (zweimal täglich, je 30 Minuten) einen Textabschnitt zu lesen.

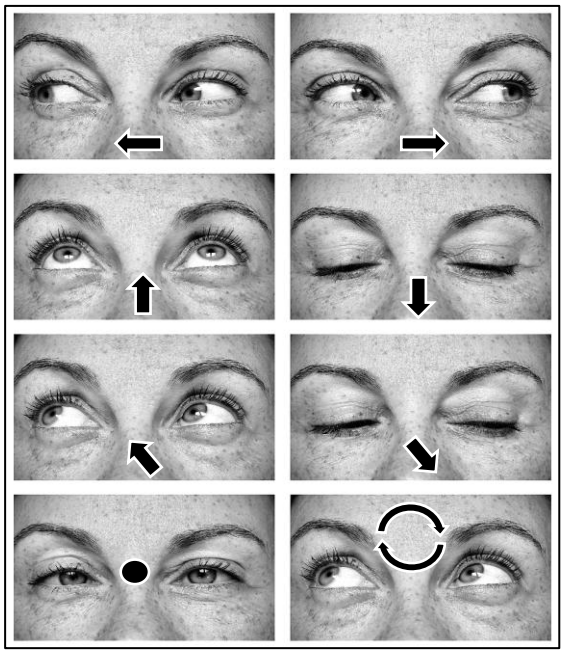

Abb. 7: Augen-Yoga Bewegungsablauf

5.2 Operationalisierungen

Über alle Messzeitpunkte des Studienzeitraums hinweg wurden die Testbedingungen sowie etwaige räumliche Gegebenheiten der Untersuchungsräume (Lichtverhältnisse, Untersuchungsutensilien etc.) in standardisierter Weise beibehalten und ausschließlich von verblindetem Studienpersonal durchgeführt. Die verwendeten Datenerhebungs- sowie Auswertungsmethoden werden im Folgenden vorgestellt.

5.2.1 Messung des Gesichtfelds

(1) Oculus Twinfield® Perimetrie: Durch den Einsatz des "Oculus Twinfield® 2" (OCULUS Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Deutschland) war eine präzise Messung des gesamten Gesichtsfeldes (GF) möglich. Um das GF zu testen, wurde vor (Baseline, prä) und nach der Intervention (post) die Schwellenstrategie mit 8 Mustern (0-30°/66 Punkte) verwendet (Größe III/weiße Reize). Auf diese Weise ermöglicht das Gerät die Quantifizierung des altersadjustierten totalen und lokalen GF-Defekts (absolut und relativ). Mittels einer anpassbaren Kinnstütze kann der Kopf des Probanden präzise auf die gewünschte standardisierte Position eingestellt werden, sodass es nicht zu Kopfbewegungen kommt, die das Messergebnis beeinflussen können. Die Messung wird monokular durchgeführt, wobei die Augen einzeln und nacheinander getestet werden und jeder Stimulus mehrmals geprüft wird.

Gesichtsfeldbeeinträchtigungen werden als Regionen ohne Wahrnehmung, mit verminderter oder normaler Wahrnehmung dargestellt, die in ihrer Illustration hinsichtlich schwarzer, grauer bzw. weißer (normaler) Areale variieren (**Abbildung 8**). In den schwarzen Bereichen konnte kein Reiz wahrgenommen werden, in den grauen Bereichen hat der Proband die Reize teilweise erkannt, während die weißen Bereiche eine intakte Wahrnehmungsfunktion darstellen.

Aufgezeichnet werden zudem die Fixationsfähigkeit (%) und absolute/relative Defekte unter Verwendung der mittleren Sensitivität (MSE), die der durchschnittlichen Empfindlichkeit über alle ermittelten Schwellenwerte entspricht. Der mittlere Defekt (MD) hingegen wird als Differenz zwischen dem MSE-Normwert und dem ermittelten MSE-Patientenwert berechnet.

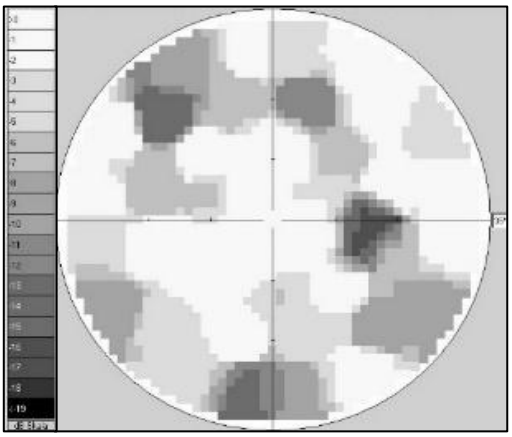

Abb. 8: Beispielbefund der Oculus Twinfield® Perimetrie

(2) High-Resolution-Perimetrie (HRP): Die zentrale Gesichtsfeldprüfung wurde mit dem campimetrischen HRP (Kasten et al., 1997) durchgeführt. Dabei werden größere Stimuli mit längeren Reaktionszeiten verwendet, um die Bereiche des Restsehens im zentralen GF (21,5° horizontal, 16° vertikal) konkreter zu beurteilen, die als Grundlage für die Erstellung von Gesichtsfelddiagrammen dienen (**Abbildung 9**).

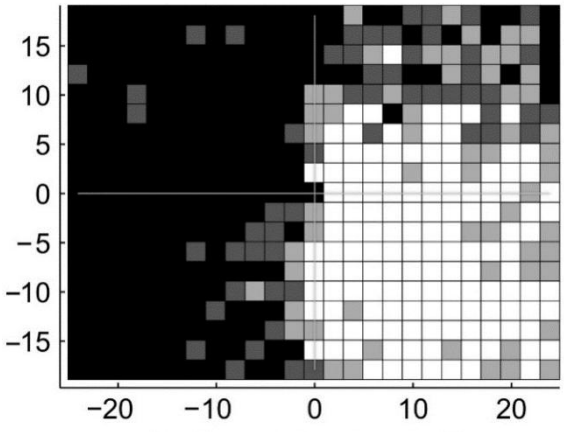

Abb. 9: Beispielbefund der High-Resolution-Perimetrie (Gall et al., 2013)

5.2.2 Messung der Augenbewegungen

Mikrosakkaden (MS): Mittels des EyeLink 1000 Eye-Tracker (SR Research, Ontario, Kanada) wurden mikrosakkadische Augenbewegungen und Blickrichtungen aufgezeichnet und hinsichtlich monokularer Rate, Amplitude und Geschwindigkeit sowie auf binokulare Synchronität in horizontaler und vertikaler Richtung analysiert. Automatisierte Datenauswertungen wurden mit MATLAB® (Version 2019a) erstellt.
Die Bedeutung der einzelnen Parameter sowie deren anhand von Normprobandenwerten ermittelten, adäquaten Referenz-Rahmen, ist wie folgt:

- **Binokularer Mikrosakkadenanteil (in %)**: Dieser Parameter gibt an, wie viele MS gleichzeitig von beiden Augen ausgeführt wurden (Normwert > 40 %).
- **Horizontaler/vertikaler Konjugationsindex**: Horizontale/vertikale Augenbewegungsdifferenz zwischen beiden Augen (Normwert ≤ 10).
- **Rate (num/s)**: Durchschnittliche Anzahl der MS in einem Sekundenintervall (Normbereich: 0,5-1,5 pro s).
- **Amplitude (°):** Durchschnittliche MS-Größe in Grad (normaler Bereich: 0,3°-1,0°).
- **Geschwindigkeit (°/s):** Durchschnittliche Geschwindigkeit der MS in Grad pro Sekunde (normaler Bereich: 35°-50° pro s).

5.2.3 Sehschärfe und Kontrastsensibilität

Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit: Die Sehschärfe im Nah- und Fernfernbereich (Standard Snellen, OCULUS Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Deutschland) sowie die Kontrastempfindlichkeit (Buchstabentest, Mars Perceptrix) wurden sowohl binokular als auch monokular erhoben.

5.2.4 Messung der Biomarker

Intraokularer Druck (IOD): Der IOD wurde mit dem Gerät „iCare HOME" (Icare Finland Oy, Vantaa, Finnland) an beiden Untersuchungszeitpunkten (prä/post) gemessen, wobei jeweils der Durchschnittswert von drei Messungen verwendet wurde.

Dynamische Gefäßanalyse (DVA): Die Analyse der Netzhautgefäße erfolgte in einem abgedunkelten Raum mittels eines Gefäßanalysators (DVA 3.0, engl. dynamic vessel analyzer; Imedos, Jena, Deutschland).

Nach einer zuvor durchgeführten Pupillenerweiterung durch Mydriatikum (1 ml Lösung mit 5,0 mg Tropicamid, Pharma Stulln GmbH, Stulln, Deutschland), wurde für jedes Auge einzeln eine Aufzeichnung des Augenhintergrunds, konkret der zentralen 30 Grad des Sehwinkels, durchgeführt.

Die zu untersuchenden Gefäße wurden zunächst manuell markiert. Anschließend analysierte die DVA-Software die Gefäßdurchmesser und gab die absoluten Maße in MU (Measurement Unit) an, wobei 1 MU in etwa einem Mikrometer (µm) entspricht.

Zur Vergewisserung, dass die Untersuchung bedenkenlos durchgeführt werden konnte, wurde der IOD der Probanden vor und nach der Pupillenerweiterung sowie nach Abschluss des DVA-Verfahrens gemessen.

5.2.5 Ermittlung der Lebensqualität

Der National Eye Institute Visual Function Questionnaire (NEI-VFQ) wurde in deutscher Version verwendet, um die Lebensqualität der Probanden zu messen (Franke et al., 2009). Seine Gültigkeit wurde durch Korrelationen mit dem Fragebogen zum Gesundheitszustand SF-36 (Stieglitz, 1999) bestätigt. Der NEI-VFQ ermittelt, wie sich der Verlust des Sehvermögens auf

die Qualität des täglichen Lebens auswirkt und welchen Einfluss er auf psychosoziale Faktoren hat. Bestehend aus 12 Subskalen mit je fünf Items zu sehbezogenen Beeinträchtigungen, Hemmungen und dem Gefühl von Kontrollverlust und Reizbarkeit, stehen höher angegebene Werte in diesem Fragebogen für eine positivere psychische Verfassung.

In dieser Arbeit wurden zur Ermittlung der Lebensqualität, unter Sicherstellung der statistischen Integrität der Analysen, konkret folgende, sich auf psychische Faktoren beziehenden, Subskalen betrachtet: (a) psychisches Befinden, (b) soziale Funktionsfähigkeit, (c) Ausübung sozialer Rollen und (d) Abhängigkeit von anderen.

5.3 Statistische Datenauswertung

Die Datenanalyse wurde mit SPSS (IBM Corp., 2021) und jamovi Version 2.3 (The jamovi project, 2023) durchgeführt. Zuerst wurde der Shapiro-Wilk-Test aufgrund seiner Eignung für kleine Stichproben verwendet, um die Normalverteilung der Daten zu überprüfen.

Für normalverteilte Daten wurde eine ANOVA mit Messwiederholungen verwendet, um die Wirkung jeder Behandlung (AY vs. KG) im Anschluss an den Trainingszeitraum zu bewerten. Sofern angebracht, wurde ein t-Test für verbundene Stichproben für Vergleiche innerhalb der Probandengruppen verwendet. Für nicht normalverteilte Daten wurde der Mann-Whitney-U-Test sowie der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test angewendet und eine Chi-Quadrat-Analyse für Häufigkeitszählungen der Probanden, die Verbesserungen in den jeweiligen Messungen zeigten.

6. Ergebnisse

Hinsichtlich der untersuchten Parameter gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung (prä), $p > 0,05$ (Mann-Whitney-U-Test).

6.1 Primäre Zielkriterien

6.1.1 Gesichtsfeldmessungen

(1) Oculus Twinfield® Perimetrie

Mittlerer Defekt (MD): Da die MD-Daten nicht normalverteilt waren (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$), wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test genutzt. Dieser ergab eine **signifikante** MD-Abnahme in der AY-Gruppe (prä/post; MW = 6,41/5,7; Mdn = 4,53/4,08) nach einem Monat Training ($z = -2,31$; $p < 0,05$; asymp. sig zweiseitig $p = 0,02$; exakt sig. einseitig $p = 0,01$; $r = 0,44$). Der Determinationskoeffizient (Cohen, 1988) betrug R^2, $\eta^2 = 0,19$, was auf eine moderate Effektgröße hinweist. Im Gegensatz dazu waren in der KG keine signifikanten Veränderungen nachweisbar (prä/post; MW = 7,22/7,25; $z = 0.11$; $p = 0.91$ asymp. sig. Zweiseitig; $p = 0.46$ exakt sig. einseitig).

Verbesserungen des MD-Wertes korrelierten innerhalb der AY-Gruppe, jedoch nicht in der Kontrollgruppe, **signifikant** mit der Verbesserung binokularer Mikrosakkaden ($r = 0,75$; $p < 0,001$) und Verbesserungen des Augeninnendrucks ($r = 0,34$; $p = 0,05$).

Um einen Einblick in die Veränderungen innerhalb der AY-Gruppe zu geben, zeigt **Abbildung 10 A** einen durchschnittlichen Fall, repräsentativ für den Verbesserungsmittelwert der AY-Gruppe (prä/post; MD-Wert: 9,81/9,08). Die **Abbildung 10 B** zeigt den Fall, bei dem die stärkste Verbesserung zu verzeichnen war (prä/post; MD-Wert: 9,61/6,18). Abgebildet sind

die Veränderungen der Gesichtsfelddefekte vor (prä) und nach (post) einem Monat Augen-Yoga.

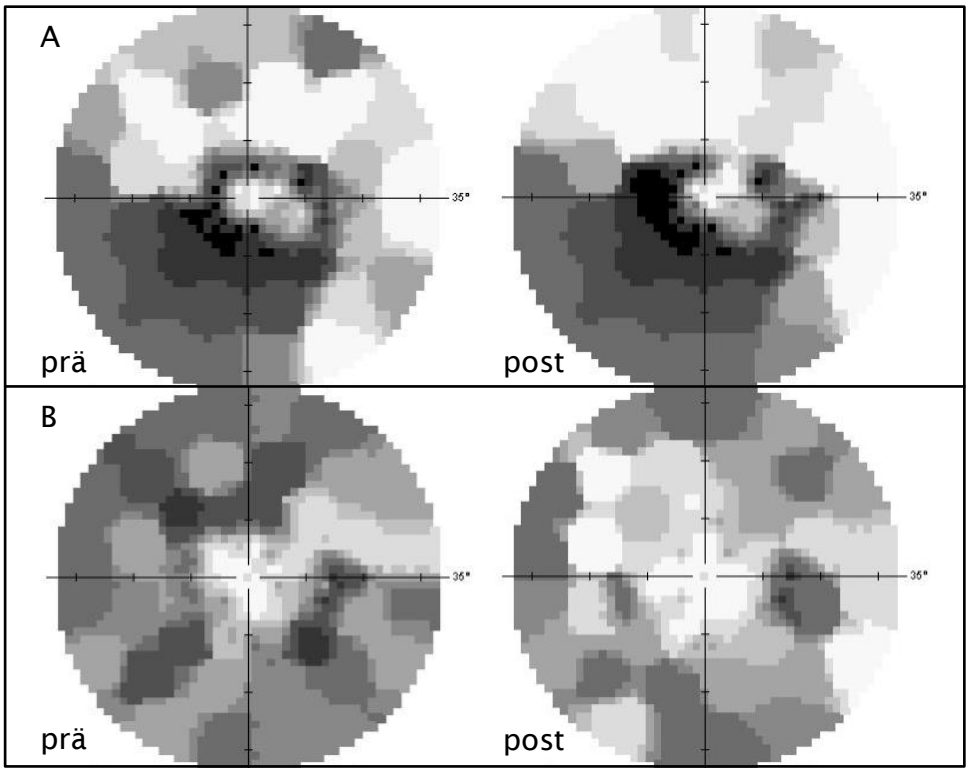

Abb. 10: (A) Fallbeispiel durchschnittlicher Verbesserung des Gesichtsfeld-Ausfalls in der AY-Gruppe; (B) Fallbeispiel maximaler Verbesserung des Gesichtsfeldausfalls in der AY-Gruppe; Weiße Bereiche repräsentieren eine gesunde Sehfunktion, während dunklere Bereiche schwereren Defekten entsprechen.

Mittlere Sensitivität (MSE): Eine Normalverteilung wurde für jede Gruppe mittels Shapiro-Wilk-Test festgestellt ($p > 0{,}05$), jedoch konnte durch den Levene-Test keine Homogenität der Varianzen nachgewiesen werden ($p < 0{,}05$).

Eine ANOVA mit Messwiederholungen zeigte keine signifikanten Veränderungen zwischen den Gruppen und über die Zeit (Greenhouse-Geisser, $F(1, 53) = 0{,}08$; $p = 0{,}79$; partielles $\eta^2 = 0{,}001$). Der MSE-Wert der AY-Gruppe verbesserte sich leicht (prä/post, MW = 11,18/11,32; SD = 4,56/5,12), jedoch nicht signifikant, während er sich in der Kontrollgruppe leicht verschlechterte (prä/post, MW = 10,01/9,98; SD = 4,94/5,08).

Relative Defekte (RD): Die relativen Defekte haben sich in der AY-Gruppe nach dem Trainingsmonat **signifikant** reduziert. Ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$) ergab eine statistisch signifikante Reduktion der RD-Werte ($z = 1,79$; $p < 0,05$; $r = 0,35$; $\eta^2 = 0,12$) nach der Intervention (MW = 15,67; Mdn = 15,00) im Vergleich zum Vortest (MW = 18,26; Mdn = 15,00). Es waren keine signifikanten Veränderungen in der KG festzustellen ($z = -0,31$; $p = 0,76$).

Absolute Defekte (AD): Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$) zeigte keine signifikanten Veränderungen innerhalb beider Gruppen (AY: z = -0,65; $p = 0,51$; KG: z = 0,18; $p = 0,86$).

Fixationsfähigkeit: Bezüglich der Fixation konnte mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$) in keiner der Gruppen eine relevante Veränderung ermittelt werden (AY: $z = -0,56$; $p = 0,57$; KG: $z = -0,66$; $p = 0,51$).

(2) High resolution perimetry (HRP)

Nach einem Monat reagierten die AY-Probanden **signifikant** häufiger auf die Stimuluspräsentation in Bezug auf die absoluten ($z = -2,55$; $p = 0,005$; $r = 0,49$; $\eta^2 = 0,24$) und relativen (prozentual) erkannten Stimuli ($z = -2,14$; $p < 0,05$; $r = 0,41$; $\eta^2 = 0,17$), wie der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$) zeigte. Innerhalb der KG waren keine Verbesserungen der Stimuli-Erkennungsrate zu beobachten ($z = -0,59$; $p = 0,56$).

6.1.2 Messungen der Augenbewegungen - Mikroakkaden (MS)

Anteil der binokularen MS (in %): Eine Zwei-Wege-ANOVA mit Messwiederholung wurde durchgeführt (Shapiro-Wilk $p > 0,05$; Levene´s Test $p > 0,05$), um den Einfluss von Zeit

(prä/post) und Gruppe (AY vs. KG) auf den binokularen Mikrosakkadenanteil zu untersuchen.

Es zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F(1, 27) = 5,79$; $p = 0,02$; partielles $\eta^2 = 0,18$), was darauf hinweist, dass die Gruppen im Zeitverlauf unterschiedlich reagierten. Dies wurde weder separat für Zeit noch für Gruppe beobachtet, $p > 0,05$.

In der AY-Gruppe nahm der Mikrosakkadenanteil leicht ab, von prä (M = 36,67 %, SD = 8,28) zu post (M = 33,14 %, SD = 9,39), während er in der KG anstieg, von prä (M = 32,65%, SD = 10,97) zu post (M = 37,20 %, SD = 10,72).

Um die signifikante Interaktion konkreter zu analysieren, wurde ein t-Test durchgeführt, der jedoch keine signifikante Veränderung von der Prä- zu Post-Messung ergab, weder in der AY-Gruppe ($p = 0,15$) noch in der Lesegruppe ($p = 0,08$).

Trotz einer Tendenz zur Verbesserung in der KG lagen beide Gruppen weiterhin außerhalb des Referenzbereichs gesunder Vergleichspersonen.

In der AY-Gruppe, jedoch nicht in der KG, zeigte sich eine **signifikante** Korrelation zwischen der Verbesserung des binokularen Mikrosakkadenanteils und der Verbesserung des Gesichtsfelds (MD) ($r = 0,52$, $p = 0,02$). Zusätzlich gab es in der AY-Gruppe eine **signifikante** Korrelation zwischen der Verbesserung des binokularen Mikrosakkadenanteils und dem glaukombezogenen Gesichtsfeld-Schweregradindex (definiert nach der Hodapp-Parrish-Anderson-Klassifikation) ($r = 0,56$, $p = 0,01$).

Horizontaler Konjugationsindex: Hinsichtlich dieses Parameters wich die Verteilung der Daten von einer Normalverteilung ab (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$). Mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests konnte weder in der AY-Gruppe ($z = -0,11$; $p = 0,91$) noch in der KG ($z = -1,65$; $p = 0,09$) eine signifikante Veränderung bezüglich beider Messzeitpunkte ermittelt werden. Die Werte der AY-Gruppe zeigten jedoch einen Trend zur Verbesserung und näherten sich dem Normbereich von ≤ 10 an (prä/post, MW = 16,50/14,03; Mdn = 10,16/10,62).

Innerhalb der Kontrollgruppe wiesen die Gruppenwerte auf eine Verschlechterung hin (prä/post, MW = 14,54/17,92; Mdn = 12,18/14,75).

Vertikaler Konjugationsindex: Es wurde der Shapiro-Wilk-Test angewandt, eine Normalverteilung war nicht gegeben ($p < 0,05$). Während die Werte der AY-Gruppe nahezu unverändert blieben (prä/post, MW = 21,94/20,37; Mdn = 13,65/14,44), zeigte sich in der Kontrollgruppe eine Verschlechterung (prä/post, MW = 19,66/24,48; Mdn = 15,53/12,3), wobei Signifikanz nicht nachgewiesen werden konnte (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, AY: $z = -0,31$; $p = 0,76$; KG: $z = -1,33$; $p = 0,18$).

Rate (num/s): Eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung (Shapiro-Wilk-Test: $p > 0,05$; Levene´s Test: $p < 0,05$) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Greenhouse-Geisser, $F(1, 38) = 2,27$; $p = 0,14$; partielles $\eta^2 = 0,56$)). Während die Mittelwerte der AY-Gruppe nahezu stabil blieben (AY: prä/post, MW = 1,49/1,58), zeigte die KG eine signifikante Verschlechterung (*t*-Test, $p = 0,002$) und entfernte sich weiter aus dem Normbereich von 0-5-1,5 (KG: prä/post, MW = 1,53/1,81).

Amplitude (°): Beide Gruppen befanden sich bereits vor Beginn des jeweiligen Trainings im Normbereich (prä/post; AY: MW = 0,56/0,57; Mdn = 0,49/0,51; KG: MW = 0,57/0,61; Mdn = 0,51/0,49). Ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$) ergab keine signifikanten Veränderungen (AY: $z = -0,04$; $p = 0,97$; KG: $z = -1,024$; $p = 0,31$).

Geschwindigkeit (°/s): Diese Daten waren normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test: $p > 0,05$; Levene´s Test: $p < 0,05$); die Ausgangswerte beider Gruppen lagen innerhalb des Normbereichs von 35-50 (prä/post; KG: MW = 43,08/46,21; AY: MW = 42,56/42,39). Weder innerhalb der Gruppen noch zwischen den beiden Gruppen und den Messzeitpunkten wurden signifikante

Veränderungen festgestellt (ANOVA mit Messwiederholung, Greenhouse-Geisser Korrektur, $F(1, 38) = 2{,}19$; $p = 0{,}15$; partielles $\eta^2 = 0{,}55$)).

6.2 Sekundäre Zielkriterien

6.2.1 Sehschärfe und Kontrastsensibilität

Ein Chi-Quadrat-Test wurde durchgeführt, um zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen den Verbesserungsraten und der Gruppenzugehörigkeit bestand. Bei der monokularen Nahsehschärfe gab es **signifikant** mehr Verbesserungen in der AY-Gruppe (χ^2 (1) = 5,23; p = 0,02) mit einem moderaten Effekt (φ = 0,36), was jedoch nicht in der Kontrollgruppe nachweisbar war ($p > 0{,}05$).

Hinsichtlich der Kontrastempfindlichkeit und des Fernvisus gab es keinerlei signifikante Veränderungen ($p > 0{,}05$).

6.2.2 Biomarker

Intraokularer Druck (IOD): Die IOD-Daten waren in beiden Gruppen normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test: $p > 0{,}05$) und zu Studienbeginn nicht signifikant unterschiedlich (Mann-Whitney-U-Test: $p > 0{,}05$). Der IOD sank in beiden Gruppen (prä/post; AY: MW = 15,12/14,64 mmHg; KG: MW = 12,36/11,56 mmHg). Die ANOVA mit Messwiederholung zeigte keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Zeitpunkt und Gruppe (Greenhouse-Geisser, $F(1, 48) = 0{,}09$; $p = 0{,}76$; partielles $\eta^2 = 0{,}002$). Trotz leichter Verbesserungen wurde in beiden Gruppen kein signifikanter Rückgang erreicht (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test; AY: $z = -0{,}68$; $p = 0{,}49$; KG: $z = -1{,}11$; $p = 0{,}27$).

Innerhalb der Augen-Yoga-Gruppe korrelierte die Verbesserung des Gesichtsfeldes (MD-Wert) **signifikant** mit der Verbesserung des Augeninnendrucks (r = 0,34; p = 0,05).

Dynamische Gefäßanalyse (DVA): Da die DVA-Untersuchung nicht bei jedem der Probanden durchgeführt werden konnte, betrug die Teilnehmerzahl bei dieser Analyse N = 25 (AY: n = 12, KG: n = 13). Zur Überprüfung der Mittelwerte wurde ein gepaarter t-Test angewandt. Der Durchmesser des Arterienastes der 3. Verzweigung vergrößerte sich **signifikant** nach einem Monat AY-Übungen (mittlerer Durchmesser: prä/post; 79,9/82,5 MU; $t(95)$ = -2,29; p = 0,02). Eine Verbesserung wurde in der Kontrollgruppe jedoch nicht festgestellt (mittlerer Durchmesser: prä/post; 79,7/80,4 MU; $t(95)$ = -0,61; p = 0,27). Die konkreten Werte inklusive Normwert sind **Tabelle 2** zu entnehmen. Hinsichtlich der Venen konnte keine signifikante Veränderung des Durchmessers ermittelt werden ($p > 0.05$).

Die Ergebnisse wurden im Rahmen dieser Arbeit erstellt und werden in einer Publikation von Zhou, Fricke und Sabel (im Druck) berichtet.

Tab. 2: Veränderungen des Gefäßdurchmessers der 3. arteriellen Verzweigung

		Normwert	AY	KG
Durchmesser (SD), in MU	Prä	83,7 (12,4)	79,9 (10,5)	79,7 (13,9)
	Post	-	82,5 (12,1)	80,4 (14,1)
	p	-	0,015	0,273

6.2.3 Lebensqualität – Selbstbeurteilung mittels NEI-VFQ

Bei keiner der untersuchten Subskalen lag eine Normalverteilung der Daten vor (Shapiro-Wilk-Test: $p < 0,05$), sodass der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test angewandt wurde.

(a) Psychisches Befinden: Bezüglich der Subskala "Psychisches Befinden" gab es eine **signifikante** Verbesserung innerhalb der AY-Gruppe (prä/post; MW = 20,26/21,0; SD = 2,9/2,2), während eine geringfügige Verschlechterung in der KG zu verzeichnen war (prä/post; MW = 20,5/20,29; SD = 2,65/2,9). Mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurde auf Signifikanz der beobachteten Veränderungen getestet, die in **Abb. 11** dargestellt sind (AY: z = - 2,07; p = 0,04; r = 0,53; KG: z = -0,36; p = 0,72; r = 0,09).

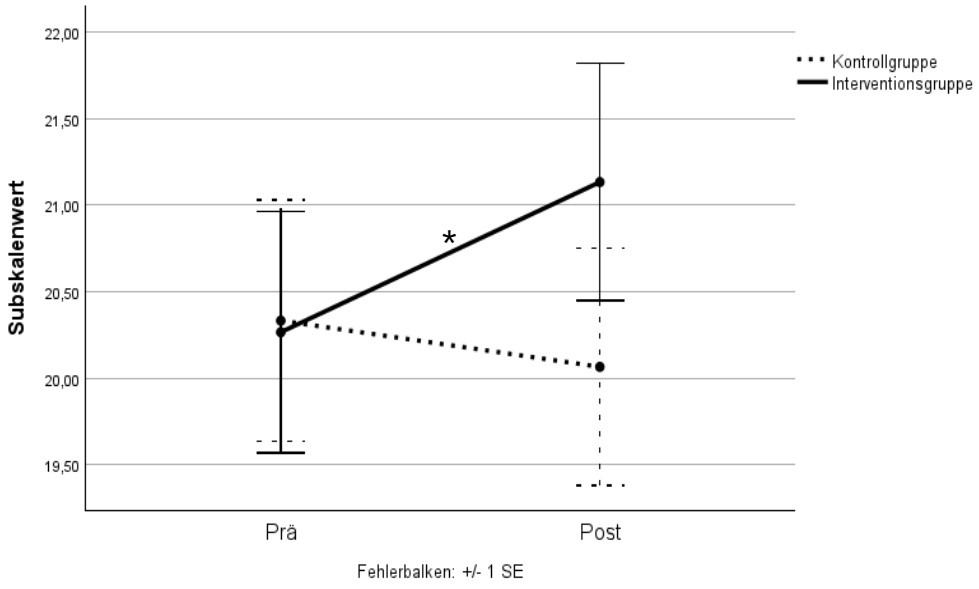

Abb. 11: Veränderungen des psychischen Befindens

(b) Soziale Funktionsfähigkeit: Hinsichtlich der sozialen Funktionsfähigkeit war innerhalb beider Gruppen kein signifikanter Unterschied zwischen der Prä- und Postmessung zu verzeichnen (AY: z = -1,04; p = 0,29; KG: z = -0,76; p = 0,45).

(c) Ausübung sozialer Rollen: Bezüglich der Ausübung sozialer Rollen hat sich nach Beendigung des Trainingsmonats kein signifikanter Unterschied zu der Prä-Testung ergeben (AY: z = - 0,63; p = 0,53; KG: z = -1,06; p = 0,29).

(d) Abhängigkeit von anderen: Zwischen der Prä- und Post-Messung konnte innerhalb keiner der beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied in deren subjektiver Wahrnehmung von Abhängigkeit festgestellt werden (AY: z = -1,12; p = 0,26; KG: z = -0,18; p = 0,85).

Bei dem einzelnen Item "Ich bin oft gereizt wegen meiner Sehkraft" traten in beiden Gruppen **signifikante** Veränderungen auf. Nach der Intervention gab die AY-Gruppe signifikant weniger Reizbarkeit in Bezug auf ihre Sehbehinderung an (z = -2,12; p = 0,034; r = 0,55; prä/post: MW = 4,11/4,5; SD = 1,1/0,63), während die Kontrollgruppe eine **signifikante** Verschlechterung erfuhr (z = 2,06; p = 0,04; r = 0,52; prä/post: MW = 4,47/3,88; SD = 0,7/1,32). Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen zum Zeitpunkt der Prä-Messung (U = 140,5; p = 0,36; Mann-Whitney-U-Test).

6.3 Kasuistik – Probandin „ABTM07“

Um einen konkreteren Einblick in die Veränderungen der AY-Probanden zu geben, werden im Folgenden exemplarisch die Testergebnisse (Perimetrie und DVA) sowie das Empfinden hinsichtlich der eigenen Lebensqualität der AY-Probandin „ABTM07“ (73 Jahre) vorgestellt.

(1) Gesichtsfeldmessung

Die **Abbildungen 12 A** und **12 B** veranschaulichen die Veränderungen der Gesichtsfelddefekte beider Augen der Probandin „ABTM07“ vom Zeitpunkt der Erstdiagnostik (08.08.2019, Prä-Testung) zu der Ausgangsdiagnostik (11.09.2019, Post-Testung).

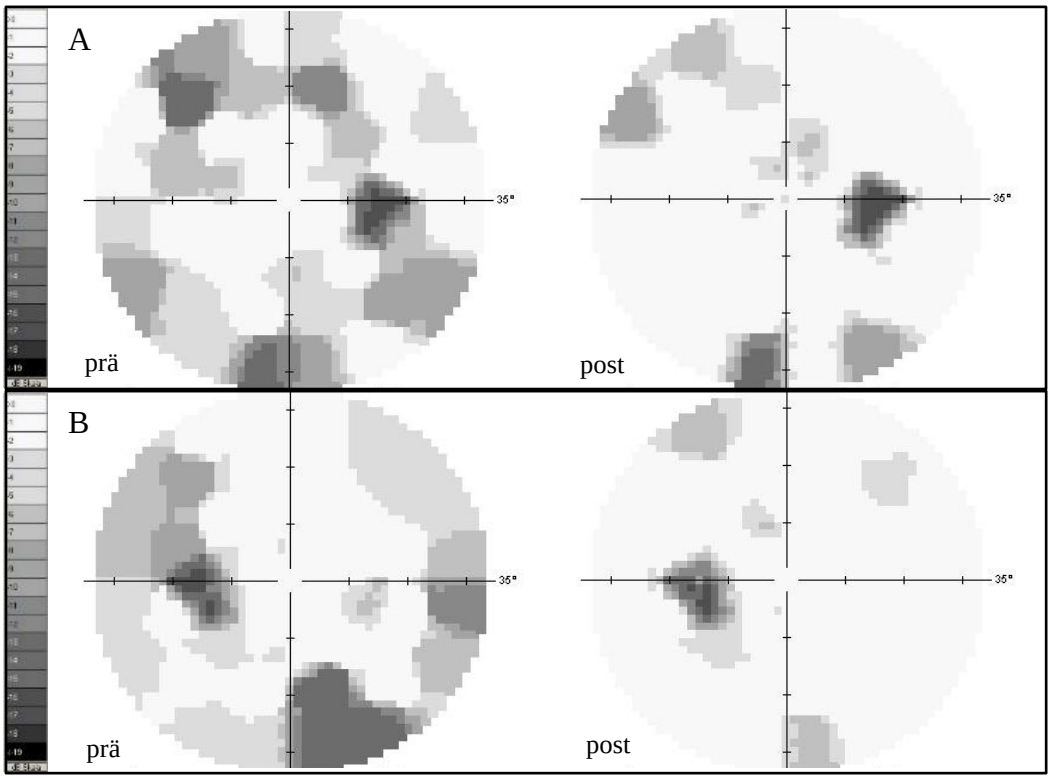

Abb. 12: Prä-Post-Vergleich des Gesichtsfelddefekts, „ABTM07“; (A) Auge rechts, (B) Auge links. Weiße Bereiche repräsentieren eine gesunde Sehfunktion, je dunkler der Bereich ist, desto stärker ist die Schädigung ausgeprägt.

Die mittels Oculus Twinfield® ermittelte Gesichtsfeldfunktion der Probandin hat sich zwischen der Prä- und Postuntersuchung deutlich verbessert. Der MD Wert der Probandin sank sowohl bei dem rechten (prä/post, MD = 2,35/0,63) als auch bei dem linken Auge (prä/post, MD = 2,18/-0,19).

Da alle Probanden bereits im augenärztlichen Kontext mehrfach mit der Funktions- und Vorgehensweise von Perimetrieuntersuchen konfrontiert waren (siehe Einschlusskriterien), ist von einem Lerneffekt abzusehen. In den Perimetrie-Ergebnissen zeichnet sich eine Verbesserung ab, die ohne invasiven Eingriff erzielt werden konnte.

(2) DVA-Gefäßanalyse

Die **Abbildung 13** zeigt die vaskuläre Autoregulation einer einzelnen Probandin hinsichtlich ihrer Netzhautarterien und –venen. Es wurde der Durchmesser während und nach der Präsentation eines flimmernden Lichtstimulus (30–50 Sekunden) ermittelt.

In dem linken Diagramm wird die Veränderung des Durchmessers von Netzhautarterie dargestellt. Im rechten Diagramm hingegen wird die Reaktion der Netzhautvenen der Probandin auf denselben Lichtstimulus gezeigt.

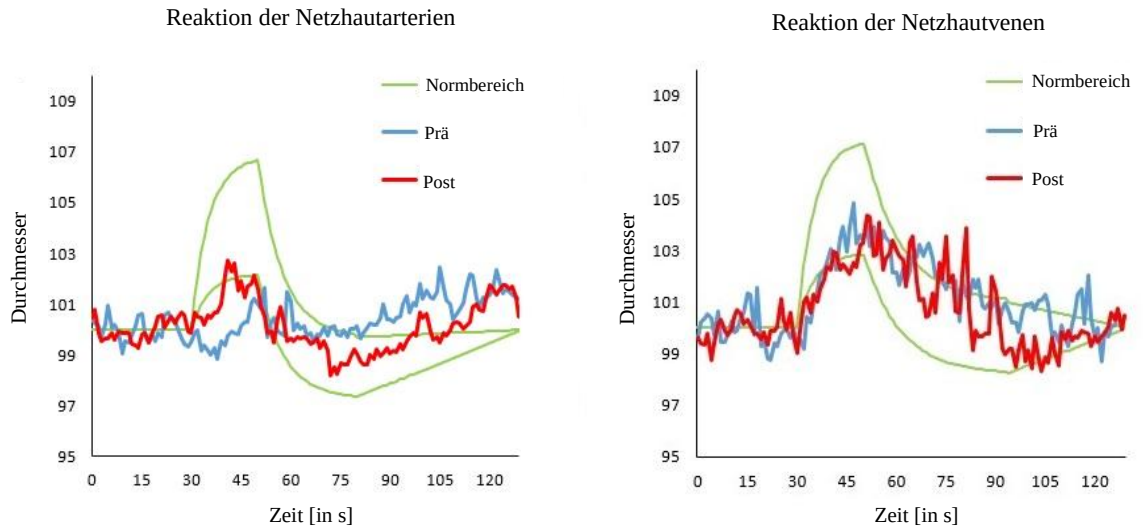

Abb. 13: Gefäßanalyse der Probandin „ABTM07“

Die Y-Achse gibt den Durchmesser des Gefäßes in % zur Baseline an. Die X-Achse zeigt die Zeit vor (0-30 Sek.), während (30-50 Sek.) und nach der Lichtstimulation (50-120 Sek.). Die Reaktion des Gefäßes sollte innerhalb des grün gekennzeichneten Referenzbereiches liegen.

Sofern die Gefäßerweiterung adäquat reguliert wird, nimmt der Gefäßdurchmesser nach 30 Sekunden zunächst zu und verringert sich wieder ab ca. 50 Sekunden. Wenn die Gefäßerweiterung verzögert eintritt oder zu gering ist, deutet dies auf eine vaskuläre Dysregulation hin.

In dem rechten Diagramm scheint die venöse Reaktion unverändert zu sein.

Die, im linken Diagramm vorliegende Normalisierung von prä (blau) zu post (rot), spiegelt wider, dass die Arterie nach einem Monat AY bei dieser Probandin besser und weniger zeitversetzt auf den Licht-Stimulus reagiert. Während die Gefäßreaktion zum ersten Testzeitpunkt stark von der Kurvenformation des Referenzrahmens abwich, kann eine Normalisierung der Reaktion nach 30 Tagen AY zur Postmessung festgestellt werden. Der Anstieg des Gefäßdurchmessers während der Stimulation und die anschließende Rückkehr zum Ausgangswert ist ein Hinweis auf eine verbesserte Funktionalität der Autoregulation.

(3) Subjektives Empfinden

Hinsichtlich subjektiver Veränderungen befragt, berichtete Probandin „ABTM07“ über starke positive Verbesserungen. Die Probandin gab an, bezüglich folgender Symptome eine Besserung zu verspüren: Sie habe weniger das Gefühl von trockenen Augen, ihr behandelnder Augenarzt habe die Empfehlung ausgesprochen, die Dosierung der IOD-senkenden Augenmedikation zu reduzieren und verschwommenes Sehen trete nach dem AY-Training seltener und weniger intensiv auf. Zudem berichtete die Probandin, dass folgende Symptome, die zuvor eine starke Belastung darstellten, gänzlich verschwunden seien: Schleier- und Nebelsehen sowie Unsicherheit beim Treppensteigen oder Gehen auf unebenen/unbekannten Wegen.

6.4 Hypothesenprüfung

In der vorliegenden Studie wurde die Wirksamkeit von Augenyoga und Meditation bei Glaukompatienten untersucht, um die gerichteten Hypothesen zu überprüfen:

H1 Die Gesichtsfelddefekte werden durch die AY-Intervention signifikant verringert.

Die Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Analyse zeigte eine **signifikante** Reduktion der Gesichtsfelddefekte (MD-Werte) innerhalb der AY-Gruppe ($z = -2{,}31$; $p < 0{,}05$; $r = 0{,}44$). Dies stützt die Hypothese, dass AY inklusive Meditation zu einer Verringerung der Defekte führt. In der Kontrollgruppe konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden ($p > 0{,}05$).

H2 Durch die AY-Intervention erfolgt eine Normalisierung der mikrosakkadischen Augenbewegungen.

Da alle Probanden nach Durchführung der Intervention weiterhin außerhalb des Normbereichs lagen und keine signifikante Verbesserung zu verzeichnen war, kann diese Hypothese nicht bestätigt werden.

Es wurde jedoch eine signifikante Korrelation zwischen der Erholung der binokularen MS und den Verbesserungen im Gesichtsfeld (MD-Werte) innerhalb der AY-Gruppe festgestellt ($r = 0{,}52$; $p < 0{,}05$). In der Kontrollgruppe konnte dieser Zusammenhang nicht ermittelt werden ($p > 0{,}05$).

H3 Die Reizdetektionsfähigkeit verbessert sich nach Durchführung der AY-Intervention signifikant.

Nach der Intervention reagierten die AY-Probanden **signifikant** häufiger auf die Stimuluspräsentation in Bezug auf die absoluten ($p = 0{,}005$; $r = 0{,}49$) und relativen (prozentual)

erkannten Stimuli ($p < 0,05$; $r = 0,41$). Innerhalb der Kontrollgruppe war keine Verbesserungen der Stimuli-Erkennungsrate zu beobachten ($p > 0,05$).

Die Hypothese, dass die Reizdetektionsfähigkeit nach der AY-Intervention signifikant verbessert ist, kann demnach angenommen werden.

H4 Der intraokulare Druck sinkt in Folge der AY-Intervention signifikant.

Der IOD sank in beiden Gruppen leicht, jedoch ohne statistische Signifikanz ($p > 0,05$). Die Hypothese einer Augeninnendrucksenkung nach der AY-Intervention konnte nicht abschließend bestätigt werden.

H5 Nach Durchführung der AY-Intervention der treten positive Veränderungen hinsichtlich der vaskulären Situation auf.

Die DVA-Analyse zeigte **signifikante** Verbesserungen der retinalen Arteriendurchmesser in der AY-Gruppe ($t(95) = -2,29$; $p < 0,05$), was die Hypothese einer positiven Veränderung der vaskulären Situation unterstützt.

H6 Die subjektiv empfundene Lebensqualität der Probanden weist nach der AY-Intervention signifikante Verbesserungen auf.

Die nach der AY-Intervention berichtete gesteigerte Lebensqualität konnte mittels des NEI-VFQ-Fragebogens über die Subskala „Psychisches Befinden“ **signifikant** bestätigt werden ($p = 0,04$; $r = 0,53$). In der Kontrollgruppe traten hingegen keine signifikanten Verbesserungen auf ($p > 0,05$).

7. Diskussion

Diese doppelblinde, placebo-kontrollierte klinische Studie unterstreicht die potenziellen Vorteile der Behandlung von primärem Offenwinkelglaukom (POWG) mit täglichem, audiogestütztem Augen-Yoga (AY, einer Kombination aus Augenbewegungen und Atemmeditation). Im Gegensatz zu der aktiven Placebo-Gruppe (Lesen) verbesserten die AY-Übungen die Gesichtsfeldfunktion signifikant, reduzierten die relativen Defekte und verbesserten die allgemeine Reizdetektionsfähigkeit. Zudem verbesserten sich in der AY-Gruppe signifikant die monokulare Nahsehschärfe, der retinale, arterielle Gefäßdurchmesser sowie das allgemeine psychische Befinden und die Reizbarkeit der AY-Probanden.

Obwohl die mikrosakkadischen Augenbewegugen im Gruppenvergleich keine signifikanten Verbesserungen nach der AY-Intervention aufwiesen, korrelierten sie bei den Teilnehmern der AY-Gruppe signifikant mit der Genesung der Gesichtsfelder, was innerhalb der aktiven Kontrollgruppe nicht nachweisbar war.

Der Augeninnendruck nahm sowohl in der AY- als auch in der Lesegruppe leicht ab, jedoch nicht statistisch signifikant. Dennoch konnte innerhalb der AY-Gruppe eine signifikante Korrelation zwischen der Augeninnendrucksenkung und der Verbesserung des Gesichtsfeldes ermittelt werden. Dies deutet den positiven Einfluss von Augen-Yoga auf den Augeninnendruck an und unterstützt die Erkenntnisse von Dada et al. (2018).

Die Studienergebnisse untermauern die Theorie, dass Stress nicht nur als Ursache, sondern auch als Verstärker der Glaukomprogression wirkt, indem er vaskuläre Dysregulationen und Gefäßverengungen fördert. Diese Prozesse können im Rahmen der Theorie der allostatischen Last verstanden werden, die beschreibt, wie chronische Stressreaktionen zu kumulativen physiologischen Schäden führen (McEwen, 1998). Solche Belastungen können die Regulation des Augeninnendrucks beeinträchtigen und die neuronale Versorgung durch Sauerstoff und Nährstoffe einschränken, was die Funktionalität der visuellen

Systeme weiter mindert. Durch die stressreduzierenden Effekte von AY könnte die allostatische Last reduziert werden, was zu den beobachteten Verbesserungen im retinalen Blutfluss und der Gesichtsfeldfunktion beitragen könnte. Diese Ergebnisse bestärken die Bedeutung von Entspannungsverfahren zur Unterbrechung des Teufelskreises aus Stress, vaskulärer Dysfunktion und neurodegenerativen Veränderungen (Bilc et al., 2021, Flammer et al., 2013a; Flammer et al., 2013b; Sabel et al., 2018b; Sabel & Lehnigk, 2021).

Da die ermittelten Verbesserungen hinsichtlich retinalem Blutfluss, binokularen Mikrosakkaden, des Augeninnendrucks sowie der – für Patienten subjektiv am relevantesten – verbesserten Gesichtsfeldfunktion in signifikanten Korrelationen miteinander auftraten, stützt dies die These eines neuroplastischen Wechselspiels innerhalb des visuellen Systems (Castaldi et al., 2020; Sabel et al., 2018b). Eine synchrone Verbesserung der betrachteten Faktoren liegt nahe und deutet auf interdependente Prozesse hin (Lunghi et al., 2015; Lunghi & Sale, 2016; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2020a; Sabel & Lehnigk, 2021; Virathone et al., 2021). Beispielsweise die signifikante Korrelation zwischen Verbesserungen der Mikrosakkaden und dem Rückgang von Gesichtsfelddefekten deutet darauf hin, dass die Normalisierung der Augenbewegung ein beitragender Mechanismus für die Wiederherstellung der Gesichtsfelder ist und spricht für die Plastizität des visuellen Systems (Castaldi et al., 2020; Virathone et al., 2021; Wu & Sabel, 2021).

Wie zuvor anhand visueller Feldtraings (Kasten et al., 1998; Sabel & Gudlin, 2014) oder Neuromodulation durch Mikrostromtherapie berichtet wurde (Mei et al., 2024; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2020a, Sabel et al., 2020c), unterstützen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass eine Wiederherstellung der Gesichtsfelder auch bei POWG-Betroffenen mit stabilen oder fortschreitenden Defekten möglich ist.

Dass sich Stress in vielerlei Hinsicht negativ auf den Körper und die Organsysteme auswirkt, ist die Grundlage der psychochosomatischen Medizin, die sich anhand der vorliegenden Ergebnisse erneut zu bestätigen scheint. Stress wird in der bisherigen Forschung

als Ursache und zugleich Folgeerscheinung von Glaukom betrachtet (Bilc et al., 2021; Sabel et al., 2018c; Sabel et al., 2020b; Sabel & Lehnigk, 2021). Die durch Entspannungsverfahren wie Augen-Yoga und Meditation erzielte Stressreduktion führte in dieser Studie zu einer Verbesserung der Symptomatik, sodass im Umkehrschluss abgeleitet werden kann, dass Stress im Vorfeld eine begünstigende Wirkung auf die Entstehung oder Verschlimmerung von Glaukom haben könnte. Die Studiendaten stützen die Hypothese, dass Stressabbau das Fortschreiten des Glaukoms positiv beeinflussen kann, möglicherweise durch die Behebung der stressbedingten Gefäßverengung, die aufgrund von Sauerstoff- und Nährstoffmangel zu Dysfunktionen führt (Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b). Eine der Schlüsselmechanismen der Genesung scheint ihren Ursprung in vaskulärer Erholung zu haben (Flammer et al., 2002; Flammer et al., 2013a; Flammer et al., 2013b; Grieshaber et al., 2007; Sabel et al., 2018b). Die signifikanten Verbesserungen des Durchmessers der retinalen Arterien in der AY-Gruppe unterstützen das Konzept, dass vaskuläre Dysregulationen Kennzeichen des Glaukoms sind (Flammer et al., 2002; Flammer et al., 2013b; Konieczka et al., 2014b; Sabel et al., 2018b). Stress löst eine sympathische Aktivierung aus, die den Muskeltonus (Spannung/Verengung) erhöht (Heinrich-Clauer, 2014; Peroz & Hantel, 2010; Roman-Liu et al., 2013), so dass chronische Vasokonstriktion infolge eines erhöhten Muskeltonus der Netzhaut- und Gehirnneuronen kontinuierlich Sauerstoff und Nährstoffe entzieht, den Energiezustand der Neuronen senkt und die visuelle Verarbeitung reduziert (Sabel et al. 2018a, Sabel et al., 2018c; Zhou & Sabel, 2023). Durch diese Unterversorgung können die Neuronen in eine Art inaktiven, „schlummernden“ Zustand geraten, in dem keine visuellen Signale mehr verarbeitet werden können (Bola et al., 2014; Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b; Sabel et al., 2018c; Sabel & Lehnigk, 2021; Zhou & Sabel, 2023). Mittels der stressreduzierenden AY-Intervention kann dieser, aufgrund von vaskulärer Dysregulation entstandenen, Unterversorgung entgegengewirkt worden sein, sodass im Sinne einer Reaktivierung der Zellen durch die

nachweislich verbesserte Gefäßsituation wieder mehr visuelle Signale verarbeitet werden können (Sabel et al., 2018b; Sabel & Lehnigk, 2021; Zhou & Sabel, 2023)

Neben der Meditationskomponente des AY, könnte durch Augenbewegungsübungen und Gesichtsdruckpunktmassagen die vaskuläre Dysregulation normalisiert worden sein, indem sich die Verengung der perivaskulären glatten Muskulatur reduzierte und dadurch der Blutfluss und die Versorgung des Auges mit Sauerstoff verbessert wurde. Meditation, eine etablierte Methode zur Entspannung, fördert diese Effekte, indem sie das parasympathische Nervensystem aktiviert und den Augeninnendruck senkt (Dada et al., 2018; Sabel & Lehnigk, 2021). Zwar konnte keine signifikante Verbesserug des Augeninnendrucks festgestellt werden, doch zeigt die Studie eine Korrelation zwischen der Verbesserung des Augeninnendrucks und des Gesichtsfeldes.

Augenbewegungsübungen könnten die perivaskuläre Muskelspannung verringern und den Gefäßdurchmesser erhöhen, so dass der Blutfluss normalisiert und hypometabole Neuronen reaktiviert werden (Sabel et al., 2018a; Sabel et al., 2018b; Sabel, 2020a). Diese Reaktivierung stimmt mit früheren Erkenntnissen überein, nach denen Restsehvermögen aktiviert werden kann (Bilc et al., 2021; Bola et al., 2014; Sabel et al., 2018b).

Die vorliegende Studie liefert neue Einblicke für ein psychosomatisches, ganzheitliches Verständnis der Entstehung und des Verlaufs von Glaukom, das nahelegt, dass Stress und ggf. fehlende Bewältigungsstrategien primäre Ursachen für Sehverlust darstellen können (Becker et al., 1994; Bilc et al., 2021; Dada et al., 2018; Heinrichs et al., 2015; Kaluza et al., 1996; Peroz & Hantel, 2010; Sabel & Lehnigk, 2021; Sabel et al., 2018c; Sabel et al., 2020b)

Limitationen der Studie

In weiterführenden Studien sollte untersucht werden, wie stark die Augenbewegungsübungen und die Atemmeditation separat betrachtet zu Verbesserungen beitragen (Dada et al., 2018). Eine separate Überprüfung der einzelnen Verfahren, ohne kombinierte Anwendung, erlaubt

tiefere Einlicke in die Mechanismen, die der Genesung zugrunde liegen. Auf diese Weise könnte überprüft werden, ob entweder der Bewegungs- oder der Entspannungsaspekt tiefgreifendere Verbesserungen erzielen kann.

Da die Intervention für einen recht kurzen Zeitraum angesetzt war, können langfristige Effekte und Nachhaltigkeit der Intervention nicht beurteilt werden. Es wäre wünschenswert, den langfristigen Effekt zu untersuchen, indem AY über einen weitaus längeren Zeitraum praktiziert wird. Auf diese Weise ließe sich feststellen, ob erzielte Verbesserungen stabil erhalten bleiben oder etwaige Ermüdungserscheinungen aufgrund des „Trainings“ auf Dauer zu einer Verschlechterung der Symptomatik führen könnten.

Zusätzlich zu den bisher erhobenen Werten würde eine Messung objektiver Stress-Biomarker, beispielsweise der Cortisolwerte, in künftigen Studien einen tieferen Einblick in die stressreduzierende Wirkweise der Methode bieten.

Die Aufgabe der aktiven Kontrollgruppe (Lesen) könnte die Ergebnisse im Gruppenvergleich beeinflusst haben, da eine ebenfalls entspannende Wirkung des Lesens nicht ausgeschlossen werden kann. Es sollte eine geeignete Kontrollmaßnahme gefunden werden, die einerseits keine Rückschlüsse auf den Placebo-Status der Probanden zulässt und zugleich keine eigenständigen oder verzerrenden Effekte hervorruft.

Hinsichtlich der Datenanalyse muss beachtet werden, dass das Erkennen signifikanter Veränderungen in nur einer Gruppe ohne Interaktionseffekte weniger robuste statistische Evidenz liefert als die Beobachtung signifikanter Interaktionen in einer Zwei-Wege-ANOVA. Im Rahmen einer fortführenden Studie sollte dies mit einer größeren Stichprobengröße und unter der Voraussetzung der Normalverteilung der Daten durchgeführt werden.

Ausblick und Implikationen für die Praxis

Die Probanden der AY-Gruppe berichteten nach ihrem Trainingsmonat von einem stärkeren Gefühl der Sicherheit und weniger Angst, die Kontrolle über ihren Zustand (Kontrollverlust)

zu verlieren. Einige Probanden fühlten sich weniger gestresst und berichteten von einer verbesserten Fähigkeit, alltägliche Herausforderungen zu bewältigen. Augenyoga könnte somit eine wertvolle Ergänzung zur Standard-Augenbehandlung sein.

Augenyoga stellt eine kostengünstige, nicht-invasive und vielversprechende ergänzende Therapie für Patienten mit Gesichtsfeldausfällen dar. Die Methode eröffnet neue Perspektiven für die Erforschung der psychosomatischen Dimension des Glaukoms. Stressreduzierende Maßnahmen wie Augen-Yoga könnten Teil einer umfassenderen Glaukombehandlungsstrategie werden, die den Patienten ermöglicht, aktiv zur Verbesserung ihres mentalen und körperlichen Zustands beizutragen. Obwohl diese Studie explorativen Charakter hat und keinen endgültigen Beweis dafür bietet, dass Augen-Yoga die Gesichtsfeldfunktion verbessern kann, sprechen die geringen Risiken und die potenziellen Vorteile dafür, dass Augen-Yoga bereits jetzt als ergänzende Therapie empfohlen werden kann.

III Literaturverzeichnis

Adams, G. L., & Pearlman, J. T. (1970). Emotional response and management of visually handicapped patients. *Psychiatry in medicine, 1*(3), 233–240. https://doi.org/10.2190/R0G9-95LE-8NK7-YBHE

Ainlay, S. C. (1988). Aging and New Vision Loss: Disruptions of the Here and Now. *Journal of Social Issues*, *44*(1), 79–94. https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1988.tb02050.x

Becker, P., Bös, K., & Woll, A. (1994). Ein Anforderungs-Ressourcen-Modell der körperlichen Gesundheit: Pfadanalytische Überprüfungen mit latenten Variablen. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, *2*(1), 25–48.

Becker, P., Schulz, P., & Schlotz, W. (2004). Persönlichkeit, chronischer Stress und körperliche Gesundheit. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, *12*(1), 11–23. https://doi.org/10.1026/0943-8149.12.1.11

Bergua, A. (2017). Gesichtsfeld. In A. Bergua (Hrsg.), *Das menschliche Auge in Zahlen* (S. 155–157). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47284-2_30

Bertelmann, T., & Strempel, I. (2016). Entspannungsmethoden beim Glaukom. Stellenwert von autogenem Training, Hypnose und Musikmedizin [Self-relaxation techniques for glaucoma patients. Significance of autogenic training, hypnosis and music therapy]. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*, *113*(2), 102–110. https://doi.org/10.1007/s00347-015-0139-y

Bieliauskas, L. A. (2019). *Stress and Its Relationship to Health and Illness*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429307737

Bilc, M., Soechting, F., & Sabel, B. (2021). The Patient behind the Eye: A Meta-Organ Systems Perspective of Low Vision and the Dawn of Holistic Ophthalmology. *Frontiers in Ophthalmology*, 1–4. https://doi.org/10.36879/FrO.21.000105

Black, P. H., & Garbutt, L. D. (2002). Stress, inflammation and cardiovascular disease. *Journal of psychosomatic research*, *52*(1), 1–23. https://doi.org/10.1016/s0022-3999(01)00302-6

Bola, M., Gall, C., Moewes, C., Fedorov, A., Hinrichs, H., & Sabel, B. (2014). Brain functional connectivity network breakdown and restoration in blindness. *Neurology*, *83*(6), 542–551. https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000672

Bola, M., Gall, C., & Sabel, B. (2013). The second face of blindness: processing speed deficits in the intact visual field after pre- and post-chiasmatic lesions. *PloS one*, *8*(5), e63700. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063700

Bourne, R. R. A., Stevens, G. A., White, R. A., Smith, J. L., Flaxman, S. R., Price, H., Jonas, J. B., Keeffe, J., Leasher, J., Naidoo, K., Pesudovs, K., Resnikoff, S., & Taylor, H. R. (2013). Causes of vision loss worldwide, 1990-2010: a systematic analysis. *The Lancet. Global health*, *1*(6), e339-49. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70113-X

Brody, S., Erb, C., Veit, R., & Rau, H. (1999). Intraocular pressure changes: the influence of psychological stress and the Valsalva maneuver. *Biological psychology*, *51*(1), 43–57. https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00012-5

Brogan, K., Bigirimana, D., Wightman, A., Green, C., & Martin, K. R. (2022). Daily Meditation Practice for Managing Glaucoma Patients' Attitudes and Acceptance. *Journal of glaucoma*, *31*(9), e75-e82. https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002076

Burton, M. J., Ramke, J., Marques, A. P., Bourne, R. R. A., Congdon, N., Jones, I., Ah Tong, B. A. M., Arunga, S., Bachani, D., Bascaran, C., Bastawrous, A., Blanchet, K., Braithwaite, T., Buchan, J. C., Cairns, J., Cama, A., Chagunda, M., Chuluunkhuu, C., Cooper, A., . . . Faal, H. B. (2021). The Lancet Global Health Commission on Global Eye Health: vision beyond 2020. *The Lancet. Global health*, *9*(4), e489-e551. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30488-5

Castaldi, E., Lunghi, C., & Morrone, M. (2020). Neuroplasticity in adult human visual cortex. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *112*, 542–552. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.02.028

Chu, H.-Y., & Chan, H.-S. (2022). Loneliness and Social Support among the Middle-Aged and Elderly People with Visual Impairment. *International journal of environmental research and public health*, *19*(21). https://doi.org/10.3390/ijerph192114600

Cohen, S., Janicki-Deverts, D., & Miller, G. E. (2007). Psychological stress and disease. *JAMA*, *298*(14), 1685–1687. https://doi.org/10.1001/jama.298.14.1685

Cooper, C. L., & Quick, J. C. (Hrsg.). (2017). *The handbook of stress and health: A guide to research and practice*. Wiley Blackwell. https://permalink.obvsg.at/

Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five Factor Inventory Professional Manual* [Psychological Assessment Resources]. https://doi.org/10.4135/9781849200479

Dada, T., Faiq, M., Mohanty, K., Mittal, D., Bhat, M., Yadav, R., Sihota, R., Dada, R., & Pandey, R. M. (2016). Effect of Yoga and Meditation Based Intervention on Intraocular Pressure, Quality of Life, Oxidative Stress and Gene Expression Pattern in Primary Open Angle Glaucoma: A Randomized Controlled Trial. *Investigative ophthalmology & visual science*, *57*(12).

Dada, T., Mittal, D., Mohanty, K., Faiq, M., Bhat, M. A., Yadav, R., Sihota, R., Sidhu, T., Velpandian, T., Kalaivani, M., Pandey, R. M., Gao, Y., Sabel, B. A. & Dada, R. (2018). Mindfulness Meditation Reduces Intraocular Pressure, Lowers Stress Biomarkers and Modulates Gene Expression in Glaucoma: A Randomized Controlled Trial. *Journal of glaucoma*, *27*(12), 1061–1067. https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001088

Dada, T., Ramesh, P., & Shakrawal, J. (2020). Meditation: A Polypill for Comprehensive Management of Glaucoma Patients. *Journal of glaucoma*, *29*(2), 133–140. https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001406

Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., Urbanowski, F., Harrington, A., Bonus, K., & Sheridan, J. F. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, *65*(4), 564–570. https://doi.org/10.1097/01.psy.0000077505.67574.e3

Emerson, D. L. (1981). Facing Loss of Vision: The Response of Adults to Visual Impairment. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, *75*(2), 41–45. https://doi.org/10.1177/0145482X8107500201

Ende-Henningsen, B., & Henningsen, H. (2010). Neurobiologische Grundlagen der Plastizität des Nervensystems. In P. Frommelt & H. Lösslein (Hrsg.), *NeuroRehabilitation* (S. 67–79). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12915-5_5

Eysel, U. (2006). Sehen. In F. Schmidt & H.-G. Schaible (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Neuro- und Sinnesphysiologie* (S. 243–286). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-29491-0_10

Finger, R. P., Fimmers, R., Holz, F. G., & Scholl, H. P. N. (2011). Incidence of blindness and severe visual impairment in Germany: projections for 2030. *Investigative ophthalmology & visual science*, *52*(7), 4381–4389. https://doi.org/10.1167/iovs.10-6987

Flammer, J., Konieczka, K., Bruno, R. M., Virdis, A., Flammer, A. J., & Taddei, S. (2013a). The eye and the heart. *European heart journal*, *34*(17), 1270–1278. https://doi.org/10.1093/eurheartj/eht023

Flammer, J., Konieczka, K., & Flammer, A. J. (2013b). The primary vascular dysregulation syndrome: implications for eye diseases. *The EPMA journal*, *4*(1), 14. https://doi.org/10.1186/1878-5085-4-14

Flammer, J., Orgül, S., Costa, V. P., Orzalesi, N., Krieglstein, G. K., Serra, L. M., Renard, J.-P., & Stefánsson, E. (2002). The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Progress in retinal and eye research*, *21*(4), 359–393. https://doi.org/10.1016/s1350-9462(02)00008-3

Franke G. H., Esser, J., Voigtländer, A., & Mähner, N. (2009). *NEI-VFQ - National Eye Institute Visual Function Questionnaire - deutsche Adaptation.* https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4571

Franke, A. (2012). *Modelle von Gesundheit und Krankheit* (3., überarbeitete Auflage). Verlag Hans Huber. https://permalink.obvsg.at/AC09562707

Gagrani, M., Faiq, M. A., Sidhu, T., Dada, R., Yadav, R. K., Sihota, R., Kochhar, K. P., Verma, R., & Dada, T. (2018). Meditation enhances brain oxygenation, upregulates BDNF and improves quality of life in patients with primary open angle glaucoma: A randomized controlled trial. *Restorative neurology and neuroscience*, *36*(6), 741–753. https://doi.org/10.3233/RNN-180857

Gall, C., Steger, B., Koehler, J., & Sabel, B. (2013). Evaluation of two treatment outcome prediction models for restoration of visual fields in patients with postchiasmatic visual pathway lesions. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2271–2280. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.028

Gillmann, K., Hoskens, K., & Mansouri, K. (2019). Acute emotional stress as a trigger for intraocular pressure elevation in Glaucoma. *BMC ophthalmology*, *19*(1), 69. https://doi.org/10.1186/s12886-019-1075-4

Goyal, M., Singh, S., Sibinga, E. M. S., Gould, N. F., Rowland-Seymour, A., Sharma, R., Berger, Z., Sleicher, D., Maron, D. D., Shihab, H. M., Ranasinghe, P. D., Linn, S., Saha, S., Bass, E. B., & Haythornthwaite, J. A. (2014). Meditation programs for psychological stress and well-being: a systematic review and meta-analysis. *JAMA internal medicine*, *174*(3), 357–368. https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.13018.

Granger, D. N., & Kvietys, P. R. (2015). Reperfusion injury and reactive oxygen species: The evolution of a concept. *Redox biology*, *6*, 524–551. https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.08.020

Grehn, F. (Hrsg.). (2019). *Augenheilkunde*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59154-3

Grieshaber, M. C., Mozaffarieh, M., & Flammer, J. (2007). What is the link between vascular dysregulation and glaucoma? *Survey of ophthalmology*, *52 Suppl 2*, S144-54. https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2007.08.010

Gupta, N., Ang, L.-C., Noël de Tilly, L., Bidaisee, L., & Yücel, Y. H. (2006). Human glaucoma and neural degeneration in intracranial optic nerve, lateral geniculate nucleus, and visual cortex. *The British journal of ophthalmology*, *90*(6), 674–678. https://doi.org/10.1136/bjo.2005.086769

Hagemann, D., Spinath, F. M., Mueller, E. M., & Stemmler, G. (2023). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung* (9., überarbeitete Auflage). *Kohlhammer Standards Psychologie*. Verlag W. Kohlhammer. https://permalink.obvsg.at/AC16804712 https://doi.org/10.17433/978-3-17-039779-8

Heinrich-Clauer, V. (2014). Zur Wechselwirkung von emotionalen Schutzreaktionen und Muskeltonus. *Sprache · Stimme · Gehör*, *38*(03), 114–119. https://doi.org/10.1055/s-0034-1387785

Heinrichs, M., Stächele, T., & Domes, G. (2015). *Stress und Stressbewältigung*. *Fortschritte der Psychotherapie: Bd. 58*. Hogrefe. https://permalink.obvsg.at/AC12180090

Huether, G. (1996). The central adaptation syndrome: psychosocial stress as a trigger for adaptive modifications of brain structure and brain function. *Progress in neurobiology*, *48*(6), 569–612. https://doi.org/10.1016/0301-0082(96)00003-2

IBM Corp. (2021). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0*. https://www.ibm.com/de-de/products/spss-statistics

Izzotti, A., Bagnis, A., & Saccà, S. C. (2006). The role of oxidative stress in glaucoma. *Mutation research*, *612*(2), 105–114. https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2005.11.001

Jiménez, R., & Vera, J. (2018). Effect of examination stress on intraocular pressure in university students. *Applied ergonomics*, *67*, 252–258. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.010

Kaluza, G., & Strempel, I. (1995). Effects of self-relaxation methods and visual imagery on IOP in patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmologica. Journal international d'ophtalmologie. International journal of ophthalmology. Zeitschrift fur Augenheilkunde*, *209*(3), 122–128. https://doi.org/10.1159/000310596

Kaluza, G., Strempel, I., & Maurer, H. (1996). Stress reactivity of intraocular pressure after relaxation training in open-angle glaucoma patients. *Journal of behavioral medicine*, *19*(6), 587–598. https://doi.org/10.1007/BF01904906

Kaluza, G. (2018). *Stressbewältigung: Trainingsmanual Zur Psychologischen Gesundheitsförderung* (4th ed.). *Psychotherapie*. Springer Berlin / Heidelberg. https://livivo.idm.oclc.org/login?url=https://ebookcentral.proquest.com/lib/zbmed-ebooks/detail.action?docID=5287494

Kasten, E., Strasburger, H., & Sabel, B. (1997). Programs for diagnosis and therapy of visual field deficits in vision rehabilitation. *Spatial vision*, *10*(4), 499–503. https://doi.org/10.1163/156856897x00456

Kasten, E., Wüst, S., Behrens-Baumann, W., & Sabel, B. (1998). Computer-based training for the treatment of partial blindness. *Nature medicine*, *4*(9), 1083–1087. https://doi.org/10.1038/2079

Konieczka, K., & Flammer, J. (2016). Phänomenologie und klinische Bedeutung des Flammer-Syndroms [Phenomenology and Clinical Relevance of the Flammer Syndrome]. *Klinische Monatsblatter fur Augenheilkunde*, *233*(12), 1331–1336. https://doi.org/10.1055/s-0042-118881

Konieczka, K., Fränkl, S., Todorova, M. G., & Henrich, P. B. (2014a). Unstable oxygen supply and glaucoma. *Klinische Monatsblatter fur Augenheilkunde*, *231*(2), 121–126. https://doi.org/10.1055/s-0033-1360242

Konieczka, K., Ritch, R., Traverso, C. E., Kim, D. M., Kook, M. S., Gallino, A., Golubnitschaja, O., Erb, C., Reitsamer, H. A., Kida, T., Kurysheva, N., & Yao, K. (2014b). Flammer syndrome. *The EPMA journal*, *5*(1), 11. https://doi.org/10.1186/1878-5085-5-11

Krumpaszky, H. G., & Klauss, V. (1996). Epidemiology of blindness and eye disease. *Ophthalmologica. Journal international d'ophtalmologie. International journal of ophthalmology. Zeitschrift fur Augenheilkunde*, *210*(1), 1–84. https://doi.org/10.1159/000310663

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. https://permalink.obvsg.at/

Lee, P. P., Spritzer, K., & Hays, R. D. (1997). The impact of blurred vision on functioning and well-being. *Ophthalmology*, *104*(3), 390–396. https://doi.org/10.1016/s0161-6420(97)30303-0

Leydhecker, W. (1991). Der Augeninnendruck bei Gesunden. In W. Leydhecker (Hrsg.), *Die Glaukome in der Praxis* (S. 9–13). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76306-9_2

Lim, M. C., Shiba, D. R., Clark, I. J., Kim, D. Y., Styles, D. E., Brandt, J. D., Watnik, M. R., & Barthelow, I. J. (2007). Personality type of the glaucoma patient. *Journal of glaucoma*, *16*(8), 649–654. https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31806ab2eb

Lucini, D., Norbiato, G., Clerici, M., & Pagani, M. (2002). Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, *39*(1), 184–188. https://doi.org/10.1161/hy0102.100784

Lunghi, C., Berchicci, M., Morrone, M. C., & Di Russo, F. (2015). Short-term monocular deprivation alters early components of visual evoked potentials. *The Journal of physiology*, *593*(19), 4361–4372. https://doi.org/10.1113/JP270950

Lunghi, C., & Sale, A. (2016). Moderate levels of physical activity enhance short-term visual plasticity in adult humans. *Journal of vision*, *16*(12), 1100. https://doi.org/10.1167/16.12.1100

Mabuchi, F., Yoshimura, K., Kashiwagi, K., Shioe, K., Kanba, S., Iijima, H., & Tsukahara, S. (2005). Personality assessment based on the five-factor model of personality structure in patients with primary open-angle glaucoma. *Japanese journal of ophthalmology*, *49*(1), 31–35. https://doi.org/10.1007/s10384-004-0134-3

Mabuchi, F., Yoshimura, K., Kashiwagi, K., Shioe, K., Yamagata, Z., Kanba, S., Iijima, H., & Tsukahara, S. (2008). High prevalence of anxiety and depression in patients with primary open-angle glaucoma. *Journal of glaucoma*, *17*(7), 552–557. https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31816299d4

McEwen, B. S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *The New England journal of medicine*, *338*(3), 171–179. https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307

McEwen, B. S., Kloet, E. R. de, & Rostene, W. (1986). Adrenal steroid receptors and actions in the nervous system. *Physiological reviews*, *66*(4), 1121–1188. https://doi.org/10.1152/physrev.1986.66.4.1121

Mei, X., Tsang, L., Jacques, T., Sabel, B. A., Leung, C. K. S., Chan, J. C. H., Thompson, B., & Cheong, A. M. Y. (2024). Glaucoma Rehabilitation Using ElectricAI Transcranial Stimulation (GREAT)-Optimizing Stimulation Protocol for Vision Enhancement Using an RCT. *Translational vision science & technology*, *13*(9), 25. https://doi.org/10.1167/tvst.13.9.25

Meier, P. (2021). Plastizität und motorisches Lernen. In T. Schick (Hrsg.), *Funktionelle Elektrostimulation in der Neurorehabilitation* (S. 9–19). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61705-2_2

Müllbacher, W. (2011). Neuroplastizität. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie* (S. 611–625). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0064-6_44

Müsseler, J., & Rieger, M. (Hrsg.). (2017). *Allgemeine Psychologie*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53898-8

Nie, L., Cheng, D., Cen, J., Ye, Y., Qiao, Y., Fang, J., Zhu, X., Wu, M., Xu, J., Liang, Y., & Shen, L. (2022). Effects of Exercise on Optic Nerve and Macular Perfusion in Glaucoma and Normal Subjects. *Journal of glaucoma*, *31*(10), 804–811. https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002082

Peroz, I., & Hantel, H. (2010). Stress, Stressverarbeitung und kraniomandibuläre Dysfunktionen - eine Longitudinalstudie [Stress, coping and craniomandibular disorders - a longitudinal study]. *Zeitschrift fur Psychosomatische Medizin und Psychotherapie*, *56*(1), 23–33. https://doi.org/10.13109/zptm.2010.56.1.23

Plange, N. (2012). Glaukom. In M. Goebeler, P. Walter & M. Westhofen (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Augenheilkunde, Dermatologie, HNO* (S. 50–54). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20412-8_6

Plaumann, M., Busse, A., & Walter, U. (2006). Grundlagen zu Stress. In *Weißbuch Prävention 2005/2006* (S. 3–12). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-32662-6_2

Rokach, A., Berman, D., & Rose, A. (2021). Loneliness of the Blind and the Visually Impaired. *Frontiers in psychology*, *12*, 641711. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.641711

Roman-Liu, D., Grabarek, I., Bartuzi, P., & Choromański, W. (2013). The influence of mental load on muscle tension. *Ergonomics*, *56*(7), 1125–1133. https://doi.org/10.1080/00140139.2013.798429

Rosen, L. D., Whaling, K., Carrier, L. M., Cheever, N. A., & Rokkum, J. (2013). The Media and Technology Usage and Attitudes Scale: An empirical investigation. *Computers in human behavior*, *29*(6), 2501–2511. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.006

Rüfer, F. (2017). Glaukom. In *Das Marfan-Syndrom* (S. 107–110). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53259-1_19

Sabel, B., Cárdenas-Morales, L., & Gao, Y. (2018a). Vision Restoration in Glaucoma by Activating Residual Vision with a Holistic, Clinical Approach: A Review. *Journal of current glaucoma practice*, *12*(1), 1–9. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10028-1237

Sabel, B., Flammer, J., & Merabet, L. B. (2018b). Residual vision activation and the brain-eye-vascular triad: Dysregulation, plasticity and restoration in low vision and blindness - a review. *Restorative neurology and neuroscience*, *36*(6), 767–791. https://doi.org/10.3233/RNN-180880

Sabel, B., Gao, Y., & Antal, A. (2020a). Reversibility of visual field defects through induction of brain plasticity: vision restoration, recovery and rehabilitation using alternating current stimulation. *Neural regeneration research*, *15*(10), 1799–1806. https://doi.org/10.4103/1673-5374.280302

Sabel, B., & Gudlin, J. (2014). Vision restoration training for glaucoma: a randomized clinical trial. *JAMA ophthalmology*, *132*(4), 381–389. https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.7963

Sabel, B., Henrich-Noack, P., Fedorov, A., & Gall, C. (2011). Vision restoration after brain and retina damage: the "residual vision activation theory". *Progress in brain research*, *192*, 199–262. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53355-5.00013-0

Sabel, B., & Lehnigk, L. (2021). Ist Stress die primäre Ursache von Glaukom? *Klinische Monatsblatter fur Augenheilkunde*, *238*(2), 132–145. https://doi.org/10.1055/a-1303-8025

Sabel, B., Thut, G., Haueisen, J., Henrich-Noack, P., Herrmann, C., Hunold, A., Kammer, T., Matteo, B., Sergeeva, E. G., Waleszczyk, W., & Antal, A. (2020c). Vision modulation, plasticity and restoration using non-invasive brain stimulation - An IFCN-sponsored review. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *131*(4), 887–911. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.01.008

Sabel, B., Wang, J., Cárdenas-Morales, L., Faiq, M., & Heim, C. (2018c). Mental stress as consequence and cause of vision loss: the dawn of psychosomatic ophthalmology for preventive and personalized medicine. *The EPMA journal*, *9*(2), 133–160. https://doi.org/10.1007/s13167-018-0136-8

Sabel, B., Wang, J., Fähse, S., Cárdenas-Morales, L., & Antal, A. (2020b). Personality and stress influence vision restoration and recovery in glaucoma and optic neuropathy following alternating current stimulation: implications for personalized neuromodulation and rehabilitation. *The EPMA journal*, *11*(2), 177–196. https://doi.org/10.1007/s13167-020-00204-3

Saner, H., Würbel, H., Mahler, F., Flammer, J., & Gasser, P. (1987). Microvasculatory evaluation of vasospastic syndromes. *Advances in experimental medicine and biology*, *220*, 215–218. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1927-6_38

Sankalp, Dada, T., Yadav, R. K., & Faiq, M. A. (2018). Effect of Yoga-Based Ocular Exercises in Lowering of Intraocular Pressure in Glaucoma Patients: An Affirmative Proposition. *International journal of yoga*, *11*(3), 239–241. https://doi.org/10.4103/ijoy.IJOY_55_17

Schultz-Zehden, W., & Bischof, F. (1986). *Auge und Psychosomatik*. Deutscher Ärzte-Verlag. https://permalink.obvsg.at/AC00295823

Schuster, A. K., Wolfram, C., Pfeiffer, N., & Finger, R. P. (2019). Augenheilkunde 2019 – Wo stehen wir? Eine Betrachtung der Versorgungssituation in Deutschland [Ophthalmology 2019-where do we stand? An analysis of the treatment situation in Germany]. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*, *116*(9), 829–837. https://doi.org/10.1007/s00347-019-0894-2

Selye, H. (1936). A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature*, *138*(3479), 32. https://doi.org/10.1038/138032a0

Senf, W., & Broda, M. (2011). *Praxis der Psychotherapie*. Georg Thieme Verlag. https://doi.org/10.1055/b-001-1086

Skalicky, S., & Goldberg, I. (2008). Depression and quality of life in patients with glaucoma: a cross-sectional analysis using the Geriatric Depression Scale-15, assessment of function related to vision, and the Glaucoma Quality of Life-15. *Journal of glaucoma*, *17*(7), 546–551. https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318163bdd1

Sleath, B., Robin, A. L., Covert, D., Byrd, J. E., Tudor, G., & Svarstad, B. (2006). Patient-reported behavior and problems in using glaucoma medications. *Ophthalmology*, *113*(3), 431–436. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2005.10.034

Steinle, J. (2015). Zwischen Herausforderung und Chance – Das Allostase-Stress-Modell und die salutogene Soziale Arbeit. *Soziale Passagen, 7*(2), 263–278. https://doi.org/10.1007/s12592-015-0198-6

Sterling, P. (2015). Principles of Allostasis: Optimal Design, Predictive Regulation, Pathophysiology, and Rational Therapeutics. In J. Schulkin (Hrsg.), *Allostasis, Homeostasis, and the Costs of Physiological Adaptation* (S. 17–64). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781316257081.004

Sterr, A., & Conforto, A. B. (2012). Plasticity of adult sensorimotor system in severe brain infarcts: challenges and opportunities. *Neural plasticity*, *2012*, 970136. https://doi.org/10.1155/2012/970136

Stevens, G. A., White, R. A., Flaxman, S. R., Price, H., Jonas, J. B., Keeffe, J., Leasher, J., Naidoo, K., Pesudovs, K., Resnikoff, S., Taylor, H., & Bourne, R. R. A. (2013). Global prevalence of vision impairment and blindness: magnitude and temporal trends, 1990-2010. *Ophthalmology*, *120*(12), 2377–2384. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.05.025

Stieglitz, R.-D. (1999). Bullinger, M. & Kirchberger, I. (1998). SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Göttingen: Hogrefe. Preis DM 298,-. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie, 28*(2), 143–145. https://doi.org/10.1026//0084-5345.28.2.143

Tang, Y.-Y., Ma, Y., Fan, Y., Feng, H., Wang, J., Feng, S., Lu, Q., Hu, B., Lin, Y., Li, J., Zhang, Y., Wang, Y., Zhou, L., & Fan, M. (2009). Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(22), 8865–8870. https://doi.org/10.1073/pnas.0904031106

The jamovi project. (2023). *jamovi, Version 2.3*. https://www.jamovi.org

Tillmann, B. (2010). *Atlas der Anatomie des Menschen: [mit Muskeltrainer]* (2., überarb. Aufl.). Springer Medizin. https://permalink.obvsg.at/AC07788236

Tran, E., Aly, M., Shah, N., Phu, V., & Malvankar-Mehta, M. S. (2024). Benefits of meditation and breathing exercises in vision loss patients. *British Journal of Visual Impairment*, *42*(1), 210–224. https://doi.org/10.1177/02646196231201773

Turrens, J. F. (2003). Mitochondrial formation of reactive oxygen species. *The Journal of physiology*, *552*(Pt 2), 335–344. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.049478

Virathone, L., Nguyen, B. N., Dobson, F., Carter, O. L., & McKendrick, A. M. (2021). Exercise alone impacts short-term adult visual neuroplasticity in a monocular deprivation paradigm. *Journal of vision*, *21*(11), 12. https://doi.org/10.1167/jov.21.11.12.

Wu, Z., & Sabel, B. (2021). Spacetime in the brain: rapid brain network reorganization in visual processing and recovery. *Scientific reports*, *11*(1), 17940. https://doi.org/10.1038/s41598-021-96971-8

Zapata, M. A., & Pearlstein, J. G. (2022). Disability self-worth relates to lower anxiety and depression in people with visual impairment. *Journal of clinical psychology*, *78*(7), 1491–1499. https://doi.org/10.1002/jclp.23308

Zhou, W., Fricke, L., & Sabel, B. (im Druck). Eye Yoga for Glaucoma: Recovery of Vascular Dysregulation and Visual Field Loss - A Randomized Controlled Trial. The EPMA Journal. https://doi.org/10.1007/s13167-024-00389-x

Zhou, W., & Sabel, B. (2023). Vascular dysregulation in glaucoma: retinal vasoconstriction and normal neurovascular coupling in altitudinal visual field defects. *The EPMA journal*, *14*(1), 87–99. https://doi.org/10.1007/s13167-023-00316-6

Zhu, M. M., Lai, J. S. M., Choy, B. N. K., Shum, J. W. H., Lo, A. C. Y., Ng, A. L. K., Chan, J. C. H., & So, K. F. (2018). Physical exercise and glaucoma: a review on the roles of physical exercise on intraocular pressure control, ocular blood flow regulation, neuroprotection and glaucoma-related mental health. *Acta ophthalmologica*, *96*(6), e676-e691. https://doi.org/10.1111/aos.13661

IV Anhang

NEI-VFQ Fragebogen

Fragebogen zur Sehkraft

Bitte markieren Sie das Feld, das die Frage für Sie am besten beantwortet.

1. Wie würden Sie im allgemeinen ihren Gesundheitszustand beschreiben:

Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Mittelmäßig	Schlecht
1	2	3	4	5

2. Wie würden Sie heute Ihre Sehkraft bewerten, die sie mit Brille oder Kontaktlinsen **haben?**

Ausgezeichnet	Gut	Mittelmäßig	Schlecht	Sehr schlecht	Vollständig blind
1	2	3	4	5	6

3. Wie oft sorgen Sie sich um ihre Sehkraft?

Niemals	Selten	Manchmal	Meistens	Immer
1	2	3	4	5

4. In welchen Ausmaß hatten Sie in der Vergangenheit Schmerzen oder Beschwerden in und um Ihre Augen?

Gar keine	Leichte	Mittelmäßige	Starke	Sehr starke
1	2	3	4	5

5. Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Lesen einer normal gedruckten Zeitung? Haben Sie...

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen der Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

6. Wie stark sind Ihre Schwierigkeiten, wenn Sie auf Ihrer Arbeit oder beim Ausüben von Hobbies in der Nähe gut sehen müssen, z.B. beim Kochen, Nähen, bei der Hausarbeit, beim Benutzen von Werkzeug. Würden Sie sagen:

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

7. Haben sie aufgrund Ihrer Sehkraft Probleme, etwas in einem unübersichtlichen Regal zu finden?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

8. Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten, Straßenschilder oder die Namen von Geschäften zu lesen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

9. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft bei Dämmerung oder in der Nacht Schwierigkeiten, Stufen, Treppen oder den Bordstein herabzusteigen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

10. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, Dinge neben sich zu sehen, wenn Sie irgendwo entlang gehen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

11. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten zu sehen, wie andere auf das reagieren, was Sie gerade gesagt haben?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

12. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, Ihre eigene Kleidung farblich zusammenzustellen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

13. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, neue Bekannte in deren Wohnung zu besuchen oder auf Partys oder im Restaurant zu erkennen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

14. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, ins Kino oder Theater zu gehen oder Sportveranstaltungen zu besuchen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

15. Nun möchte ich Fragen zum Auto fahren stellen. Fahren Sie zur Zeit, oder wenigstens manchmal, Auto?

Ja	Nein
1	2

15.a. Wenn NEIN. Sind Sie bisher nie Auto gefahren oder haben Sie das Auto fahren aufgegeben?

Bin nie Auto gefahren	Habe das Auto fahren aufgegeben
1	2

15.b. Wenn Sie das AUTO FAHREN AUFGEGEBEN HABEN. War es hauptsächlich wegen der Sehkraft, gab es andere Gründe, oder war es sowohl wegen Ihrer Sehkraft als auch aus anderen Gründen?

Hauptsächlich wegen der Sehkraft	Hauptsächlich wegen anderer Gründe	Sowohl wegen der Sehkraft als auch aus anderen Gründen
1	2	3

15.c. Wenn Sie AUTO FAHREN. Wie starke Schwierigkeiten haben Sie beim Auto fahren, wenn Sie am Tag durch bekannte Gegenden fahren?

Keine	Wenig	Ziemlich	Starke
1	2	3	4

16. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, nachts Auto zu fahren?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

Die nächsten Fragen behandeln Dinge, die Sie vielleicht aufgrund Ihrer Sehkraft tun, z.B. bei der Arbeit oder bei täglichen Aktivitäten im Haushalt, bei der Kinderpflege, in der Schule oder bei gesellschaftlichen Aktivitäten. Bei jeder Frage antworten Sie bitte, ob dies für sie immer zutrifft, meistens, manchmal, selten oder nie.

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie				
	1	2	3	4	5				
17.	Bringen Sie weniger zustande, als Sie sich vorgenommen haben?					1	2	3	4	5
18.	Können Sie nicht so lange arbeiten oder andere Aktivitäten durchführen wie Sie gerne möchten?					1	2	3	4	5

19. Wie stark hindern Sie Schmerzen oder Beschwerden in und um Ihre Augen, wie z.B. Brennen der Augen, Jucken, Schmerzen, daran, das zu tun, was Sie tun möchten? Würden Sie sagen:

Niemals	Manchmal	Die Hälfte	Die meiste Zeit	Immer
1	2	3	4	5

Die nächsten Fragen behandeln Ihr Umgehen mit Ihrem Sehvermögen. Bitte markieren Sie für jede Aussage, ob sie für Sie absolut richtig ist, meistens richtig ist, ob sie nicht sicher sind, ob sie meistens falsch ist oder absolut falsch ist

Absolut richtig	Meistens richtig	Weiß nicht	Meistens falsch	Absolut falsch
1	2	3	4	5

20.	Wegen meiner Sehkraft	bleibe ich die meiste Zeit zu Hause	1 2 3 4 5
21.	Wegen meiner Sehkraft	bin ich die meiste Zeit gehemmt	1 2 3 4 5
22.	Wegen meiner Sehkraft	habe ich sehr wenig Kontrolle über das, was ich tue	1 2 3 4 5
23.	Wegen meiner Sehkraft	muß ich mich zu sehr auf andere Menschen verlassen	1 2 3 4 5
24.	Wegen meiner Sehkraft	benötige ich viel Hilfe von Anderen	1 2 3 4 5

Bei der folgenden Aussage markieren Sie bitte, ob sie für Sie absolut richtig ist, meistens richtig ist, ob sie nicht sicher sind, ob sie meistens falsch oder absolut falsch ist

Absolut richtig	Meistens richtig	Weiß nicht	Meistens falsch	Absolut falsch
1	2	3	4	5

25.	Ich mache mir Sorgen darüber, daß ich wegen meiner eingeschränkten Sehkraft mir oder anderen Probleme bereiten werde	1 2 3 4 5

A1. Wie würden Sie Ihren allgemeinen Gesundheitszustand auf einer Skala bewerten, bei der 0 die schlechteste mögliche und 10 die bestmögliche Gesundheit bezeichnet.

Schlechteste										Beste
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

A2. Wie würden Sie Ihre heutige Sehkraft auf einer Skala bewerten, bei der 0 die schlechteste mögliche und 10 die bestmögliche Sehkraft bezeichnet.

Schlechteste										Beste
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

A3. Wenn Sie Ihre Brille oder Kontaktlinsen tragen, wie stark sind Ihre Schwierigkeiten, wenn Sie die kleine Schrift im Telefonbuch, auf einer Arzneiflasche oder auf einem Formular lesen wollen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A4. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten herauszufinden, ob die Rechnung, die man Ihnen ausstellt, korrekt ist?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A5. Haben sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, sich vor dem Spiegel zu rasieren, oder Ihr Haar zu frisieren, oder sich zu schminken?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A6. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, Menschen, die Sie kennen, in einem Raum wiederzuerkennen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A7. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten zu joggen oder spazieren zu gehen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A8. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, das Fernsehprogramm zu sehen und sich daran zu erfreuen?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A9. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, Freunde und Familienangehörige bei Ihnen zu Hause zu bewirten und zu unterhalten?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

A10. Haben Sie aufgrund Ihrer Sehkraft Schwierigkeiten, unter schlechten Bedingungen Auto zu fahren, wie bei schlechtem Wetter, in der Hauptverkehrszeit, auf der Autobahn oder im Stadtverkehr?

Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Ziemliche Schwierigkeiten	Starke Schwierigkeiten	Wegen Ihrer Sehkraft aufgehört	Aus anderen Gründen aufgehört oder kein Interesse
1	2	3	4	5	6

Die nächsten Fragen behandeln Dinge, die Sie vielleicht aufgrund Ihrer Sehkraft tun, z.B. bei der Arbeit oder bei täglichen Aktivitäten im Haushalt, bei der Kinderpflege, in der Schule oder bei gesellschaftlichen Aktivitäten. Bei jeder Frage antworten Sie bitte, ob dies für sie immer zutrifft, meistens, manchmal, selten oder nie.

Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
1	2	3	4	5

A11a.	Benötigen Sie mehr Hilfe von anderen?	1	2	3	4	5
A11b.	Sind Sie in den Dingen, die Sie tun wollen, eingeschränkt?	1	2	3	4	5

Die nächsten Fragen behandeln Ihr Umgehen mit Ihrem Sehvermögen. Bitte markieren Sie für jede Aussage, ob sie für Sie absolut richtig ist, meistens richtig ist, ob sie nicht sicher sind, ob sie meistens falsch ist oder absolut falsch ist

Absolut richtig	Meistens richtig	Weiß nicht	Meistens falsch	Absolut falsch
1	2	3	4	5

A12.	Wegen meiner Sehkraft	bin ich oft gereizt	1	2	3	4	5
A13.	Wegen meiner Sehkraft	gehe ich nicht alleine aus dem Haus	1	2	3	4	5

V Ehrenerklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; verwendete fremde und eigene Quellen sind als solche kenntlich gemacht.

Ich habe insbesondere nicht wissentlich:

- Ergebnisse erfunden oder widersprüchliche Ergebnisse verschwiegen,
- statistische Verfahren absichtlich missbraucht, um Daten in ungerechtfertigter Weise zu interpretieren,
- fremde Ergebnisse oder Veröffentlichungen plagiiert,
- fremde Forschungsergebnisse verzerrt wiedergegeben.

Mir ist bekannt, dass Verstöße gegen das Urheberrecht Unterlassungs- und Schadensersatzansprüche des Urhebers sowie eine strafrechtliche Ahndung durch die Strafverfolgungsbehörden begründen kann. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die Arbeit ggf. mit Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung auf Plagiate überprüft werden kann. Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form als Dissertation eingereicht und ist als Ganzes auch noch nicht veröffentlicht.

VI Curriculum Vitae

VII Danksagung