

Aus dem
Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung
der Ruhr-Universität Bochum
Leiterin: Prof. Dr. med. Petra Platen
Kooptiertes Mitglied der Medizinischen Fakultät

Zur Effektivität von Sports Vision Training

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von
Jessica Cordes
aus Soest

2013

Dekan: Prof. Dr. med. K. Überla
Referent: Prof. Dr. med. P. Platen
Korreferent: Prof. Dr. med. B. Dick

Tag der Mündlichen Prüfung: 10.04.2014

Abstract

Cordes
Jessica
Zur Effektivität von Sports Vision Training

Problem: Sports Vision Trainings (SVT) werden inzwischen auch in Deutschland angeboten und versprechen dem Anwender eine Leistungssteigerung im visuellen und sportlichen Bereich. Die Effektivität dieser (sportartenspezifischen) Trainings ist v.a. im (sport-)ophthalmologischen Bereich umstritten, wissenschaftliche Belege fehlen. So mangelt es einerseits vielen vorliegenden Untersuchungen an validen Studienkriterien, andererseits konnten die wenigen qualitativ hochwertigen Studien, keine positiven Auswirkungen von SVT auf die visuelle Leistungsfähigkeit feststellen. Aufbauend auf einer umfangreichen, computerunterstützten Literaturrecherche und Bestandsaufnahme zu aktuellen Studien im Bereich SVT (im Zeitraum von 1995 - 2012), wurde ein Studiendesign für eine „Trainingsstudie“ erstellt, das wissenschaftlichen Qualitätskriterien (u.a. RCT, doppelblind) genügt. Verglichen werden sollte ein aktuell angebotenes, kommerzielles, auch im Leistungssport angewandtes SVT mit koordinativen, visuell-dynamischen und blickmotorischen Übungselementen (im natürlichen, dreidimensionalen Raum; 3D) mit einem Placebo-Training, das ausschließlich über Softwareprogramme am Bildschirm (also zweidimensional; 2D) durchgeführt wurde.

Methode: Sportler wurden nach einer multifaktoriellen visuellen Leistungsdiagnostik im Eingangstest (Parameter u.a. Sehschärfe, afferente/efferente Bewegungswahrnehmung, Stereosehen, Reaktionsleistung) randomisiert in ein Trainings- (3D-Gruppe; n=18) und ein Placebo-Kollektiv (2D-Gruppe; n=16) aufgeteilt.

Alle Teilnehmer trainierten – in Abhängigkeit von ihrer Kollektivzugehörigkeit – dreimal pro Woche á 60 Minuten über sechs Wochen entweder an fünf verschiedenen Sports Vision Trainingsstationen (3D-Gruppe) oder am Computer bzw. mit dem „Augen-Training™“ von Nintendo® (2D-Gruppe). Das 3D-Training wurde von zwei Sports Vision Trainerinnen zusammengestellt und begleitet. Nach Trainingsende wurde in einem Ausgangstest erneut eine Visuelle Leistungsdiagnostik (vom verblindeten Testleiter) durchgeführt. Zusätzlich zu dieser (wissenschaftlich neutralen) Diagnostik führten die Sports Vision Trainerinnen im Eingangs- wie Ausgangstest ein funktionaloptometrisches Screening durch (Fusionsleistung, Stereosehen, Balance etc). Ergänzend erfolgte eine subjektive Trainingsbewertung durch die Teilnehmer.

Ergebnis: In keiner der acht untersuchten visuellen Teilleistungen konnten (trainingsinduzierte) gruppenspezifische Unterschiede in der Leistungsentwicklung (Eingangs- vs. Ausgangstest) zugunsten der 3D-Gruppe festgestellt werden. Dies gilt auch für die im Training besonders angesteuerten Bereiche Stereosehen (3 Messreihen mit dem Drei-Stäbchen-Test: $p=0,645$, $p=0,208$; $p=0,837$) und Bewegungssehen (afferent: $p=0,207$; efferent: $p=0,949$). Selbst bei den (weniger objektiven) funktionaloptometrischen Screeningverfahren resultierten keine schlüssigen Hinweise auf mögliche Trainingseffekte. Die synoptische Auswertung der Ergebnisse der subjektiven Trainingsbewertung weist darauf hin, dass die 3D-Gruppe ihr Training signifikant häufiger als „empfehlenswert“ und auch für die sportliche Leistung als „effektiv“ beurteilte.

Diskussion: Das Versprechen, „SVT verbessert die Wahrnehmungs- und die sportliche Leistung“ erscheint zunächst sehr attraktiv. Die hier vorgelegten – im Hinblick auf die Effektivität von SVT durchweg ernüchternden – Studienergebnisse bestätigen aber frühere Befunde von Abernethy & Wood [1] und van Velden [115]; auch hier wurde SVT im Hinblick auf eine Verbesserung der Seh- und Wahrnehmungsleistung als „ineffektiv“ beurteilt. Selbst bei sporttypischen Wahrnehmungsleistungen wie dem Bewegungssehen wurden keine trainingsbedingten Leistungsgewinne erzielt. Obwohl die (prinzipielle) Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung/Sehleistung von zahlreichen Autoren beschrieben und wissenschaftlich belegt wurde, fehlt (sportartenspezifischem) SVT – zumindest in der angewandten Form – wohl die Wirkungsspezifität. In Folgestudien ist zu prüfen, ob ggf. modifizierte SVTs (z.B. anforderungsorientierte Trainings über längere Trainingszeiträume) effektiv sind.

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	7
2	ZIELSETZUNG	9
3	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	10
3.1	Berufsgruppen und Begriffsbezeichnungen	10
3.2	Zur Entstehung des Sports Vision Trainings.....	11
3.3	Inhalte und Methoden im Sports Vision Training	12
3.4	Derzeitiger wissenschaftlicher Forschungsstand zu Sports Vision Training	13
3.4.1	Allgemeine Aspekte.....	13
3.4.2	Bislang publizierte Reviews und Veröffentlichungen.....	14
3.4.3	Studienrecherche und Bewertungskriterien	16
3.4.4	Allgemeine Ergebnisse der Studienbewertung	18
3.4.5	Ergebnisse der Qualitätsbewertung sowie Vorstellung der verschiedenen Studieninhalte.....	19
3.4.6	Weitere Forschungsschwerpunkte im Bereich der visuellen Wahrnehmungsschulung.....	36
3.4.7	Zusammenfassung der Literaturrecherche sowie Konsequenzen für die Durchführung einer eigenen (empirischen) Studie	39
4	METHODISCHER TEIL	40
4.1	Versuchsdesign	40
4.2	Untersuchungskollektiv	42
4.3	Visuelle Leistungsdiagnostik.....	43
4.3.1	Bestimmung der statischen Sehschärfe bei Fernblick	44
4.3.2	Bestimmung der dynamischen Sehleistung/Bewegungswahrnehmung.....	46
4.3.2.1	Afferente Bewegungswahrnehmung (DTDS – Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen nach WIST [126]).....	46
4.3.2.2	Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit	48
4.3.3	Bestimmung des Tiefensehvermögens (Räumliches Sehen)	49
4.3.3.1	Direkte (natürliche) Messmethode: Der Drei-Stäbchen-Test nach HELMHOLTZ'schem Prinzip	49
4.3.3.2	Indirekte (haploskopische) Messmethode: Der TNO-Stereotest	51
4.3.4	Bestimmung des kinetischen Gesichtsfeldes (Isopterenperimetrie).....	53
4.3.5	Bestimmung von Reaktionszeit und Antizipationsfähigkeit	55
4.4	Funktionaloptometrisches Screening	58
4.4.1	Allgemeine Untersuchungen, Biopter und Van Orden Stern.....	58
4.4.2	Untersuchung zur Konvergenz- und Divergenzfähigkeit	60
4.4.3	Spaceboard	60
4.5	Die Interventionen.....	62
4.5.1	Laboranordnung und Durchführung	62
4.5.2	Vorbemerkung zum Trainings-Kollektiv (3D-Gruppe)	63
4.5.3	Trainingsgeräte der 3D-Gruppe	63
4.5.3.1	Dynavision D2.....	63

4.5.3.2	P-Rotator-Rotationsscheibe.....	65
4.5.3.3	Brockschnur und Eyeport	66
4.5.3.4	Flipper (Prismengläser)	68
4.5.3.5	Computersoftware "Visual Performance Enhancement for Athletes" (VPE)	69
4.5.3.6	Shutterbrille (Stroboskopische Brille) und Balance-Board (Stabili- sierungskreisel) als ergänzende Geräte zur Schwierigkeitssteigerung	70
4.5.4	Vorbemerkung zum Placebo-Kollektiv (2D-Gruppe)	72
4.5.5	Trainingsgeräte der 2D-Gruppe	72
4.5.5.1	Computersoftware "Visual Performance Enhancement for Athletes" (VPE)	72
4.5.5.2	Nintendo® DS mit Augen-Training™	73
4.6	Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer	74
5	ERGEBNISSE.....	75
5.1	Visuelle Leistungsdiagnostik.....	76
5.1.1	Statische Sehschärfe bei Fernblick	76
5.1.2	Dynamische Sehleistung/Bewegungswahrnehmung	78
5.1.2.1	Afferente Bewegungswahrnehmung (DTDS – Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen nach WIST [126]).....	78
5.1.2.2	Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit	79
5.1.3	Tiefensehvermögen (Räumliches Sehen).....	80
5.1.3.1	Natürliches Tiefensehen (Drei-Stäbchen-Test nach Helmholtz´ schem Prinzip).....	80
5.1.3.2	Haploskopisches Tiefensehen (TNO-Stereotest)	82
5.1.4	Kinetisches Gesichtsfeld (Isopterenperimetrie).....	83
5.1.5	Reaktionszeit und Antizipationsfähigkeit	84
5.2	Funktionaloptometrisches Screening	86
5.2.1	Allgemeine Untersuchungen, Biopter und Van Orden Stern.....	86
5.2.2	Konvergenz- und Divergenzfähigkeit	89
5.2.3	Spaceboard	90
5.3	Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer.....	92
6	DISKUSSION.....	95
6.1	Methoden	96
6.2	Ergebnisse	99
6.2.1	Visuelle Leistungsdiagnostik	99
6.2.2	Funktionaloptometrisches Screening	107
6.2.3	Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer	108
6.3	Schlussfolgerung und weiterführende Fragestellungen.....	109
7	ZUSAMMENFASSUNG	111
8	LITERATURVERZEICHNIS	115
9	ANHANG	125

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	-	Abbildung
AT	-	Ausgangstest
bzgl.	-	bezüglich
cm	-	Zentimeter
DIN	-	Deutsche Industrie Norm
dpt	-	Dioptrie(n)
DST	-	Drei-Stäbchen-Test
DTDS	-	Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen
DVA	-	Dynamic Visual Acuity
ET	-	Eingangstest
et al.	-	lateinisch für „und andere“
etc.	-	et cetera
ggf.	-	gegebenenfalls
m	-	Meter
Min	-	Minuten
o.g.	-	oben genannte(s)
p	-	Irrtumswahrscheinlichkeit
pt	-	Maß für die Schriftgröße
s	-	Sekunde
sog.	-	sogenannte(s)
SOG	-	Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit
Std.-Abw.	-	Standardabweichung
SVT	-	Sports Vision Training
Tab.	-	Tabelle
U/min	-	Umdrehungen pro Minute
u.a.	-	und andere
v.a.	-	vor allem
vgl.	-	vergleiche
VPE	-	Vision Performance Enhancement for Athletes
z.B.	-	zum Beispiel
z.T.	-	zum Teil
z.Zt.	-	zur Zeit
+ Std.-Abw.	-	positive Standardabweichung
- Std.-Abw.	-	negative Standardabweichung

Symbole

%	-	Prozent
°	-	Grad
°/s	-	Grad pro Sekunde
''	-	Winkelsekunde

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht zu bisher veröffentlichten Studien zur Effektivität von Sports Vision Training (alphabetisch sortiert)	21
Tab. 2:	Zeitliche Organisation des Studienablaufs	41
Tab. 3:	Tabellarische Übersicht zur Personenstichprobe	42
Tab. 4:	Verwendete Messverfahren in der visuellen Leistungsdiagnostik sowie die dazugehörigen horizontalen Beleuchtungsstärken	44
Tab. 5:	Darstellung der Geschwindigkeitsstufen am „P-Rotator“ [106].....	65
Tab. 6:	Darstellung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson für die vier Quadranten des Gesichtsfeldes des linken Auges bei den zwei Lichtreizstärken 20 dB und 25 dB.....	83
Tab. 7:	Darstellung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson für die vier Quadranten des Gesichtsfeldes des rechten Auges bei den zwei Lichtreizstärken 20 dB und 25 dB.....	84

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Das Modell der vier Kreise von Skeffington (Jennings [60]).....	12
Abb. 2 :	Verteilung der erzielten Gesamtpunktzahlen bei der Bewertung von Studien zum Sports Vision Training.....	18
Abb. 3:	Drei-Stäbchen-Test nach HELMHOLTZ'schem Prinzip (Jendrusch [50]).....	50
Abb. 4:	Materialien für den TNO-Stereotest (Rot-Grün-Brille und Ordner mit den Tafeln V-VII).....	52
Abb. 5:	Die zu erkennenden Symbole mit entsprechenden Öffnungsvarianten bei den jeweiligen Stereogrenzwinkeln (z.B. 480´´) auf den Tafeln V-VII	52
Abb. 6:	Darstellung der beiden Isopteren (mit verschiedenen Stimulusleuchtdichten) bei der kinetischen Perimetrie für das linke Auge.....	54
Abb. 7:	Aufbau der Lichtlaufleiste nach Ehrenstein [53]	55
Abb. 8:	Skizze der Lichtlaufleiste des Messgerätes für die Reaktions- und Antizipationszeit [53].....	56
Abb. 9:	Darstellung des „Van Orden Sterns“ nach dem „Verbinden“ der diagonalen Punkte [114].....	59
Abb. 10:	Teilnehmerinnen während des Screenings am Spaceboard (links) und beim Test „Van Orden Stern“ (rechts)	61
Abb. 11:	Grafische Darstellung der Ergebnisse eines Teilnehmers am Spaceboard: Abweichung (in cm) von den Zielpunkten zu den Messzeitpunkten ET (rot) und AT (blau)	61
Abb. 12:	Teilnehmer der 3D-Gruppe bei einer Übung am Dynavision D2 (im zentralen Display eine 5-stellige Zahl, die – als „Fixationskontrolle“ – parallel zur peripheren Koordinationsaufgabe vorgelesen werden muss)	64
Abb. 13:	Teilnehmerin (mit Shutterbrille und Laser-Pointer) beim Aufsuchen von vorgegebenen Buchstaben am P-Rotator	66
Abb. 14:	Teilnehmerin bei Übungen an der Brockschnur (links) und am Eyeport (rechts; zusätzlich mit Shutterbrille).....	67
Abb. 15:	Teilnehmerin während einer Übung mit dem Flipper.....	68
Abb. 16:	Teilnehmerin am Computer bei Übungen mit dem Softwareprogramm „Visual Performance Enhancement for Athletes“ (VPE).....	70
Abb. 17:	Teilnehmerin bei einer Übung am Eyeport mit Einsatz der Shutterbrille zur Erweiterung des Übungsumfangs.....	71
Abb. 18:	Statische Sehschärfe (Visus) im Eingangstest im Kollektivvergleich (2D-Gruppe vs. 3D-Gruppe) für das linke Auge (links) und rechte Auge (rechts)	77
Abb. 19:	Visuswerte (linkes und rechtes Auge) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase (ET vs. AT)	77
Abb. 20:	Dynamische Sehschärfe im DTDS zu den Messzeitpunkten ET und AT für die 2D- und 3D-Gruppe	78
Abb. 21:	Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase (ET vs. AT)	79
Abb. 22:	Mittlerer Stababstand am Drei-Stäbchen-Testgerät (Methode 1: quasi-dynamisches Verfahren) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase	80
Abb. 23:	Einstellgenauigkeit (Methode 2) am Drei-Stäbchen-Testgerät für die 2D- und 3D-Gruppe jeweils vor und nach der Trainingsintervention.....	81
Abb. 24:	Tiefensehschärfewinkel beim TNO-Stereotest im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) vor und nach der Trainingsperiode (ET vs. AT) im Box-Whisker-Plot	82

Abb. 25:	Darstellung der durchschnittlich erreichten Reaktionszeiten der 2D- und 3D-Gruppe an der Antizipationsleiste zu den Messzeitpunkten ET und AT	84
Abb. 26:	Antizipationsleistung im Vergleich ET vs. AT für das 3D-Kollektiv (links) und das 2D-Kollektiv (rechts) bei den Geschwindigkeiten 16 °/s (oben) und 24 °/s (unten)	85
Abb. 27:	Häufigkeitsverteilung der Veränderungen beim „Stereosehen“ (links) und bei „Phorien in der Ferne“ (rechts) für die 2D- und 3D-Gruppe	87
Abb. 28:	Häufigkeitsverteilung der Veränderungen für „Visuelles Greifen des linken Auges“ bei der Untersuchung „Van Orden Stern“	88
Abb. 29:	Häufigkeitsverteilung der Veränderungen für Basis Außen (links) und Basis Innen (rechts)	89
Abb. 30:	Summen für die X- und Y-Achsenabweichung am Spaceboard zu den Messzeitpunkten ET und AT im Kollektivvergleich	90
Abb. 31:	Variationskoeffizienten für die X- und Y-Achsenabweichung zu den Messzeitpunkten ET und AT im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)	91
Abb. 32:	Subjektive Bewertung der Aussagen „Das Training war abwechslungsreich gestaltet und hat Spaß gemacht“ (links) und „Das Training entsprach meinen Vorstellungen“ (rechts) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)	93
Abb. 33:	Subjektive Bewertung der Aussagen „Im visuellen Bereich hat sich speziell das Tiefensehen/Räumliche Sehen verbessert“ (links) und „Das Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht“ (rechts) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)	93
Abb. 34:	Subjektive Bewertung der Aussage „Das Training ist empfehlenswert“ im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)	94

1 EINLEITUNG

Wie wichtig das visuelle System für den Menschen ist, wird nicht nur bei alltäglich zu absolvierenden Aufgaben und Tätigkeiten deutlich. Auch Erfahrungen, Erinnerungen und Gedanken sind geprägt von visuellen Impressionen, die im Laufe vieler Jahre gesammelt wurden. Um mit der Umwelt in Kontakt treten zu können, ist das Sehen eine der wichtigsten Funktionen des Menschen [95] und eine Reduktion allein auf die Sehschärfe ist nicht möglich, da die Qualität einzelner visueller Funktionen und deren Zusammenspiel das „Sehen“ kennzeichnen.

Betrachtet man speziell Sportler (im Sinne der Vereinfachung der Leserlichkeit der Arbeit wird fortan nur das generische Maskulinum verwendet), so kann man feststellen, dass das visuelle System in Abhängigkeit von der Sportart oft hohen (z.T. sogar grenzwertigen) Anforderungen unterliegt [51]. Insbesondere viele Hochgeschwindigkeitssportarten fordern vom Sporttreibenden eine herausragende Bewegungswahrnehmung/Blickmotorik, eine gute Auge-Hand-Koordination und eine angemessene Antizipationsfähigkeit. Zusätzlich spielen räumliches und peripheres Sehen, als weitere Teilleistungen des visuellen Systems, eine bedeutende Rolle. Die Anforderungen an das Auge sind also, speziell im Leistungssport (v.a. in schnellen Sportarten), enorm hoch [130]. Die Vielfalt der Sehfunktionen und nicht nur die Sehschärfe ist gefragt. Verständlich, dass gerade deshalb viele Untersuchungen zum Thema „Sehen im Sport“ durchgeführt worden sind. Schnell [99] stellt beispielsweise fest, dass „in vielen Fällen mangelnde Sehleistungen Höchstleistungen im Sport verhindern“. Visuelle (Teil-)Leistungen von Spitzensportlern wurden bereits in zahlreichen Studien beschrieben und mit denen der nichtleistungsmäßig sporttreibenden Bevölkerung (oder von Nicht-Sportlern) verglichen. Insbesondere an der Ruhr-Universität Bochum wurden systematisch über viele Jahre hinweg zahlreiche Untersuchungen zur sportlichen Leistung aber auch zur Sicherheit im Sport in Zusammenhang mit den Leistungen des visuellen Systems bzw. der Wahrnehmungsleistung durchgeführt [13, 14, 30, 41, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 61]. Jendrusch [52] fasst beispielsweise zusammen, dass es zu einer „Häufung extrem hoher Visuswerte und Tendenzen zu besserem peripheren Sehen bei Spitzensportlern“ kommt und dass „Zusammenhänge zwischen der Tiefenwahrnehmung und der sportlichen Leistungsfähigkeit“ bestehen. Ebenso weisen Untersuchungen zum Bewegungssehen einen Zusammenhang zwischen

Sport(art)anforderung und erreichter Sehleistung nach [13, 30, 51, 52, 55, 56, 74, 99, 111]. Neben diesen Erhebungen im Leistungssport wurden aber auch Studien zur Trainierbarkeit der Sehleistung [29, 41] sowie zur Effektivität von Übungsformen zur Wahrnehmungsschulung in ausgewählten Sportarten (z.B. Tennis) [14] aber auch Studien zur Effektivität von Sports Vision-Trainingsgeräten (AcuVision 1000, Wayne Saccadic Fixator u.a.) durchgeführt [58, 61, 80, 92, 96].

Der Leistungsdruck, welchem der Spitzensportler ohne Frage unterliegt, fordert eine optimale Ausschöpfung von Reserven/Ressourcen. Zusammenhänge zwischen Sehleistung und motorischer Leistungsfähigkeit sind unbestritten [23, 48, 124]. Das (vielfach von kommerziellen Institutionen gegebene) Versprechen einer Leistungssteigerung im Sport durch Wahrnehmungsschulung ist daher sehr verleitend. Inwieweit ein Training der visuellen Leistungsfähigkeit aber tatsächlich zu einer visuellen und v.a. sportlichen Leistungssteigerung führt, ist fraglich/offen. Gerade aber diese Hoffnung hat einen „Markt“ für Sports Vision Training geöffnet. In den USA hat sich nun schon seit vielen Jahren ein (vermeintlich) absatzstarker Sektor entwickelt (z.B. [90]). Sports Vision Training stößt aber inzwischen auch in Deutschland auf immer mehr Interessenten. Renommierete Bundesligavereine wie beispielsweise der VfL Wolfsburg oder der SV Werder Bremen wenden – meist auf Empfehlung von sogenannten Visualtrainern (vgl. Kap. 3.1) (und oft auch nur zeitlich begrenzt) – ein Sports Vision Training in Ergänzung zu den üblichen Trainingsmethoden/-inhalten an [11, 75, 93]. Auch immer mehr Leistungssportler sind aufgeschlossen für diese „alternativen“ (Leistungszuwachs versprechenden) Methoden. Die Attraktivität neuartiger Geräte (Shutterbrillen, Eyeport, Flipper o.a.) oder Computerprogramme weckt sicherlich das Interesse und die Neugierde des Sportlers mit der Hoffnung, zusätzliche Leistungsreserven ausschöpfen zu können.

Auch dem Laien bzw. Freizeitsportler werden Computerprogramme und Spiele als Möglichkeit angeboten, die Augen „zu trainieren“ bzw. zu schulen. Ishigaki [77, 78] hat z.B. für Nintendo® ein spezielles „Augen-Training™“ entwickelt, das über eine portable Spielekonsole (Nintendo® DS) durchgeführt werden kann. Er erreicht so eine große Zielgruppe, der alle Altersklassen angehören und ermöglicht jedem daran Interessierten ein sogenanntes (spielerisches) Sports Vision Training.

Ferner stößt der Nutzer über das World Wide Web auf zahlreiche Angebote und Anleitungen für tägliches Heimtraining und Adressen von Sports Vision Trainern. Im Gegensatz zum Angebot an „Trainings“ ist die Studienlage zur Effektivität derartiger „Trainings“ aber eher defizitär; und vorliegende Studien sind zumindest bezogen auf die Ergebnisse uneindeutig.

2 ZIELSETZUNG

Inwieweit ein (unspezifisches) Sports Vision Training, das gezielt bei Sportlern angewendet wird, auch wirklich die visuelle Leistung in verschiedenen Teilbereichen des Sehens anheben kann, ist (zumindest im wissenschaftlichen Bereich) „umstritten“. Zwar gibt es mittlerweile zahlreiche Studien zur Wahrnehmungsschulung und zum „Sehtraining“, diese erfüllen aber oft nicht gängige wissenschaftliche Standards. Das Fehlen von Kontroll- bzw. Placebo-Gruppen, (zu) kleine Probandenzahlen oder eine nicht-randomisierte Zuordnung der Kollektive in z.B. Trainings- und Kontroll-Gruppen sind nur einige der zu nennenden „Unzulänglichkeiten“ [9, 39, 44, 87, 107]. Auf der anderen Seite finden derartige „Trainings“ sowie spezielle Trainingsgeräte – v.a. aus dem anglo-amerikanischen Raum – vermehrt Verbreitung auch in Deutschland. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll daher einerseits der aktuelle Forschungsstand zur Trainierbarkeit des visuellen Systems durch gezielte „Vision Trainings“ betrachtet werden. Hierzu erfolgt eine computerunterstützte Literaturrecherche in verschiedenen Datenbanken (vgl. Kap. 3.4.3), um entsprechende Studien im Bereich „Sports Vision Training“ systematisch miteinander vergleichen und qualitativ bewerten zu können. Die Recherche bezweckt ferner Rückschlüsse für die Planung und Durchführung einer eigenen – den gängigen wissenschaftlichen Standards genügenden – empirischen Studie zur Effektivität von „Sports Vision Training“ ziehen zu können. Mittels dieser eigenen empirischen Studie soll untersucht werden, inwieweit ein – aktuell im Sport angebotenes – „Sports Vision Training“, das unter der Ausarbeitung und Leitung ausgebildeter „Sports Vision Trainer“ durchgeführt wird, die visuelle Leistungsfähigkeit beeinflusst und ggf. positive Effekte auf die Seh- und Wahrnehmungsleistung (also z.B. die Antizipation, die Sehschärfe, das Bewegungssehen, das räumliche und das periphere Sehen) ausübt. Überprüft werden soll dies über eine multidimensionale Visuelle Leistungsdiagnostik [50] sowie über ein funktionaloptometrisches Scree-

ning vor und nach einer Trainingsintervention. Das funktionaloptometrische Screening wird – wie bei derartigen Trainings üblich – durchgeführt durch die Sports Vision Trainer. Eine zusätzliche subjektive Einschätzung und Evaluation des Sports Vision Trainings durch die Trainingsteilnehmer soll Rückschlüsse zu(m) persönlichen/individuellen Empfinden/Erfahrungen während des Trainings sowie eine subjektive Beurteilung des (möglichen) Trainingseffektes liefern. Hauptziel der Arbeit ist die wissenschaftliche Überprüfung und Beurteilung der Effektivität eines ausgewählten (aktuellen) „Sports Vision Trainings“.

3 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

3.1 Berufsgruppen und Begriffsbezeichnungen

Im Zuge der Entwicklung der Funktionaloptometrie muss zwischen verschiedenen Berufsgruppen und -zugehörigkeiten im Bereich der Ophthalmologie/Optometrie unterschieden werden. Dies ist nicht immer einfach, da international verschiedene Begrifflichkeiten vorliegen und die Ausbildungsinhalte und -abschlüsse sehr stark variieren.

Das Arbeitsgebiet des Facharztes für Augenheilkunde (des Ophthalmologen) umfasst „die Vorbeugung, Erkennung, Behandlung, Nachsorge und Rehabilitation der anatomischen und funktionellen Veränderungen des Sehorgans und seiner Adnexe einschließlich der Optometrie und der plastisch-rekonstruktiven Operationen in der Periorbitalregion“ [120]. Davon abzugrenzen ist der Augenoptiker, der sich mit der Korrektur, Anpassung und Anfertigung von Hilfsmitteln des Einzelauges (Augenglasbestimmung) beschäftigt bzw. der Optometrist, dessen Berufsbezeichnung oft synonym mit der des Augenoptikers verwendet wird und gleichzusetzen ist mit der amerikanischen Bezeichnung für den Augenoptiker [18]. In Deutschland führen den Titel „Optometrist“ u.a. Augenoptikermeister, die an einer Weiterbildung im Bereich Optometrie teilgenommen haben.

Orthoptisten hingegen wirken in der Augenheilkunde in der Vorsorge, Behandlung und Diagnostik von Sehstörungen mit. Sie untersuchen nach augenärztlichen Anweisungen und behandeln Defizite des ein- oder beidäugigen Sehens [12].

Die Funktionaloptometrie kann als ein Spezialgebiet der Augenoptik angesehen werden und befasst sich mit den Funktionsdefiziten des visuellen Systems. Tech-

niken und Untersuchungsmethoden überlappen häufig mit denen der Orthoptisten [9]. Dennoch fehlt eine klare Definition über Inhalte und Einsatz. Zentrale Aufgabe ist, dass das Sehen im Zusammenhang mit anderen Körperfunktionen – ganzheitlich – betrachtet wird [38]. Inhalte der Funktionaloptometrie werden über ein breites Kursangebot vermittelt, das qualitativ aber sehr unterschiedlich ist. Dennoch ist ein Abschluss bzw. Teilnehmerzertifikat nicht erforderlich, um funktionaloptometrische Untersuchungs- und Therapiemethoden anwenden zu dürfen [36, 37].

Visual- und auch Sports Vision-Trainer haben häufig nur ein (meist funktionaloptometrisches) Seminar oder einen Kurs absolviert und verfügen nicht zwingend über fachspezifische Qualifikationen, da ein Hochschulstudium oder eine Ausbildung gemäß der IHK nicht vorausgesetzt werden. Im Gegensatz zum Visualtraining, das auf eine allgemeine Verbesserung der Sehleistung – wie ein „Fitnessprogramm für die Augen“ – abzielt [37], soll beim Sports Vision Training ein ohnehin „normales Sehen“ (oder ggf. bereits zumindest optisch korrigiertes Sehen) durch Schulung besonderer Seh-Qualitäten (z.T. mit Sportbezug) auch eine sportliche Verbesserung bringen [33].

3.2 Zur Entstehung des Sports Vision Trainings

Die Anfänge der unter dem heutigen Begriff der Funktionaloptometrie fallenden Anwendungen liegen in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts. Durch die Zusammenarbeit von Augenärzten und Optometristen wurden vielfältige Techniken entwickelt, mit denen die beidäugige Sehleistung verbessert werden sollte. Dies sollte eine Alternative zur chirurgischen Korrektur von Augenfehlstellungen darstellen [45]. Ganz entscheidend geprägt wurde die Entwicklung der Funktionaloptometrie, die auch eine Grundlage des Sports Vision Trainings darstellt, von Arthur Marten Skeffington, der Mitte des letzten Jahrhunderts aktiv in diesem Bereich arbeitete und zahlreiche Publikationen veröffentlichte [59, 60]. Als Gründungsvater der Funktionaloptometrie schuf er das Modell der vier Kreise (Abb. 1) und stellte „Sehen“ als die Summe aus den vier Teilleistungen „Augenbewegungen“, „Beidäugigkeit“, „scharfes Sehen“ und „Wahrnehmung“ dar [9].



Abb. 1: Das Modell der vier Kreise von Skeffington (Jennings [60])

Dieses Modell symbolisiert heute den Eckstein der Funktionaloptometrie. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts wurde das Anwendungsgebiet der Visualtherapie laufend erweitert und fand ihren Einsatz in vielen Bereichen des Sehens bis hin zur möglichen Verbesserung der Leistung von Sportlern.

Revien & Gabor [89] stellten Anfang der 80er Jahre erstmals ein spezielles Sehtraining mit „Eye Exercises“ vor und beschäftigten sich ausführlich mit dem Thema Sports Vision. Auf diesen Versuch, ein Augentraining für Sportler zu entwickeln, folgten weitere Trainingsprogramme und Empfehlungen von beispielsweise Loran & McEwan [72], Wilson & Falkel [125] und Erickson [33]. Im Zuge dieser erweiterten Trainingsmethoden folgte auch die Entwicklung und Vermarktung neuartiger Trainingsgeräte. Zu diesen zählen u.a. der Wayne Saccadic Fixator, das Acu-Vision 1000, der Eyeport oder das Dynavision D2. Dass die Entwicklung längst nicht abgeschlossen ist, zeigen die stetigen Neuerscheinungen wie C-Track, Fit-light®, Shutterbrille und viele andere [106].

Bis heute fehlt es der Funktionaloptometrie allerdings an wissenschaftlicher Reputation [9, 39, 44, 87, 107]. Die Visualtherapie wird größtenteils auch nicht mehr von Augenärzten oder Orthoptisten durchgeführt [45], sondern von Funktionaloptometristen, Visual- oder Sports Vision-Trainern praktiziert.

3.3 Inhalte und Methoden im Sports Vision Training

Speziell für Sportler sind die visuelle Wahrnehmung und deren Verarbeitung von besonderer Bedeutung (z.B. [130]). Aus diesem Grund haben sich Sports Vision

Trainer die Verbesserung dieser sportsspezifischen Erfordernisse beim Sehvorgang zur Aufgabe gemacht. Die fehlende Vereinheitlichung der Trainerausbildung wird deutlich, wenn man die Vielfalt an Trainingsmöglichkeiten, die in Form und Umfang sehr variieren, betrachtet. In welcher Qualität das Training angeboten und praktiziert wird, hängt von den Erfahrungen und Kenntnissen des Coaches ab [33, 72, 89]. Laut Knudson & Kluka [64] enthalten die Übungen Elemente, die aus Studien aus den Bereichen Biomechanik, Sportpsychologie und Neuroanatomie sowie aus Untersuchungen zum visuellen System und dem motorischen Lernen resultieren. Hierzu zählen einerseits sportartenspezifische Übungen wie schnelle Blicksprünge, Akkommodationstraining mit verschiedenen Fixationszielen und Augenmuskeldehnung [58], andererseits sportsspezifische Elemente aus dem jeweiligen sportlichen Bereich mit koordinativen Elementen und dem zusätzlichen Ziel der Schnelligkeits- und Reaktionszeitverbesserung.

Die Trainingsmodalitäten beim Sports Vision Training sind facettenreich und variieren demnach sehr stark [39]. Allen gemeinsam ist die Intention, eine Leistungsverbesserung im Sport zu erzielen, basierend auf einer Optimierung der visuellen Leistungsfähigkeit. Sporttypische visuelle Sinnesleistungen wie die Bewegungswahrnehmung/dynamische Sehschärfe, die Wahrnehmung des peripheren Umfelds, die Auge-Hand-Koordination, die Antizipationsfähigkeit oder auch das Räumliche Sehen werden fokussiert und mithilfe von Übungen und Geräten „trainiert“. Durch computergestütztes Visualtraining, aber auch durch Training im Sehlabor (mittels Trainingsgeräten) soll das Ziel, die Verbesserung und ggf. dann auch die Aufrechterhaltung visueller Fähigkeiten, erreicht werden. Die Sportwissenschaft fokussiert – nach anfänglichen, grundlegenden Untersuchungen [41, 96, 111] von „Labortrainingsprogrammen“ – sport(art)spezifische Formen der Wahrnehmungsschulung im jeweiligen Sportumfeld [52, 80, 92].

3.4 Derzeitiger wissenschaftlicher Forschungsstand zu Sports Vision Training

3.4.1 Allgemeine Aspekte

Die Veröffentlichung von Artikeln und Reportagen [66, 71, 90, 93] in Zeitschriften, aber auch die stetige Entwicklung von neuen Trainingsgeräten und -programmen zeigt die Aktualität von Sports Vision Trainings und dass ein gewisses Interesse

an diesem Thema im Sport vorhanden ist. Für Trainingsgerätehersteller, aber auch für Sports Vision Trainer und Sportler ist der Nachweis der Effektivität eines solchen Trainings von Bedeutung. Aus diesem Grund wurden bereits viele Studien durchgeführt, die auch in zahlreichen Reviews [9, 44, 62, 87, 98, 107] aufgegriffen wurden.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass diese „Trainierbarkeitsstudien“ oftmals nicht wissenschaftlichen Standards genügen, also z.B. die Kriterien einer randomisierten, Placebo kontrollierten Doppelblindstudie nicht erfüllen und somit ein schlechtes experimentelles Design aufweisen. Jennings [60] kritisierte bereits vor mehreren Jahren, dass „Nachweise einer Verbesserung oft nicht schlüssig“ sind [45, 59, 60].

Zudem werden Studien häufig nicht von neutralen bzw. unabhängigen Einrichtungen durchgeführt. Das Interesse von Unternehmen und Trainern an wissenschaftlich nachweisbaren Effekten führt nicht zuletzt dazu, dass Studien von Firmen – deren Einnahmen etwa auf dem Vertrieb von Sports Vision-Trainingsgeräten basieren – unterstützt und gefördert werden.

Außerdem ist eine Vergleichbarkeit der einzelnen Studien miteinander oft nicht gegeben. Die Fülle an Trainingsangeboten und -methoden führt dazu, dass Studien in ganz unterschiedlichem Ausmaß und mit verschiedenster Relevanz durchgeführt wurden. So sind einerseits die getesteten visuellen Leistungen, andererseits die sportlichen Anwendungen sehr vielfältig und umfangreich [87].

Dementsprechend ist die Meinung zur Effektivität von Sports Vision Trainings bei vielen Wissenschaftlern oft negativ geprägt. So kritisiert z.B. Graf [39], dass Sehtrainings im Sport auf „Trainingsmethoden, die keiner wissenschaftlichen Qualitätskontrolle unterliegen (...), meist aber leider reine Scharlatanerie“ sind, basieren. Auch Barrett [9] bemängelt die Studienqualität und beschreibt unter anderem, dass (bis 2009) nur zwei Studien zu Sports Vision Training in etablierter wissenschaftlicher Literatur veröffentlicht wurden.

3.4.2 Bislang publizierte Reviews und Veröffentlichungen

Stine [107] versuchte bereits vor drei Jahrzehnten eine Übersicht zum Thema „Vision and Sports“ zu erstellen. Dabei wurden drei Aspekte behandelt: Der Unterschied zwischen Sportlern und Nicht-Sportlern in der visuellen Leistung, die Trai-

nierbarkeit von visuellen Fertigkeiten sowie die Übertragbarkeit in den Sport. Zwar konnte anhand der Literatur ausgearbeitet werden, dass verschiedene Teilleistungen des visuellen Systems trainierbar sind, der Bezug zwischen Visualtraining und verbesserter sportlicher Leistung konnte jedoch aufgrund fehlender valider und kontrollierter Studien nicht etabliert werden.

Hazel [44] greift diese drei genannten Aspekte Mitte der 1990er Jahre ebenfalls auf und erweitert die von Stine [107] dargestellten Studien durch eine aktualisierte Literaturrecherche. Die Trainierbarkeit des visuellen Systems wird auch von ihr durch zahlreiche Studienergebnisse belegt, aber die Ursache dafür, dass es keine Hinweise für eine sportliche Leistungssteigerung – resultierend aus einem Visualtraining – gibt, sieht sie in mangelnder Studienqualität. Sie fordert weitere Studien, die gut strukturiert, konstruiert und kontrolliert durchgeführt werden.

In einem weiteren Review im Jahr 2005 über die „Effektivität von Augen-Übungen“ erläutern Rawstron et al. [87] im Abschnitt über „Sports Vision Training“, dass es zwar hinreichend Studien in diesem Gebiet gibt, diese allerdings entweder unveröffentlicht oder in Publikationsorganen (Foren), die nicht in medizinischen Datenbanken aufgeführt sind, veröffentlicht worden sind.

Barett [9] fokussiert in seinem Review neben der Entwicklung der Funktionaloptometrie die verschiedenen Bereiche, in denen Visualtherapie eingesetzt wird sowie Studien, die dazu durchgeführt wurden. Sports Vision Therapie wird in einem kurzen Abschnitt erwähnt. Dabei bezieht er sich auf Rawstron [87] und Hazel [44], die weitere Studien zur Effektivität von Sports Vision Training forderten. Er stellt außerdem fest, dass es immer noch offene Fragen gibt. Diese sind unter anderem, ob der Unterschied zwischen Leistungssportlern und Amateuren in den visuellen Fähigkeiten liegt oder eine Konsequenz aus der unterschiedlichen sportlichen Leistung ist, ob visuelle Fähigkeiten trainierbar sind und ob ein Transfer in den Sport möglich ist. Zudem werden die Voraussetzungen für wissenschaftliche Studien in diesem Bereich erwähnt und gleichzeitig bestehende Studien bezüglich ihrer Durchführungsqualität kritisiert.

Auch Jendrusch [52] widmet der „Wahrnehmungsschulung und Trainierbarkeit des visuellen Systems“ in einem Review 2009 Aufmerksamkeit und stellt Studien zur Trainierbarkeit der verschiedenen Teilleistungen wie Stereosehen, peripheres Sehen, blickmotorische Leistungsfähigkeit und dynamische Sehschärfe gegenüber.

Sportartunspezifische Übungen sieht er eher kritisch und fordert unter Bezug auf Tidow (1993) und Voigt & Westphal (1995) eine sportartspezifische Umsetzung der Wahrnehmungsschulung [52]. Auch auf der Grundlage von Aussagen von Munzert & Hossner (2008), wonach „positive Lerneffektive nur dann zu erwarten sind, wenn das Stimulusmaterial in der Trainingsphase den Wahrnehmungsbedingungen in der Realsituation entspricht“ [52].

Im Rahmen der Entwicklung eines individuellen und sport(art)spezifischen Wahrnehmungstrainings beschäftigte sich auch die Arbeitsgruppe von Sickenberger & Bund [98] mit dem aktuellen Forschungsstand zum Sports Vision Training. Als „Kategorien“ des Wahrnehmungstrainings wurden hier „unspezifisches Sehtraining“, „sportartspezifische Methoden“ sowie „hybride Trainingsmethoden“ gewählt, um bereits veröffentlichte Studien einzuordnen und zu analysieren. Aus dieser Auswahl an Trainierbarkeitsstudien und deren Ergebnissen zogen sie – in Anlehnung an Jendrusch [50] – die Konsequenz, dass zur Planung/Gestaltung eines Wahrnehmungstrainings zunächst eine sportartspezifische Anforderungsanalyse notwendig ist, als Grundlage eines an der jeweiligen Sportart orientierten Trainings. Bei einer zukünftigen randomisierten, kontrollierten Trainingstudie sollten drei Gruppen (Trainings-, Placebo- und Kontroll-Kollektiv), in einem Prä- und Postvergleich auf visuelle und sport- bzw. technomotorische Fertigkeiten überprüft werden.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass alle o.g. Autoren weitere gut strukturierte und qualitativ hochwertige Studien fordern, um Klarheit über die Effektivität eines Sports Vision Trainings schaffen zu können.

3.4.3 Studienrecherche und Bewertungskriterien

Aufgrund der zuvor beschriebenen häufig geäußerten Kritik soll an dieser Stelle eine Aufarbeitung und Bewertung der seit Mitte der 90er-Jahre veröffentlichten Studien durchgeführt werden, die sich mit dem Nachweis der Effektivität eines Sports Vision Trainings beschäftigen. Ziel ist es, eine eigene (grobe) Einschätzung bezüglich der Studienqualität geben zu können. Zu diesem Zweck wurden Wirksamkeitsstudien herausgesucht, die den Einsatz von Trainingsgeräten und Trainingsinterventionen (z.B. Circuits: mehrere Übungen, die nacheinander in einer Trainingseinheit absolviert werden) beinhalten und in denen anhand von Ein- und

Ausgangsdiagnostik visuelle und/oder sportliche Leistungsveränderungen überprüft wurden. In die Auswertung fließen alle Studien mit ein, in denen Methoden – mit dem Hintergrund einer möglichen Leistungssteigerung – aus der Funktionaloptometrie bzw. aus Sports Vision angewandt wurden. Hierzu wurde eine Datenbankrecherche durchgeführt. Verwendet wurden einerseits Pubmed (Medline), BISP – Recherchesystem Sport (SpoLit) sowie die Datenbanken der Digibib der Ruhr-Universität Bochum (Base – Bielefeld Academic Search Engine, SCI-E – Science Citation Index Expanded u.a.), zum anderen wurden Abschlussarbeiten und Veröffentlichungen aus dem Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum (mit dem Hintergrund der Wahrnehmungsschulung) gesichtet.

Die Studiencharakteristika (z.B. Teilnehmer, Gruppen, Diagnostik, Ergebnisse) wurden mit Hilfe von Übersichtstabellen (vgl. Tab. 1a-f) dargestellt und zusammengefasst. Jede Studie wird so auszugsweise charakterisiert, um eine bessere Vergleichbarkeit gewährleisten zu können.

Zusätzlich wurden Beurteilungskriterien zusammengestellt, anhand derer eine subjektive Einschätzung bezüglich der Durchführungsqualität und Aussagekraft der einzelnen Studien möglich sein soll. Als Grundlage der Bewertung der methodischen Qualität dient ein Fragenkatalog, erstellt von Abernethy & Bleakley [2] – in Anlehnung an die Empfehlung zur Literaturbewertung durch das Cochrane Zentrum – der (leicht) modifiziert und angepasst wurde, um alle eingeschlossenen Studien bewerten zu können (die Bewertungskriterien können dem Anhang entnommen werden). Bei insgesamt 11 Fragen (vgl. Anhang) konnte eine Maximalpunktzahl von 22 Punkten vergeben werden (2 Punkte/Frage). Um von der erreichten Punktzahl auf die Studienqualität schließen zu können, wurde die Zahl prozentual umgerechnet. Dabei wurde eine (quartilsbezogene) Einteilung in folgende Bereiche durchgeführt:

Gruppe I	0 - 5 Punkte	< 25 %
Gruppe II	6 - 10 Punkte	25 % - 49 %
Gruppe III	11 - 16 Punkte	50 % - 74 %
Gruppe IV	17 - 22 Punkte	≥ 75 %

3.4.4 Allgemeine Ergebnisse der Studienbewertung

Mit der Frage nach der Effektivität eines allgemeinen (sportartunspezifischen) Sports Vision Trainings – sowohl im Bereich der visuellen Fähigkeiten als auch in Bezug zur sportlichen Leistung – haben sich bereits mehrere Autoren auseinandergesetzt. In der Literaturrecherche konnten insgesamt 27 Studien, die seit etwa 1995 in englischer oder deutscher Sprache veröffentlicht wurden, auffindig gemacht werden.

Nach eingehender Analyse jeder einzelnen Studie wurde – anhand der o.g. Kriterien – eine Punktvergabe durchgeführt (vgl. Anhang und Tab. A2). Die Spanne der vergebenen Gesamtpunktzahl pro Studie belief sich zwischen 3 und 18 Punkten (Abb. 2). Sowohl die maximal zu erreichende Punktzahl von 22 als auch die minimalste von 0 wurde demnach in keinem Fall erreicht. Die mittlere Punktzahl lag bei einem Median von 11 ($P_{25} = 7$; $P_{75} = 13,5$).

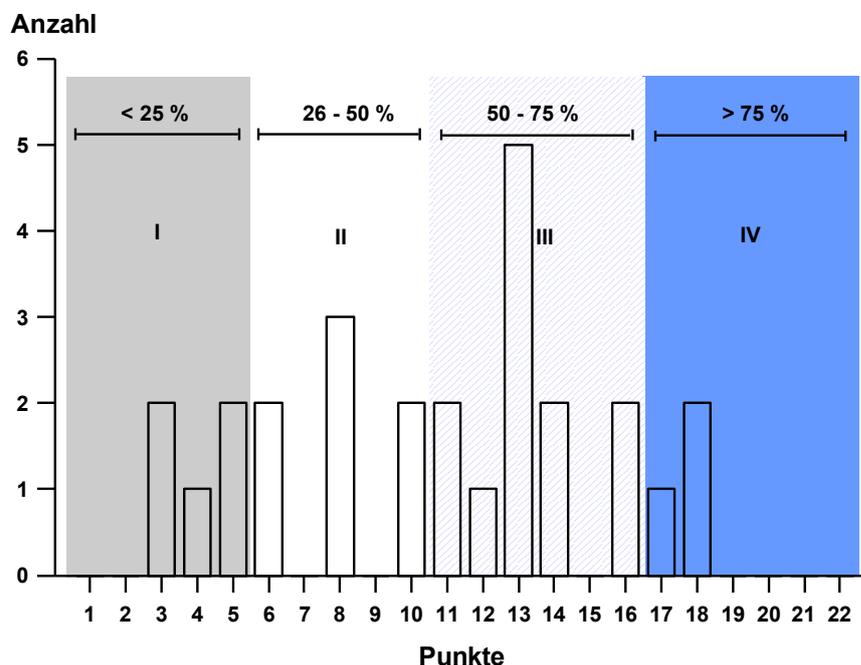


Abb. 2: Verteilung der erzielten Gesamtpunktzahlen bei der Bewertung von Studien zum Sports Vision Training
Ordinate: Anzahl der Studien
Abszisse: Erzielte Gesamtpunktzahl (zusätzlich Einteilung in die vier Quartile I-IV, s. farbige Markierung bzw. Schraffur)

Eine Einteilung in die vier o.g. Punktbereiche ergab für die Auswertung, dass fünf Studien weniger als 25 %, 19 zwischen 25 % und 74 % und drei mehr als 75 % der maximal erreichbaren Punkte erzielt haben. Im mittleren Bereich (Gruppe II

und III) kann außerdem zwischen zehn Studien, die oberhalb und sieben Studien, die unterhalb der 50 %-Marke liegen, unterschieden werden.

Vergleicht man die Studien untereinander, so ist festzustellen, dass der Median der Punktzahl bei 11 liegt. 25 % der Studien (25 % - Quartil) erhielten weniger als 8 und nur 25 % mehr als 13 Punkte (75 % - Quartil). Die Hälfte aller untersuchten Studien erreichte somit Punktwerte zwischen 8 und 13 Punkten.

Als besondere Auffälligkeit sei vorweg erwähnt, dass insgesamt nur in einer Studie eine Verblindung durchgeführt bzw. diese explizit beschrieben wurde und somit fast alle Studien in diesem Bewertungskriterium null Punkte erzielten. Eine Verblindung ist aufgrund umfangreicher Versuchsdesigns oft sehr schwierig und teilweise auch nicht möglich. Da die Sports Vision-Interventionen z.T. in das Trainingsprogramm der Sportler integriert wurden (vgl. Ruhmann [92], Olbrisch [80] etc.) oder sich aber die Placebo-Gruppe oftmals deutlich von der Intensität und dem Umfang der Trainings-Gruppe unterscheidet, würde den Teilnehmern sicherlich schnell bewusst, dass sie in der Placebo- bzw. Kontroll-Gruppe sind.

3.4.5 Ergebnisse der Qualitätsbewertung sowie Vorstellung der verschiedenen Studieninhalte

Bei der Bewertung der Studienqualität konnten sich drei Studien im obersten Viertel des Qualitätsrankings platzieren. Obwohl diese drei Studien alle im Bereich IV des Bewertungssystems einzuordnen sind, weisen sie große Unterschiede in der Studiendurchführung auf.

Einen der bekanntesten Versuche, die Effektivität eines sportartunspezifischen Sports Vision Trainings zu überprüfen, stellt die Arbeit von Abernethy & Wood [1] dar. In einer randomisierten, kontrollierten Studie wurden drei verschiedene Interventionskollektive – die Interventionen bestanden aus Revien und Gabor's Sports Vision program, Revien's Eyerobics und einer Leseübung als Placebo-Gruppe – mit einem Kontroll-Kollektiv verglichen (vgl. weitere Studien-Informationen in Tab. 1a). Vor und nach einer vierwöchigen Trainingsphase wurde anhand einer visuellen (z.B. Sehschärfe, Dynamisches Sehen, Stereopsis/Tiefensehen) und sportartspezifischen Diagnostik (Tennisvorhandschlag), die Leistung der vier Kollektive (Kontroll-, Placebo-, Eyerobics- und Sports Vision Trainings-Kollektiv; Revien & Gabor [89]) kontrolliert. Signifikante (trainings-)gruppenspezifische Unterschiede –

und damit eine Wirksamkeit des Sports Vision Trainings – konnten nicht nachgewiesen werden, obwohl für das Gesamtkollektiv in einigen visuellen Teilleistungen (z.B. periphere Reaktionszeit) signifikante Verbesserungen im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest belegt wurden. Da diese Verbesserungen aber in allen Gruppen gemessen wurden, wird der Effekt auf eine Testfamiliarität zurückgeführt. Diese Studie ist eine der wenigen, die in einer wissenschaftlich (anerkannten) ge-reviewten Fachzeitschrift veröffentlicht wurde und dementsprechend als qualitativ hochwertig anzusehen ist.

Neben Abernethy & Wood veröffentlichten Appelbaum et al. [6] eine ähnlich qualitativ hochwertige Studie (Tab. 1a). Diese zielte im Gegensatz zu einem generellen Sports Vision Training auf Einsatz und Nutzen einer stroboskopischen Brille (Shutterbrille) während sportlicher Aktivität beziehungsweise beim Training im Sehlabor. Insgesamt 157 Teilnehmer (darunter 85 Studierende, 41 Football- und 31 Frisbee-Spieler) wurden randomisiert auf eine stroboskopische und eine Kontroll-Gruppe verteilt. Im Gegensatz zur experimentellen Gruppe, die während der Trainingseinheiten (Studierende im Sehlabor, Sportler während des üblichen sportlichen Trainings) eine Brille mit stroboskopischen Gläsern (vgl. Shutterbrille in Kapitel 3.5.3.6) trug, hatte die Brille der Kontroll-Gruppenteilnehmer einfache Gläser ohne stroboskopischen Effekt. Zu den beiden Messzeitpunkten (Eingangs- und Ausgangsdiagnostik vor und nach der Trainingsphase) wurden Tests zur Empfindlichkeit der zentralen und peripheren Bewegungswahrnehmung, der funktionellen Ausschöpfung im peripheren Sehen (useful field of view) und dem Multiple Object Tracking (MOT) durchgeführt. Signifikante (gruppenabhängige) Unterschiede konnten in der Genauigkeit der Verarbeitung fovealer Stimuli (zentrale Bewegungswahrnehmung) und der funktionellen Ausschöpfung im peripheren Sehen („useful field of view“) nachgewiesen werden. Kein Trainingsgewinn wurde bei der Fähigkeit, mehrere Objekte zu verfolgen (MOT) und in der peripheren Empfindlichkeit der Bewegungswahrnehmung verzeichnet. Kritisch anzumerken ist hier sicherlich die Beteiligung des Brillenherstellers bei der Durchführung der Studie. Die Autoren distanzieren sich aber ausdrücklich von kommerziellen oder finanziellen Beziehungen und Interessen.

Tab. 1a: Übersicht zu bisher veröffentlichten Studien zur Effektivität von Sports Vision Training (alphabetisch sortiert)

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Abernethy & Wood (2001) [1] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	40 Studierende (16-28 Jahre)	(A) Übungen aus Revien und Gabor's Sports Vision Training (4 x 20 min/Woche über 4 Wochen) (B) Eyerobics (4 x 20 min/Woche über 4 Wochen) (C) Lesen (4 x 20 min/Woche über 4 Wochen) (D) keine Intervention (A-D) 20 min/Woche motorische Übungen	Statische Sehschärfe, Dynamische Sehschärfe, Phorien, Akkommodation, Vergenzen, Stereopsis, Tiefensehen, Reaktionszeit, Gesichtsfeld, Reaktion auf Reize in der Peripherie, Augenbewegung; Tennisvorhandschlag	keine signifikanten (trainings-)gruppenspezifischen Unterschiede
Ali (2010) [4] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Hauptstudie: 30 Jugendliche (16 Jahre) aus Fußballmannschaft; Pilot-Studie: 20 Jugendliche (15 Jahre) aus gleichem Verein	3x/Woche á 100-120 min über acht Wochen: Kombination aus Schnelligkeits- und Visualtraining; Keine Kontroll-Gruppe	Übungen mit Fußball; Visuelle Fähigkeiten: Auge-Hand-Koordination, statische und dynamische Sehschärfe, visuelle Wahrnehmung, Augenfolgebewegung und Reaktion	fußballerisch signifikante Verbesserung im Trainingsverlauf; Visuelle Fähigkeiten: Alle gemessenen Teilbereiche verbessert im Trainingsverlauf
Appelbaum et al. (2011) [6] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	157 Teilnehmer: 85 Studierende, 41 Football-Spieler, 31 Frisbee-Spieler/-innen	(A) Experimentelle Gruppe (mit Nike Vapor Strobe Shutterbrille) (B) Kontroll-Gruppe (mit identischer Brille, aber transparenten Gläsern) (8-10 Trainingseinheiten über 19 Tage, Fußballer über 12 Tage); Sportler: Brille getragen während Frisbee- und Fußballtraining Studierende: extra Training im Labor	Computer-basierte Messungen: 1. Empfindlichkeit der zentralen Bewegungswahrnehmung, Empfindlichkeit der peripheren Bewegungswahrnehmung 2. Funktionelle Ausschöpfung im peripheren Sehen (useful field of view) 3. anhaltende Aufmerksamkeit während Objektverfolgung (Multiple-Object-Tracking)	signifikante Verbesserung der Empfindlichkeit der zentralen Bewegungswahrnehmung und der funktionellen Ausschöpfung im peripheren Sehen; Kein Unterschied der peripheren Bewegungswahrnehmung und Aufmerksamkeit sowie der Aufmerksamkeit während der Objektverfolgung
Balasaheb, Paul & Sandhu (2008) [8] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	30 Cricket-Spieler (16-25 Jahre)	(A) Visualtraining (3x/Woche á 30 min über 6 Wochen) (B) Placebo-Gruppe: Lese- und Videomaterial (3x/Woche á 30 min über 6 Wochen) (C) Kontroll-Gruppe (A-C) Mannschaftstraining	Reaktionszeit rechts + links, Tiefenwahrnehmung, Sakkaden, Akkommodation; Schlagperformance	(A) Reaktionszeit rechts + links, Akkommodation und Schlagperformance signifikant verbessert (A-C) Tiefenwahrnehmung + Sakkaden signifikant verbessert
Bowen & Horth (2005) [16] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	12 Baseball-Spieler (Jugend)	6x/Woche á 10 min über drei Wochen, keine Kontroll-Gruppe	Schlagperformance (Wurfmaschine)	signifikant verbesserte Schlagleistung

Anmerkung: stellt die Einordnung der Studie im Ranking dar. Die Position des Hakens steht an der Stelle, wo die Studie wiederzufinden ist. Von links nach rechts sind die Bereiche <25 %, 25-49 %, 50-75 % und >75 % dargestellt (hier: Studie zwischen 50 und 75 %, vgl. Tab. A2)

Tab 1b: Fortsetzung

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Bressan (2003) [17] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	70 Netzballspielerinnen (19-24 Jahre) einer Universität	(A) Vision Coaching (Blickstrategien) (2x/Woche á 30 min über fünf Wochen) (B) Visual Skills Training (Augenübungen) (5x/Woche á 20 min über fünf Wochen) (C) Vision Dynamics (Übungen aus (A) und (B)) (2x/Woche á 30 min Vision Coaching + 5x/Woche á 20 min Visual Skills Training über fünf Wochen) (D) Kontroll-Gruppe (A-D) 2x/Woche á 30 min über fünf Wochen Netzbballtraining	Passgenauigkeit und -geschwindigkeit	(A-C) Passgeschwindigkeit signifikant verbessert (B+C) Passgenauigkeit signifikant verbessert
Calder (1998) [19] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	29 Hockey-Spielerinnen einer Universität	(A) Sehtraining (5x/Woche á 10 min über vier Wochen) (B) Sehtraining und visuelle Wahrnehmungsschulung (3x/Woche á 60min) (C) Kontroll-Gruppe (A-C) Mannschaftstraining	Visuelle Diagnostik: Horizontale und vertikale Sakkaden, P-Rotator, Akkommodationsflexibilität, Phorien, Konvergenz und Divergenz, Augendominanz (Tests gleichzeitig Trainingsmethoden); 22 Hockeyfertigkeiten	Veränderungen bei den getesteten Hockeyfertigkeiten: (A) 2 von 22 verbessert (B) 12 von 22 verbessert (C) 0 von 22 verbessert Visuelle Leistung : (A-C) signifikant verbessert
Calder & Kluka (2009) [20] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	30 Cricket-Spieler (13-19 Jahre) einer High-School	(A) EyeThinkSport Training (3x/Woche über drei Wochen) (B) Placebo-Training am Sports Vision Trainingsboard (SVT) (3x/Woche über drei Wochen) (A+B) reguläres Crickettraining	Visuelle Diagnostik: Akkommodation, horizontale und vertikale Sakkaden, P-Rotator-Test, Tiefenwahrnehmung, periphere Wahrnehmung und Auge-Hand-Koordination am Sportsvision-Board Cricket-spezifische Testverfahren: Reaktionszeit beim Fangen, Wurf- und Fanggeschwindigkeit sowie -genauigkeit, Wahrnehmung der Peripherie und Zahl gefangener Bälle, Wurfweite und -richtung	Visuelle Diagnostik: Akkommodation, horizontale und vertikale Sakkaden, P-Rotator, Auge-Hand-Koordination ((A) überall signifikant besser im Gruppenvergleich mit (B)); Tiefenwahrnehmung (beide signifikant verbessert, aber kein gruppenspezifischer Unterschied), Periphere Wahrnehmung am SVT (kein signifikantes Ergebnis) Cricket-spezifisches Testverfahren: Reaktionszeit beim Fangen, Wurf- und Fanggeschwindigkeit sowie -genauigkeit, Wahrnehmung der Peripherie und Zahl gefangener Bälle, Wurfweite und -richtung ((A) immer signifikant besser im Gruppenvergleich mit (B))

Tab 1c: Fortsetzung

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Ciuffreda (2011) [24] 3 Experimente: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1) 3 Studierende mit und 3 ohne Fußballerfahrung 2) 16 Studenten 3) 16 Studenten	1) Alle Teilnehmer bekommen 60-120 Reize dargeboten und müssen darauf reagieren 2) (A) Zentrale Reaktionszeit (1125 Darbietungen über drei Wochen); (B) Periphere Reaktionszeit (1125 Darbietungen über drei Wochen) 3) Zentrale Reaktionszeit (1125 Darbietungen über drei Wochen), (B) Periphere Reaktionszeit (1125 Darbietungen über drei Wochen); erneute Testung 3 Wochen nach Ausgangstest	Zentrale und periphere Reaktionszeit	1) je weiter der Reiz in der Peripherie, desto später die Antwort, Fußballer verkürzte Reaktionszeit 2) Zentrale und periphere Reaktionszeit verkürzt (unabhängig von trainiertem Gebiet) 3) Bestätigung der Aufrechterhaltung des Effekts 3 Wochen nach Ausgangstestung
Clark et al. (2012) [25] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Baseball-Mannschaft einer Universität (die Schlagmänner)	3x/Woche á 30 min über sechs Wochen (vor der Saison) Training an folgenden Geräten: Dynavision D2, Tachistoskop, Brock-Schnur, Eyeport, P-Rotator, Shutterbrille, Sakkadentraining, Akkommodationstraining 2x/Woche á 20-30 min Sehtraining während der Saison; Keine Kontroll-Gruppe	Schlagleistung	Durchschnittsleistung des Schlägers der Mannschaft im Vergleich mit den anderen Mannschaften der Liga verbessert (also im Ligavergleich)
Du Toit et al. (2009) [105] <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	26 Rugby-Spieler (18-26 Jahre)	4 verschiedene Sports Vision-Übungen über drei Tage; keine Kontroll-Gruppe	Drei verschiedene Messungen zur Auge-Hand-Koordination	Verbesserung in allen Messungen im Testverlauf
Du Toit et al. (2011) [28] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	169 Studierende der Physiologie (18-22 Jahre)	(A) Experimentelle Gruppe (15 min Sportsvision-Übungen) (B) Kontroll-Gruppe	Sehschärfe, Blickverfolgung, Vergenzen, Reflexe, Sequenzierung, Auge-Hand-Koordination, Augendominanz, Fokussierung	(A) keine signifikante Veränderung für Sehschärfe, Visualisierung, Blickverfolgung, Vergenzen und Reflexe; Signifikante Verbesserung bei Sequenzierung und Auge-Hand-Koordination (B) in allen Bereichen (bis auf Vergenzen und Sequenzierung) tendenziell verbessert, signifikante Verbesserung bei Fokussierung
Ishigaki (2002) [49] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	32 studierende Sportler (keine Altersangabe)	(A) Training 2x/Woche über ein Monat (B) Training 1x/Woche über drei Monate	Dynamische Sehschärfe (DVA)	(A+B) Signifikante Verbesserung der DVA, Effekt über 1 Monat konstant, danach abnehmend; (A) bessere Effekte: schlechtere Studenten profitierten mehr

Tab. 1d: Fortsetzung

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Jendrusch et al. (2001) [58] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	30 Probanden (keine Altersangabe)	(A) tischtennisspezifische Wahrnehmungsschulung (2x/Woche á 30 min mit Fokus auf Schlagtechnik über sechs bis zehn Wochen) (B) tischtennisunspezifische Wahrnehmungsschulung 2x/Woche á 30 min am Wayne-Fixator und motorische Leistungsserie nach Schoppe über sechs bis zehn Wochen) (C) Kontroll-Kollektiv	Auge-Hand-Koordination, Treffpunktanalyse (Auge-Hand-Schläger-Koordination)	(B) Verbesserung der tischtennisspezifischen Auge-Hand-Koordination (Transfereffekt) (A) Treffpunktanalyse: tendenzielle Abnahme der Streuung (und reduzierte Variabilität des Treffpunktes), kein Transfereffekt auf allgemeine Auge-Hand-Koordinationsleistung beide Trainings-Kollektive mit z.T. signifikanten trainings(gruppen)spezifischen Leistungsverbesserungen
Laser, Beise & Michelson (2011) [68] <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	11 Kader-Fechterinnen eines Olympiastützpunktes (keine Altersangabe)	(A) Training der zentralen Sehschärfe und Kontrastsensitivität (2x/Woche á 30 min über 15 Wochen) in Kombination mit HRV-Biofeedback-Training (tägl. 2x5 min) (keine Kontroll-Gruppe)	Zentrale Sehschärfe, zentrale Kontrastsensitivität, Autonome Funktionen (HRV-Parameter-Rhythmisierungsgrad und Stressindex)	Verbesserungen in allen Bereichen gemessen
Olbrisch (2003) [80] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	19 jugendliche Verbandskader-Tennisspieler (12-16 Jahre)	(A) Trainings-Kollektiv (2x/Woche Tennistraining mit Wahrnehmungsschulung über acht Wochen; sportartspezifisch) (B) Kontroll-Kollektiv (gewohntes Tennistraining über acht Wochen)	Visuelle Diagnostik: statische und dynamische Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, Peripheres Sehen, Tiefensehvermögen	(A) tendenzielle Verbesserung der statischen und dynamischen Sehschärfe (A) Signifikante Verbesserung des Tiefensehens im Vergleich zu (B)
Paul, Biswas & Sandhu (2011) [82] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	45 Tischtennis-Spieler(-innen) einer Universität (18-28 Jahre)	(A) Experimentelle Gruppe (3x/Woche Sports Vision Training á 45 min über acht Wochen) (B) Placebo-Gruppe: Lesematerial und Aufnahmen von Tischtennis-Spielen (über acht Wochen) (C) Kontroll-Gruppe	Reaktionszeit, Tiefenwahrnehmung, sakkadische Augenbewegung, Akkommodation und Auge-Hand-Koordination; Alternate Push Test	(A) im Gruppenvergleich über den Trainingszeitraum bei allen Messverfahren signifikant besser als (B) und (C)
Paul, Shukla & Sandhu (2011) [83] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	30 Tennisspieler(-innen) einer Universität (18-25 Jahre)	(A) Experimentelle Gruppe (3x/Woche Sports Vision Training á 30 min über acht Wochen) (B) Placebo-Gruppe: Lesematerial und Aufnahmen von Tennis-Spielen (über acht Wochen) (C) Kontroll-Gruppe (A-C) tägliches Tennistraining (5x/Woche á 120 min (morgens und nachmittags) über acht Wochen)	Visuelle Diagnostik: Reaktionszeit, Tiefenwahrnehmung, Sakkadische Augenbewegung, Akkommodation Sportspezifische Leistungstests: Bewertung durch „National Tennis Rating Program“	Visuelle Diagnostik: (A) überall hochsignifikant verbessert im Trainingsverlauf (B) bis auf Akkommodation überall signifikant verbessert (C) nur signifikante Verbesserung bei Tiefenwahrnehmung und horizontaler Augenbewegung) Sportspezifische Tests: (A) signifikant verbessert

Tab. 1e: Fortsetzung

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Quevedo et al. (1999) [86] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	71 Studierende ohne Schieß Erfahrung (keine Altersangabe)	(A) Trainings-Gruppe mit visuellen Übungen (1x/Woche á 50 min Schießtraining über neun Wochen) (B) Placebo-Gruppe mit Training ohne visuelle Übungen (nur theoretische Grundlagen) (1x/Woche á 50 min Schießtraining über neun Wochen)	Statische Sehschärfe, Akkommodation, Konzentrationsfähigkeit, Schusspräzision	kein signifikanter (trainings-)gruppenspezifischer Unterschied im Trainingsverlauf; signifikante Verbesserung von (A) und (B) in allen Bereichen bis auf Sehschärfe (nur (A) signifikant verbessert)
Reichow et al. (2010) [88] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	44 Optometrie-Studierende (keine Altersangabe)	(A) Experimentelle Gruppe (zwei Wochen täglich 10 min „Tennisballwerfen“ mit stroboskopischer Brille) (B) Kontroll-Gruppe (zwei Wochen täglich 10 min „Tennisballwerfen“ ohne stroboskopische Brille)	Antizipationszeit, Wiederholung 24 Stunden nach Ausgangstest	Antizipationszeit nicht verbessert durch stroboskopisches Training
Ruhmann (2000) [92] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	32 Tennisspielerinnen (23,1 ± 3,44 Jahre)	(A) Trainings-Kollektiv (2x/Woche Tennistraining mit Wahrnehmungsschulung über sechs Wochen; sportartbezogen) (B) Kontroll-Kollektiv (gewohntes Tennistraining über sechs Wochen)	Statische und dynamische Sehschärfe, synchroptisches Identifizierungsvermögen, Kontrastempfindlichkeit, Tiefensehvermögen	(A) keine einheitlich signifikante Verbesserung gegenüber (B); nur signifikante Verbesserungen im Tiefensehvermögen im Vergleich zu (B) (B) insgesamt minimale Verbesserung
Schlack, Jendrusch & Heck (1999) [96, 97] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	34 Studierende (25,8 ± 3,3 Jahre)	(A) Training der Auge-Hand-Koordination am AcuVision 1000-Gerät (3x/Woche über sechs Wochen) (B) Kontroll-Kollektiv	Perimetrie, Auge-Hand-Koordination am AcuVision 1000, motorische Leistungsserie (MLS) nach Schoppe	(A) signifikante (funktionale) Vergrößerung des temporalen Gesichtsfeldes, signifikante Verbesserung Testdurchführungsdauer und Gesamttreffenzahl; nach vier Monaten kein Unterschied zum Ausgangstest (A+B) kein Unterschied zwischen den Kollektiven vor und nach Trainingsphase für MLS
Thomas et al. (2010) [110] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	26 Baseball-Spieler an einer Universität (20,4 ± 1,5 Jahre)	(A) SVT-Trainings-Gruppe (18 Trainingseinheiten á 30 min über 4-5 Wochen) (B) Kontroll-Gruppe	Visuelle Diagnostik: Sakkaden, Akkommodation und Vergenzen, Auge-Hand-Koordination Sportliche Performance: Schlaggenauigkeit, Schlagqualität; Fang-/Reaktionszeit, periphere Sehleistung („Pitcher“) und Wurfgenauigkeit (alle Spieler)	Visuelle Diagnostik: (A) signifikant besser als (B) im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest Sportliche Leistung: (A) signifikant verbessert in Schlaggenauigkeit und -qualität (A+B) signifikant verbessert in peripherer Sehleistung und Wurfgenauigkeit

Tab. 1f: Fortsetzung

Autor (Jahr)	Teilnehmer und Rekrutierung	Gruppen / Intervention	Diagnostik	Ergebnisse
Van Velden (2010) [115] <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	21 Cricket-Spieler an einer Universität (18-28 Jahre)	(A) Experimentelle Gruppe (4x/Woche á 30 min in über 4 Wochen Training nach dem Three-Steps-Training Model nach Vickers) (B) Placebo-Gruppe (4x/Woche á 30 min in über 4 Wochen ein Ganz-Körper-Koordinationsprogramm) (C) Kontroll-Gruppe	Augendominanz, Antizipationszeit und Schlag-Performance beim Cricket	kein signifikanter (trainings-)gruppenspezifischer Unterschied im Messverlauf (A) mit tendenziell besseren Ergebnissen im Ausgangstest
Wile et al. (2008) [123] <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1118 Sportler/-innen der US Air Force Academy (keine Altersangabe)	Sehtraining 2-3x/Woche á 20 min bis zu vier Jahre lang; Keine Kontroll-Gruppe	Augenbewegungen, Akkommodation, Vergenzen, Auge-Hand-Geschwindigkeit, Bewegungsgenauigkeit	Trainingserfolg abhängig von der Anzahl der absolvierten Trainingseinheiten (Verbesserung in allen Bereichen)
Woodworth-Hobbs et al. (2008) [128] <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10 Softball-Spielerinnen (16,0 ± 0,9 Jahre)	(A) SVT-Trainings-Gruppe 18-21 Einheiten á 30min über 9 Wochen (B) Kontroll-Gruppe	Visuelle Diagnostik: Sakkaden, Akkommodation, Vergenzen, Auge-Hand-Koordination, Dynamische Sehschärfe Sportliche Leistung: Fangen, Feld- und Wurfleistung, Schlaggenauigkeit und -leistung	Visuelle Diagnostik: (A) signifikant verbessert in allen Bereichen, signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in Tests zu Sakkaden, Auge-Hand-Koordination, Akkommodation und Vergenzen Sportliche Leistung: Fangen (signifikante Verbesserung von (A)), (A)+(B) keine signifikante Veränderung in Feld- und Wurfleistung, Schlaggenauigkeit und -leistung
Zupan (2006) [131] <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	922 Sportler/-innen der US Air Force Academy (keine Altersangabe)	Sehtraining bis zu vier Jahre lang (0-80 Einheiten); keine Kontroll-Gruppe	Augenbewegungen, Akkommodation, Vergenzen und Auge-Hand-Koordination	Vermehrtes Training führte bei allen Übungen zu verbesserter Leistung; Training der Akkommodationsleistung: Maximum der Verbesserung bei 21-30 Trainingseinheiten

Van Velden [115] führte ebenfalls eine komplexe kontrollierte und randomisierte Studie mit drei Kollektiven durch (Tab. 1f). Neben der experimentellen Gruppe, die das Three-Steps-Trainingsprogramm nach Vickers absolvierte und einer Placebo-Gruppe, die ein Ganz-Körper-Koordinationsprogramm durchlief, führte er auch eine Kontroll-Gruppe (ohne jegliches Training). Alle Teilnehmer waren bezüglich der Gruppenzugehörigkeit verblindet. Getestet wurden die Augendominanz, die Antizipationszeit und die Schlag-Performance beim Cricket vor und nach einem vierwöchigen Training. Van Velden konnte keine gruppenabhängigen Unterschiede sowie in keinem Fall eine signifikante Veränderung im Messverlauf feststellen. Nur tendenziell erzielte die experimentelle Gruppe (Trainings-Gruppe) im Ausgangstest etwas bessere Ergebnisse als im Eingangstest.

Eine Ausnahme stellt die Studie von Van Velden in puncto Verblindung dar. In seinem Versuchsdesign wurde dieses Qualitätskriterium berücksichtigt, was sicherlich auf eine hohe Durchführungsgüte hindeutet. Kritikpunkt an der Studie ist allerdings die kleine Fallzahl. Jeder Gruppe gehörten nur jeweils sieben Teilnehmer an.

Im Viertel III sind anzahlmäßig die meisten Studien einzuordnen. 12 Arbeiten und Veröffentlichungen wurden hier erfasst. Im oberen Bereich des Quartils liegen beispielsweise die Arbeiten von Bressan [17] und Quevedo et al. [86], die als qualitativ gut anzusehen sind (Tab. 1b & 1e).

Bressan [17] testete die Passgenauigkeit und -geschwindigkeit von 70 Netzballspielerinnen, die nach der Eingangstestung randomisiert vier Kollektiven zugeteilt wurden. Über einen Trainingszeitraum von fünf Wochen mussten – in Abhängigkeit von der Kollektivzugehörigkeit – von den Teilnehmerinnen verschiedene sportartunspezifische Interventionen durchgeführt werden. Eine Gruppe nahm an einem Blickstrategietraining (Vision Coaching) teil, eine Gruppe führte ein „Visual Skills Training“ durch, eine dritte Gruppe („Vision Dynamics“) absolvierte sowohl Augenübungen als auch „Vision Coaching“ und die vierte Gruppe diente als Kontroll-Gruppe und nahm genau wie die anderen Kollektive am wöchentlichen Netzbball-Training teil. Obwohl „Sports Vision Dynamics“ zu den größten Unterschieden im Vergleich Eingangs-/Ausgangstest führte, verbesserte sich auch die Gruppe mit dem Visual Skills Training signifikant in der Passgeschwindigkeit und -genauigkeit. Allein die Passgeschwindigkeit wurde in der Gruppe „Vision Coaching“ signifikant

besser. Inwieweit sich die visuellen Leistungen verbessert haben, wurde nicht gemessen. Da die „Vision Dynamics“-Gruppe in einem größeren Umfang trainierte (die Teilnehmer nahmen an beiden Trainingsmethoden teil), ist ein Vergleich mit den anderen Gruppen aber eigentlich schwierig. Eine Varianzanalyse bezüglich eines Gruppeneffektes wurde nicht durchgeführt.

Quevedo et al. [86] verglichen 71 Studierende ohne Schieß Erfahrung, die nach einer Vortestung randomisiert auf die Trainings-Gruppe (Schießtraining mit visuellen Übungselementen) und die Placebo-Gruppe (Schießtraining und theoretisches Grundlagenstudium) aufgeteilt wurden, im Ein- und Ausgangstest miteinander. Trainiert wurde einmal pro Woche über neun Wochen und neben der statischen Sehschärfe, Akkommodation und Konzentrationsfähigkeit wurde ebenfalls die Schusspräzision getestet. Nach Abschluss des Trainings konnte kein signifikanter (trainings-)gruppenspezifischer Unterschied im Leistungsvermögen festgestellt werden. Als Ursache wird hier eine möglicherweise zu geringe Anzahl an Trainingseinheiten (1x/Woche) angenommen, so dass ein Trainingseffekt nicht eingetreten bzw. messbar ist. Lediglich die Schusspräzision und auch die Konzentrationsfähigkeit war – allerdings in beiden Gruppen – signifikant verbessert. Da es sich bei den Probanden um Novizen mit keinerlei Schieß Erfahrung handelte, ist dies sicherlich nicht verwunderlich und eher als habituativer Effekt interpretierbar.

Auch die Sports Vision Trainerin Sherylle Calder [19, 20, 71] führte einige Studien zur Effektivität von Visualtraining im sportlichen Leistungsbereich durch (Tab. 1b). Calder [19] testete beispielsweise Hockeyspielerinnen, die im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten Studie in drei Kollektive aufgeteilt wurden, in einer visuellen und hockeyspezifischen Testbatterie/Diagnostik, jeweils vor und nach einem vierwöchigen Training. Die Kollektive bestanden aus einer Gruppe, die ein Sehtraining (horizontales und vertikales Sakkadentraining, rotierende Scheibe, Flipper, Übungen zur Konvergenz und Divergenz) absolvierte, einer Gruppe mit zusätzlicher sportspezifischer Wahrnehmungsschulung (Übungen zu Positionierung und Ausrichtung beim Schlag, sowie zur Stabilisierung der Körperposition) sowie einer Kontroll-Gruppe (ohne Training). Kritisch zu betrachten ist vorab, dass die Messgeräte zur visuellen Leistungsdiagnostik im Eingangs- und Ausgangstest gleichzeitig auch als Trainingsgeräte dienten. Die signifikante Verbesserung aller Kollektive

tive nach dem Training ist daher möglicherweise auf eine gerätespezifische Habituation/Anpassung zurückzuführen.

Im sportspezifischen Bereich wurden 22 Hockeyfertigkeiten überprüft. Die Veränderungen im Vergleich Eingangstest/Ausgangstest wurden über die Anzahl der verbesserten Fertigkeiten beschrieben. Während sich die Kontroll-Gruppe und das Kollektiv mit reinem Sehtraining gar nicht bzw. letzteres nur in zwei Tests verbesserten, konnte die Gruppe mit der zusätzlichen sportspezifischen Wahrnehmungsschulung ihre sportliche Performance in 12 Fertigkeiten steigern. Die Studie lässt allerdings einige Fragen offen: So wurden weder „Drop-outs“ noch Ein- und Ausschlusskriterien genannt. Und auch die statistische Auswertung wird nicht ganz klar; eine varianzanalytische Überprüfung der Ergebnisse (Ein- und Ausgangstests im Gruppenvergleich; zweifaktorielle Varianzanalyse) fehlt.

In einer weiteren Studie legten Calder & Kluka [20] ihr Augenmerk auf den Nachweis der Effektivität eines Software-Trainings-Programms (Eye Think Sport-Training), das an Cricket-Spielern getestet wurde. Die rekrutierten Sportler wurden nach einer Eingangsdiagnostik im visuellen und sportartspezifischen Bereich (willkürlich) in eine Trainings-Gruppe, die über drei Wochen mit dem Software-Programm trainierte, und eine Placebo-Gruppe, die über den gleichen Zeitraum mit einem Sports Vision Trainings-Board arbeitete, eingeteilt. Für die statistische Auswertung wurde einerseits überprüft, ob zwischen den Gruppen Unterschiede im Ein- und Ausgangstest vorlagen, andererseits wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung im Gruppenvergleich durchgeführt. Im visuellen Bereich war die experimentelle Gruppe im Bereich horizontale und vertikale Sakkaden im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest signifikant besser als die Placebo-Gruppe. Für die sportspezifischen Testungen verzeichnete die Eye Think Sport-Trainings-Gruppe in allen Bereichen signifikant bessere Ergebnisse im Gruppenvergleich.

Die Unabhängigkeit der Autoren Calder & Kluka, die gleichzeitig entscheidend an der Entwicklung der Trainings-Software mitgewirkt und auch aus beruflichen Gründen Interesse am Nachweis der Effektivität eines Sports Vision Trainings haben, ist hier allerdings anzuzweifeln.

Einige der wenigen Studien mit Placebo- und Kontroll-Gruppe führte die Arbeitsgruppe um Paul [8, 82, 83] durch und befasste sich in insgesamt drei verschiede-

nen Studien mit der Effektivität von Sports Vision Trainingsprogrammen im visuellen, aber auch im sportlichen Bereich (Tab. 1a & 1d). Der Aufbau des Studiendesigns ist in allen Fällen sehr ähnlich: jeweils drei Kollektive mit einer Kontroll-, einer Placebo- und einer Visualtraining-Gruppe, die vor und nach einer fünf- bis achtwöchigen Trainingszeit einer visuellen und sportspezifischen (Cricket, Tennis oder Tischtennis) Leistungsdiagnostik unterzogen wurden. Balasaheb, Paul & Sandhu [8] stellten fest, dass sich die Reaktionszeit, die Akkommodationsleistung und die Schlagperformance von Cricketspielern in der Trainings-Gruppe signifikant verbesserten. In allen Kollektiven waren die Tiefenwahrnehmung und die blickmotorische Leistung (Sakkaden) nachweislich besser im Vergleich Eingangs- vs. Ausgangstest. Paul, Biswas & Sandhu [82] wiesen nach, dass Tischtennisspieler(innen), die am Sports Vision Training teilnahmen, im Gruppenvergleich in allen (visuellen und sportspezifischen) Bereichen signifikant besser waren als die o.g. Vergleichsgruppen. Getestet wurde neben den von Balasaheb et al. aufgeführten Messungen/Parametern auch die Spielperformance im Tischtennis mit Hilfe des sog. „Alternate Push Test“ (Vorhand- und Rückhandschläge). In einer dritten Studie fanden Paul, Shukla & Sandhu [83] heraus, dass ein achtwöchiges Vision Training für Tennisspieler signifikant die visuelle und sportbezogene Performance steigert. Die Trainings-Gruppe verbesserte sich in allen Bereichen hochsignifikant. Neben der Tiefenwahrnehmung und der horizontalen Augenbewegung (Blickmotorik), in der sich auch die Kontroll-Gruppe signifikant verbesserte, steigerte die Placebo-Gruppe ihre Leistung außerdem in allen anderen visuellen Tests mit Ausnahme der Akkommodationstests. Blickt man auf die statistische Auswertung, so ist für alle drei Studien jeweils nur die einfaktorielle Varianzanalyse beschrieben. Gruppeneffekte über den Messverlauf (zwischen Ein- und Ausgangstest) wurden nicht untersucht bzw. dargestellt.

Entscheidender Kritikpunkt an allen drei Studien ist aber die Wahl der Mess-/Testgeräte. Trainiert wurde an den jeweils gleichen Geräten, an denen auch die Eingangs- und Ausgangsdiagnostik durchgeführt wurde. Habituelle, geräte-/testbezogene Effekte können also nicht ausgeschlossen werden. Auch die Fallzahl ist „grenzwertig“ klein; die Kollektive bestehen in zwei Studien [8, 83] nur aus jeweils 10 Personen.

Unter der Leitung von Dr. Gernot Jendrusch wurden an der Ruhr-Universität Bochum mehrere Studien – oft im Rahmen von Abschluss-/Diplomarbeiten – zur Effektivität von (sportartspezifischer) Wahrnehmungsschulung oder Sports Vision Training durchgeführt. Schlack [96, 97] untersuchte die „Trainierbarkeit der Auge-Hand-Koordination am AcuVision 1000-Gerät“ (Tab. 1e). Ein Trainings-Kollektiv, das sechs Wochen am AcuVision 1000 übte, wurde im Bereich der Auge-Hand-Koordination mit der Leistung eines Kontroll-Kollektivs (ohne Training) verglichen. Es konnte eine funktionale Vergrößerung des temporalen Gesichtsfelds (gemessen mittels Perimeter) in der Trainings-Gruppe nachgewiesen werden (bessere funktionelle Ausschöpfung). Die Verbesserung der Testleistung am AcuVision 1000 – im Hinblick auf eine höhere Präzision und Schnelligkeit der Auge-Hand-Koordination nach dem Training – muss allerdings „mit Vorsicht“ betrachtet werden, auch wenn hier unterschiedliche Testverfahren (im Vergleich zu den Trainingsübungen) angewandt wurden. Gerätespezifische Effekte sind zumindest nicht auszuschließen. Zusätzlich ist zu bemängeln, dass eine Randomisierung der Gruppen fehlte und auch „Drop-Outs“ nur ungenügend beschrieben wurden.

Darüber hinaus wurden aber auch sportsspezifische Untersuchungen durchgeführt. Im Bereich Tischtennis untersuchten Jendrusch et al. [58, 61] die Effektivität einer tischtennisspezifischen Wahrnehmungsschulung mit Fokus auf die Präzision der Auge-Hand-(Schläger-)Koordination (Tab. 1d). Neben dieser Gruppe wurden über sechs Wochen zwei weitere Kollektive geführt: Eines, das eine tischtennisunspezifische Wahrnehmungsschulung (Wayne Fixator und Motorische Leistungsserie nach Schoppe) absolvierte und eines, das als Kontroll-Gruppe (ohne Training) diente. Im Ein- und Ausgangstest wurden die Treffpunktgenauigkeit auf der Schlagfläche (mit Hilfe eines Treffpunkt-Analysers) sowie die Leistungsfähigkeit im Bereich der Auge-Hand-Koordination registriert. Ein signifikanter trainingsgruppenspezifischer Effekt konnte nicht nachgewiesen werden. Die Gruppe mit dem unspezifischen Auge-Hand-Koordinations-Training verbesserte sich zwar in der tischtennisspezifischen Treffgenauigkeit auf dem Tischtennisschläger („Transfer-effekt“), das sportsspezifische Training führte aber nur zu einer (tendenziell) geringeren Streuung des mittleren Treffpunktes auf der Schlagfläche. Sowohl eine Verblindung als auch eine Beschreibung von „Drop-Outs“ und Ein- und Ausschlusskriterien fehlen allerdings. Ferner ist – bezogen auf die o.g. Ergebnisse – das (zu ge-

ringe) sportartspezifische Leistungsniveau der Trainingsteilnehmer (allesamt nur Freizeitsportler) zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang zu betrachten sind die Studien von Ruhmann (Tab. 1e) und Olbrisch (Tab. 1d) [80, 92]. Im Tennissport untersuchten sie die Effektivität einer sportartspezifischen Wahrnehmungsschulung. Ruhmann führte dazu eine Pilotstudie durch, in der über einen Zeitraum von sechs Wochen ein Trainings-Kollektiv an einer tennisspezifischen Wahrnehmungsschulung teilnahm (neben dem normalen Training) und ein Kontroll-Kollektiv nur das übliche Tennistraining absolvierte. Eine trainingsinduzierte mögliche Veränderung der visuellen Wahrnehmung wurde mit verschiedenen Sehtestverfahren (visuelle Leistungsdiagnostik) überprüft. Olbrisch modifizierte die Übungs- und Spielformen von Ruhmann und ergänzte sie mit tennisspezifischen Übungen aus vorhandener Literatur. Außerdem setzte er einen Zeitraum von acht Wochen an; in Abgrenzung zu Ruhmann, die mit „Mittelklasse-Tennisspielern“ trainierte, hatten die Tennisspieler in der Olbrisch-Studie allesamt Landeskaderstatus. Weder Ruhmann noch Olbrisch konnten zwischen den beiden Kollektiven einen gruppenabhängigen, trainingsinduzierten Effekt nachweisen. Einzig das Tiefensehvermögen verbesserte sich jeweils signifikant in der Trainings-Gruppe. In beiden Studien wurde aber angemerkt, dass der Trainingsumfang möglicherweise nicht ausreichend war, bei Ruhmann auch aufgrund des kürzeren Trainingszeitraums von sechs Wochen, bei Olbrisch aufgrund nicht erreichter Zielsetzungen/Vorgaben (die tennisspezifische Wahrnehmungsschulung nahm nur ein Drittel der wöchentlich eingeplanten Trainingszeit ein). Da für die Studien in beiden Fällen Vereins-/Verbandstennisspieler rekrutiert wurden, konnte eine Einteilung in entsprechende Kollektive nicht randomisiert erfolgen, da innerhalb von Trainings-Gruppen (auch aus pädagogischen Gründen) keine unterschiedlichen Methodiken angewendet werden konnten.

Wie die zuvor beschriebenen Studien ist auch die gerätespezifische Studie zum Eyeport von Bowen & Horth [16] im Qualitäts-Bereich III – hier allerdings im unteren Bereich – einzuordnen (Tab. 1a). Sie testeten eine Gruppe von jugendlichen Baseballspielern, die über sechs Wochen täglich am Eyeport übten und im Ausgangstest eine signifikant bessere Schlagleistung aufwiesen. Hauptkritikpunkt ist hier allerdings die fehlende Kontroll-Gruppe. Der genannte Effekt ist also nicht eindeutig „interpretierbar“. In der Zeit des Trainings mit dem Eyeport nahmen die

Spieler allerdings nicht am Baseballtraining teil. Neben der Anwendung im Sports Vision Training wird das Eyeport laut Herstellerangaben auch in Bereichen außerhalb des Sports eingesetzt. Laukkanen & Rabin [69] beispielsweise testeten das Trainingsgerät an Studierenden. Dabei konnte ein positiver Effekt bei der Leseleistung herausgefunden werden. In einer weiteren Studie wurden Schüler/-innen mit ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung) von Hagen et al. [43] untersucht. Hier konnte der Einsatz des Eyeports signifikant die Akkommodationsleistung und die Stereopsis der Trainierenden optimieren.

An dem Beispiel der Studie von Bowen & Horth [16], die trotz fehlender Kontroll-Gruppe gerade noch im mittleren Bereich eingeordnet werden konnte, wird bereits deutlich, dass Studien, die unterhalb der 50 %-Marke – und damit im Qualitäts-Bereich II und I – liegen, oft aufgrund der geringeren Studienqualität in ihrer Aussagekraft herabgesetzt sind. In diesem Bereich liegen 12 der 27 Studien.

Reichow et al. [88] verglichen ein Trainings-Kollektiv, das an einer Wahrnehmungsschulung mit stroboskopischer Brille (koordinative Übungen mit Tennisbällen) teilnahm, mit einer Kontroll-Gruppe. Getestet wurde die Antizipationszeit (Tab. 1e). Obwohl sich die Antizipationszeit in der Trainings-Gruppe signifikant verbesserte, konnte kein gruppenabhängiger Effekt nachgewiesen werden. Zudem wurde weder eine Randomisierung noch eine Dokumentation von Drop-Outs sowie Ein- und Ausschlusskriterien umgesetzt.

Eine weitere Untersuchung zur Effektivität von Sports Vision Übungen wurde von Du Toit et al. [28] an Studierenden durchgeführt (Tab. 1c). Sie überprüften verschiedene visuelle Teilleistungen (Sehschärfe, Blickverfolgung, Vergenzen, Reflexe u.a.) vor und nach einer 15-minütigen Übungseinheit im Vergleich zu einer Kontroll-Gruppe, welche 15 Minuten pausierte. Die Einteilung der Kollektive erfolgte cluster-randomisiert (selektive Einteilung nach der Auge-Hand-Koordinationsleistung). Weniger die fehlende Verblindung des Versuchsleiters und der Teilnehmer sowie die fraglichen statistischen Methoden (keine Angabe der Ergebnisse der Varianzanalyse), sondern vielmehr die Absolvierung nur einer einzigen „Trainings“-Einheit führten zur Einordnung der Studie in den unteren Bereich.

Thomas et al. [110] und Woodworth-Hobbs et al. [128], die einer gemeinsamen Arbeitsgruppe angehören, führten ebenfalls Untersuchungen zum Sports Vision Training durch. Sie bildeten eine Trainings- und eine Kontroll-Gruppe, die vor und

nach einer Trainingsperiode in ihren visuellen aber auch sportlichen Leistungen (Baseball oder Soft-Ball) getestet wurden.

Thomas et al. (Tab. 1e) setzten einen Zeitraum von 4-5 Wochen an und trainierten Baseballspieler, Woodworth-Hobbs et al. (Tab. 1f) begrenzten die Trainingsperiode auf neun Wochen und führten Softball-Spielerinnen als Probanden. Eine signifikante Verbesserung der Trainings-Gruppe im Gruppenvergleich konnten Thomas et al. in der visuellen Leistungsfähigkeit (Blickmotorik, Akkommodation und Vergenzen, Auge-Hand-Koordination) feststellen. In der sportlichen Performance verbesserte sich die Trainings-Gruppe signifikant in Bereichen der Schlaggenauigkeit und –qualität sowie in der peripheren Sehleistung und Wurfgenauigkeit. Die Kontroll-Gruppe steigerte sich in ihrer Leistung immerhin signifikant in den beiden letzteren Bereichen periphere Sehleistung und Wurfgenauigkeit.

Woodworth-Hobbs et al. fanden ebenfalls signifikante gruppenspezifische Effekte im visuellen Bereich (in Tests zu Sakkaden, Auge-Hand-Koordination, Akkommodation und Vergenzen). Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Thomas et al. konnten sie keinen Unterschied zwischen den Gruppen in der sportlichen Leistung dokumentieren. Die Bewertung konnte leider nur anhand der Abstracts erfolgen, weshalb die hier vorgenommene Bewertung der Studienqualität nur begrenzt aussagekräftig ist.

Eine weitere Studie zur Trainierbarkeit der Sehleistung führte Ishigaki [49] an Sportlern durch (Tab. 1c). Hier wurde speziell die dynamische Sehschärfe betrachtet. Verglichen wurde eine Gruppe, die über einen Monat zweimal pro Woche im Rahmen eines Sports Vision Trainings übte, mit einer Gruppe, die über drei Monate das gleiche Training in einer wöchentlichen Einheit ableistete. Beide Gruppen verbesserten sich signifikant in ihrer dynamischen Sehschärfe. Außerdem fand Ishigaki heraus, dass leistungsschwächere Sportler von einer Wahrnehmungsschulung mehr profitieren als leistungsstärkere. Die Effekte waren über einen Monat hinweg konstant. Auch hier resultierte die Bewertung aus den Angaben im Abstract, weshalb keine Punktevergabe in den Kategorien Drop-Outs, Randomisierung/Vergleichbarkeit der Gruppen, Ein- und Ausschlusskriterien, Diagnostik und Wahl der Messverfahren gemacht werden konnte. Die Originalarbeit lag leider nur in japanischer Sprache vor und konnte im Rahmen der vorliegenden

Arbeit nicht übersetzt werden. Auch hier ist daher die vorgenommene Bewertung der Studienqualität nur begrenzt aussagekräftig.

Die im Folgenden beschriebenen Studien wurden ohne eine Kontroll- bzw. Placebo-Gruppe durchgeführt. Punkte im Bereich Randomisierung, Vergleichbarkeit der Gruppen sowie Verblindung konnten folglich nicht vergeben werden. Resultierend daraus befinden sich die unten genannten Studien im Ranking weit unten.

Ciuffreda [24] führte drei kleinere Studien durch (Tab. 1c). Getestet wurde immer die zentrale und periphere Reaktionszeit. Als Gesamtergebnis fand er heraus, dass Fußballer im Vergleich mit Fußball-Novizen eine verkürzte Reaktionszeit vorweisen, diese aber im zentralen und peripheren Bereich trainierbar ist. Dieser Effekt war mindestens drei Wochen aufrecht zu erhalten.

Clark et al. [25] trainierten eine Baseball-Mannschaft vor und während der Saison und setzten verschiedene Sports Vision Trainingsgeräte (Brock-Schnur, Dynavision, Eyeport u.a.) ein (Tab. 1c). Da es an einer Vergleichsgruppe fehlte, verglichen sie die durchschnittliche Schlagleistung ihrer Mannschaft mit der Durchschnittsleistung der gesamten Liga. Berücksichtigt wurde ein Zeitraum von zwei Saisons. Obwohl sich die Durchschnittsleistung der Schläger (über alle Teams gemittelt) in der Liga verschlechterte, konnte sich das Team mit dem Sports Vision Training steigern. Dieser Vergleich ist aber sicherlich schwierig, da man nur wenige Informationen über die anderen Mannschaften bekommt und hier, wie bereits erwähnt wurde, nur den „Durchschnitt“ erfasst hat. Hinzukommend wurden Spielertransfers, Schlagtraining und andere mögliche Einflussfaktoren nicht berücksichtigt.

Die Untersuchung von Ali [4] gehört ebenso der Studiengruppe ohne Vergleichs-/Kontroll-Kollektiv an. Jugendliche einer Fußballmannschaft führten über drei Wochen eine Kombination aus Schnelligkeits- und Visualtraining durch (Tab. 1a). Überprüft wurden sowohl die fußballerische Leistung als auch visuelle Fertigkeiten wie Auge-Hand-Koordination, Augenfolgebewegungen, statische und dynamische Sehschärfe, visuelle Wahrnehmung und Reaktion. In allen Teilleistungen des visuellen Systems sowie in den fußballerischen Übungen kristallisierte sich eine Verbesserung im Trainingsverlauf heraus. In welcher Art und Weise die Wahrnehmungsschulung durchgeführt wurde, ist nicht ersichtlich. Die fußballerischen Testverfahren scheinen den Trainingsmethoden sehr ähnlich, was auf habitutive Effekte schließen lässt.

Dem untersten Bereich der Punkteverteilung (Qualitäts-Bereich I) sind Studien mit mangelhaftem Studiendesign und nur geringer Aussagekraft zuzuordnen.

Wile et al. [123] und Zupan [131] beschreiben Sehtrainingsmethoden, die bei Sportlern der US Air Force angewendet wurden (Tab. 1f). Bis zu vier Jahre lang wurden diese Sportler begleitet und in den Bereichen Augenbewegung, Akkommodation, Vergenzen, Auge-Hand-Geschwindigkeit sowie Bewegungsgenauigkeit getestet (und trainiert). Da die Anzahl der absolvierten Trainingseinheiten zwischen den Teilnehmern deutlich variierte, wurde eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt. Der Trainingserfolg wurde in Abhängigkeit von der Anzahl der absolvierten Einheiten dargestellt. Je mehr Trainingseinheiten absolviert wurden, desto besser das Ergebnis am Trainings- bzw. Messgerät. Im Durchschnitt wurden Höchstwerte (also Bestleistungen) zwischen der 22. bis 30. Trainingseinheit gemessen. Zwischen Trainings- und Messgeräten wurde allerdings nicht differenziert, objektive Messverfahren fehlen. Auch hier liegt nahe, dass die Verbesserungen im Bereich der visuellen Leistungsfähigkeit zu großen Teilen eher als gerätespezifische, habituale Effekte zu interpretieren sind.

Laser, Beise & Michelsen [68] trainierten mit Kaderfechterinnen eines Olympiastützpunktes die zentrale Sehschärfe und die Kontrastsensitivität in Kombination mit einem HRV-Biofeedback-Training (Tab. 1c). Es wurden Verbesserungen in allen Bereichen gemessen. Auch wurden signifikante lineare Korrelationen zwischen der zentralen Sehschärfe ($r^2 = 0,38$) oder der Kontrastsensitivität ($r^2 = 0,21$) und den DFB-Punkten der Rangliste dargestellt. Die verwendeten Diagramme weisen allerdings darauf hin, dass es sich um Scheinkorrelationen handeln könnte. Ein Anhalt dafür wäre allein die verwendete (geringe) Teilnehmerzahl ($n=11$). Weiterer Kritikpunkt ist, dass auch hier Trainings- und Messapparaturen identisch waren.

3.4.6 Weitere Forschungsschwerpunkte im Bereich der visuellen Wahrnehmungsschulung

Neben den zuvor benannten Methoden des Sports Vision Trainings sollen hier vollständigshalber kurz auch andere Forschungsschwerpunkte mit dem Ziel der visuellen Leistungssteigerung angesprochen werden. Beispielsweise sollte in diesem Zusammenhang das Blickstrategietraining aufgeführt werden.

Tidow [111] führte in den 90er Jahren bereits einige Forschungsarbeiten im Sehstrategie-Training, im Bereich der blickmotorischen Leistung und in der Fixationsverhaltensforschung, durch. Der Haupteffekt des blickmotorischen Trainings liegt demnach in einer Verbesserung des sog. „antizipatorischen Timing“ (Tidow (1993), ref. in [52]) bzw. der koordinativen Leistungsfähigkeit der Blickmotorik. Tidow konnte eine Trainierbarkeit der blickmotorischen Leistungsfähigkeit durch umfangreiche Laborstudien belegen.

Ebenfalls dem Blickstrategietraining zuzuordnen ist das sog. Quiet-Eye-Training, bei dem Augenbewegungen bzw. die Fixation des Zielobjektes im Mittelpunkt stehen. „Quiet-Eye“ steht als Begriff für die letzte Blickfixierung, die vor der Bewegungsinitiierung gemacht wird und während der Bewegung bleibt/anhält. Anhand von gezielten Strategien wird von den Autoren Adolphe, Vickers & LaPlante [3], Vickers [116], Vine & Wilson [119] und Vine et al. [118] beispielsweise eine Verbesserung der sportlichen Leistung (Annahmegenauigkeit im Volleyball, Freiwurfquote im Basketball) bei einer verlängerten Quiet-Eye-Dauer beschrieben. Ebenfalls fanden sie heraus, dass die Quiet-Eye-Dauer unter Stressbelastung kürzer ist [117]. Auch Rienhoff et al. [91] und Fischer et al. [35] beschäftigten sich mit dem Quiet-Eye. Sie stellten fest, dass nur bei fortgeschrittenem Spielniveau im Basketball die Kombination von Quiet-Eye und Wahrnehmungsfokus einen Einfluss auf die Freiwurf-Leistung hat und dass die Wahrnehmungsfähigkeiten aus dem Basketball sich nicht in einer gesteigerten Leistung im Dart widerspiegeln.

Die Frage danach was, wie oft und wie lange bei der Ausübung des Sports mit dem Blick fixiert wird, beschäftigte auch Manzanares Serrano et al. [73]. Sie konnten zeigen, dass eine visuelle Blickstrategie bei geringer Anzahl an Blickfixierungen und bei einer längeren Dauer von Quiet-Eye effektiver ist.

Auch Hazel [44] deutet in ihrem Review die Vielfältigkeit der Wahrnehmungsschulung an und führt Autoren auf, die sich mit verschiedenen Blickstrategien (u.a. Anzahl, Dauer und Lokalisation der Blickfixierung) beschäftigten. Sie nennt Williams et al. [44], die darauf hinweisen, dass Trainingsprogramme auch Übungen beinhalten sollten, die auf kognitiven Erkenntnissen basieren und zur Entwicklung visueller Suchstrategien beitragen. Obwohl die Ergebnisse (wissenschaftlich) nicht als „belegt“ angesehen werden können, wird eine Auswirkung auf die sportliche Leistung von Hazel nicht ausgeschlossen. Schlechte Studiendesigns und somit

fehlende Evidenz führten dazu, dass ein wissenschaftlicher Nachweis der Effektivität bisher nicht sicher erbracht wurde. Es mangelte an wirklichen Kontrollkollektiven, aussagekräftiger Fallzahl oder entsprechender visueller Diagnostik.

Neben Blickstrategietrainings wurden in den letzten Jahren zunehmend videobasierte Aufmerksamkeitstrainings untersucht. Furley & Memmert [38] beschreiben die Unterschiede zwischen visueller Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Letzteres wird von den Autoren als die „Selektion relevanter Stimuli und selektive Strukturierung des Wahrnehmungsfeldes“ dargestellt. Außerdem beschreiben sie aktuelle Entwicklungen und den Stand in der Aufmerksamkeitsforschung. Danach benötigen z.B. „Mannschaftssportler einen breiten Aufmerksamkeitsfokus, um taktische Entscheidungsfindungen zu generieren und um originelle Lösungen in diesem taktischen Entscheidungsfindungsprozess zu integrieren“. Gleichzeitig führt ein „hohes Maß an Instruktionen zu einer geringeren Aufmerksamkeitsbreite und damit zu schlechteren taktischen bzw. kreativen Leistungen“ [38].

Dagegen sehen Jendrusch und Lingelbach [57] die Übertragbarkeit dieser wissenschaftlichen Studien, die zumeist fernab von Wettkampfsituationen im Labor (und häufig nur zweidimensional videobasiert) an Laien oder Freizeitsportlern durchgeführt werden, als „problematisch“, wenn nicht unmöglich an. Sie beziehen sich auf Voigt & Jendrusch (2013), die die Bedeutung von „Entscheidungslernen sowie wahrnehmungsbezogenen Qualifikationsmerkmalen“ herausstellen und z.B. „die bewusste Aneignung von Diagnosemerkmalen als richtige und bewährte Vorgehensweise im Hochleistungstraining“ nennen.

Ein aufmerksambasiertes Wahrnehmungstraining mit Hilfe verschiedener Videosequenzen wurde von Cañal-Bruland, Hagemann & Strauß durchgeführt [22]. Drei Gruppen von Fußballern mit unterschiedlichen Trainingsprogrammen und eine Kontroll-Gruppe wurden zu drei verschiedenen Messzeitpunkten getestet. Das Training bestand für eine Gruppe aus praktischem Training auf dem Feld, die anderen beiden Trainings-Gruppen absolvierten ein videobasiertes Training, welches Videosequenzen und Feedbackvideos beinhaltete. Eine dieser beiden Gruppen wurde visuell manipuliert durch „Aufmerksamkeitslenker“. Der Test bestand aus sportartspezifischen Videosequenzen („3 gegen 2“-Situationen), die zu einem bestimmten Zeitpunkt gestoppt wurden. Die Probanden mussten die Aktionsrichtung vorhersagen (antizipieren). Im Ergebnis führte das videobasierte, taktische Wahr-

nehmungstraining zu einer deutlich schnelleren Entscheidungs- und Reaktionsleistung. Zwischen den beiden Trainings-Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied im Messverlauf nachgewiesen werden. In einer vergleichsweise ähnlichen Studie [42] untersuchte dieselbe Forschungsgruppe Badminton-Spieler (Novizen, Amateure und Profis), welche ein Videotraining mit oder ohne Aufmerksamkeitslenkern (rote Balken) absolvierten, hinsichtlich ihrer Antizipationsleistung. Im Vergleich zu einer Kontroll-Gruppe verbesserten sich beide o.g. Trainings-Gruppen signifikant, aber zwischen den beiden Trainingsmethoden konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Cañal-Bruland [21] testete auch, inwiefern sich die Antwortzeit von Studierenden bei verbalen (Gruppe 1) oder visuellen Anweisungen (Gruppe 2) verändert. Er konnte zeigen, dass es zwar keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gibt, aber verbale Anweisungen tendenziell negative Effekte aufweisen.

Diese Beispiele sollen nur einen Einblick in den derzeitigen Forschungsstand geben und die Vielfältigkeit der Fragestellungen/Forschungsansätze verdeutlichen.

3.4.7 Zusammenfassung der Literaturrecherche sowie Konsequenzen für die Durchführung einer eigenen (empirischen) Studie

Die Ergebnisse der oben aufgeführten Studien und deren Bewertung zeigen, dass im Bereich von sportartunspezifischem Sports Vision Trainings bisher lediglich eine qualitativ wirklich hochwertige Studie vorliegt. Diese wurde von Abernethy & Wood veröffentlicht [1]. Als Trainingsmethoden wurden hier Übungen aus dem Buch „Revien und Gabor’s Sports Vision Training“ sowie das „Eyerobics“-Trainingsprogramm angewendet.

Zwar wurden weitere Studien durchgeführt, die ein gutes Studiendesign aufweisen ([6, 115] u.a.), doch die Effektivität aktuell angewandter und angebotener Trainingsprogramme, die z.B. auch von Sports Vision Trainern im deutschsprachigen Raum eingesetzt werden (z.T. computergestützt/-unterstützt sowie an speziellen Sports Vision Trainingsgeräten durchgeführt werden), um z.B. allgemeine Wahrnehmungsfähigkeiten wie das dynamische Sehen, die Tiefenwahrnehmung oder das periphere Sehen zu verbessern, konnte bisher in keiner randomisierten, kontrollierten Studie nachgewiesen werden. Die Darstellung des aktuellen Forschungsstands im Bereich der Wahrnehmungsschulung von Sportlern lässt darauf

schließen, dass es bislang an fundierten, evidenzbasierten, wissenschaftlichen Erkenntnissen mangelt. Daraus wird für die Durchführung einer eigenen Studie abgeleitet, dass zur (evidenzbasierten) Beurteilung der Effektivität eines Sports Vision Trainings wichtige Qualitätsfaktoren einer Studie wie z.B. Randomisierung, Trainings-, Placebo- und ggf. Kontroll-Kollektiv mit ausreichender Teilnehmerzahl sowie die Verblindung und Unabhängigkeit des Versuchsleiters, gegeben sein müssen. Ebenfalls sollten die Messverfahren für alle Kollektive gleich und weder Bestandteil der Übungen für die Trainings- noch für die Placebo-Gruppe sein.

4 METHODISCHER TEIL

4.1 Versuchsdesign

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 2 formulierten Zielsetzungen sowie auf Grundlage der Ergebnisse der Literaturlauswertung wurde eine Studie geplant/entwickelt, die wissenschaftlichen Standards entsprechen (u.a. randomisiert, kontrolliert und doppelblind) und gleichzeitig Erkenntnisse zur Effektivität eines ausgewählten Sports Vision Trainings (SVT) liefern sollte.

Der mögliche Effekt einer Trainingsintervention (sechswöchiges Sports Vision Training) wurde an einer Trainings-Gruppe mit Hilfe einer Eingangs (ET)- und Ausgangstestdiagnostik (AT) überprüft und mit den Ergebnissen einer Placebo-Gruppe, die ein unspezifisches PC-Training absolvierte, verglichen. Überprüft wurden dabei in einer visuellen Leistungsdiagnostik die statische und dynamische Sehschärfe, räumliches und peripheres Sehen sowie Reaktions- und Antizipationsverhalten. Der Gesamt-Versuchszeitraum belief sich einschließlich Eingangs- und Ausgangstestung auf acht Wochen. Nach der Basiserfassung der soziodemografischen Daten zu Alter, Geschlecht, Trainingsstatus sowie der standardisierten visuellen Leistungsdiagnostik (vgl. Kap. 4.3) erfolgte die Randomisierung der Probanden (u.a. anhand der personen- und leistungsbezogenen Daten) in die jeweiligen Kollektive durch eine neutrale (nicht direkt mit der Studie in Verbindung stehende) Person. Beide Kollektive mussten sechs Wochen lang dreimal pro Woche ein etwa sechzigminütiges Training absolvieren (Tab. 2). Die SVT-Trainings-Gruppe (3D-Kollektiv), nahm an einem Sports Vision-Trainingsprogramm teil, das von „Dynamic Eye“, einem Institut für Sportsvision angeboten und von seinen In-

haberrinnen Sabine Nebendahl und Stefanie Hennigfeld, konzipiert und erarbeitet wurde. Beide fungierten in der Studie z.T. auch als Sports Vision Trainerinnen und steuerten/kontrollierten den Trainingsablauf über die sechs Wochen. Die Placebo-Gruppe (2D-Kollektiv), beschäftigte sich lediglich mit einem Computerprogramm bzw. führte das „Augen-TrainingTM“-Spiel von Nintendo® durch. Während die Placebo-Gruppe nur zweidimensional trainierte (also am PC-Bildschirm bzw. Nintendo®-DS-Bildschirm), musste die Trainings-Gruppe auch sportspezifische Übungen mit koordinativen und visuellen Elementen (Balancetraining und Auge-Hand-Koordinationstraining) absolvieren. Für das Trainings-Kollektiv waren fünf Stationen aufgebaut: Das Dynavision D2, der P-Rotator, das Eyeport, die Flipper und eine Computerstation (vgl. Kap. 4.5.3).

Sowohl die Diagnostik als auch das Training fanden im Sehlabor des Lehrstuhls für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum statt.

Tab. 2: Zeitliche Organisation des Studienablaufs

Woche 1	Randomisierung	Woche 2-7		Woche 8
Anamnese Eingangstestung (Visuelle Leistungsdiagnostik)		Funktionaloptometrisches Screening	Training 2D-Kollektiv („Augen-Training TM “ und Computerprogramm VPE)	Funktionaloptometrisches Screening
		Training 3D-Kollektiv (Sports Vision Training „Dynamic Eye“)		

Jeder Teilnehmer bekam konkrete Informationen bezüglich des Trainingsablaufs, der Trainingsgerätewahl und zusätzlich einen Trainingsplan. Vor Trainingsbeginn wurde im Eingangstest ein „funktionaloptometrisches“ Screening durch die Trainerinnen durchgeführt (vgl. Kap. 4.4). Diese begleiteten das Training vor Ort in der ersten Woche und steuerten über den gesamten Trainingsverlauf Trainingsinhalte und -anforderungen. In den darauf folgenden vier Trainingswochen wurden zur Beaufsichtigung und Kontrolle des Ablaufs Studentische Mitarbeiter eingesetzt, die mit den Trainingsgeräten vertraut und von den Sports Vision-Trainerinnen eingearbeitet waren. Sie wurden so eingeteilt, dass an jedem Wochentag sowohl morgens als auch nachmittags Ansprechpartner für die Trainierenden verfügbar waren und die tatsächliche Anwesenheit/Trainingsdurchführung dokumentiert werden konnte. In Trainingswoche sechs wurde das Training erneut von den Dynamic

Eye-Trainern vor Ort in Bochum begleitet. Gleichzeitig wurden die funktionaloptometrischen Vermessungen (Screening) aus Woche eins von den Sports Vision-Trainerinnen nach der letzten absolvierten Trainingseinheit im Ausgangstest wiederholt.

Nach dem sechswöchigen Training wurde in Woche acht erneut die visuelle Leistungsdiagnostik durch den verblindeten Versuchsleiter durchgeführt. Alle Teilnehmer mussten zusätzlich einen Evaluationsbogen zu Ablauf und Organisation des Trainings (s. Anhang) ausfüllen und eine subjektive Einschätzung zur Durchführung sowie zur Effektivität des Trainings abgeben.

4.2 Untersuchungskollektiv

An der Studie nahmen zu Beginn 37 Probanden und Probandinnen teil, welche zum Studienzeitpunkt entweder Studierende der Sportwissenschaft waren oder das Studium bereits abgeschlossen hatten. Nach der Eingangsdiagnostik und der Randomisierung (vgl. Tab. A1) schieden zwei Personen aus der Placebo- und eine Person aus der Trainings-Gruppe aufgrund persönlicher Gründe (zu großer Trainings-/Zeitaufwand) aus.

Tab. 3: Tabellarische Übersicht zur Personenstichprobe

		2D-Kollektiv	3D-Kollektiv
Geschlecht (Anzahl)	männlich	10	12
	weiblich	6	6
Mittleres Alter (Jahren)		22,87 ± 3,575	22,56 ± 2,96
Sehhilfe (Anzahl)	Keine	12	13
	Kontaktlinsen	3	3
	Fernbrille	1	2

Das mittlere Alter des Gesamtkollektivs (n=34) lag bei 22,71 (±3,21) Jahren, die Spannweite belief sich zwischen 20 und 35 Jahren. Die Gruppen waren im Hinblick auf Geschlecht, Alter, Sehschärfe und Anteil an Trägern von Sehhilfen gleichverteilt (Tab. 3). Bezüglich der Sportartenzugehörigkeit waren beide Grup-

pen sehr heterogen verteilt. Einige Probanden gaben mehrere Sportarten an, andere führten nur Seminare und Sportkurse im Rahmen des Studiums durch. In der 2D-Gruppe lag der wöchentliche (auf Sport bezogene) Trainingsumfang im Mittel bei 4,63 ($\pm 1,76$) Stunden, in der 3D-Gruppe bei 6,28 ($\pm 3,64$) Stunden. Alle Teilnehmer waren augengesund bzw. normalsichtig. Sie gaben eine schriftliche Einverständniserklärung zur Durchführung und Protokollierung des Sports Vision-Trainings und der dazugehörigen visuellen Leistungsdiagnostik vor und nach dem sechswöchigen Trainingszeitraum ab. Als Aufwandsentschädigung wurden jedem Teilnehmer, der Training (im 2D- oder 3D-Kollektiv) sowie Leistungsdiagnostik vor und nach dem Trainingszeitraum (Ein- und Ausgangstest) absolviert hatte, einmalig 75 Euro gezahlt.

4.3 Visuelle Leistungsdiagnostik

Die visuelle Leistungsdiagnostik fand im Sehlabor unter standardisierten Bedingungen (Beleuchtung, Tageszeit, Testdurchführung) statt. Untersucht wurden die Sehschärfe, die Refraktion, das räumliche Sehen, das kinetische Gesichtsfeld, das dynamische Sehen sowie die Antizipationsleistung. Hierzu wurden als Messgeräte die Sehprobentafel, das Refraktometer, der TNO-Stereotest, der Drei-Stäbchen-Test nach Helmholtz (in der modifizierten Form nach Jendrusch [50]), der Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (DTDS) nach Wist [126], die Antizipationsleistung [30, 31], das Perimeter sowie das Messgerät zur Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit [30, 50, 111] verwendet. Alle Messgeräte wurden zur Ein- und Ausgangsdiagnostik jeweils an den gleichen Stellen positioniert und ausgerichtet. Zudem lagen bei der Beleuchtungsstärke jeweils die gleichen Ausgangswerte zugrunde. Zur Beleuchtungsstärke-Messung wurde das HAGNER-Universal-Photometer (S2) verwendet. Die Beleuchtungsstärke im Sehlabor wurde an zehn verschiedenen Punkten im Raum in einer Höhe von 1 m bestimmt. Aus diesen ermittelten Werten wurde die mittlere Horizontal-Beleuchtungsstärke errechnet. Die Leistungsdiagnostik wurde in Abhängigkeit von den Testvoraussetzungen bei drei verschiedenen Beleuchtungssituationen durchgeführt (Tab. 4).

Tab. 4: Verwendete Messverfahren in der visuellen Leistungsdiagnostik sowie die dazugehörigen horizontalen Beleuchtungsstärken

Untersuchung	Beleuchtungsstärke [Lux]
Sehschärfemessung	929 ± 139,5
Refraktion	929 ± 139,5
TNO-Test	929 ± 139,5
Drei-Stäbchen-Test	929 ± 139,5
DTDS	929 ± 139,5
Antizipationsleiste	42 ± 23,7
Perimeter	42 ± 23,7
Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit	44 ± 2,0

Um zusätzlich eine Verfälschung der individuellen/persönlichen Ergebnisse weitestgehend ausschließen zu können, wurden die Ein- und Ausgangstestung bei den einzelnen Probanden jeweils zur gleichen Tageszeit durchgeführt.

4.3.1 Bestimmung der statischen Sehschärfe bei Fernblick

Die Sehschärfe als Teilleistung des Sehprozesses stellt eine Grundvoraussetzung des Sehens dar, die auch andere Bereiche des visuellen Systems beeinflussen kann [51].

Zur Messung der statischen Sehschärfe wurde eine Sehprobentafel mit Landolt-ringen verwendet. Anders als bei den gutachterlichen Sehschärfebestimmungen mit Visusstufen zwischen 0,05 und 1,25, die in der DIN EN ISO 8596 festgelegt sind [7, 32, 122], wurden modifizierte Sehprobentafeln verwendet. Diese waren feiner abgestuft und enthielten neben den Standardringgrößen zusätzliche Zwischenstufen (Visus-Halbstufen [56]). Da bei jungen, augengesunden Probanden, besonders häufig bei Sportlern, die Sehschärfe oft deutlich höher als der in der DIN angegebene maximale Visuswert von 2,0 ist [7, 32, 56], wurden Sehtafeln verwendet, welche bis zu einem Wert von 3,2 reichen. Genau genommen wurden in logarithmischer Abstufung folgende Visusstufen berücksichtigt: 0,80; 0,90; 1,00; 1,12; 1,25; 1,41; 1,60; 1,80; 2,00; 2,24; 2,51; 2,82; 3,20 [50, 56].

Der Visus wurde monokular bestimmt, beide Augen im fernakkommodierten Bereich. Die zu testenden Teilnehmer mussten zur Sehprobentafel einen Abstand von 5 m einhalten und dann sowohl mit dem linken als auch mit dem rechten Auge von oben beginnend laut die Öffnungsrichtung der Ringe vorlesen. Um einen Lerneffekt zu vermeiden, wurde die Reihenfolge der Landoltringe für das nachfolgende Auge verändert. Außerdem wurden, anders als in der DIN-Vorschrift festgelegt, nur vier anstelle von acht möglichen Ringöffnungsrichtungen dargeboten. Da die richtigen Antworten einen Anteil an zufällig richtig geratenen Treffern beinhaltet, konnte die Visusstufe, bei der 50 % richtige Antworten erfolgten (Steigung der psychometrischen Funktion ist hier am höchsten und die Bestimmung des entsprechenden Sehwinkels am genauesten), nicht als Schwellenwert der Sehschärfe gewertet werden. Die Berechnung der korrigierten Schwelle, in der das „richtig Raten“ berücksichtigt ist, beruht auf der Abbot-Formel [40]:

$$\textit{korrigierte Erkennungsrate} = \frac{R - p}{1 - \frac{p}{100}}$$

R = Häufigkeit der gegebenen richtigen Antworten

p = Ratewahrscheinlichkeit

Enthält die Sehprobentafel also wie in unserem Fall nur vier verschiedene Optotypen, müssen sieben aus elf richtig erkannt und benannt werden [40]. Diese Ratewahrscheinlichkeit führt außerdem dazu, dass während der Durchführung eindeutige Aussagen bezüglich der Öffnungsrichtung gemacht werden müssen, auch wenn die Richtung aus Probandensicht nicht sicher zu erkennen war („forced-choice“) [7].

Um die erreichten Visus-Werte beider Kollektive für den Eingangs- und Ausgangstest miteinander vergleichen zu können, wurden jeweils die Mittelwerte berechnet. Eine Mittelwertberechnung mit Standardabweichung des Visus wurde über die logarithmierte Form des personenbezogen erreichten Visus durchgeführt, denn nur so konnte eine arithmetische Mittelung mit genauen Durchschnittswerten erfolgen. Für die grafische Darstellung im Diagramm wurde die logarithmierte Form wieder zurückgerechnet (delogarithmiert). Bei der Angabe der sonst nach oben und unten gleichen Standardabweichung muss also aufgrund der Umrechnung ein Wert für die untere Abweichung und ein weiterer für die Abweichung nach oben angegeben werden [7, 47].

Beispiel:

Mittelwert $\text{Log}(\text{Visus}) = 0,1871$ mit der Standardabweichung $= 0,11385$

Mittelwert Visus = 1,5385 untere Abweichung zum gemittelten Visus $- = 0,35$ und Abweichung nach oben $+ = 0,46$

Angegeben wird dies wie folgt: Visus 1,54 ($- = 0,35$; $+ = 0,46$).

Das gleiche wird ebenfalls mit den Ergebnissen der Ausgangsdiagnostik durchgeführt. Erst im Anschluss können die Visus-Werte miteinander verglichen werden [7]. Bei der Auswertung der Ergebnisse folgte zum einen der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der erreichten Visus(halb)stufen der beiden Trainings-Gruppen mit dem Chi-Quadrat-Test, zum anderen die varianzanalytische Prüfung einer möglichen Veränderung der Sehschärfe durch die Trainingsintervention (für das linke und das rechte Auge).

4.3.2 Bestimmung der dynamischen Sehleistung/ Bewegungswahrnehmung

4.3.2.1 Afferente Bewegungswahrnehmung (DTDS – Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen nach WIST [126])

Der Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen ist ein computergestützter Test, der in dieser Studie binokular durchgeführt wurde. Er wurde von Wist et al. [126] konzipiert und dient der Messung der afferenten Komponente der dynamischen Sehleistung. Grundidee war es, insbesondere die bewegungsempfindlichen Einheiten des Sehsystems zu reizen [30]. Das heißt, dass beim dynamischen Sehen vor allem jene dorsalen Sehbahnen benutzt werden, die über das großzellige, magnozelluläre System mit den M-Zellen der Netzhaut verbunden sind. Im Gegensatz dazu steht die ventrale Sehbahn mit dem kleinzelligen, parvozellulären System, welche ein gutes räumliches Auflösungsvermögen (Sehschärfe) bietet [34].

Die Probanden saßen mit fixiertem Kopf im Abstand von 113 cm von einem 17-Zoll-Bildschirm entfernt, so dass die dargebotenen Landoltringe einen Öffnungswinkel besaßen, der $0,36^\circ$ entsprach. Diese Ringe – unsichtbar im Ruhezustand – liegen in einem Zufallspunktemuster aus schwarzen und weißen Pixeln und werden erst durch kohärente Bewegung in Form eines Landoltringes sichtbar, wenn

ein Bewegungskontrast bzw. eine Figur-Grund-Abhebung („form from motion“) entsteht [74].

Die Probanden und Probandinnen mussten nun, wie auch bei der Sehschärfebestimmung, die Öffnungsrichtungen (oben, unten, rechts oder links) der Landoltringe erkennen und auf dem Bildschirm über Pfeil-Buttons, die für jede der vier Richtungen verfügbar waren, anklicken. Erst im Anschluss wurde der nächste Ring dargeboten, was bedeutet, dass es sich auch hier um eine „forced-choice“-Methode handelte. Im Gegensatz zur Ringdarbietungszeit von nur 240 ms war die Zeit zur Button-Auswahl zeitlich unbegrenzt.

Lag zunächst noch ein maximaler Bewegungskontrast vor, bei dem sich 100 % der Pixel im Ring bewegten, wurde der Anteil an sich bewegenden Pixeln – und damit der Schwierigkeitsgrad – im Laufe des Tests auf 50 %, dann 30 % und schließlich 20 % reduziert.

Nachdem jeder Proband zunächst einen Probedurchgang mit allen vier Stufen des Bewegungskontrastes á 5 Darbietungen durchlaufen hatte, wurde die Anzahl der Ringe pro Stufe erhöht. Für jede Schwierigkeitsstufe wurden nun 20 Ringe präsentiert. Mit den 20 Ringen aus dem Probedurchgang musste jeder Teilnehmer folglich insgesamt 100 mal die Öffnungen „erkennen“ und benennen, von denen aber nur die letzten 80 in der Auswertung berücksichtigt wurden. Abschließend wurde für jede Schwierigkeitsstufe vom Computer eine automatische prozentuale Auswertung der richtigen Antworten generiert.

Der jeweilige Prozentsatz richtig erkannter Landoltringe pro Stufe musste nun unter Verwendung des Leistungsmaßes (P_w) nach Schrauf et al. [100] gewichtet werden, um einen Gesamtmittelwert für eine abschließende Analyse jedes Teilnehmers zu erhalten. Die „leichtere“ Stufe mit 100 % sich bewegender Pixel wird dabei niedriger gewichtet als diejenige „schwierigere“, in der nur noch 20 % bewegt werden. Dies führt zu einer Erhöhung der Diskriminationskraft. Folgende Formel liegt dem zugrunde [100]:

$$P_w = 100 - \sqrt{\frac{1 \times (100 - p_1)^2 + 2 \times (100 - p_2)^2 + 3,3 \times (100 - p_3)^2 + 5 \times (100 - p_4)^2}{11,3}}$$

p1, p2, p3 und p4 stellen die jeweiligen Prozentwerte der richtigen Antworten für die Stufen 100 %, 50 %, 30 % und 20 % dar.

Abschließend wurden die Ergebnisse des Ein- und Ausgangstests für beide Gruppen über die mehrfaktorielle Varianzanalyse (mit Messwiederholung) miteinander verglichen.

4.3.2.2 Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit

Efferentes Bewegungssehen bedeutet, dass nicht (ausschließlich) Bewegung über retinale Bildverschiebung wahrgenommen und verarbeitet wird (afferent), sondern ein Ausrichten von Körperteilen, wie beispielsweise Augen und Kopf, auf Bewegungsreize durchgeführt wird. (Sich bewegende) Reize werden mit Hilfe von Blickmotorik und Körperausrichtung eingefangen, ggf. foveal fixiert und verfolgt [30]. Das alleinige „Orten“ durch die Augenmuskulatur basiert auf der Grundlage der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit [50]. Das verwendete Testverfahren basiert auf einem Verfahren von Tidow (vgl. [111] in Anlehnung an Ludvigh & Miller [30]).

Jendrusch [30, 50] standardisierte die Beleuchtungsbedingungen wie folgt: helladaptiert, nur gering nahakkommodiert, Kontrastwerte zwischen Sehzeichen und Hintergrund von $\approx 0,35$ [30, 50].

Die Probanden sitzen mit fixiertem Kopf mittig vor einer 5 m entfernten bogenförmigen Leinwand, auf der Landoltringe mit einer Sehschärfeanforderung von 0,1 projiziert werden. Diese bewegen sich mit immer schneller werdender (Winkel-) Geschwindigkeit vom linken zum rechten Ende der Leinwand und haben ihre Öffnungen unten-rechts, unten-links, oben-rechts oder oben-links. Die Probanden müssen nun durch schnelle Augenbewegungen der Projektionsrichtung entsprechend den Ring einfangen, „verfolgen“ und schließlich die Öffnungsrichtung erkennen. Gemessen wird die maximal erzielte Winkelgeschwindigkeit, bei der noch mindestens 80 % der präsentierten Sehzeichen richtig erkannt werden. Begonnen wurde bei einer Winkelgeschwindigkeit von 100 °/s, gefolgt von einer schrittweisen Steigerung um jeweils 10 °/s pro Stufe. In einer ersten groben Messung, die der Feststellung des individuellen Schwellenbereichs dient, wurden zwei Ringe pro Stufe dargeboten, in einer darauf folgenden Feinbestimmung jeweils fünf Ringe. Die maximal erreichte Geschwindigkeit resultiert aus der Geschwindigkeitsstufe, bei der vom Probanden zuletzt beide (Grobbestimmung) bzw. vier der fünf Ringe

(80 %) (Feinbestimmung) richtig erkannt wurden (=Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit).

4.3.3 Bestimmung des Tiefensehvermögens (Räumliches Sehen)

4.3.3.1 Direkte (natürliche) Messmethode: Der Drei-Stäbchen-Test nach HELMHOLTZ'schem Prinzip

Bei der Messung des stereoskopischen Sehens werden zwei Messmethoden voneinander abgegrenzt. Ein Verfahren zur Erfassung des Tiefensehvermögens ist der Drei-Stäbchen-Test nach Helmholtz. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde hierzu ein von Stieber & Tange – in Anlehnung an Helmholtz – entwickeltes und von Jendrusch [50] modifiziertes Testgerät verwendet, das auf dem Drei-Stäbchen-Prinzip basiert. Es ist der Gruppe der natürlichen bzw. direkten Messmethoden zuzuordnen. Stäbe, die im Gehäuse des Gerätes angebracht sind, verändern durch Verschiebung ihre tatsächliche Tiefenlokalisierung. Gemessen wird der Stababstand von der Nullebene aus, der – bei Fixation des unbeweglichen Mittelstabes – zu einem individuellen Tiefeneindruck führt. Als Einheit des Tiefensehvermögens wird im Allgemeinen der Tiefensehschärfewinkel ϑ ['] verwendet. Dies ist der kleinste Stereowinkel, der noch zu einem binokularen Tiefensehen führt [27]. Unter optimalen Bedingungen und einem intakten Stereosehen können Stereowinkel bis herab zu ca. 10'' oder weniger erreicht werden [67].

Der Stereogrenzwinkel kann über folgende Formel berechnet werden [50]:

$$\vartheta G = \frac{PD \times \Delta a \times 180 \times 3600}{a^2 \times \pi}$$

$$\vartheta G = \text{Stereogrenzwinkel [']}$$

$$PD = \text{Pupillendistanz [cm]}$$

$$\Delta a = \text{Tiefenunterschied [cm]}$$

$$a = \text{Prüfentfernung [cm]}$$

Das Testgerät besteht aus einem Metallgehäuse, das drei senkrecht stehende Stäbe beinhaltet, die gegeneinander verschiebbar sind. Im Gegensatz zu der Helmholtz'schen Messapparatur, bei der die beiden Außenstäbe fest angebracht sind und nur der Mittelstab beweglich ist, ist hier nur der Mittelstab fixiert. Die beiden äußeren Stäbe können gegengleich aus der Nullebene heraus nach vorne

und hinten bewegt werden. Welche Richtung von welchem Stab eingeschlagen wird, kann der Testleiter festlegen.

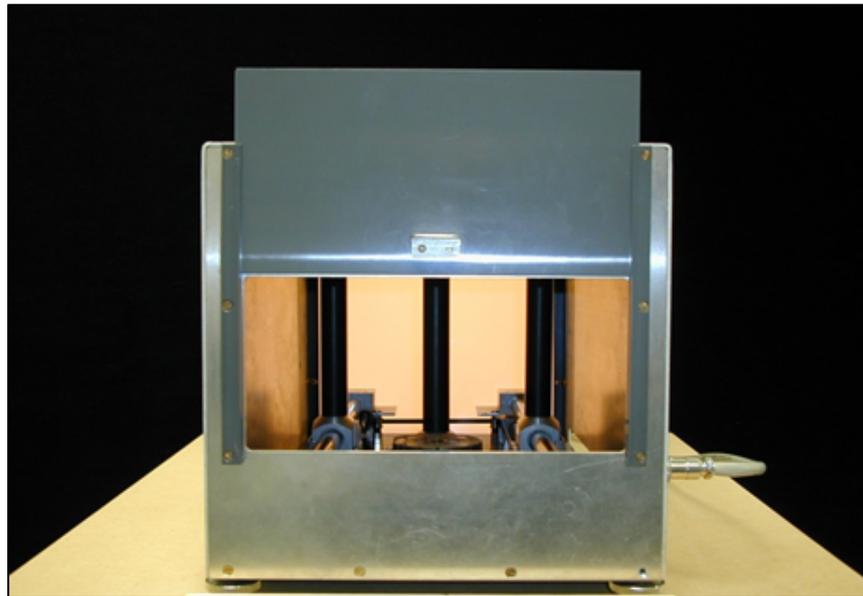


Abb. 3: Drei-Stäbchen-Test nach HELMHOLTZ'schem Prinzip (Jendrusch [50])

Die Probanden saßen mit fixiertem Kopf genau 5 m und zentriert von dem Testgerät entfernt und konnten die Einstellungen des Versuchsleiters am Messgerät nicht verfolgen, da dieser hinter einem Vorhang verborgen war. Jeder Teilnehmer wurde anhand zweier Messverfahren vermessen. Zunächst bestand die Aufgabe des Probanden darin, den mittleren Stab zu fixieren und auf den roten Knopf einer Fernbedienung zu drücken, sobald er erkannt hatte, dass einer der Außenstäbe nach vorne bzw. der andere nach hinten rückte und dieses dann mündlich dem Testleiter mitzuteilen (z.B. „rechts vorne“). Dieses erste Verfahren, auch als quasi-dynamische Methode bezeichnet [50], wurde mit zwei verschiedenen Stabgeschwindigkeiten durchgeführt. Eingangs entfernten sich die äußeren Stäbe mit einer Geschwindigkeit von 3 mm/s aus der Frontparallelebene, dann wurde diese auf 5 mm/s erhöht. Nach jedem Stopp wurden die Stäbe zurück auf die Startposition gefahren. In dieser Zwischenzeit wurde dem Probanden die Sicht auf die Stäbe durch eine vorgeschobene (Okklusions-)Klappe verwehrt. Ein neuer Durchgang und somit der Start der Verschiebung wurde durch den Versuchsleiter vorab angekündigt. Nach einer Testphase von vier Durchläufen wurden bei beiden Geschwindigkeiten jeweils acht Wiederholungen durchgeführt. Die Entfernung zur

Nullebene und somit dem Ausgangspunkt der Stäbe, wurde auf einem Display am Testgerät (millimetergenau) angezeigt und vom Testleiter dokumentiert. Die Versuchsperson erhielt während der gesamten Messung keine Rückmeldung. Für beide Geschwindigkeiten wurde abschließend ein Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

In einem zweiten Messverfahren wurden die Probanden dazu aufgefordert, die Null-Ebene, auf der alle Stäbe gleichweit frontoparallel vom Probanden entfernt sind, selbst einzustellen. Dazu wurden die Stäbe vom Testleiter zunächst bis zum maximalen Abstand von 13 cm auseinandergefahren und der Proband musste mit Hilfe einer Fernbedienung die äußeren Stäbe selber so lange verschieben, bis er der Meinung war, dass diese sich frontoparallel befanden. Über zwei Knöpfe auf der Fernbedienung konnte der Proband die Stäbe ohne eine Zeitvorgabe selber ausrichten und beliebig lange korrigieren bzw. nachstellen. Die endgültige Position musste über die Fernbedienung sowie mündlich bestätigt werden. Auch hier wurden acht Wiederholungen gefordert. Der Abstand zur Zielposition (Nullebene) sowie die Berechnung des Mittelwertes mit Standardabweichung wurden vom Testleiter notiert bzw. berechnet.

In welcher Reihenfolge der linke oder rechte Stab in der Ausgangsposition vorzufinden war, wurde vom Testleiter willkürlich festgelegt. Es wurde lediglich auf eine Gleichverteilung der Richtungen für die beiden Stäbe geachtet. Eine Rückmeldung bezüglich Richtigkeit und Entfernung zur Nullebene wurde den Probanden auch hier nicht gegeben.

Auf eine Umrechnung in den jeweiligen Tiefensehschärfewinkel wurde bei der Auswertung verzichtet. Für die Auswertung wurden die Stababstände [cm] zu den beiden Messzeitpunkten Eingangs- und Ausgangstest miteinander verglichen.

4.3.3.2 Indirekte (haploskopische) Messmethode: Der TNO-Stereotest

Die zweite eingesetzte Messmethode als Verfahren zur Bestimmung des Tiefensehvermögens, der TNO-Stereotest, gehört zu den sog. haploskopischen, indirekten Verfahren und arbeitet mit Bild-Trennung, für welches das Aufsetzen einer Rot-Grün-Brille (Anaglyphentrennverfahren) erforderlich ist. So werden die Sehindrücke beider Augen voneinander abgegrenzt. Die präsentierten Halbbilder werden Random-Dot-Stereogramme genannt und enthalten Muster aus zufallsver-

teilten Punkten. Monokular oder ohne eine Rot-Grün-Brille können die in einem Buch dargebotenen Formen nicht erkannt werden; es erscheint vielmehr nur ein rot-grünes Pixelmuster auf dem Papier. Erst durch die Rot-Grün-Brille und somit unter stereoskopischer Betrachtung entsteht ein Tiefeneindruck. Ein Teil des Bildes scheint im Vordergrund zu sein. Vom Probanden werden hier zwei Leistungen gefordert: ein binokulares Tiefensehen (Stereosehen) und die Fähigkeit zur Fusion. Probanden mit Rot-Grün-Schwäche sind bei diesem Test nicht in der Lage, einen Tiefeneindruck zu erhalten [67, 85].

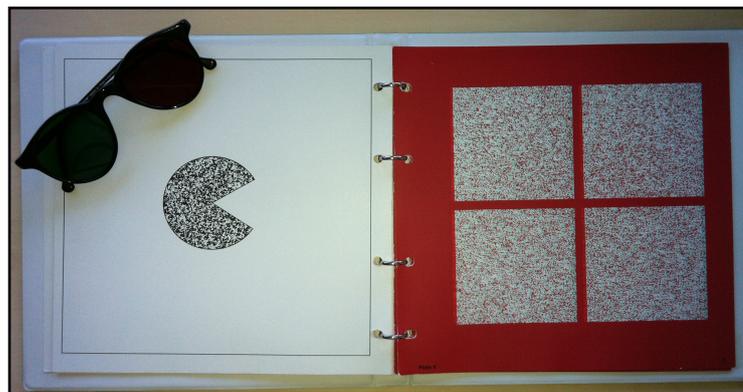


Abb. 4: Materialien für den TNO-Stereotest (Rot-Grün-Brille und Ordner mit den Tafeln V-VII)

Die Probanden tragen bei diesem Test eine Rot-Grün-Brille. In einem Buch, das auf den ersten Blick nur Seiten mit roten und grünen Pixel(muster)n, scheinbar im Zufallsmuster angeordnet, enthält, müssen Kreise mit verschiedenen angeordneten Aussparungen (Tortenstücke) erkannt werden (Abb. 4 und 5).

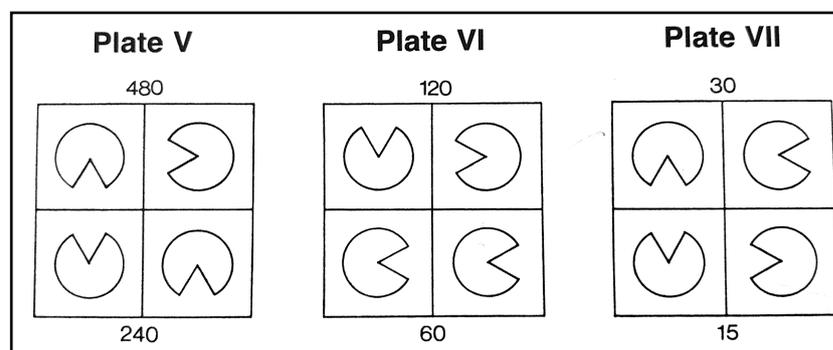


Abb. 5: Die zu erkennenden Symbole mit entsprechenden Öffnungsvarianten bei den jeweiligen Stereogrenzwinkeln (z.B. 480'') auf den Tafeln V-VII

Erst durch das Tragen dieser speziellen Brille entsteht ein Tiefeneindruck und die Kreise werden sichtbar. Die verwendeten Tafeln V bis VII (Abb. 5) ermöglichen die quantitative Bestimmung des stereoskopischen Sehens [10] im Tiefensehschärfe-

winkelbereich von 480'' bis 15'. Begonnen wird bei einem Stereogrenzwinkel von 480 Bogensekunden. Pro Stufe werden jeweils zwei Kreise dargeboten. Dabei sind die Öffnungen in folgenden Winkelabstufungen zu erkennen: 480'', 240'', 120'', 60'', 30'' und 15''. Der Winkel des zuletzt richtig zugeordneten Kreises wird von dem Versuchsleiter notiert. Werte „zwischen den Stufen“ ergeben sich daraus, dass nur eine Öffnung der jeweiligen Stufe erkannt wurde, die des zweiten Kreises jedoch nicht. In diesem Fall wird aus oberem und unterem Wert gemittelt.

Augengesunde, stereofähige Probanden sollten Stereogrenzwinkel unterhalb von 120 Bogensekunden erzielen [10]. Des Weiteren sind kleine Tiefensehschärfewinkel unterhalb von 15'' nicht erreichbar, da diese aus (druck-)technischen Gründen nicht realisierbar sind. Ein Nachteil ist folglich der geringe Schwierigkeitsgrad des Tests [50].

4.3.4 Bestimmung des kinetischen Gesichtsfeldes (Isopterenperimetrie)

Im Gegensatz zu der statischen Bestimmung des Gesichtsfeldes, bei der die Lichtpunkte, die dem Probanden dargeboten werden, direkt an festen Punkten auf dem Schirm kurzzeitig zum Aufleuchten gebracht werden, bewegen sich bei der kinetischen Perimetrie aus allen Richtungen Lichtpunkte von außen immer näher zum Zentrum hin.

Als Messgerät wurde das Oculus Twinfield Perimeter [79] verwendet. Nach Goldstandard wurde eine Hintergrundbeleuchtung von 10 cd/m² gewählt. Während dieser Untersuchung befanden sich alle Teilnehmer in einem abgedunkelten Raum. Alle Tests wurden monokular durchgeführt. Aus diesem Grund wurde das pausierende Auge jeweils blickdicht (durch eine Augenklappe) abgedeckt.

Die Untersuchung zur Bestimmung des kinetischen Gesichtsfeldes lief computer-gesteuert und somit vollautomatisch ab. Das zu testende Auge fixierte während des gesamten Testzeitraums einen durch vier rote Leuchtpunkte gekennzeichneten zentralen Fixationsbereich. Dies wurde mittels einer videobasierten Fixationskontrolle überprüft.

Bei der Messung rückten die Lichtreize mit einer Geschwindigkeit von 2 °/s in das Gesichtsfeld vor. Dabei wurde ein Gebiet von -70° bis +70° sowohl in der vertikalen (superior und inferior) als auch in der horizontalen (temporal und nasal) Richtung abgedeckt. Die Reihenfolge der Richtungen, aus denen die Reize eintrafen,

war softwaregesteuert festgelegt. Über die Taste einer Fernbedienung, die während der Untersuchung in der Hand gehalten wurde, gab der Proband bekannt, wenn er einen Lichtreiz in der Peripherie wahrgenommen hatte. Stimulusform und -größe sowie Hintergrundleuchtdichte (10 cd/m^2) blieben während des ganzen Untersuchungsvorgangs konstant. Lediglich die Stimulusleuchtdichte wurde nach der Hälfte der 48 Lichtreize verändert. So wurden Messungen mit zwei verschiedenen Leuchtdichten des Reizes durchgeführt.

Die Ergebnisse konnten dann am Computer abgelesen und begutachtet werden. Die einzelnen Punkte wurden über den Computer durch eine Linie miteinander verbunden. So ergab sich ein „Ring“, der als Isoptere bezeichnet wird (Abb. 6).

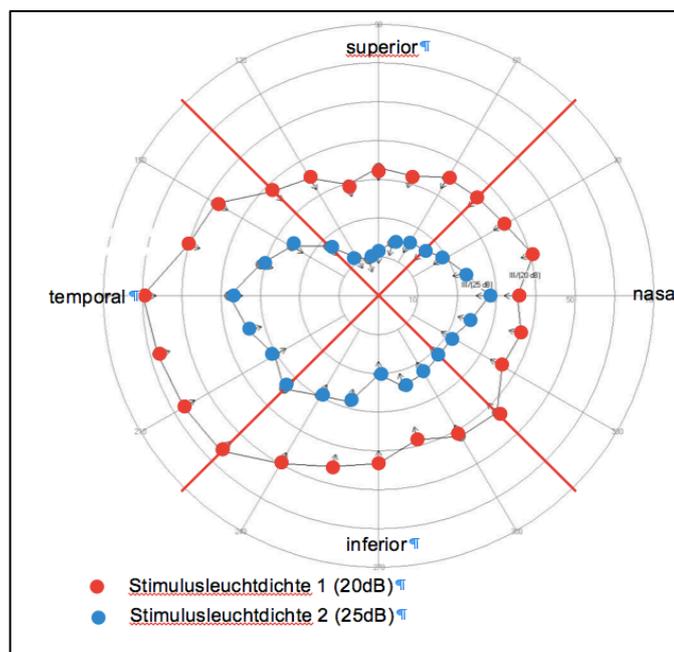


Abb. 6: Darstellung der beiden Isopteren (mit verschiedenen Stimulusleuchtdichten) bei der kinetischen Perimetrie für das linke Auge

Dieser wurde für den Vergleich zwischen Ein- und Ausgangstest herangezogen, um die Flächenausdehnungen miteinander vergleichen zu können. Hierzu wurde die Gesichtsfeldausdehnung, die beim Ausgangstest gemessen wurde, auf einer Klarsichtfolie ausgedruckt und über das Gesichtsfeld, welches beim Eingangstest gemessen wurde, gelegt. Zu Auswertungszwecken wurde das Gesichtsfeld in die vier Quadranten temporal, nasal, superior und inferior unterteilt. Für jeden Quadranten konnte nun anhand der Isopteren festgelegt werden, inwieweit es

zu einer Gesichtsfeldveränderung (Vergrößerung oder Verkleinerung) gekommen war.

Gemessen wurden beide Augen mit zwei unterschiedlichen Leuchtdichtevarianten. Aus diesem Grund konnten 16 verschiedene Variablen gewonnen werden. Für diese 16 Variablen wurde nun die Einteilung „starke Verschlechterung“ (funktionelle Gesichtsfeldverkleinerung: „- -“), „leichte Verschlechterung“ („-“), „keine Veränderung“ („±“), „leichte Verbesserung“ (funktionelle Gesichtsfeldvergrößerung: „+“) und „starke Verbesserung“ („++“) gewählt.

4.3.5 Bestimmung von Reaktionszeit und Antizipationsfähigkeit

Hierzu wurde die Lichtlaufleiste nach Ehrenstein (2000) verwendet. Gemessen wurde die Antizipationsleistung unter möglichst einfachen Reizbedingungen und bei fixiertem Blick, wodurch die efferente Komponente des Sehens (Blickmotorik) ausgeschaltet wird [53].

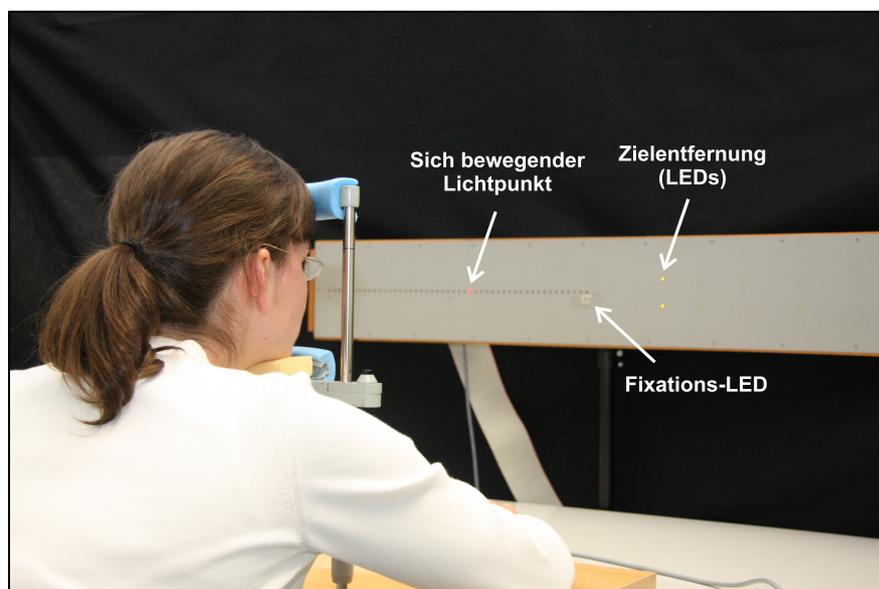


Abb. 7: Aufbau der Lichtlaufleiste nach Ehrenstein [53]

Hinter einem Tisch ist die Lichtlaufleiste so positioniert, dass der Abstand von den Augen des Probanden, dessen Kopf in einer Halterung fixiert ist, bis zu einem vorgegebenen Fixationspunkt genau 57 cm beträgt. Dieser Fixationspunkt wird symbolisiert durch ein kleines Kreuz (über einer leuchtenden, grünen LED), das in der Mitte einer 100 cm langen und 16 cm breiten Vorrichtung/Tafel liegt (Abb. 7). Links davon sind in einer Reihe 48 rote LEDs im Abstand von jeweils 1 cm angebracht.

Wird nun der Auge-Fixationspunkt-Abstand wie beschrieben eingehalten, entspricht 1 cm auf dem Brett/der Tafel genau 1°-Sehwinkel. Ab dem Fixationspunkt zur rechten Seite hin, im Abstand von 4 cm, sind nun immer zwei gelbe LEDs angebracht, die folglich genau 4°-Sehwinkel auseinander liegen. Diese sind aber nicht in der Verlängerung der roten LEDs positioniert, sondern etwas darüber und darunter. Sie markieren später im Test mögliche Zielpositionen. Für die Testung wurden hier nur die Markierungen bei 0°, 4°, 8° und 12° eingesetzt. Gemessen wurde demnach in einem Sehwinkelbereich von -47° (erstes rotes LED auf der linken Seite) bis 12° (viertes gelbes LED-Paar von der grünen LED aus gesehen; vgl. Abb. 8). Die Leiste war elektronisch mit einem Laptop (Steuerungs- und Messgerät) sowie mit einer Fernbedienung, die vom Probanden betätigt werden konnte, verkabelt.

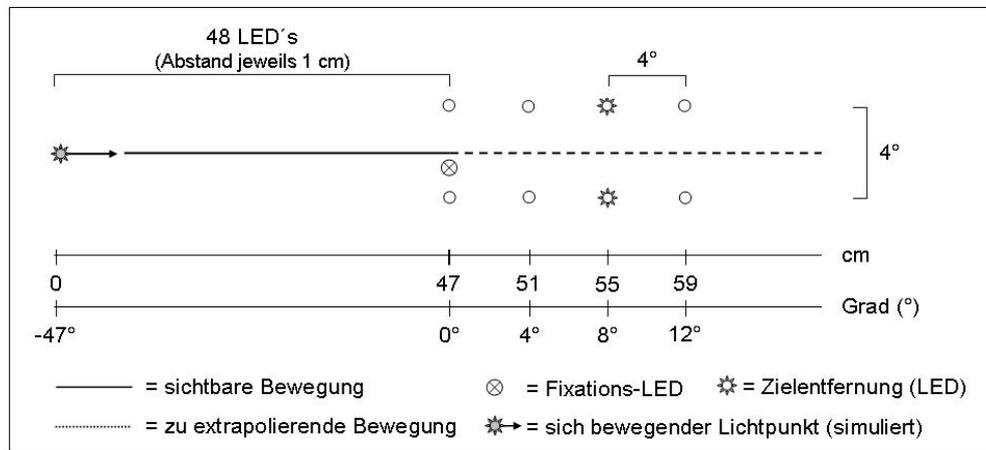


Abb. 8: Skizze der Lichtlaufeiste des Messgerätes für die Reaktions- und Antizipationszeit [53]

Durchgeführt wurden zwei Programme: eines zur Messung der Reaktionszeit und eines zur Messung der Antizipationsfähigkeit. Bei beiden mussten alle Probanden während der gesamten Messung mit den Augen das Fixationskreuz anvisieren.

Zunächst wurde die Reaktionszeit gemessen. Hierzu wurde ein Modus gewählt, bei dem nacheinander alle roten LEDs, beginnend mit der ganz linken LED (-47°) aufleuchteten. Diese Simulation eines sich mit einer Geschwindigkeit von 16 °/s bewegenden Lichtpunktes wurde durch einen kurzen Warnton angekündigt.

Der Proband sollte nun auf den Stopp-Knopf drücken, sobald das Fixationskreuz erreicht war und die entsprechende (letzte rote) LED aufleuchtete. Dieser Ort wur-

de während des ganzen Vorgangs zusätzlich durch zwei gelbe LEDs markiert, die oberhalb und unterhalb des Fixationspunktes (0°) angebracht sind. Der Vorgang wurde zehnmal wiederholt und am Laptop von einem Softwareprogramm aufgezeichnet. Für jeden Durchgang wurde nun die zeitliche Abweichung vom Aufleuchten der letzten roten LED und dem Drücken der Stopp-Taste registriert und festgehalten. Eine negative Zeit bedeutete, dass zu früh (reagiert) gedrückt wurde, eine positive zeigte eine zu späte Reaktion an.

Im Anschluss wurde mit Hilfe eines anderen Programmes die Extrapolationsleistung der Teilnehmer überprüft. Hierzu dienten die paarig angeordneten gelben LEDs – bei 0° , 4° , 8° oder 12° – als Zielposition. Diese lagen (Abb. 7) außerhalb der roten LED-Reihe. Die Aufgabe des Probanden lag nun darin, weiterhin den Blick auf das Fixationskreuz zu richten und die nacheinander aufleuchtenden roten LEDs – bzw. deren Laufgeschwindigkeit – peripher wahrzunehmen. Auch hier wurden die Teilnehmer zuvor durch einen kurzen Warnton auf den Beginn der simulierten Bewegung aufmerksam gemacht.

In der Mitte des Bildes (0°) leuchtete dann die letzte rote LED der Lichtleiste auf. Der Proband musste nun selbst einschätzen (antizipieren bzw. extrapolieren), wann die jeweilige Zielposition erreicht würde, wenn die rote LED-Reihe (die simulierte Bewegung) bei gleicher Laufgeschwindigkeit weiter fortgeführt würde und auf den Knopf drücken, wenn er der Meinung war, dass die Zielposition erreicht wäre. Pro Zielposition (Sehwinkel) wurden zwei LED-Laufgeschwindigkeiten dargeboten, eine langsamere mit $16^\circ/\text{s}$ und eine schnellere mit $24^\circ/\text{s}$. So ergaben sich acht mögliche Konstellationen aus Zielpunkt und Geschwindigkeit, die jeweils fünfmal wiederholt wurden. Alle Probanden mussten demnach 40 Durchgänge absolvieren. Die Reihenfolge von Zielposition und Geschwindigkeit war willkürlich festgelegt.

Die Probanden mussten einschätzen, wann ihrer Meinung nach die Zielposition erreicht würde. Zu frühes Drücken wurde, wie auch bei der Messung der Reaktionszeit, durch eine negative Zeit ausgedrückt, zu spätes Drücken durch eine positive Zeit. Für die statistische Auswertung erfolgte die Berechnung des Mittelwerts aus den verschiedenen Messungen. Für jeden Teilnehmer wurden so acht verschiedene Werte festgehalten.

4.4 Funktionaloptometrisches Screening

4.4.1 Allgemeine Untersuchungen, Biopter und Van Orden Stern

Durch die Sports Vision Trainerinnen von „Dynamic Eye“ wurde für jeden Proband im Rahmen des Eingangs- und Ausgangstests eine funktionaloptometrische Untersuchung durchgeführt. Die hier erhobenen Screening-Ergebnisse müssen von der zuvor beschriebenen visuellen Leistungsdiagnostik abgegrenzt werden, da das Screening von den nicht-verblindeten Trainerinnen (und damit ggf. nicht „objektiv“) durchgeführt wurde.

Zudem stellen die Arbeitsrichtlinien für das Augenoptiker-Handwerk [127] dar, dass Screening-Messungen keine diagnostischen Verfahren sind und lediglich der Feststellung von Normabweichungen/Auffälligkeiten dienen [127].

Zu Beginn wurde ein Anamnesegespräch mit jedem Teilnehmer geführt, in dem eine Basiserfassung personenbezogener Daten wie Alter, Geschlecht, Sehhilfe und letzte augenärztliche Untersuchung erhoben wurde, um einen ersten Eindruck von den Teilnehmern zu bekommen.

Erste Untersuchungen beinhalteten Augenmotilitätsprüfungen wie beispielsweise die Abklärung flüssiger Augenfolgebewegungen und die Fixationsfertigkeit sowie Überprüfungen von Balance/Gleichgewicht durch Ein-Bein-Stand auf dem Balance-Board.

Im nächsten Schritt wurde jeder Teilnehmer am Biopter hinsichtlich Fusionsfertigkeit, Phorien und Stereosehen getestet. Der Biopter ist ein Gerät mit zwei Plus-Linsen, durch die der Proband auf eine Vorlage blickt, die über eine spezielle Vorrichtung, eine Halterung, fixiert ist. Diese Vorlage ist austauschbar. Eine Fusion der Netzhautbilder beider Augen ist nicht möglich, da durch den Einbau eines Septums eine Bildtrennung erreicht wird. Begonnen wurde mit der Papiervorlage des „van Orden Sterns“ (Millard E. van Orden, „Keystone Manual of Rehabilitation Techniques“ [109]), ein Testverfahren, das Aufschluss über die zentrale Verarbeitung der räumlichen Information gibt [101].

Der Proband hält in der linken und der rechten Hand jeweils einen Bleistift und muss Zahlen, die am Rand jeder Seite angebracht sind, diagonal miteinander verbinden, so dass sich am Ende die Form eines Sterns ergibt (Abb. 9 und 10)

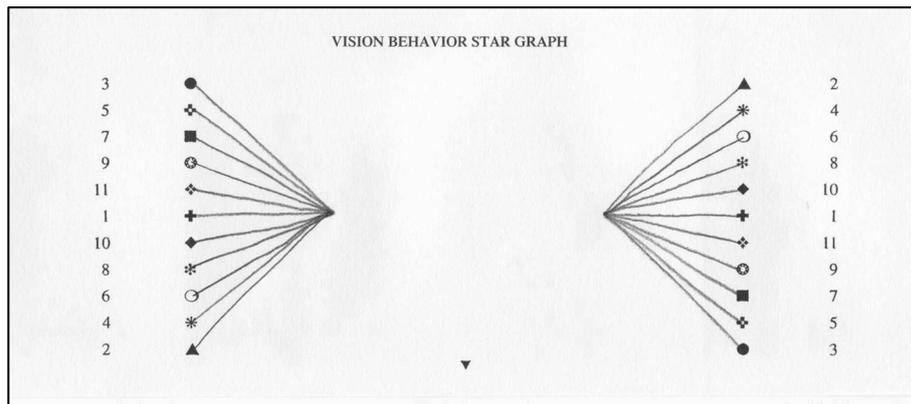


Abb. 9: Darstellung des „Van Orden Sterns“ nach dem „Verbinden“ der diagonalen Punkte [114]

Das rechte Auge sieht nur die Aktion der rechten Hand, das linke nur die der linken [108]. Schaut man sich anschließend die Vorlage ohne den Biopter an, stellt man fest, dass die Linien, die sich zuvor noch in einem Punkt getroffen haben, nun links in einem und rechts in einem zweiten Punkt zusammen laufen. Der Abstand dieser beiden Punkte voneinander, die horizontale Abweichung sowie die Treffgenauigkeit der Linien in einem Punkt geben nun Informationen zur visuellen Verarbeitung. Im Normalfall ergibt sich ein Bild, in dem jede Linie der linken Seite in einem Punkt und jede Linie der rechten Seite in einem Punkt enden [109].

Mit Hilfe anderer Testvorlagen mussten die Probanden anschließend weitere Aufgaben am Biopter absolvieren (s. Anhang). Die Trainerinnen konnten so Informationen zu Phorien, Fusion und Stereosehen in der Nähe sowie in der Ferne gewinnen. Um im Fern- und auch Nahbereich testen zu können, wurde die Position der Halterung verändert. Alle Untersuchungen in der Nähe wurden bei der Einstellung „0“, alle Untersuchungen in der Ferne bei „7“ durchgeführt.

Die erhobenen Daten aus dem Eingangstest sowie Ausgangstest für diesen ersten Screening-Teil wurden für beide Gruppen gegenübergestellt und eingeteilt in die Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstante Werte“ [±] und „verbessert“ [+].

4.4.2 Untersuchung zur Konvergenz- und Divergenzfähigkeit

Um die gesamte horizontale Fusionsbreite der Probanden zu bestimmen, wurden Prismenleisten eingesetzt. Diese sollten Aufschluss über eine mögliche Achsabweichung und somit eine Fehlstellung der Augen geben (Exophorie/Esophorie). Die Abstufung der eingesetzten Leiste war wie folgt: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40 dpt. Begonnen wurde mit der Divergenzfunktion (Basis Innen / Base In / BI) der Augen, danach wurde die Konvergenzfusion (Basis außen / Base Out / BO) provoziert. Dazu wurde die Prismenleiste, beginnend mit der geringsten Stufe, vor ein Auge gehalten. Man erhöhte dann nacheinander die Prismenwirkung durch das Verschieben eines Prismas mit höherem Dioptrienwert, bis der Proband angab, ein „Doppelbild“ zu sehen. Diese Diplopie kennzeichnete nun die jeweilige erreichte Stufe. Der zu erreichende Grenzwert, der von den Traineeinnen für die Basis außen auf 20 dpt und für die Basis innen auf 10 dpt festgesetzt wurde, gilt für junge augengesunde Sportler [40, 127]. Auch hier wurden die Ergebnisse für die beiden Kollektive im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest gegenüber gestellt und eingeteilt in die Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstante Werte“ [\pm] und „verbessert“ [+].

4.4.3 Spaceboard

Zuletzt wurde am Spaceboard, welches von den Sports Vision Trainern, modifiziert nach Paul Harris [109], selbst hergestellt wurde, die räumliche Wahrnehmung getestet. Harris bezog sich bei seiner Ausführung auf Claude Valenti, der in den 1980ern zeigte, dass die Lage von Gegenständen im Raum von Menschen häufig falsch eingeschätzt wird. Bei der Entwicklung des Spaceboards wurde er inspiriert von John Streffs „touchpoints“, wo der Finger des Versuchsleiters ohne Korrektur berührt werden musste [109].

In der verwendeten Weiterentwicklung wurde eine Glasplatte auf einem Stativ mit 25 Koordinatenpunkten, im Zufallsmuster angeordnet, auf Kopfhöhe des Probanden angebracht. Der Proband musste nun mit einem Stift, den er ohne Sicht von unten an die Platte heranführte, nacheinander die Stellen ankreuzen, an denen er die Punkte, die er mit den Augen von null beginnend nacheinander aufsuchte, vermutete (Abb. 10). Ziel war es, den Punkt mit der entsprechenden Zahl möglichst genau zu treffen. Abschließend wurden alle Kreuze über eine Linie mitei-

nander verbunden. Die Interpretation erfolgte in Anlehnung an Paul Harris [46]. Nach Harris können anhand z.B. einer Abweichung von der Mittellinie, eines Shifts zur Seite, zu kurzen oder zu weiten Linien (von der Optimallinie) Aussagen und Rückschlüsse auf eine Wahrnehmungsveränderung bzw. auf Wahrnehmungsdefizite (Diskrepanz zwischen tatsächlicher Position eines Objekts im Raum und wahrgenommener Position des Objekts) getroffen werden.



Abb. 10: Teilnehmerinnen während des Screenings am Spaceboard (links) und beim Test „Van Orden Stern“ (rechts)

Die computergestützte Auswertung erfolgte über die Messung der Abweichung jedes einzelnen Kreuzes von den Zielkoordinaten in X- und Y-Achsenrichtung. Die Werte wurden dann in eine speziell für das Spaceboard entwickelte Auswertungs-Excel-Tabelle eingegeben.

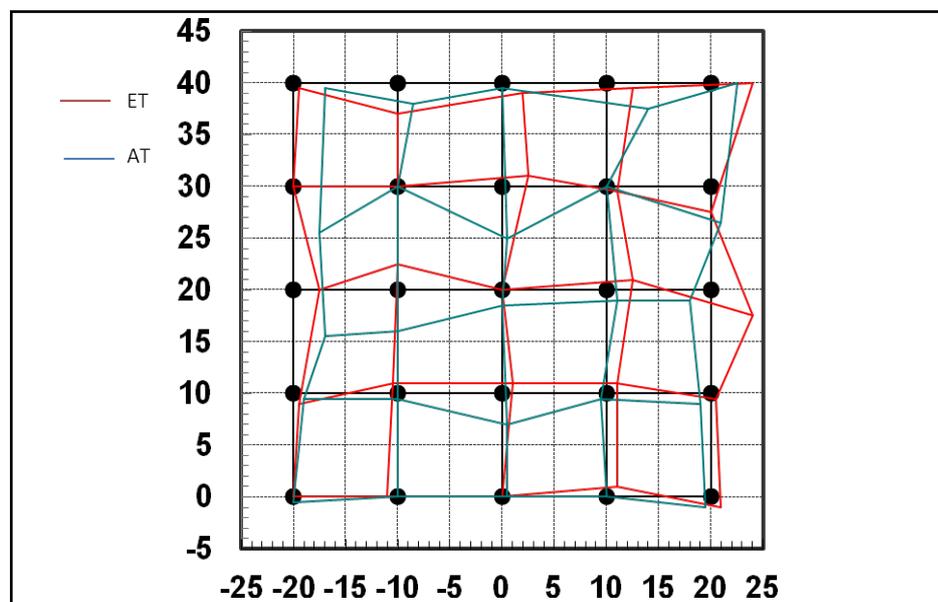


Abb. 11: Grafische Darstellung der Ergebnisse eines Teilnehmers am Spaceboard: Abweichung (in cm) von den Zielpunkten zu den Messzeitpunkten ET (rot) und AT (blau)

Für jeden Probanden wurde so eine Abbildung erstellt, die die Ergebnisse für den Eingangs- und Ausgangstest anzeigte und einen Vergleich ermöglichte. Neben dieser grafischen Darstellung wurde die Abweichung von jedem einzelnen Punkt in X- und Y-Achsenrichtung für beide Messzeitpunkte statistisch ausgewertet. Dazu wurden aus der Abweichung in beide Achsenrichtungen zum einen die Summe und zum anderen die Varianz berechnet. Im Falle einer Verbesserung im Vergleich zum Eingangstest würde im Ausgangstest also eine geringere Summe sowie geringere Varianz erwartet.

4.5 Die Interventionen

4.5.1 Laboranordnung und Durchführung

Von allen Probanden und Probandinnen musste nach den Eingangstests ein sechswöchiges Training mit drei Trainingseinheiten/Woche á ca. 60 Minuten absolviert werden. Um individuelle Trainingsflexibilität zu gewährleisten, wurden die dafür benötigten Geräte und Hilfsmittel über den gesamten Zeitraum an fünf Tagen die Woche morgens und nachmittags zur Verfügung gestellt. Zu Beginn von Woche eins und am Ende von Woche sechs führten die Sportsvision-Trainer zusätzlich ein Screening (vgl. Kap. 4.4) durch. Basierend auf dem Eingangsscreening wurden die Trainingspläne erstellt. Während der gesamten Trainingszeit waren eingearbeitete Master-Studierende als „Trainer“/Betreuer anwesend, die die Geräte bedienten, Hilfestellung leisteten und ggf. Fragen beantworteten. Das Training wurde im Sinnesphysiologischen Labor des Lehrstuhls für Sportmedizin durchgeführt. Für den Trainingszeitraum wurde der entsprechende Trainingsparcour aufgebaut. Beide Kollektive trainierten im gleichen Raum. Die Anwesenheit wurde durch die jeweilige Unterschrift der Teilnehmer protokolliert; jeder Teilnehmer musste alle 18 Trainingseinheiten absolvieren.

Alle Trainingsmethoden, -geräte sowie -pläne wurden von den Sports Vision-Trainerinnen von „Dynamic Eye“ zusammengestellt. Informationen zu den technischen Details bezüglich der Geräteanwendung wurden aus den Bedienungsanleitungen entnommen bzw. von den Trainerinnen ausgearbeitet oder von ihnen selbst erstellt. Das 3D-Training entsprach einem derzeit angebotenen Sports Vision Training, wie es für Vereine, Leistungssportler oder andere Interessenten durchgeführt wird.

4.5.2 Vorbemerkung zum Trainings-Kollektiv (3D-Gruppe)

Das Trainings-Kollektiv bestand aus 18 Teilnehmer/-innen, darunter 6 Frauen und 12 Männer, die im Durchschnitt 22,56 ($\pm 2,96$) Jahre alt waren (Altersspanne: 20-32 Jahre). Das Konzept für das 3D-Training beruht auf den derzeitigen Methoden, die in Sports Vision Trainings in Deutschland angeboten und angewandt werden. Trainiert wurden u.a. Auge-/Hand-/Fuß-Koordination, Gleichgewicht, Konzentration, Wahrnehmung und natürlich visuelle Teilleistungen wie peripheres, räumliches und dynamisches Sehen. Der Name „3D“ bezieht sich darauf, dass im dreidimensionalen (natürlichen) Raum trainiert wurde. Im Vergleich zur 3D-Gruppe, die mit Shutterbrillen, Prismengläsern und Balance Boards arbeitete, trainierte die 2D-Gruppe (vgl. Kap. 4.5.4) ausschließlich an Bildschirmen (Computer und Nintendo®) – also im zweidimensionalen Raum. Insgesamt fünf Übungsstationen, die bei jeder Einheit durchlaufen werden mussten, standen für das 3D-Kollektiv zur Verfügung. Für jede Trainingseinheit bekam jeder Teilnehmer einen speziellen Trainingsplan, auf dem je nach Gerät Details wie Level, Geschwindigkeit, Dauer, Richtung, Frequenz, Größe oder Impulse (vgl. Anhang) angegeben waren. Die Vorgaben variierten von Tag zu Tag, so dass es langsam zu einer (individuellen) Steigerung des Schwierigkeitsgrades kam. Hatte der Proband allerdings das Gefühl, dass die Sprünge zum nächsten „Level“ zu groß waren, konnte er die Angaben vom vorherigen Plan übernehmen, musste die Änderung aber dokumentieren/vermerken. Ebenso bestand natürlich auch die Möglichkeit, den Schwierigkeitsgrad über den Einsatz von Zusatzgeräten (vgl. Kap. 4.5.3.6) zu erhöhen. Der Einsatz solcher zusätzlich eingebauten Stressfaktoren beruht auf dem Prinzip des „loadings“ [106]. Der Teilnehmer wird besonders gefordert, indem die Übungen erschwert werden. So konnte gewährleistet werden, dass jeder Teilnehmer seinen eigenen Rhythmus bei der Steigerung des Schwierigkeitsgrades fand und seinem individuellen Lerntempo folgte, um (ggf.) Fortschritte zu erzielen.

4.5.3 Trainingsgeräte der 3D-Gruppe

4.5.3.1 Dynavision D2

Das Dynavision D2 – ein Sportsvision-Trainingsboard – misst 1,20 m x 1,20 m und beinhaltet eine Vielzahl von Funktionen und Programmen (Abb, 12). Laut Herstellerangaben fördert es die Auge-Hand-Koordination, verbessert die Reaktionsge-

schwindigkeit und schult die Entscheidungsfähigkeit [84]. Auf dem Board sind sternförmig 64 Leuchtdioden in Form von Knöpfen angeordnet, die per Hand (Fingerdruck) ausgeschaltet werden können. Über eine Höhenverstellung kann es an die individuelle Körperhöhe angepasst werden. Der Proband steht mittig so weit davon entfernt, dass die äußersten Knöpfe noch gut mit der Hand/den Fingern erreicht werden können. Der kleine Bildschirm in der Board-Mitte, über den optional Ziffern eingeblendet werden können, sollte sich auf Augenhöhe befinden. Das Vorlesen der hier präsentierten Zahlen während des Tests/Trainings gewährleistet, dass der Blick während der Übung(en) zentral „fixiert“ ist. Dadurch soll eine Augen- und/oder Kopfbewegung während des Übens vermieden werden, da die periphere Wahrnehmung geschult werden soll [106]. Abhängig vom gewählten Modus gilt es, entsprechend aufleuchtende LEDs in der Peripherie wahrzunehmen und per Hand/Finger „auszudrücken“. Ob nur die zentraleren (inneren) Leuchtdioden oder auch die peripheren (äußeren), ob nur rote oder grüne Lämpchen ausgeschaltet werden müssen, kann variiert werden. Dauer, Trainingsbereich (nur innere oder auch äußere Knöpfe) und Modus müssen vor Beginn vom Trainingsplan abgelesen und im PC-Steuergerät eingestellt werden. Das Training wird über einen an das Gerät angeschlossenen PC und spezielle Software dokumentiert und analysiert.

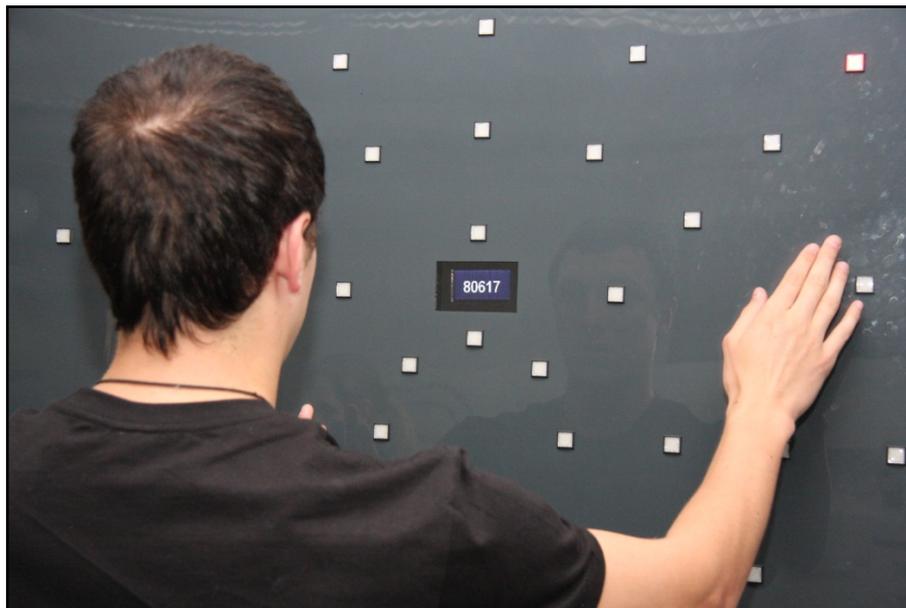


Abb. 12: Teilnehmer der 3D-Gruppe bei einer Übung am Dynavision D2 (im zentralen Display eine 5-stellige Zahl, die – als „Fixationskontrolle“ – parallel zur peripheren Koordinationsaufgabe vorgelesen werden muss)

Aufschluss über die erbrachte Leistung gibt der Score bzw. die Anzahl an Knöpfen, die in einer bestimmten Zeit in dem entsprechenden Modus gedrückt wurde. Steigerung, Stagnation oder Verschlechterung können so von jedem Teilnehmer direkt eingesehen und auf dem Trainingsplan dokumentiert werden.

4.5.3.2 P-Rotator-Rotationsscheibe

Der P-Rotator (Abb. 13) – entwickelt von Sabine Nebendahl in Anlehnung an das „turntable“ von Sherman (1980) [104] – dient laut dem Institut für Sportsvision „Dynamic Eye“ der gezielten Schulung von Blickmotorik wie Augenfolgebewegungen und Fixation. Eine runde Scheibe, auf der verschiedene Buchstaben und Zahlen kreisförmig angeordnet sind, wird in der Mitte über einen Motor angetrieben und rotiert. Rotationsrichtung (gegen den oder im Uhrzeigersinn), -geschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute) und ggf. Pendelbewegung (Wechsel der Rotationsrichtung nach jeder halben Umdrehung der Scheibe) können rechnergestützt verändert und je nach Trainingsstufe modifiziert werden (vgl. Tab. 5).

Das o.g. „turntable“ von Sherman (1980) als Vorgängermodell wurde in weiteren Versionen auch in Studien von Calder und Kluka sowie Clark et al. [20, 25] beschrieben. Die hier verwendete Ausführung, genannt „P-Rotator“, ist eine Eigenproduktion von „Dynamic Eye“.

Tab. 5: Darstellung der Geschwindigkeitsstufen am „P-Rotator“ [106]

Stufe	U/min	°/s
1	10,75	64,50
2	14,75	88,50
3	18,00	108,00
4	21,50	129,00
5	25,00	150,00
6	28,75	172,50
7	32,25	193,50

Zum einen müssen vorgegebene Buchstaben aufgesucht (mit einem Laserpointer „anvisiert“, Abb. 13) und verfolgt und zum anderen immer längere Worte buchstabiert werden. Es wird jeweils die benötigte Zeit und im zweiten Fall die Anzahl der buchstabierten Wörter in einer bestimmten Zeit gemessen und notiert.

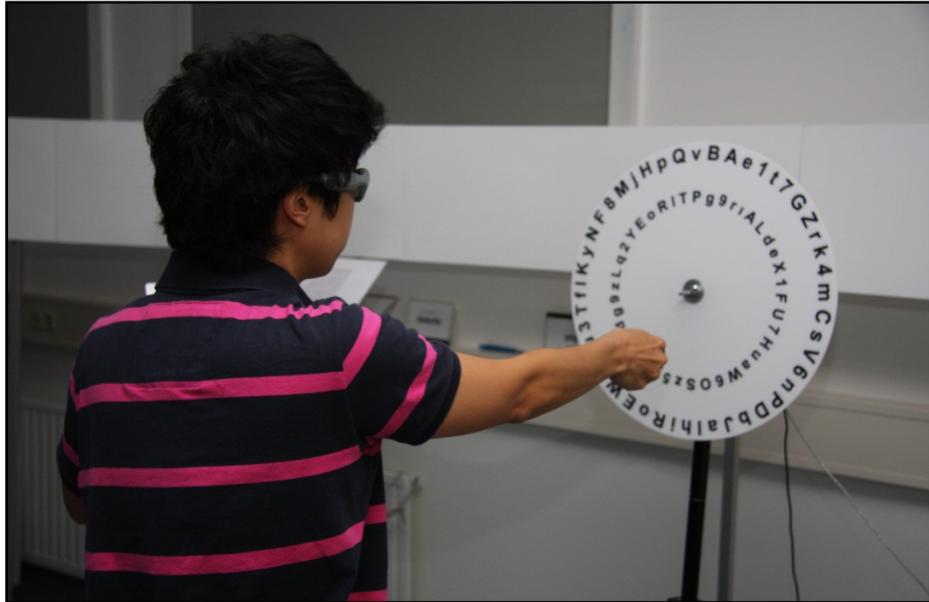


Abb. 13: Teilnehmerin (mit Shutterbrille und Laser-Pointer) beim Aufsuchen von vorgegebenen Buchstaben am P-Rotator

Als zusätzliche Schwierigkeitserhöhung können Balance-Board und Shutterbrille (Kap. 4.5.3.6) eingebaut oder die Fußstellung variiert werden. Allgemein gilt: je höher die Geschwindigkeit und je schwieriger die zusätzlichen Koordinationsaufgaben, desto schwieriger das Aufsuchen der Buchstaben. Die Teilnehmer beginnen beispielsweise zunächst bei der niedrigsten Stufe und steigern sich dann von Training zu Training.

4.5.3.3 Brockschnur und Eyeport

Die Brockschnur [65] dient als Vorübung zum Eyeport. Sie besteht aus einem 3 m langen Seil, das am Ende an einer Halterung (z.B. Türklinke, Regal etc.) befestigt wird. Das andere Ende wird von dem Trainierenden auf Augenhöhe festgehalten (vgl. Abb. 14, links). Zwischen diesen beiden Endpunkten sind verschiedenfarbige Kugeln angeordnet. Die bunten Kugeln müssen nacheinander mit beiden Augen anvisiert werden, bis das Band, das vom Auge zur Kugel verläuft, doppelt wahrgenommen wird und sich genau in dem fixierten Punkt kreuzt. Dies wird mit allen Kugeln nacheinander durchgespielt [63]. Der Schwerpunkt liegt hier, genau wie bei den Folgeübungen am Eyeport, auf der Fixierung, Akkommodation (Fähigkeit der bewussten Konvergenz) und dem Stereosehen. Der Eyeport (Abb. 14, rechts) ist eine elektronische Erweiterung der Brock(Perl-)schnur und läuft batterie- bzw.

akkubetrieben. Im Vergleich zu dem Trainingsgerät mit Holzkugeln als Fixationspunkte, bedient sich der Eyeport zwölf elektronisch abwechselnd aufleuchtender roter und blauer Leuchtdioden. Diese sind auf dem ca. 90 cm (36 inch) langen Gerät hintereinander angeordnet. Fixationsziel ist immer die jeweils aufleuchtende LED. Der Anwender hält das Gerät in der Hand und muss die Diode solange mit beiden Augen fixieren, bis sie erlischt und die nächste aufleuchtet (Abb. 13). Begleitet werden kann das Aufleuchten durch einen „Warnton“, der den Wechsel der LED kennzeichnet. Es gibt drei Schwierigkeitsstufen: Bei Stufe eins leuchten die LEDs von einem Ende zum anderen nacheinander auf, bei Stufe zwei im Wechsel (erst eine LED auf der einen Seite, dann die Gegenüberliegende) und im Modus drei ist die Abfolge randomisiert. Es können außerdem zehn verschiedene Geschwindigkeitsstufen (Stufe 0-9) eingestellt werden. Hierbei variiert die Leuchtdauer der einzelnen LEDs, wodurch die Zeit, die dem Trainierenden zu Fixierung bleibt, verkürzt werden kann. Je höher die Stufe, desto schneller muss die Fixierung erfolgen (Stufe eins Aufleuchtdauer 2,5 s, Stufe 9 Aufleuchtdauer 0,2 s). Je weiter der Teilnehmer im Training fortgeschritten ist, desto schneller sollte auch der Wechsel der aufleuchtenden LEDs und somit desto kürzer die Dauer der Leuchtzeit sein. Durch das Tragen einer Rot-/Blau-Brille mit jeweils einem roten und einem blauen Brillenglas kann das Training erweitert werden. Die Brille führt zur Stimulation jedes einzelnen Auges [16]. Das Auge hinter dem roten Glas sieht nur die roteleuchtenden LEDs, das Auge hinter dem blauen Glas nur die blauleuchtenden LEDs.



Abb. 14: Teilnehmerin bei Übungen an der Brockschnur (links) und am Eyeport (rechts; zusätzlich mit Shutterbrille)

Der Eyeport bietet also im Vergleich zur Brockschnur mehr Übungen und Schwierigkeitsstufen. Zusätzlich dazu kann das Gerät optional horizontal, waagrecht o-

der diagonal ausgerichtet und auch seitlich, nach vorne oder nach oben gehalten werden. Je nach sportlichem Tätigkeitsgebiet des Ausführers [70]. Zusätzlich können alle Übungen auch einbeinig oder auf dem Balance-Board absolviert werden.

4.5.3.4 Flipper (Prismengläser)

Als „Flipper“ bzw. Wendevorhalter werden sphärische Plus-/Minus-Prismengläser bezeichnet, über die gezielt monokular und binokular (über Rot-Grün-Folien) Vergenzen trainiert werden. Die Probanden fixieren einen Text und versuchen diesen unter Vorhalten der Prismengläser zu lesen (Abb. 14). Dabei wird ständig zwischen Plus- und Minus-Gläsern gewechselt.



Abb. 15: Teilnehmerin während einer Übung mit dem Flipper

Zu Beginn des Trainings wird mit einer Linse von 2-3 dpt angefangen. Der zu lesende Text besitzt einen Schriftgrad von 18 pt. Die Aufgabe ist so definiert, zunächst eine Zeile zu lesen, danach den Flipper zu wenden und die nächste Zeile zu lesen. Die Schrift sollte immer lesbar sein. Über den Wechsel zwischen Minus- und Plusgläsern wird das akkommodative System stimuliert und relaxiert [36, 108]. Sowohl Linsenstärke als auch die Schriftgröße werden im Verlauf der Trainingseinheit sowie über das gesamte Training hinweg verändert. Gegen Ende der Trainingsperiode sollten dann Linsenstärken von bis zu 8 dpt bzw. eine Schriftgröße

von 8 pt erreicht werden. Auch hier wird als zusätzliche Leistungsanforderung stehend, einbeinig oder mit Balanceboard gearbeitet.

4.5.3.5 Computersoftware “Visual Performance Enhancement for Athletes” (VPE)

Das „Visual Performance Enhancement for Athletes“ ist ein computergestütztes Visualtrainingsprogramm, das Sports Vision-Elemente enthält und sportspezifische visuelle Fähigkeiten trainieren soll. Entwickelt wurde es 2007 von Dr. Jeffrey Cooper (MS. OD. F.A.A.O.) und Rodney K. Bortel (HTS. Inc.), die die Meinung vertreten, dass verbesserte visuelle Fertigkeiten auch positive Auswirkungen auf die sportliche Leistung des Athleten haben. Jeder Teilnehmer meldete sich über einen eigenen Account an und erstellte so sein eigenes, individuelles Profil. Trainingsdaten wurden über einen Internetzugang direkt hochgeladen. Für die Trainierenden bestand so die Möglichkeit, den Trainingsverlauf „online“ zu kontrollieren und ggf. versäumte Einheiten direkt aufspüren zu können. Dies wurde über einen Kalender ermöglicht, in dem absolvierte Trainingseinheiten vermerkt wurden und Trainingsdetails abgerufen werden konnten. Außerdem konnte über die Plattform mit den einzelnen Trainierenden kommuniziert werden. Verschiedene Übungen, die diverse visuelle Leistungen schulen sollten, mussten bei insgesamt sechs Programmen trainiert werden: „Capture the Target“, „Visual Scan“, „Central and Peripheral Awareness“, „Autoslide/JumpVergence“ und „Divergence“ (Abb. 16).

„Capture the Target“ ist eine Übung, bei der sich der Mauszeiger in eine Zahl, einen Buchstaben oder ein Symbol verwandelt. Auf dem Computerbildschirm muss nun das jeweils entsprechende Symbol aus einer Fülle verschiedener dargestellter Zeichen ausfindig gemacht und angeklickt werden. Die drei Variablen Stimulusgröße, -typ und -dauer variieren je nach Schwierigkeitsstufe. Ziel der Übung ist, das richtige Zeichen möglichst schnell zu finden. Bei der niedrigsten Stufe bleiben für die Antwort ca. 2,50 s, bei der höchsten hingegen nur 1,75 s. Während einer Trainingsübung dürfen außerdem nur maximal 10 % falsche bzw. fehlende Antworten gegeben werden, da man sonst nicht die nächste Stufe erreicht.

Bei dem Programm „Visual Scan“ wird eine Zahl, ein Buchstabe oder Symbol am oberen Bildrand angezeigt. Aus einer großen Menge an verschiedenen Zeichen

müssen nun alle, der Vorgabe entsprechenden, herausgesucht werden. Die Zeit, bis das letzte Zeichen angeklickt wurde, wird gespeichert.

Bei „Central and Peripheral Awareness“ werden mehrere C's auf dem Bildschirm dargeboten, die bis auf eines in die gleiche Richtung zeigen. Der Trainierende muss dieses ausfindig machen und auf die Pfeiltaste der Tastatur drücken, die der Richtung dieses C's entspricht. Die Darbietungszeit variiert je nach Level zwischen 0,15 s und 0,10 s, die Anzahl der C's liegt zwischen 1 und 7. Die Antworten sollten in einer Zeit von weniger als 0,95 s gegeben werden; mehr als 85 % der Zeichen müssen richtig erkannt/benannt werden, um ein Level erfolgreich zu absolvieren.

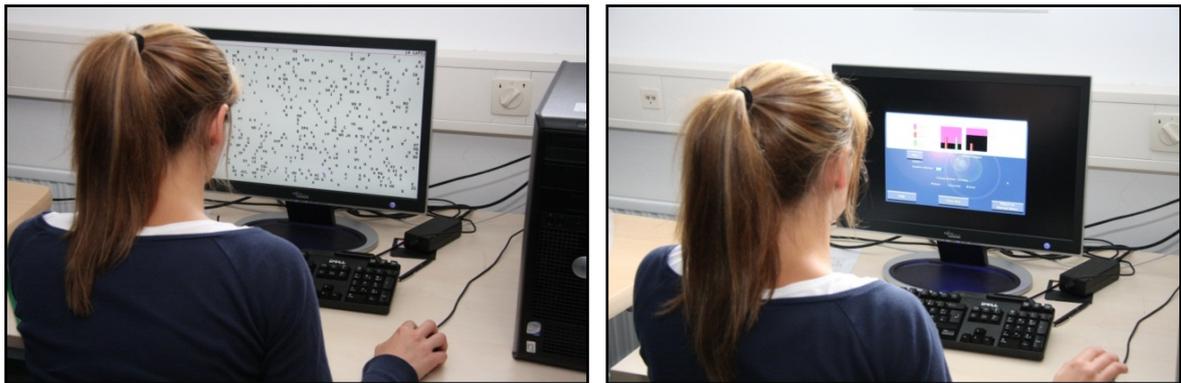


Abb. 16: Teilnehmerin am Computer bei Übungen mit dem Softwareprogramm „Visual Performance Enhancement for Athletes“ (VPE)

Für „Jump Vergence“ und „Divergence“ wird eine Rot-/Blau-Brille aufgesetzt, da hier Random-Dot-Stereogramme verwendet werden. Erkannt werden müssen kleine Quadrate, die über den Bildschirm wandern. Über Pfeiltasten muss auch hier die Richtung angegeben werden. Es gibt bei beiden Übungen verschiedene Modi mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden. Mit jeder Antwort wird das dargebotene Quadrat schwieriger zu erkennen. Ist es nicht mehr sichtbar, muss auf die Leertaste gedrückt werden. Die Vergenzanforderung wird nun wieder zurückgesetzt.

4.5.3.6 Shutterbrille (Stroboskopische Brille) und Balance-Board (Stabilisierungskreisel) als ergänzende Geräte zur Schwierigkeitssteigerung

Die Shutterbrille, auch bekannt als Shutterglasses oder Impulsbrille, wird als Spezialbrille von vielen Sports Vision Trainern eingesetzt. Mit LCD-Gläsern (LCD = Li-

quid Crystal Display), die mit einer bestimmten Frequenz zwischen lichtdurchlässig und lichtundurchlässig umschalten, macht sich diese Brille den stroboskopischen Effekt zu Nutze. Durch die „schwarzen“/abgedunkelten Phasen erscheint die Sicht abgehackt, da nur eine begrenzte Anzahl an Bildern bis zum Auge durchgelassen wird. Je niedriger die Frequenz, d.h. je länger die dunklen Sequenzen, desto weniger Bilder, und umso mehr scheinen Bewegungen stockend und stehend zu sein [46, 81]. Bewegungen werden so nur „punktuell(-extrapolierend)“ wahrgenommen.



Abb. 17: Teilnehmerin bei einer Übung am Eyeport mit Einsatz der Shutterbrille zur Erweiterung des Übungsumfangs

Die Shutterbrille wird an den bereits erwähnten Trainingsstationen zur Erweiterung bzw. Schwierigkeitssteigerung der jeweiligen Übung eingesetzt (Abb. 17). Einstellbar sind die Frequenz (die Anzahl der beiden Perioden „lichtdurchlässig“ und „lichtundurchlässig“) mit einer Spanne von 5 - 150 Hz und die relative Einschalt-dauer („Duty ratio“), wodurch das Verhältnis der beiden Zustände „blickdicht“ und „offen“ definiert wird. Ein duty-ratio-Wert von 60 bedeutet eine verdeckte Sicht zu 60 % und eine freie zu 40 % der Zeit. Nach Herstellerangaben ist das Ziel, dass das Gehirn durch das Training mit der Shutterbrille mit immer weniger Bildern auskommen muss und mit diesen wenigen Bildern eine schnelle Sehverarbeitung erreicht [81].

Zu beachten ist, dass das Tragen der Shutterbrille bei Migräne- und Epilepsiepatienten kontraindiziert ist [81].

Ebenso dient das Balance-Board der Erweiterung des Trainingsschwierigkeitsgrades. Es kann als Stabilisierungskreisel angesehen werden, durch dessen abgerundeten Standfuß der darauf Stehende ständig dazu gezwungen ist, das Gleichgewicht zu finden/regulieren.

4.5.4 Vorbemerkung zum Placebo-Kollektiv (2D-Gruppe)

Insgesamt 16 Teilnehmer/-innen zählte das Placebo-Kollektiv, die 2D-Gruppe. 10 Männer und 6 Frauen, die im Durchschnitt 22,87 (\pm 3,58) Jahre alt waren (Altersspanne: 20-35 Jahre), mussten genau wie die (3D-)Trainings-Gruppe, an drei Tagen die Woche ihre Übungseinheiten im „Visu-Lab“ absolvieren; ihre Anwesenheit wurde ebenfalls durch Unterschrift dokumentiert. Zur Anwendung kamen die Computersoftware „Visual Performance Enhancement for Athletes“ (VPE) und das „Augen-Training™“ von Nintendo®.

4.5.5 Trainingsgeräte der 2D-Gruppe

4.5.5.1 Computersoftware “Visual Performance Enhancement for Athletes” (VPE)

Auch die Teilnehmer des Placebo-Kollektivs wendeten das o.g. computergestützte Sports Vision-Trainingsprogramm (VPE) an. Allerdings wurden andere Übungen durchgeführt. Trainiert wurden Reaktionszeit, Sakkadische Fixation und „Football“. Verzichtet wurde auf alle Übungen zur Stereopsis.

Bei der Übung „Reaction Time“ wird dem Trainierenden ein Zeichen (Zahl, Groß-/Kleinbuchstabe oder Symbol) am oberen Bildschirmrand präsentiert. Unterhalb dieses werden der Reihe nach verschiedene andere Zeichen dargeboten. Erscheint das Zielzeichen, muss möglichst schnell die „Leertaste“ gedrückt werden. Mit fortschreitendem Level nimmt die Stimulusgröße ab, die Anzahl der Reihen und Spalten mit Zeichen nimmt zu. Ziel ist es, weniger als 10 % falsche bzw. fehlende Antworten zu geben, sowie eine Reaktionszeit von weniger als 0,7 s (Level 1-4), 0,6 s (Level 5-8), 0,5 s (Level 9-12), 0,4 s (Level 13-16) und 0,3 s (Level 17-20) zu erreichen.

„Saccadic Fixation“ ist ein Programm, bei dem ein Pfeil, ein E oder ein C dargeboten werden. Über die Pfeiltasten der Tastatur muss die Richtung, in welche das Zeichen zeigt, angegeben werden. Mit höherer Schwierigkeitsstufe nimmt die Zeichengröße ab. Ziel ist hier mehr als 90 % richtige Antworten zu geben und dies in einer Zeit von weniger als 0,95 s (Level 1-4), 0,85 s (Level 5-8), 0,75 s (Level 9-12), 0,65 s (Level 13-16) und 0,55 s (Level 17-20).

Bei „Football“ liegt die Aufgabe darin, den Mauszeiger (hier in Form eines goldenen Schuhs) möglichst direkt auf einen sich bewegenden Ball zu führen. Von Level zu Level wird einerseits die Größe des Balles verringert, andererseits die Geschwindigkeit (langsam, mittel, schnell) erhöht. Der „goldene Schuh“ sollte zum Erreichen des nächsthöheren Levels mindestens 70-80 % der Gesamtdauer Kontakt mit dem Ball gehabt haben.

4.5.5.2 Nintendo® DS mit Augen-Training™

Ein 2007 erschienenes und von Dr. Hisao Ishigaki vom Aichi Institute of Technology (Japan) entwickeltes Nintendo® DS-Spiel, mit zahlreichen „visuellen“ Übungen soll dem „Augen-Training™“ dienen [78]. Nach Angaben des Herstellers bietet es neben Übungen, Tests und grafischer Darstellung der Trainingsentwicklung zusätzlich Tipps und Methoden der Augenentspannung. Ferner können sieben Sportspiele auf dem Display „trainiert“ werden.

Pro „Augen-Training™“-Software können vier Personen gleichzeitig über einen jeweils eigenen Account ihr persönliches Profil abrufen und entsprechende Trainingseinheiten absolvieren.

Die Probanden der Placebo-Gruppe hatten zur Aufgabe, an jedem Trainingstag ihr individuelles, von Nintendo® vorgegebenes, Programm durchzuführen. Zunächst wurde über kleinere Tests, die im Übrigen auch für das Training verwendet wurden, das – von Nintendo® definierte – „physiologische Alter der Augen“ bestimmt. Gute Testwerte münden in einem jüngeren „Augenalter“. Das Augenalter im „Augen-Training™“ ist ein Punktestand, der auf den individuellen Leistungen bei den verschiedenen Übungen in dieser Software basiert. Ishigaki definiert das „perfekte Augenalter“ auf 20 Jahre, letzteres wird somit als Optimalergebnis festgelegt. Es basiert (nach Herstellerangaben) auf fünf verschiedenen visuellen Teilleistungsbereichen: Peripheres Sehen, Augenbewegung, Hand-Augen-Koordination, Dynami-

sche Sehschärfe und sofortiges Erkennen. Alle Nintendo®-Übungen wurden auf diese fünf Parameter abgestimmt und sollen diese trainieren [77, 78].

4.6 Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer

Nach Abschluss der Trainingsperiode wurde jeder Teilnehmer gebeten, einen Fragebogen (vgl. Anhang) auszufüllen und eine Einschätzung zu verschiedenen Gesichtspunkten des von ihm absolvierten Sports Vision Trainings abzugeben. Neben Angaben zu Geschlecht, Alter und Gruppenzugehörigkeit wurden 13 Aussagen vorgegeben, die die Befragten mit Hilfe einer Antwortskala bewerten sollten. Die sechsstufige Skala war gegliedert von „1 = trifft voll zu“ bis „6 = trifft überhaupt nicht zu“.

Alle Teilnehmer wurden am Ende des Bogens außerdem dazu aufgefordert, ein Feedback zum Training zu geben, Verbesserungsvorschläge zu nennen und einen Favoriten unter den Trainingsgeräten/Trainings auszuwählen. Auch sollten Trainingsdauer und -frequenz sowie mögliche „Effekte“ (auch die sportliche Leistung) eingeschätzt werden.

Die Datenerhebung erfolgte anonymisiert, jeder Teilnehmer sollte sein eigenes Training (in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit) beurteilen.

5 ERGEBNISSE

Die im Rahmen der Studie erhobenen Rohdaten wurden mit Hilfe des Statistikprogrammes IBM® SPSS® Statistik 20® aufbereitet und statistisch ausgewertet. Zur Illustration der Ergebnisse wurden Grafiken mit dem Programm Golden Software – Grapher® (Version 4.0) erstellt.

Bei der Auswertung wurden deskriptive und analytische Verfahren verwendet. Dabei wurden – nach Prüfung der Voraussetzungen, z.B. der Normalverteilung (mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests) – jeweils z.B. Mittelwerte mit Standardabweichungen bzw. Mediane und Perzentile berechnet. Zur Darstellung von Häufigkeitsverteilungen, z.B. in Abhängigkeit einer Variablen (Kollektiv/Gruppenzugehörigkeit) wurden Kreuztabellen erzeugt. Die Unabhängigkeit der Variablen der Kreuztabelle (Verteilungsunterschiede) wurde mit Hilfe des Chi-Quadrat (χ^2)-Tests überprüft.

Bei der analytischen Überprüfung der Ergebnisse wurden (wiederum nach Prüfung der jeweiligen Voraussetzungen) parametrische oder nicht-parametrische Testverfahren eingesetzt.

So wurde z.B. mit Hilfe der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung(en) geprüft, ob eine Gruppierungsvariable (hier z.B. die „Kollektivzugehörigkeit“ (2D vs. 3D)) Einfluss auf mögliche Veränderungen im Messverlauf (hier durch die Intervention „Training“) – also zwischen den beiden Messzeitpunkten Eingangs- (ET) vs. Ausgangstest (AT) – hat. Bei Vorhandensein von signifikanten Effekten wurde bei intervallskalierten Daten als Einzeltest der t-Test für abhängige oder unabhängige Stichproben eingesetzt. Bei Mehrfachanwendung des t-Tests an einer Stichprobe wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit adjustiert (nach Bonferoni u.a. [114]).

Auf nicht-parametrischer Ebene wurde analog der Wilcoxon-Test bei abhängigen Stichproben (ET vs. AT) oder der Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben (z.B. 2D- vs. 3D-Gruppe) eingesetzt. Auch hier wurde bei Mehrfachanwendung eine α -Adjustierung durchgeführt [15, 94].

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 5 % (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$) festgelegt.

Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse wurden Balken- und Liniendiagramme sowie Box-Whisker-Plots verwendet. Balken- und Liniendiagramme vermitteln einen schnellen Überblick – hier z.B. über Mittelwertunterschiede (inkl. der Standardabweichungen) zwischen den beiden Kollektiven (2D- vs. 3D-Gruppe) im Vergleich ET vs. AT. In Box-Whisker-Plots werden (nach nicht-parametrischer Analyse) Mediane, Quartile sowie Extremwerte dargestellt.

5.1 Visuelle Leistungsdiagnostik

Die folgenden Ergebnisse beruhen auf den gewonnenen Daten von 34 Probanden (2D-Gruppe: n=16, 3D-Gruppe: n=18), die alle 18 Trainingseinheiten absolviert haben sowie jeweils vor und nach der Trainingsphase an der visuellen Leistungsdiagnostik teilgenommen hatten.

5.1.1 Statische Sehschärfe bei Fernblick

Die statische Sehschärfe für die Ferne wurde monokular – wenn notwendig mit vorhandener Sehhilfe (Visus cum correctione) – bestimmt. Beim Gesamtkollektiv lag der Mindestvisus bei 0,80, der maximal ermittelte Visus bei 2,24. Der Kollektivvergleich zeigt, dass diese Werte auch die Visusgrenzen der 3D-Gruppe widerspiegeln. Der maximal erreichte Visuswert des 2D-Kollektivs lag – eine Halbvisusstufe niedriger – bei 2,00.

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der erreichten Visus(halb)stufen der beiden Trainings-Gruppen (Abb. 18) mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests ergab keine signifikanten Verteilungsunterschiede (Linkes Auge: $2p = 0,635$; Rechtes Auge: $2p = 0,471$) im Eingangstest.

Im Hinblick auf eine mögliche Veränderung der Sehschärfe durch die Trainingsinterventionen (2D- vs. 3D-Gruppe) zeigten sich bei varianzanalytischer Prüfung weder für das linke ($p = 0,711$) noch für das rechte Auge ($p = 0,446$) signifikante trainingsgruppenbezogene Unterschiede zwischen dem Eingangs- (ET) und Ausgangstest (AT) (Abb.19).

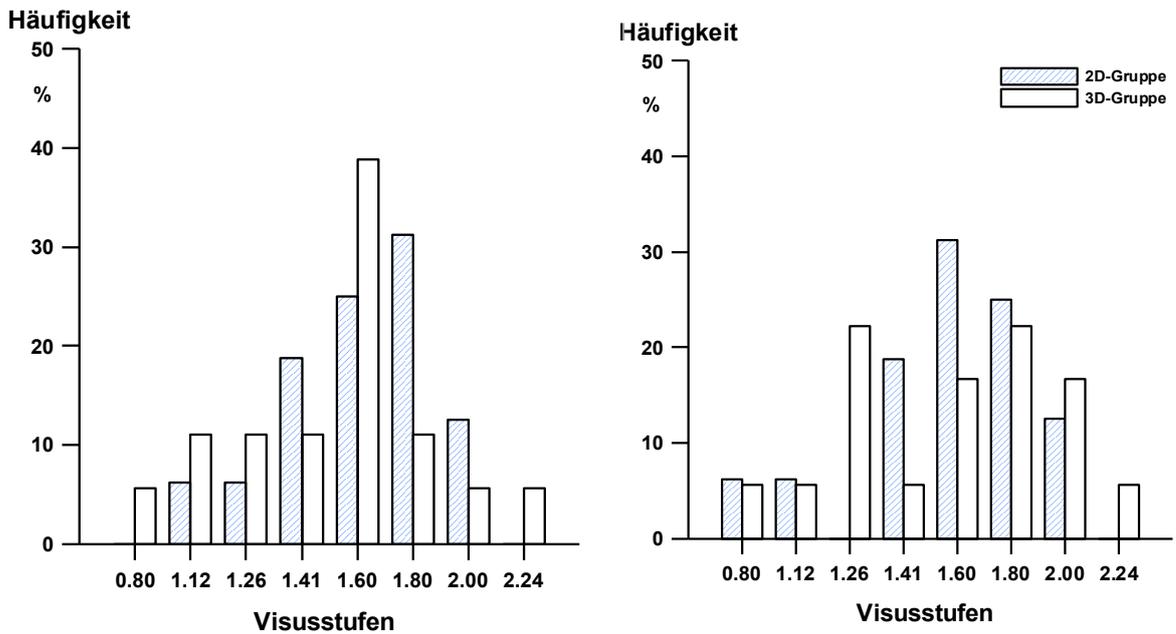


Abb. 18: Statische Sehschärfe (Visus) im Eingangstest im Kollektivvergleich (2D-Gruppe vs. 3D-Gruppe) für das linke Auge (links) und rechte Auge (rechts)

Ordinate: Häufigkeit (%) der erreichten Visus(halb)stufen
 Abszisse: Visus(halb)stufen

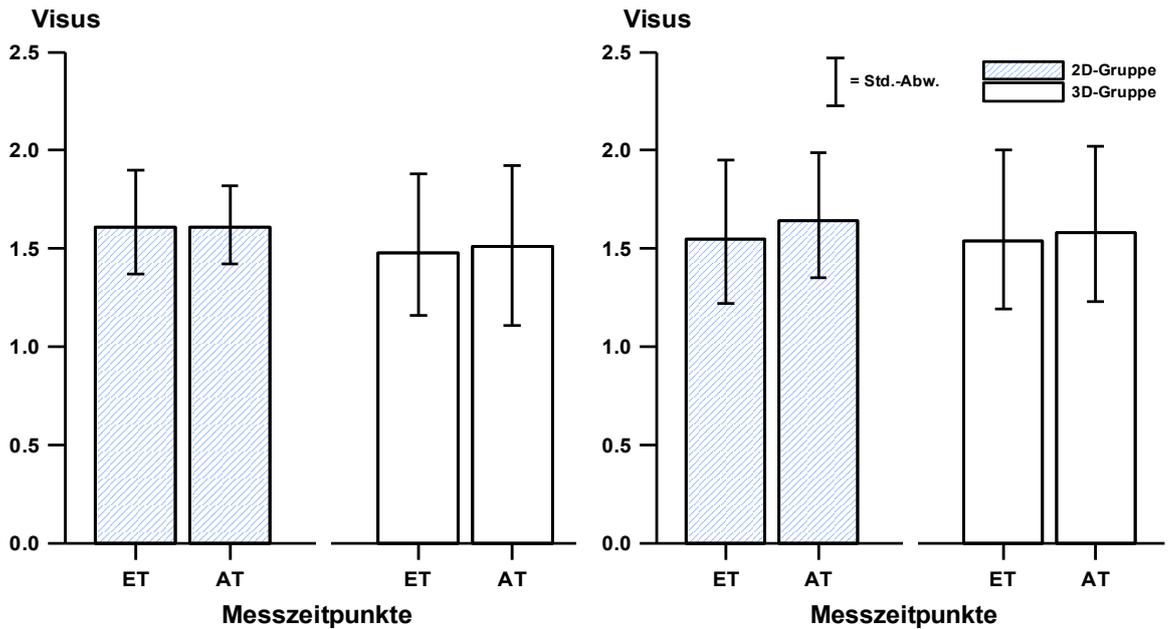


Abb. 19: Visuswerte (linkes und rechtes Auge) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase (ET vs. AT)

Ordinate: Visus
 Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)
 Links: Darstellung für das linke Auge
 Rechts: Darstellung für das rechte Auge

So konnte für das linke Auge im 2D-Kollektiv beim Eingangstest ein Mittelwert von 1,61 (- = 0,24; + = 0,29), im Ausgangstest ein Mittelwert von 1,61 (- = 0,19; + = 0,21) festgestellt werden. Das 3D-Kollektiv erzielte im Eingangstest einen Mittelwert von 1,48 (- = 0,32; + = 0,40), im Ausgangstest lag der Mittelwert bei 1,51 (- = 0,40; + = 0,41).

Beim rechten Auge lag der Visusmittelwert der 2D-Gruppe im Eingangstest bei 1,55 (- = 0,33; + = 0,40), im Ausgangstest bei 1,64 (- = 0,29; + = 0,36). Die 3D-Gruppe erzielte für die gleichen Messzeitpunkte Mittelwerte von 1,54 (- = 0,35; + = 0,46) im Eingangstest und 1,58 (- = 0,35; + = 0,44) im Ausgangstest.

5.1.2 Dynamische Sehleistung/Bewegungswahrnehmung

5.1.2.1 Afferente Bewegungswahrnehmung (DTDS – Düsseldorf Test für Dynamisches Sehen nach WIST [126])

Die Auswertung des DTDS erfolgte mit Hilfe der gewichteten Mittelwerte (Leistungsmaß Pw; vgl. Kap. 4.3.2.1). Es wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (ET vs. AT) im Vergleich 2D- vs. 3D-Gruppe durchgeführt. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede im Messverlauf (ET vs. AT) für die unterschiedlichen Trainingsmethoden festgestellt werden ($p = 0,207$).

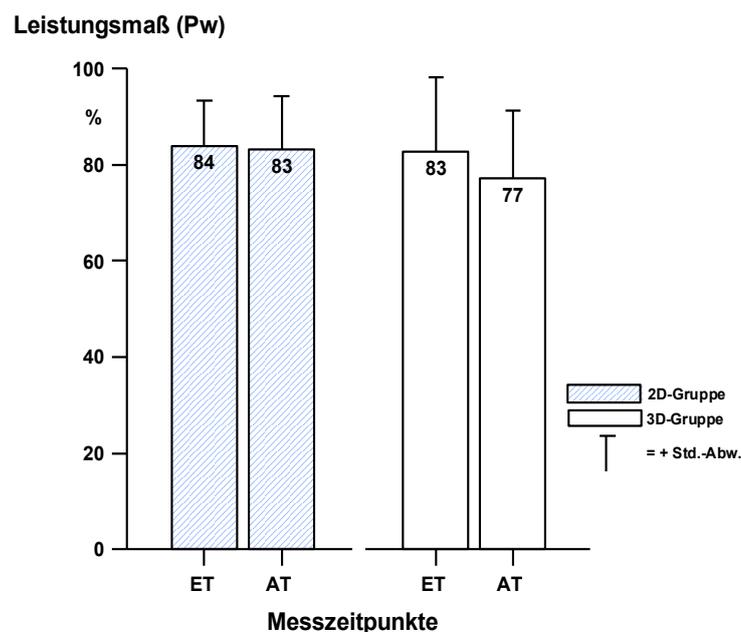


Abb. 20: Dynamische Sehschärfe im DTDS zu den Messzeitpunkten ET und AT für die 2D- und 3D-Gruppe

Ordinate: Leistungsmaß (Pw) der gewichteten Mittelwerte nach Schrauf et al. [100] in %

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Die 2D-Gruppe blieb mit ihrer Leistung im Eingangs- ($83,9 \pm 9,41 \%$) und Ausgangstest ($83,1 \pm 11,3 \%$) nahezu konstant. Die Leistung der 3D-Gruppe verringerte sich tendenziell eher von $82,7 \pm 15,5 \%$ im Eingangstest auf $77,3 \pm 14,1 \%$ im Ausgangstest (Abb. 20). Unterschiede im Eingangstestniveau zwischen den beiden Gruppen (2D vs. 3D) bestanden nicht ($2p = 0,769$).

5.1.2.2 Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit

Mit den Messergebnissen zur sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung und Gruppierungsvariable durchgeführt. Diese Überprüfung ergab keinen gruppenspezifischen Unterschied zwischen den Eingangs- und Ausgangstestergebnissen ($p = 0,949$; vgl. Abb. 21). Im Vergleich Eingangstest vs. Ausgangstest konnte sich allerdings das Gesamtkollektiv seine sakkadische Ortungsgeschwindigkeit signifikant von $225,88 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 33,04 \text{ }^\circ/\text{s}$) auf $240,88 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 35,60 \text{ }^\circ/\text{s}$) steigern ($p = 0,003$).

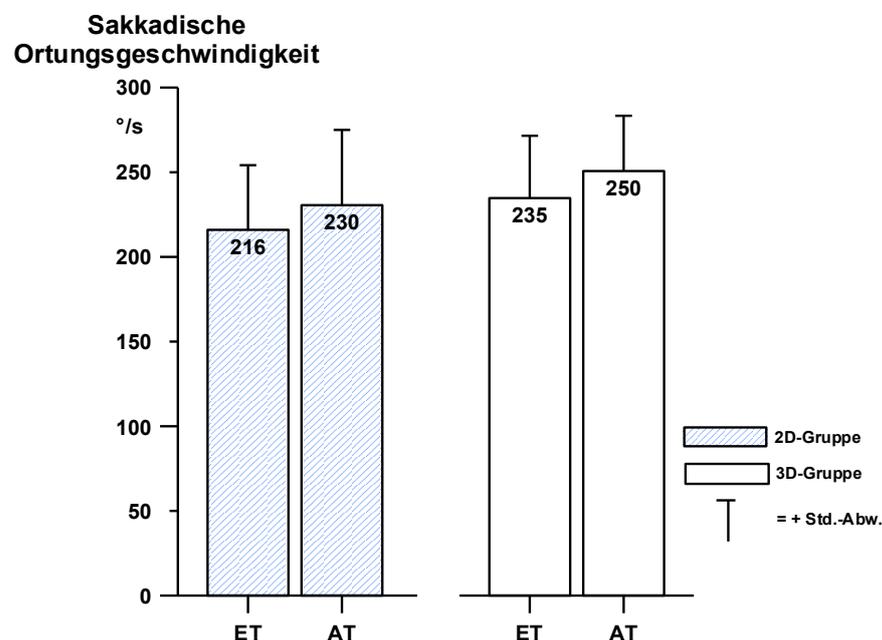


Abb. 21: Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase (ET vs. AT)

Ordinate: Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit [$^\circ/\text{s}$]

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Die Messung der sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit ergab, dass sich die 2D-Gruppe von $215,6 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 30,6 \text{ }^\circ/\text{s}$) im Eingangstest auf $230,3 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 38,4 \text{ }^\circ/\text{s}$) im Ausgangstest steigerte (also um ca. 6,8 %). Auch die Teilnehmer der 3D-Intervention konnten sich von $235,0 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 33,3 \text{ }^\circ/\text{s}$) auf $250,3 \text{ }^\circ/\text{s}$ ($\pm 31,0 \text{ }^\circ/\text{s}$) tendenziell verbessern (um ca. 6,5 %).

5.1.3 Tiefensehvermögen (Räumliches Sehen)

5.1.3.1 Natürliches Tiefensehen (Drei-Stäbchen-Test nach Helmholtz'schem Prinzip)

Der Tiefenseherschärfewinkel wurde mit Hilfe des Drei-Stäbchen-Testgerätes anhand von zwei Methoden bestimmt. Sowohl für die Methode 1 (quasi-dynamische Methode), mit den beiden Stabgeschwindigkeiten 3 und 5 mm/s (Abb. 22), als auch für die Methode 2 (Einstellverfahren) (Abb. 23) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (ET vs. AT) und Gruppierungsvariable (2D- vs. 3D-Gruppe) durchgeführt.

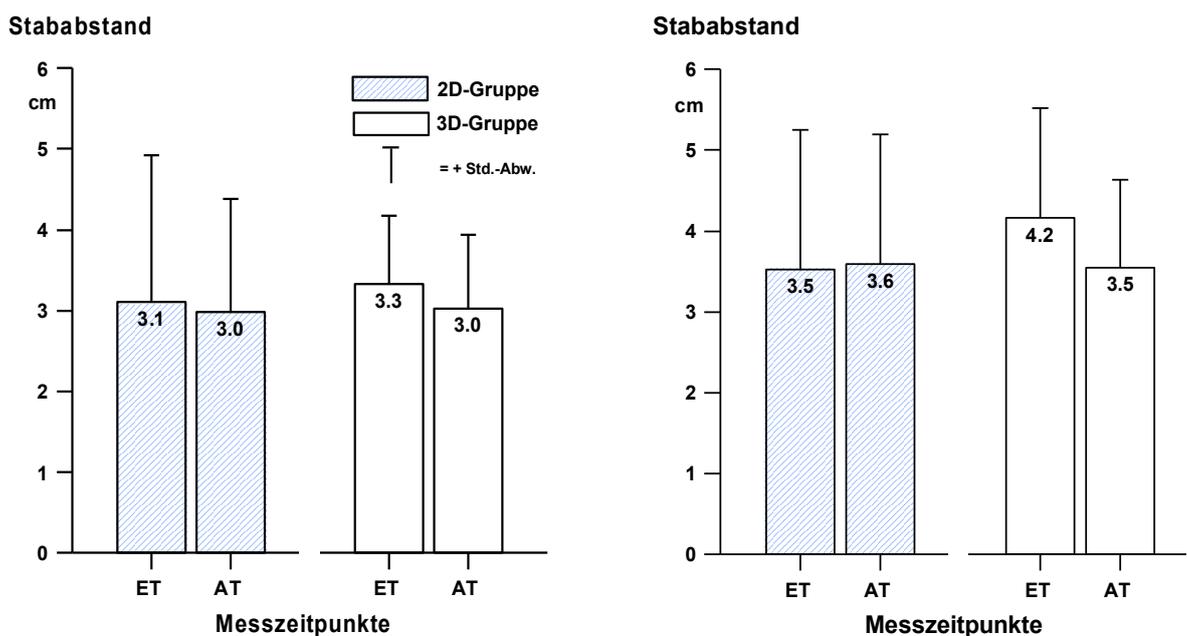


Abb. 22: Mittlerer Stababstand am Drei-Stäbchen-Testgerät (Methode 1: quasi-dynamisches Verfahren) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) jeweils vor und nach der Trainingsphase

Ordinate: Stababstand von der Null-Ebene [cm]

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Links: Stabgeschwindigkeit 3 mm/s

Rechts: Stabgeschwindigkeit 5 mm/s

Bei der quasi-dynamischen Methode (1) mit der Stabgeschwindigkeit 3 mm/s konnte bezüglich der Messzeitpunkte vor und nach dem sechswöchigen Training varianzanalytisch kein signifikanter Unterschied ($p = 0,645$) zwischen den beiden Kollektiven festgestellt werden. Die 2D-Gruppe erkannte den Abstand der Außenstäbe vom Mittelstab im Eingangstest nach durchschnittlich 3,1 ($\pm 1,8$) cm und im Ausgangstest nach durchschnittlich 3,0 ($\pm 1,4$) cm; die 3D-Gruppe nach 3,3 ($\pm 0,9$) cm im Eingangstest und nach 3,0 ($\pm 0,9$) cm im Ausgangstest.

Dies gilt auch für die Ergebnisse bei der Stabvorschubgeschwindigkeit von 5 mm/s: auch hier konnten bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse keine signifikanten (trainings-)gruppenspezifischen Leistungsunterschiede zwischen Eingangs- und Ausgangstest ($p = 0,208$) nachgewiesen werden. Die Mittelwerte der 2D-Gruppe betragen im ET 3,5 ($\pm 1,7$) cm und im AT 3,6 ($\pm 1,6$) cm. Die 3D-Gruppe erzielte Mittelwerte von 4,2 ($\pm 1,4$) cm im ET und 3,5 ($\pm 1,1$) cm im AT.

Auch für die zweite Methode, die Einstellgenauigkeit (Ermittlung des individuellen Horopters), konnte varianzanalytisch kein trainingsgruppenspezifischer Effekt nachgewiesen werden. Im Gesamtkollektiv zeigte sich eine signifikante Differenz im Vergleich Eingangs- vs. Ausgangstest (ET=2,59 \pm 2,54 cm, AT=1,68 \pm 1,08 cm; $p = 0,009$), der Kollektivvergleich erbrachte hingegen keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,837$) im Messverlauf.

Beim Eingangstest stellte das 2D-Kollektiv die Außenstäbe so ein, dass sie im Mittel 2,3 ($\pm 2,4$) cm von der frontoparallelen Ebene entfernt waren, das 3D-Kollektiv näherte sich auf 2,8 ($\pm 2,7$) cm an. Im AT verbesserte sich die 2D-Gruppe auf 1,5 ($\pm 1,5$) cm und die 3D-Gruppe auf 1,9 ($\pm 1,2$) cm.

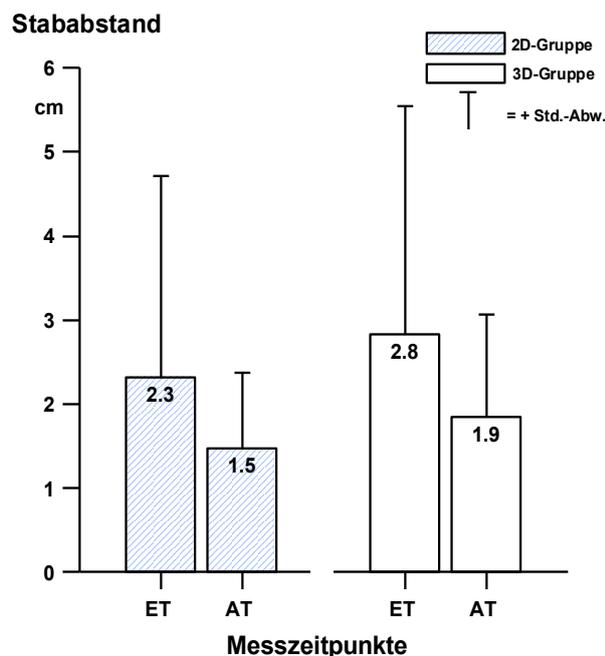


Abb. 23: Einstellgenauigkeit (Methode 2) am Drei-Stäbchen-Testgerät für die 2D- und 3D-Gruppe jeweils vor und nach der Trainingsintervention

Ordinate: Stababstand von der Null-Ebene [cm]

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

5.1.3.2 Haploskopisches Tiefensehen (TNO-Stereotest)

Die Abstufung der Stereogrenzwinkel beim TNO-Stereotest ist nicht intervallskaliert, weshalb nicht-parametrische Testverfahren zur Auswertung angewendet wurden. Anhand dieser Testverfahren wurde kontrolliert, ob sich die beiden Kollektive in Bezug auf den Stereogrenzwinkel im Vergleich Eingangs- und Ausgangstest voneinander unterscheiden. Für den Vergleich der Kollektive untereinander (unabhängige Stichprobe) wurde der Mann-Whitney-U-Test gewählt; für die Veränderung innerhalb einer Gruppe zwischen Eingangs- und Ausgangstest (abhängige Stichprobe) der Wilcoxon-Test. Weder bei der Eingangs- ($2p = 0,785$) noch bei der Ausgangstestung ($2p = 0,409$) konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der 2D- und der 3D-Gruppe gezeigt werden.

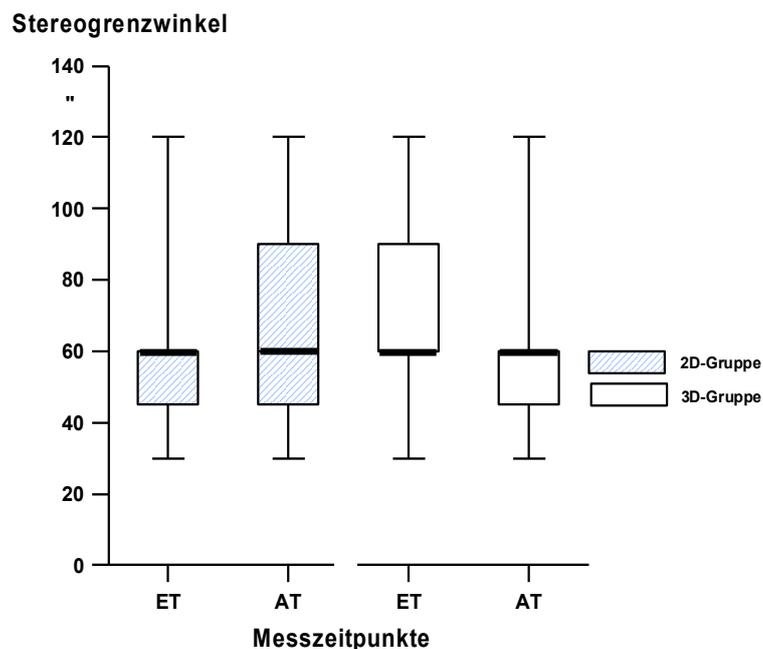


Abb. 24: Tiefensehschärfewinkel beim TNO-Stereotest im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) vor und nach der Trainingsperiode (ET vs. AT) im Box-Whisker-Plot

Ordinate: Stereogrenzwinkel

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Auch im Messverlauf konnte für keines der beiden Kollektive ein trainingsgruppenspezifischer Effekt nachgewiesen werden. Sowohl bei der 2D-Gruppe ($2p = 0,932$) als auch bei der 3D-Gruppe ($2p = 0,547$) veränderte sich der im Mittel gemessene Tiefensehschärfewinkel zwischen ET und AT nicht signifikant.

Im Gegensatz zur 2D-Gruppe, für die vor dem Training mit $64,7'' (\pm 24,9'')$ und nach dem Training mit $64,7'' (\pm 27,2'')$ nahezu identische Mittelwerte (hier Media-

ne) nachgewiesen wurden, erreichte die 3D-Gruppe im Ausgangstest mit im Mittel $60,0'' (\pm 30,9'')$ tendenziell etwas geringere Stereogrenzwinkel im Vergleich zum Eingangstest ($65,3'' \pm 23,7''$; Abb. 24).

5.1.4 Kinetisches Gesichtsfeld (Isopterenperimetrie)

Die Auswertung der kinetischen Gesichtsfeldmessung wurde mit Hilfe von Kreuztabellen durchgeführt, in denen die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Kategorien („starke Verschlechterung“ („- -“), „leichte Verschlechterung“ („-“), „keine Veränderung“ („±“), „leichte Verbesserung“ („+“) und „starke Verbesserung“ („++“)) in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit dargestellt wurde.

Für die insgesamt 16 Variablen wurde außerdem der Chi-Quadrat-Test nach Pearson berechnet. Ein Trainingseffekt/eine Veränderung in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Interventionen (2D vs. 3D) konnte in keinem Fall nachgewiesen werden (Tab. 6 und 7).

Tab. 6: Darstellung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson für die vier Quadranten des Gesichtsfeldes des linken Auges bei den zwei Lichtreizstärken 20 dB und 25 dB

Gesichtsfeldbereich	Beleuchtungsstärke [dB]	Chi-Quadrat nach Pearson (2p)
temporal	25	0,298
	20	0,929
superior	25	0,452
	20	0,195
nasal	25	0,305
	20	0,212
inferior	25	0,228
	20	0,541

Tab. 7: Darstellung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson für die vier Quadranten des Gesichtsfeldes des rechten Auges bei den zwei Lichtreizstärken 20 dB und 25 dB

Gesichtsfeldbereich	Beleuchtungsstärke [dB]	Chi-Quadrat nach Pearson (2p)
temporal	25	0,053
	20	0,155
superior	25	0,517
	20	0,535
nasal	25	0,516
	20	0,825
inferior	25	0,489
	20	0,408

5.1.5 Reaktionszeit und Antizipationsfähigkeit

An der Antizipationsleiste konnte kein signifikanter (trainings-)gruppenspezifischer Effekt bezüglich der Reaktionszeit im Vergleich zwischen Eingangs- und Ausgangstest ($p = 0,066$) belegt werden (bei großer individueller Varianz; Abb. 25). Die durchschnittliche Reaktionszeit ist für beide Kollektive gekennzeichnet durch einen negativen Wert, was darauf hindeutet, dass „im Mittel“ eine zu frühe Reaktion gezeigt wurde (Abb. 25).

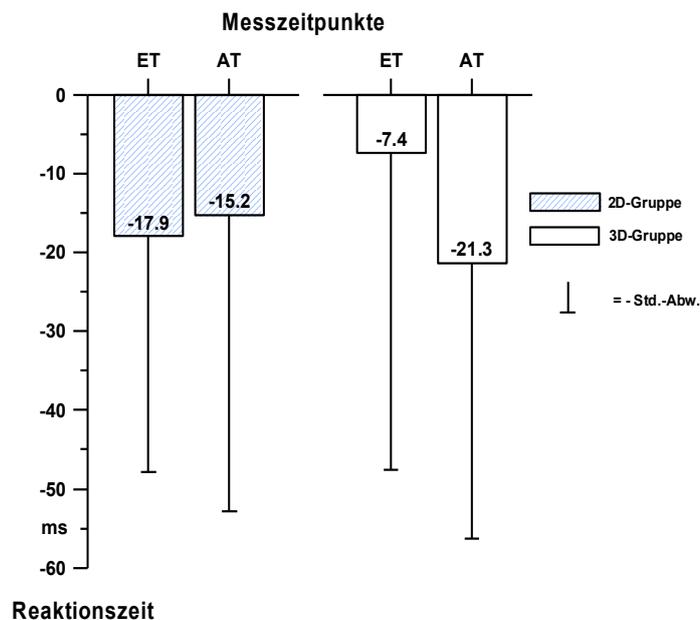


Abb. 25: Darstellung der durchschnittlich erreichten Reaktionszeiten der 2D- und 3D-Gruppe an der Antizipationsleiste zu den Messzeitpunkten ET und AT

Ordinate: Reaktionszeit [ms]

Abzisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Beide Kollektive drückten die Stopp-Taste im Schnitt kurz bevor die Ziel-LED (oberhalb des Fixationskreuzes) aufleuchtete. Die Teilnehmer der 2D-Intervention drückten im Eingangstest im Mittel 17,9 (\pm 29,9) ms und im Ausgangstest 15,2 (\pm 37,6) ms vor dem Aufleuchten der Ziel-LED. Die 3D-Gruppe war 7,4 (\pm 40,2) ms im Eingangs- und 21,3 (\pm 34,9) ms im Ausgangstest „zu früh“.

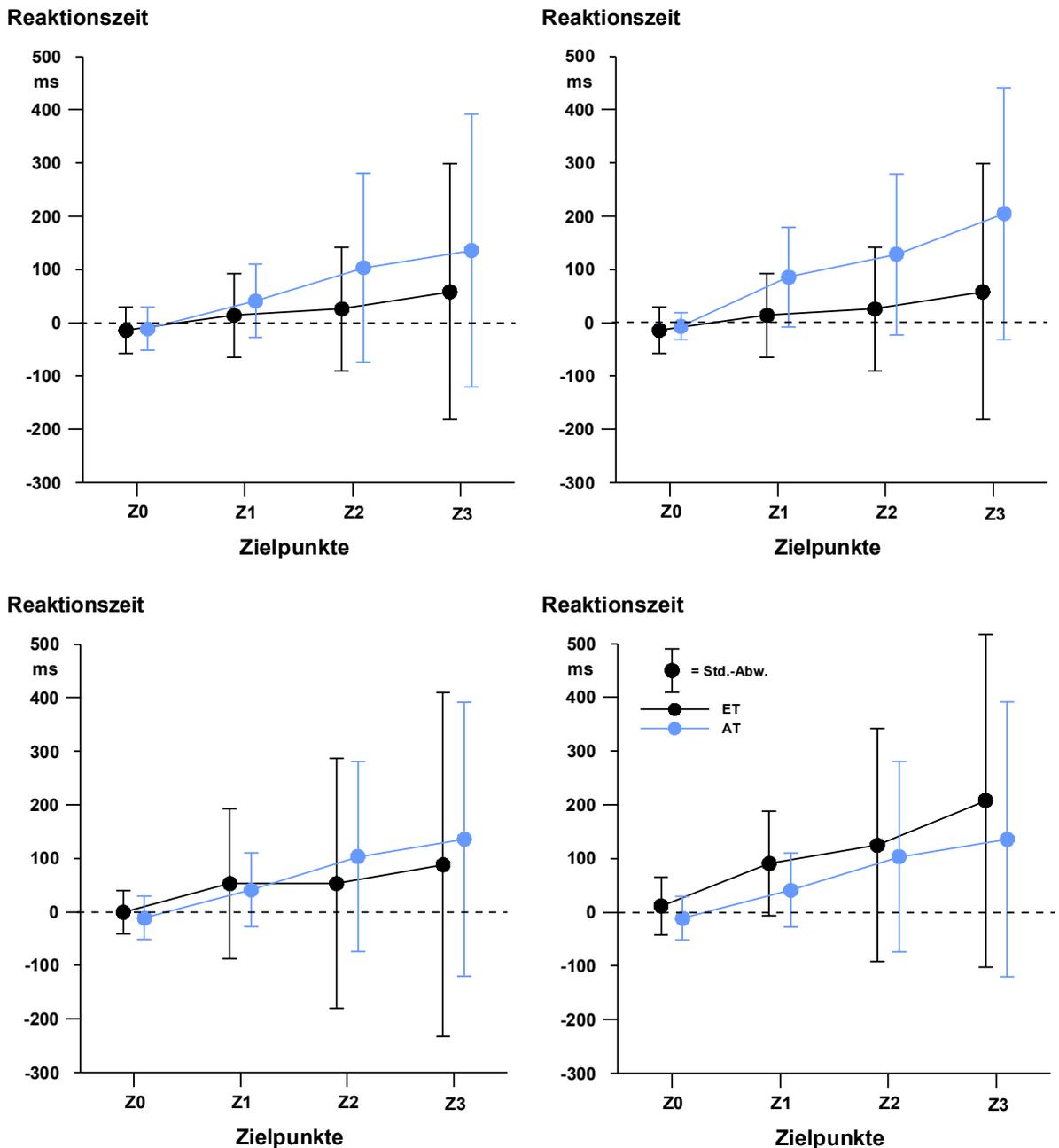


Abb. 26: Antizipationsleistung im Vergleich ET vs. AT für das 3D-Kollektiv (links) und das 2D-Kollektiv (rechts) bei den Geschwindigkeiten 16 °/s (oben) und 24 °/s (unten)

Ordinate: Reaktionszeit [ms]

Abszisse: Zielpunkte Z0-Z3

Links: 3D-Gruppe (oben 16 °/s; unten 24 °/s)

Rechts: 2D-Gruppe (oben 16 °/s; unten 24 °/s)

Die „Antizipationsleistung“ der Probanden wurde über alle Zielentfernungen (Zielpunkte: Z0, Z1, Z2, Z3; vgl. Kap. 4.3.5) hinweg sowie bei beiden Reizgeschwindigkeiten (16 °/s und 24 °/s) varianzanalytisch im Hinblick auf trainingsgruppenabhängige Unterschiede im Messverlauf untersucht.

Bei beiden Reizgeschwindigkeiten (16 °/s und 24 °/s) konnten keine signifikanten (interventionsbedingten) Unterschiede im Messverlauf (ET vs. AT) zwischen den beiden Trainings-Kollektiven (2D vs. 3D) festgestellt werden (16 °/s: $p = 0,483$; 24 °/s: $p = 0,288$).

In Abbildung 26 ist erkennbar, dass (erwartungsgemäß) mit zunehmender Zielpunktentfernung die Genauigkeit der Einschätzung für beide Gruppen signifikant abnimmt (16 °/s: $p \leq 0,002$; 24 °/s: $p \leq 0,001$).

Ebenfalls unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit nimmt die Präzisionsleistung über alle Zielpunktentfernungen betrachtet im AT (im Vergleich zum ET) signifikant ab (16 °/s: $p \leq 0,002$; 24 °/s: $p \leq 0,005$).

5.2 Funktionaleptometrisches Screening

Im Vorfeld ist darauf zu verweisen, dass aufgrund von Terminschwierigkeiten nicht alle Teilnehmer der Trainingsstudie am vollständigen Screening teilgenommen haben. In der 2D-Gruppe konnten nur die Daten von 14 der 16 Teilnehmer, in der 3D-Gruppe nur die Daten von 17 der 18 Teilnehmer erhoben und ausgewertet werden.

5.2.1 Allgemeine Untersuchungen, Biopter und Van Orden Stern

Die nun folgende Auswertung aller Untersuchungen beruht auf der Berechnung der Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstant geblieben“ [\pm] und „verbessert“ [+] für jeden einzelnen Probanden. Mit Hilfe von Kreuztabellen wurde die Verteilungshäufigkeit dieser drei Kategorien im Kollektivvergleich (2D vs. 3D) dargestellt und mit dem Chi-Quadrat-Test auf signifikante Verteilungsunterschiede hin überprüft.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte für die gesamte funktionaleptometrische Untersuchung nur bei drei Teilparametern signifikante Unterschiede hinsichtlich der Kollektivzugehörigkeit (2D vs. 3D). In den Bereichen Stereosehen ($2p = 0,046$), Phorien für die Ferne ($2p = 0,020$) und visuelles Greifen des linken Auges ($2p = 0,039$)

war die 3D-Gruppe der 2D-Gruppe überlegen und konnte sich signifikant von ihr abheben (vgl. Tab. A3).

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen hinsichtlich der Veränderungen beim „Stereosehen“ im Vergleich ET zu AT ergab, dass sich in der 3D-Gruppe 35,3 % der Teilnehmer verbessern konnten, 52,9 % in ihren Leistungen konstant blieben und 11,8 % sich verschlechterten. Die 2D-Gruppe zeigte überhaupt keine Verbesserungen: 78,6 % der Teilnehmer erreichten im Vergleich zum ET gleichbleibende Leistungen, 21,4 % verschlechterten sich (Abb. 27).

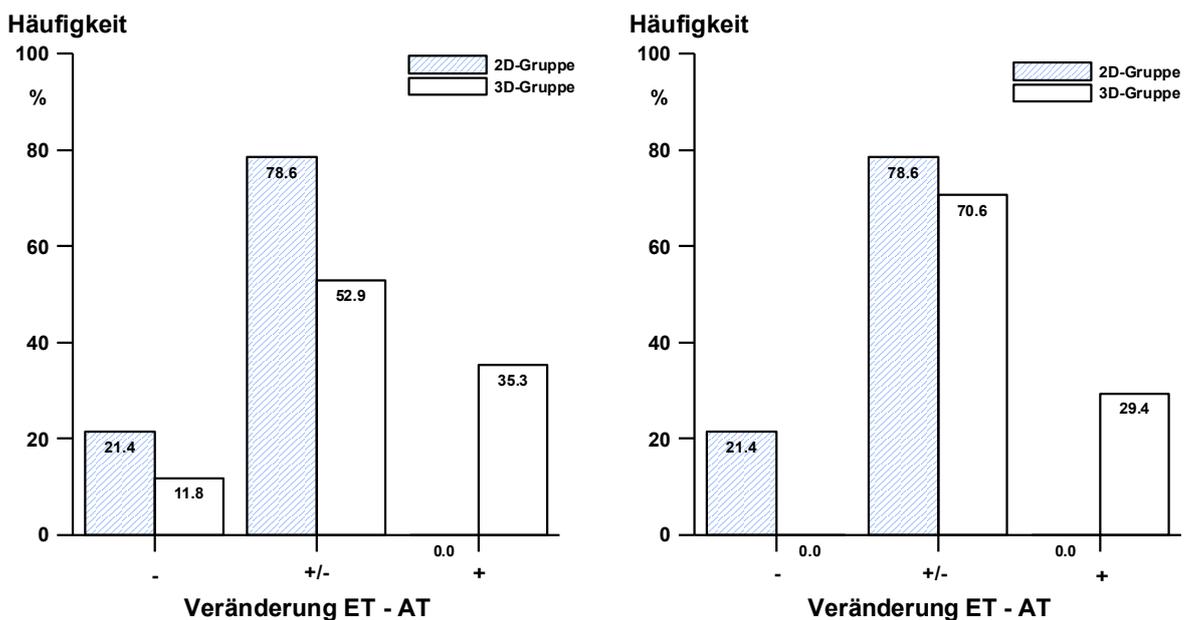


Abb. 27: Häufigkeitsverteilung der Veränderungen beim „Stereosehen“ (links) und bei „Phorien in der Ferne“ (rechts) für die 2D- und 3D-Gruppe

Ordinate: Prozentuale Häufigkeit [%]

Abszisse: Veränderungen im Vergleich ET – AT (eingeteilt in die drei Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstant geblieben“ [+/-] und „verbessert“ [+] für beide Kollektive)

Ähnliche Ergebnisse weisen auch die Untersuchungen zu „Phorien in der Ferne“ auf (Abb. 26). Hier konnten sich im Vergleich zur 2D-Gruppe (0,0 %) immerhin 29,4 % der 3D-Gruppe verbessern, wohingegen sich anders als bei den Teilnehmern des 2D-Kollektivs (21,4 %) niemand verschlechterte in seiner Leistung. Der größte Anteil beider Kollektive (78,6 % der 2D- und 70,6 % der 3D-Gruppe) blieb im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest in der visuellen Leistung konstant und veränderte sich nicht.

Abbildung 27 stellt die Ergebnisse zum „Visuellen Greifen“ des linken Auges dar. Es zeigt sich, dass sich 56,3 % der 3D-Teilnehmer verbesserten und 43,8 % sich

immerhin nicht verschlechterten. 15,4 % der Teilnehmer am 2D-Training steigerten ihre Leistung, die gleiche Anzahl verschlechterte sich aber auch nach dem Trainingszeitraum (konstante Werte = 69,2 %).

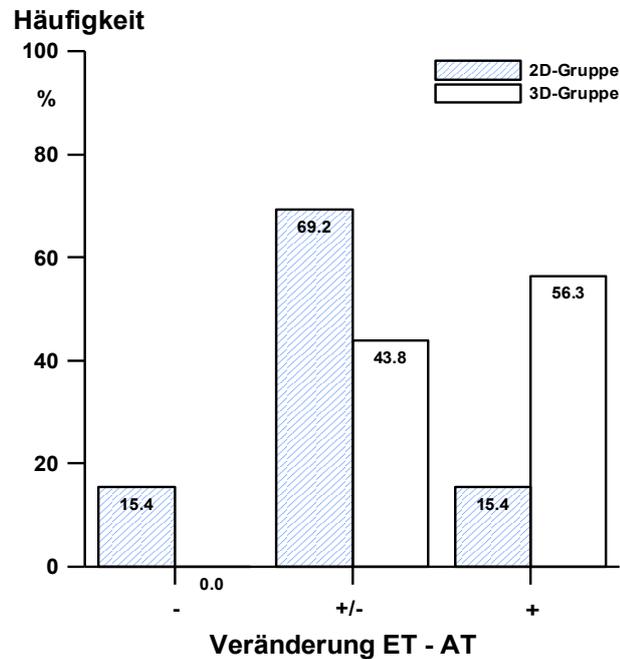


Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Veränderungen für „Visuelles Greifen des linken Auges“ bei der Untersuchung „Van Orden Stern“

Ordinate: Prozentuale Häufigkeit [%]

Abszisse: Veränderungen im Vergleich ET – AT (eingeteilt in die drei Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstant geblieben“[+/-] und „verbessert“[+] für beide Kollektive)

Zusammenfassend hat die 3D-Gruppe, ebenso wie in den zuvor beschriebenen Teilparametern, auch im Bereich „visuelles Greifen“ des linken Auges die 2D-Gruppe signifikant übertroffen bezüglich der Veränderung (unter besonderer Berücksichtigung der Kategorie „verbessert“) zwischen den beiden Screening-Zeitpunkten.

Neben diesen Untersuchungen, mit z.T. signifikanten Veränderungen, konnte bei anderen Teilaufgaben eine Tendenz hinsichtlich gruppenspezifischer Veränderungen zugunsten der 3D-Gruppe beobachtet werden. Bei den Untersuchungen zu „Fixierung“ ($2p = 0,080$) und „flache Fusion in der Ferne“ ($2p = 0,067$) ergab der Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Veränderungen, dennoch verbesserte sich tendenziell ein größerer Anteil der 3D- als der 2D-Gruppe. So kann beispielsweise für den Bereich „Fixationsfertigkeit“ festgestellt werden, dass sich im Kollektivver-

gleich 54,8 % aus der 3D- und 21,4 % aus der 2D-Gruppe steigerten. Auch die Untersuchung „flache Fusion in der Ferne“ am Biopter zeigte, dass 47,1 % der 3D-Gruppe eine Verbesserung zeigten (2D-Gruppe = 14,3 %; vgl. Abb. A1).

5.2.2 Konvergenz- und Divergenzfähigkeit

Für die Auswertung der Untersuchungen mit der Prismenleiste wurde der prozentuale Anteil in beiden Gruppen (2D und 3D) zu den beiden Messzeitpunkten vor und nach der Trainingsperiode berechnet, der innerhalb eines bestimmten Dioptrin-Zielbereichs liegt. Dieser Zielbereich wurde für die Messung zur „Basis außen“ (Base out) zwischen 20 und 40 pdpt, für die „Basis innen“ (Base in) zwischen 10 und 40 pdpt festgelegt [26, 106].

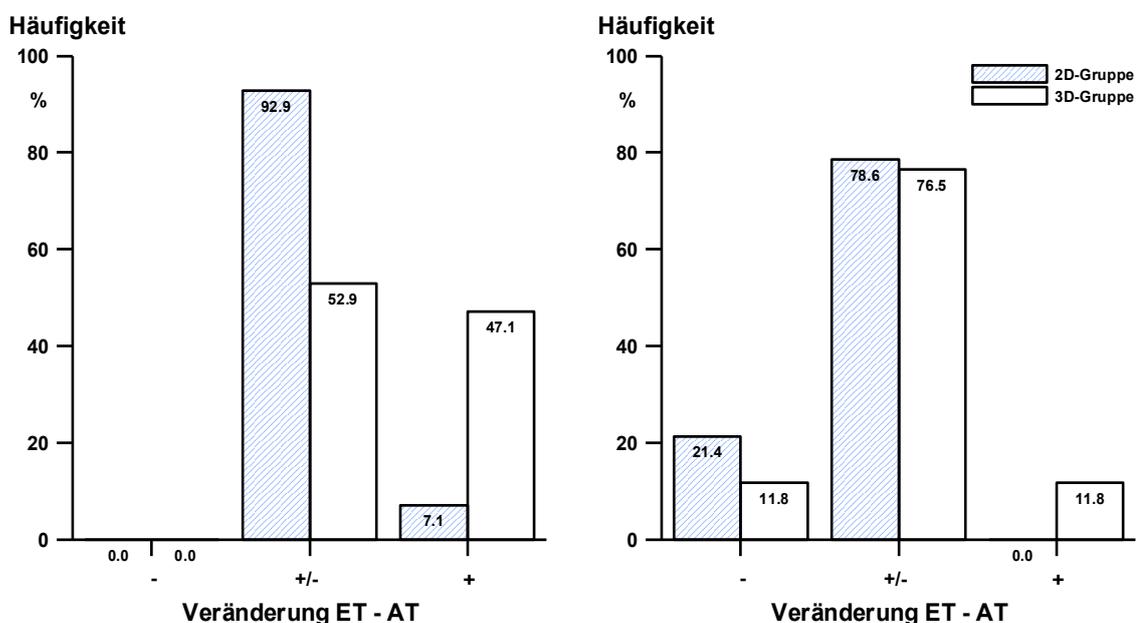


Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der Veränderungen für Basis Außen (links) und Basis Innen (rechts)

Ordinate: Prozentuale Häufigkeitsverteilung [%]

Abszisse: Veränderungen im Vergleich ET-AT (eingeteilt in die drei Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstant geblieben“[+/-] und „verbessert“[+] für beide Kollektive)

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilung der erreichten Prismenbereiche der beiden Trainings-Gruppen mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests ergab für die Basis Außen ($2p = 0,015$) einen signifikanten Unterschied, für die Basis Innen ($2p = 0,351$) hingegen nicht. Für die Konvergenzfähigkeit (Basis Außen/Base Out) konnte ermittelt werden, dass 47,1 % der 3D-Gruppe aber nur 7,1 % der 2D-Gruppe eine Leis-

tungsverbesserung erreichte. Die restlichen Teilnehmer blieben in ihrer Leistung konstant.

11,8 % der 3D-Teilnehmer konnten sich in der über die Basis Innen (Base In) gemessenen Divergenzfähigkeit verbessern, die gleiche Anzahl verschlechterte sich allerdings auch. In der 2D-Gruppe steigerte sich niemand, 21,4 % verschlechterten sich sogar (Abb. 29).

5.2.3 Spaceboard

Die statistische Auswertung für das Spaceboard erfolgte anhand des Vergleichs der Summe aller X- und Y-Achsenabweichungen (in cm) sowie der Variationskoeffizienten aus den Abweichungen zur X- und Y-Achse (vgl. Tab. A4).

Varianzanalytisch zeigten sich aber weder für die Summe ($p = 0,376$) noch für den Variationskoeffizienten der X- ($p = 0,834$) und der Y-Achse ($p = 0,823$) signifikante (trainingsgruppenabhängige) Unterschiede zwischen den Eingangs- und Ausgangstestwerten im Vergleich der 2D- mit der 3D-Gruppe.

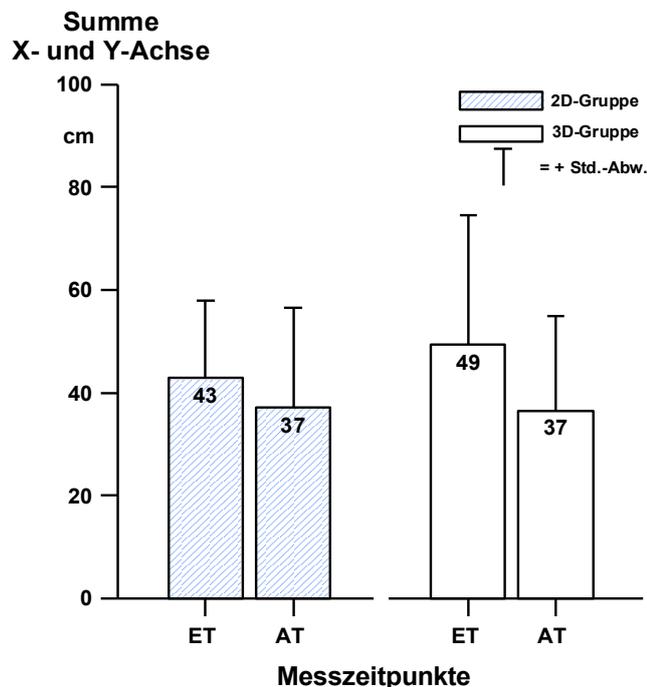


Abb. 30: Summen für die X- und Y-Achsenabweichung am Spaceboard zu den Messzeitpunkten ET und AT im Kollektivvergleich

Ordinate: Summe aus X- und Y-Achsenabweichungen (in cm)

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Teilnehmer der 2D-Gruppe lagen, alle Abweichungen von der X- und Y-Achse als Summe zusammengerechnet, im Mittel $42,8 (\pm 15,1)$ cm im Eingangstest und $37,1 (\pm 19,5)$ cm im Ausgangstest von den Achsen entfernt. Die 3D-Gruppe erreichte als Mittelwert im Eingangstest $49,3 (\pm 25,3)$ cm, im Ausgangstest lag sie bei $36,6 (\pm 18,4)$ cm (Abb. 30). Das Gesamtkollektiv konnte die Summe der Abweichungen von den Achsen vom ET zum AT insgesamt signifikant verringern (ET= $46,29 \pm 21,08$; AT $36,81 \pm 18,59$; $p = 0,025$). Obwohl sich die 3D-Gruppe im Vergleich mit der 2D-Gruppe etwas mehr steigerte, ist kein trainingsgruppenspezifischer Effekt zu verzeichnen (s.o.; $p = 0,376$).

Der Vergleich der Variationskoeffizienten (bezogen auf die Zielpräzision in Differenzierung von X- und Y-Achse) im Eingangstest und Ausgangstest für beide Kollektive zeigt, dass die Trainings-Gruppen sehr ähnliche Werte für die verschiedenen Messpunkte und Achsen erzielten (vgl. Abb. 31).

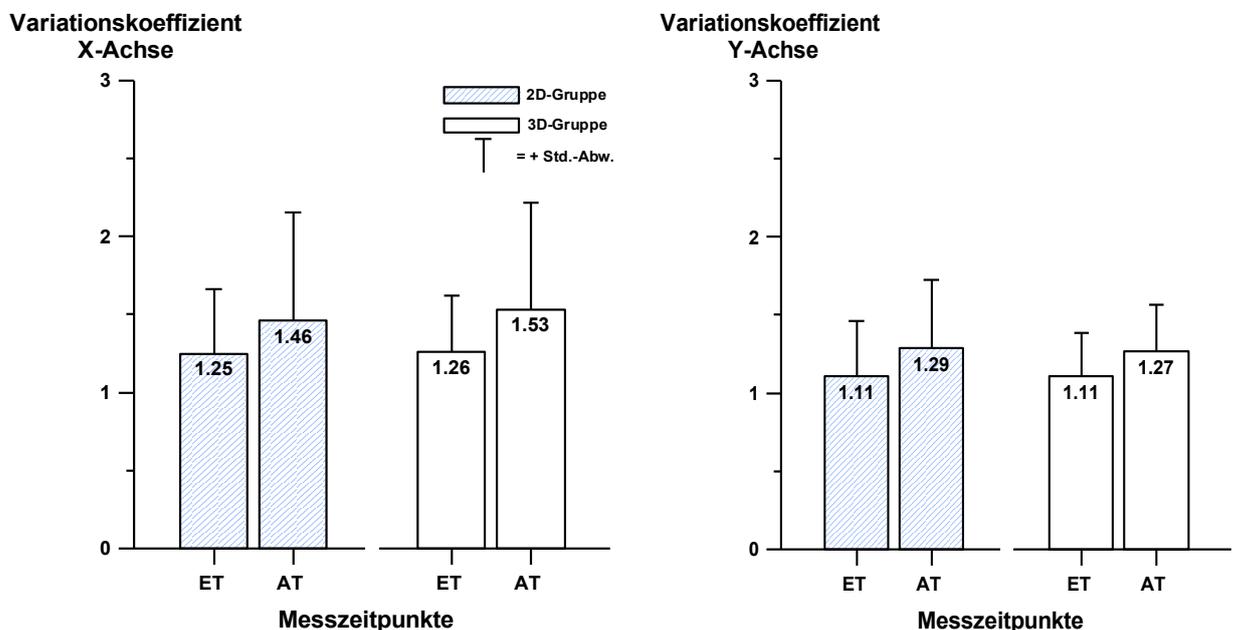


Abb. 31: Variationskoeffizienten für die X- und Y-Achsenabweichung zu den Messzeitpunkten ET und AT im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)

Ordinate: Variationskoeffizient

Abszisse: Messzeitpunkte (ET = Eingangstest, AT = Ausgangstest)

Links: Abbildung für die X-Achse

Rechts: Abbildung für die Y-Achse

Der Variationskoeffizient bezogen auf die X-Achse lag für das 2D-Kollektiv im Eingangstest bei $1,3 (\pm 0,4)$, im Ausgangstest bei $1,5 (\pm 0,7)$, für das 3D-Kollektiv im Eingangstest bei $1,3 (\pm 0,4)$, im Ausgangstest bei $1,5 (\pm 0,7)$.

Im Vergleich dazu sind die Werte für die Variationskoeffizienten (in Bezug zur Y-Achse) des 2D-Kollektivs vor Trainingsbeginn bei 1,1 ($\pm 0,4$), nach der Trainingsperiode bei 1,3 ($\pm 0,4$). Das 3D-Kollektiv erreichte in der Eingangsuntersuchung ebenfalls 1,1 ($\pm 0,3$), in der Ausgangsuntersuchung 1,3 ($\pm 0,3$).

5.3 Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer

Die Auswertung der Evaluationsbögen erfolgte mit Hilfe von Kreuztabellen. Jede zu bewertende Aussage wurde hinsichtlich signifikanter (Verteilungs-) Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven (2D und 3D) mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests überprüft.

Insgesamt konnten bei 5 von 18 verschiedenen Aussagen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 2D und 3D festgestellt werden (vgl. Tab. A5). Bei den Aussagen „Das Training war abwechslungsreich gestaltet und hat Spaß gemacht.“ ($2p = 0,031$), „Das Training entsprach meinen Vorstellungen.“ ($2p = 0,035$), „Im visuellen Bereich hat sich speziell das Tiefensehen/Räumliche Sehen verbessert.“ ($2p = 0,014$), „Das Training ist empfehlenswert.“ ($2p = 0,041$) und „Das Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht.“ ($2p = 0,05$) bewertete die 3D-Gruppe das Training signifikant besser und empfand die Aussagen als (signifikant) zutreffender (und somit positiver).

Innerhalb der 3D-Gruppe bewerteten 22,2 % bzw. 56,6 % der Teilnehmer die Aussage, das Training wäre abwechslungsreich und hätte Spaß gemacht, als „voll bzw. gut zutreffend“. In der 2D-Gruppe teilten diese Bewertung nur 6,3 % bzw. 18,8 % der Trainingsteilnehmer. 12,5 % fanden die Aussage sogar „unzutreffend“. Auch die subjektive Bewertung zu „Das Training entsprach meinen Vorstellungen.“ führte zu ähnlichen Ergebnissen: 16,7 % und 61,2 % der 3D-Gruppe, aber nur 18,8 % und 12,5 % der 2D-Gruppe bewerteten die Aussage als „voll zutreffend“ bzw. „gut zutreffend“. Gut ein Viertel (25 %) der 2D-Gruppe befand die Aussage sei nicht oder überhaupt nicht zutreffend (Abb. 32). Im Hinblick auf die subjektive Bewertung einer Leistungsverbesserung konnte nur für den Bereich „Tiefensehen“ ein signifikanter Unterschied im Gruppenvergleich festgestellt werden. Hier gaben etwa 95 % der Teilnehmer der 3D-Gruppe an, dass die Aussage, „...durch ein Sports Vision Training verbessere sich das Räumliche Sehen“, „eher“ bzw. „gut zutrifft“. Der Anteil der 2D-Gruppe belief sich in diesem Punkt auf (nur) 62,5 %.

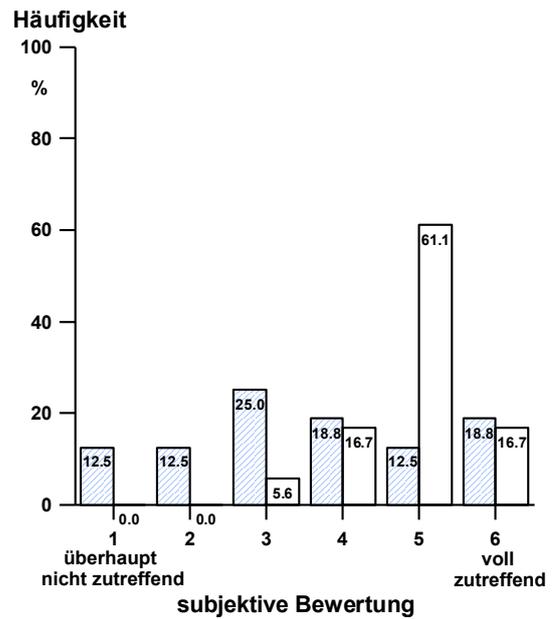
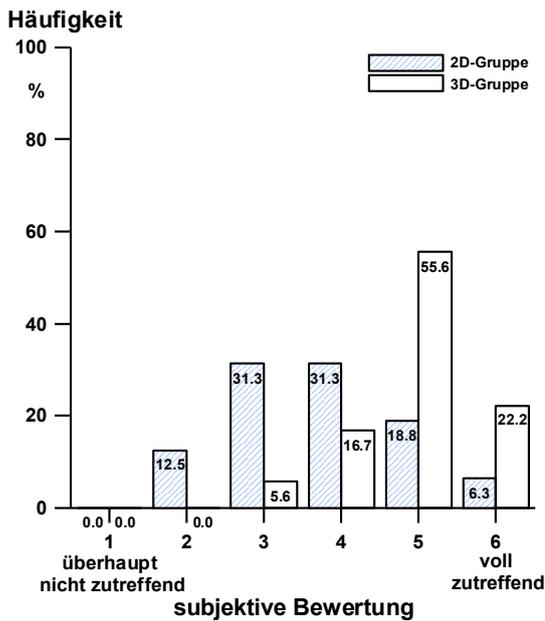


Abb. 32: Subjektive Bewertung der Aussagen „Das Training war abwechslungsreich gestaltet und hat Spaß gemacht“ (links) und „Das Training entsprach meinen Vorstellungen“ (rechts) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)

Ordinate: Häufigkeitsverteilung der gegebenen Antworten [%]

Abzisse: Antwortmöglichkeiten in Form eines sechsstufigen Skalenniveaus (1 = „trifft überhaupt nicht zu“, 2 = „trifft nicht zu“, 3 = „trifft eher nicht zu“, 4 = „trifft eher zu“, 5 = „trifft gut zu“, 6 = „trifft voll zu“)

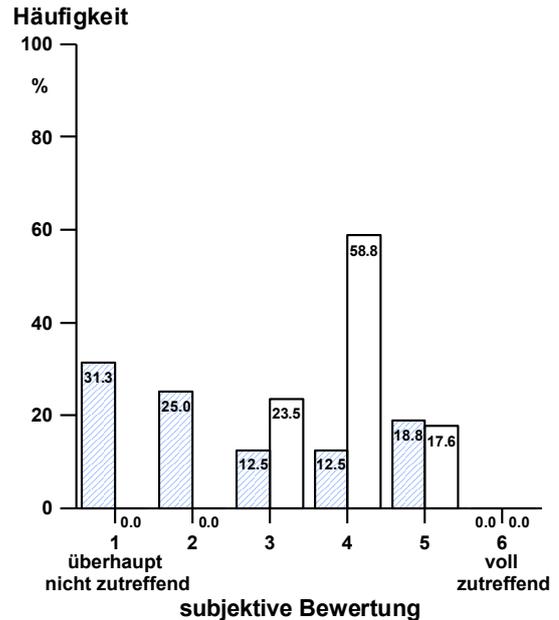
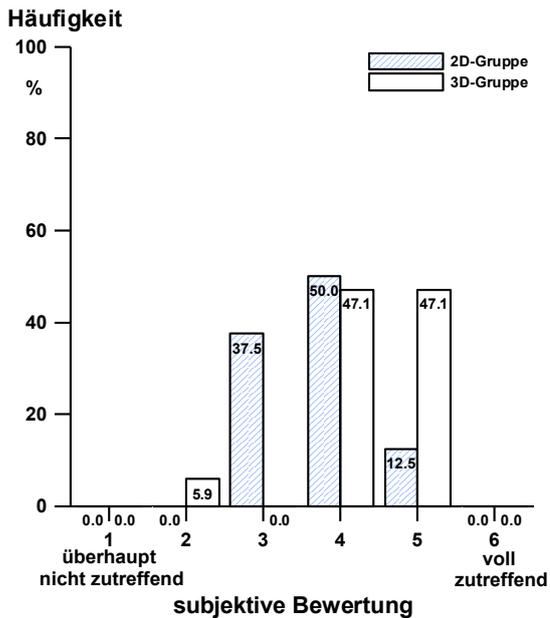


Abb. 33: Subjektive Bewertung der Aussagen „Im visuellen Bereich hat sich speziell das Tiefensehen/Räumliche Sehen verbessert“ (links) und „Das Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht“ (rechts) im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)

Ordinate: Häufigkeitsverteilung der gegebenen Antworten [%]

Abzisse: Antwortmöglichkeiten in Form eines sechsstufigen Skalenniveaus (1 = „trifft überhaupt nicht zu“, 2 = „trifft nicht zu“, 3 = „trifft eher nicht zu“, 4 = „trifft eher zu“, 5 = „trifft gut zu“, 6 = „trifft voll zu“)

Eine auf Sports Vision Training zurückzuführende Verbesserung in der jeweils vom Probanden betriebenen Sportart wurde von den beiden Kollektiven ebenfalls signifikant unterschiedlich bewertet. So fanden 17,6 % und 58,8 % der 3D-Gruppe, aber nur 12,5 % und 12,5 % der 2D-Gruppe die Aussage gut bzw. eher zutreffend. Circa 56 % der 2D-Gruppe bewerteten die Aussage sogar mit „überhaupt nicht“ bzw. „nicht zutreffend“ (Abb. 33).

Die Bewertung der Aussage zur „Weiterempfehlung des Trainings“ ergab ebenfalls signifikante gruppenspezifische Unterschiede: So wurde von 61,1 % der 3D-Gruppe, aber von nur 18,8 % der 2D-Gruppe die Aussage „Das Training ist empfehlenswert.“ mit „trifft voll zu“ (6) bewertet. 12,5 % des 2D-Kollektivs würden das Training gar nicht empfehlen (Abb. 34).

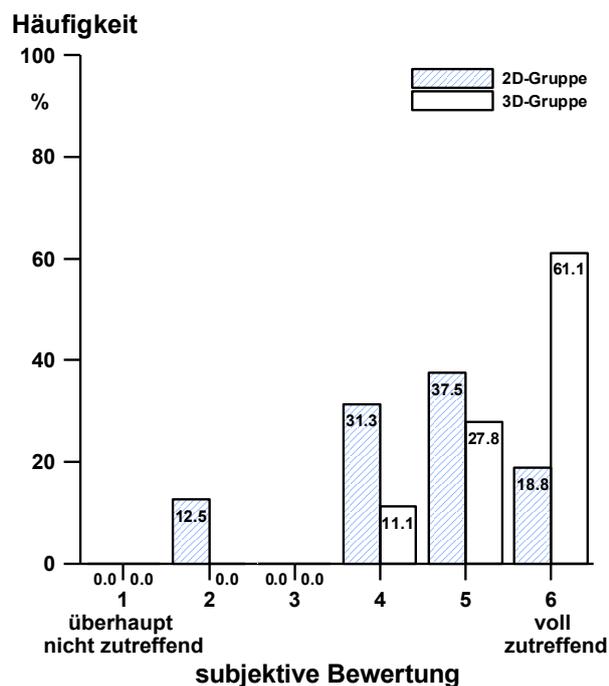


Abb. 34: Subjektive Bewertung der Aussage „Das Training ist empfehlenswert“ im Kollektivvergleich (2D vs. 3D)

Ordinate: Häufigkeitsverteilung der gegebenen Antworten [%]

Abszisse: Antwortmöglichkeiten in Form eines sechsstufigen Skalenniveaus (1 = „trifft überhaupt nicht zu“, 2 = „trifft nicht zu“, 3 = „trifft eher nicht zu“, 4 = „trifft eher zu“, 5 = „trifft gut zu“, 6 = „trifft voll zu“)

6 DISKUSSION

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die Frage nach der Effektivität eines sportartun-spezifischen Sports Vision Trainings (SVT). Eine eingangs durchgeführten Litera-turrecherche konnte zeigen, dass es nur wenige wissenschaftliche Studien gibt, die eine ähnliche/vergleichbare Fragestellung behandeln. Auch Helveston [45], Jennings [59, 60], Baret [9] und Graf [39] griffen diese Problematik bereits in der Vergangenheit auf und äußerten sich kritisch zur Studienqualität vieler Untersu-chungen im Bereich SVT. Die genannten Autoren referierten in ihren Reviews zwar einige SVT-Studien (vgl. Kap. 3.4.2), diese wiesen aber entweder diverse (methodische) Mängel auf und/oder konnten keine signifikanten Trainingseffekte nachweisen.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit lag auf der Durchführung einer eigenen Wirksamkeitsstudie. Sollte sich ein sportartunspezifisches SVT (wie häufig von entsprechenden Anbietern „angepriesen“) also tatsächlich als effektiv erweisen, kann angenommen werden, dass signifikante Verbesserungen in der visuellen Leistung – speziell visuelle Teilleistungen, die nachgewiesenermaßen im Sport von Bedeutung (u.a. [30, 53, 74, 99]) sind – nach dem Training herausbil-den/ergeben und mittels objektiver Messverfahren nachweisbar/dokumentierbar sind.

Als wesentliches Ergebnis der nach wissenschaftlichen Standards durchgeführten (verblindeten) Studie konnte festgestellt werden, dass ein aktuell auch im Sport angewandtes, sechswöchiges SVT unter Aufsicht und Anleitung von speziellen Sports Vision Trainern, im Vergleich zu einem „Placebo-Training“ (ausschließlich am Bildschirm/PC), keinen messbaren (auch statistisch nachweisbaren) Gewinn in der visuellen Leistungsfähigkeit erbrachte. Obwohl das Placebo-Kollektiv (2D-Gruppe) – im Gegensatz zur Trainings-Gruppe (3D-Gruppe), die Übungen zur Op-timierung des Stereosehens aber z.B. auch koordinative Übungen mit Balan-cetraining absolvierte – sich lediglich mit einem Computerprogramm und einem Sports Vision-Spiel von Nintendo® beschäftigte, konnte auch im funktionalopto-metrischen Screening kein bedeutsamer Unterschied im Leistungsverlauf zwi-schen den beiden Kollektiven zu den verschiedenen Messzeitpunkten festgestellt werden. Das Training wurde allerdings bei der subjektiven Einschätzung von der

3D-Gruppe (im Vergleich zur 2D-Gruppe) signifikant häufiger als „empfehlenswert“ und für die sportliche Leistungssteigerung als „effektiv“ betrachtet.

6.1 Methoden

Bei einer Bewertung und Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands wurden die Bedingungen, die für die Durchführung einer „Trainingsstudie“ entscheidend sind, herausgearbeitet. Auf den Erkenntnissen der Literaturlauswertung basierend, dass eine adäquate Studienqualität nur durch eine randomisierte, kontrollierte Doppelblindstudie zu erreichen ist, wurde für die vorliegende Arbeit eine dementsprechende Studie geplant und durchgeführt. Die Untersuchungen wurden deshalb unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Kriterien (z.B. Definition der Ein- und Ausschlusskriterien, Drop-Outs, angemessene Fallzahl [2]; vgl. Anhang) durchgeführt. Außerdem wurde neben dem Trainings- ein Placebo-Kollektiv geführt, der Versuchsleiter (der Eingangs- und Ausgangstestdiagnostik) verblindet sowie standardisierte Sehtestverfahren angewendet. Ein- und Ausgangstestungen fanden für die einzelnen Probanden zu immer gleichen äußeren Bedingungen (Tageszeit, Raumbelichtung etc.) statt.

Die beiden Kollektive 2D (Placebo) und 3D (Sports Vision Training) trainierten über einen Zeitraum von sechs Wochen jeweils dreimal wöchentlich ca. 60 Minuten. Das 3D-Training orientierte sich an den von Clark et al. [25] verwendeten Trainingsgeräten. Clark ließ ein Baseball-Team an einem Sports Vision Training teilnehmen, verglich deren Leistung aber nur mit anderen Mannschaften der Liga. Er stellte eine Leistungssteigerung fest, berücksichtigte aber Spielerwechsel und andere Faktoren nicht. Das SVT aus der beschriebenen Studie stellt eine aktuelle und „gängige“ Methode dar, wie sie derzeit von praktizierenden Visualtrainern/Sports Vision Trainern und auch vom Institut für Sportsvision „Dynamic Eye“ angeboten und vermarktet wird. Das 2D-Kollektiv trainierte mit dem „Augentraining™“ am Nintendo® DS bzw. mit der Computersoftware „Visual Enhancement for Athletes“. Anstelle eines Kontroll-Kollektivs (ohne Intervention), wurde in der vorliegenden Studie bewusst ein Placebo-Kollektiv geführt, das einer „Schein-Intervention“ ausgesetzt wurde. Mittels dieser Placebo-Gruppe konnte die positive Erwartungshaltung der Probanden, die randomisiert der Kontroll-Gruppe zugeordnet wurden, erhalten bleiben. Dies war besonders wichtig, da die Teilnehmer, die

allesamt aktive Sportler waren, möglicherweise auch mit der Hoffnung und dem Gedanken an der Studie teilgenommen haben, um in ihrer sportlichen Leistung – oder zumindest im visuellen Bereich – eine Steigerung zu erzielen. Die Enttäuschung, an keiner Intervention teilnehmen zu dürfen, wäre unter Umständen sehr groß gewesen. Nachteil eines Placebo-Kollektivs ist aber sicherlich, dass keine hundertprozentige Gewährleistung besteht, dass die Schein-Intervention wirklich keinen Effekt bewirkt. Übungen zu Stereopsis, Koordinationsaufgaben und dynamische Sehaufgaben (z.B. vermehrter Einsatz von Blickmotorik) wurden zwar bewusst aus dem Trainingsplan ausgeschlossen, ob wirklich kein Effekt durch das 2D-Training nachweisbar ist, steht zur Diskussion. Eine Möglichkeit, dieses Risiko zu vermeiden wäre, in Folgestudien neben der Trainings- eine Placebo- und eine Kontroll-Gruppe zu führen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass „Dynamic Eye“ kurz vor Fertigstellung dieser Arbeit an der Veröffentlichung einer weiteren Studie beteiligt war. Schwab & Memmert [102] führten diese in Zusammenarbeit mit den Sports Vision Trainerinnen durch. Der Aufbau des Trainings war ähnlich gestaltet. Im Unterschied zur vorliegenden Studie wurde eine Hockey-Jugendmannschaft aufgeteilt in eine Trainings- (dreimal wöchentlich SVT à 45 min über sechs Wochen) und eine Kontroll-Gruppe (kein SVT). Die Trainings-Gruppe konnte ihre periphere Wahrnehmungsleistung sowie ihre Reaktionszeit im Vergleich zum Kontroll-Kollektiv signifikant verbessern. Ein großer Kritikpunkt liegt aber in der Durchführung der Testung. Hier wurden z.T. keine standardisierten Sehtests, sondern lediglich verschiedene Programme der eingesetzten Trainingsgeräte verwendet. Die mögliche Testfamiliarität der Trainings-Gruppe mit den Messgeräten schließt – wie auch in vielen anderen Studien [8, 82, 83] – eine wissenschaftliche Bewertung des Trainingserfolgs womöglich aus. Die Ergebnisse müssen kritisch betrachtet werden, weshalb in der vorliegenden Studie bewusst objektive (von der Trainingsmethode unabhängige) Messverfahren zur Erfassung der visuellen Leistungsfähigkeit verwendet wurden.

Neben dem Aspekt der Studienqualität sollte die optimale Trainingsdauer hinterfragt werden. In der vorliegenden Studie wurde über einen – von den SVT-Trainerinnen vorgegebenen – Zeitraum von sechs Wochen (18 Trainingseinheiten) trainiert. Die SVT-Trainerinnen sehen diese Anzahl an Trainingseinheiten als realistische Größenordnung dafür, dass eine visuelle Leistungssteigerung bemerkbar

und somit nachweisbar ist. Auch in der Praxis werden Trainingsprogramme mit dieser Dauer und Anzahl an Einheiten angeboten.

Im Vergleich mit anderen Studien (in denen gezielt ein sportartunspezifisches Sports Vision Trainingsprogramm angewendet wurde), ist diese Dauer des hier evaluierten SVTs im mittleren Bereich einzuordnen (vgl. Tab 1a-f) und spiegelt etwa die durchschnittliche Trainingsdauer wider. Zu finden sind Studien mit kürzeren (drei bis fünf Wochen) aber auch längeren Untersuchungszeiträumen (sieben bis neun Wochen). Abernethy [1] und van Velden [115] beispielsweise setzten einen Zeitraum von vier Wochen fest, konnten aber keine generellen trainingsinduzierten Leistungssteigerungen nachweisen. Bressans [17] Untersuchungen umfassten fünf Wochen Training. Sie konnte dagegen bei den verschiedenen Trainingskollektiven eine sportliche Leistungssteigerung feststellen. Quevedo et al. [86], die mit neun Wochen einen vergleichbar langen Zeitraum wählten, konnten wiederum keinen Effekt nachweisen. Eine der wenigen Studien, in denen die visuelle Leistung von Teilnehmern eines Sports Vision Trainings über einen längeren Zeitraum (von bis zu vier Jahren) kontrolliert wurde, führten Zupan et al. [131] durch. Ergebnis dieser Studie war, dass sich mit steigender Anzahl an absolvierten Trainingseinheiten auch die visuellen Leistungen verbesserten. Dieser Anstieg war schon nach einigen wenigen Trainingseinheiten zu verzeichnen. Ignoriert wurde hier, dass die Verbesserung möglicherweise auch aus einer Vertrautheit mit den Übungen resultierte. Nach ca. 18 Trainingseinheiten (wie in der vorliegenden Studie) war bereits ein deutlicher Leistungszuwachs zu erkennen, der aber aufgrund der fehlenden Kontroll-Gruppe nicht aussagekräftig ist.

Da aus wissenschaftlicher Sicht bisher nicht eindeutig ersichtlich ist, in welchem Umfang (Belastungsdichte, -dauer und -häufigkeit) ein Sports Vision Training durchgeführt werden muss/sollte, um eine messbare visuelle Verbesserung zu erzielen, wurden einerseits Herstellerangaben (u.a. Eyeport mit 18 Trainingseinheiten über drei Wochen), andererseits die Erfahrungswerte von Sports Vision Trainern und Ratgebern [33, 72, 89] sowie sportwissenschaftliche Definitionen des Trainingsbegriffs [113] berücksichtigt. Deshalb kann und soll hier nicht ausgeschlossen werden, dass ein von dieser Studie abweichendes Trainingskonzept ggf. einen Effekt haben kann. Aufgrund dieser fehlenden Goldstandards bei der Durchführung eines SVT – resultierend aus den verschiedenen Trainingsmethoden

und Erfahrungen der Trainer – könnte möglicherweise bei veränderter Trainingsdauer bzw. Anzahl an Trainingseinheiten ein anderes (ggf. positives) Ergebnis hervorgehen [1, 17, 86, 115].

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Auswahl der Teilnehmer. Gewählt wurden für die vorliegende Studie augengesunde Sportler (überwiegend Sportstudierende). Hazel [44] stellte aber – wie sicherlich auch andere Sportwissenschaftler – bereits vor zwei Jahrzehnten fest, dass „die mit der schlechtesten Performance am meisten profitieren“. Der Gedanke dieser Aussage stimmt überein mit Abernethy [1] („Benefit nur, wenn unkorrigierte Defekte vorliegen“) und Adolphe & Vickers [3] („Das Potential darf nicht ausgeschöpft sein“). Sogar die American Optometric Association stellt in einem allgemeinen Statement zur Funktionaloptometrie dar, dass man beim Visualtraining nur einen klinischen Nutzen bei Patienten erwarten sollte, die feststellbare visuelle Defizite haben [5]. Die Schlussfolgerung ist, dass vielleicht defizitorientiert und entgegen dem „Gießkannenprinzip“ (Training hilft Jedem) trainiert werden sollte. Dies würde bedeuten, dass ein individualisiertes Training nach umfangreicher Beobachtung und Testung ausgearbeitet würde und nur pathologische Fälle behandelt würden. In der vorliegenden Studie wurde zwar schon mit der Methode des Loadings versucht, die Trainingspläne zu individualisieren, dennoch mussten alle Teilnehmer an den gleichen Geräten vorgegebene Übungen absolvieren. Um einen Effekt nachzuweisen, müsste eine Einzelfallbeobachtung in Case Studies durchgeführt und ausgewertet werden.

Diesem Gedanken widersprechen allerdings Untersuchungen und Überlegungen von Tidow [111], der bei Sportstudierenden durchaus noch Anpassreserven (z.B. in der blickmotorischen Leistung) finden konnte.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Visuelle Leistungsdiagnostik

Mit Hilfe standardisierter Testverfahren wurden im Rahmen der sog. Visuellen Leistungsdiagnostik insgesamt acht Teilleistungen (statische Sehschärfe, afferentes und efferentes (SOG) Bewegungssehen, kinetische Perimetrie, haploskopisches und natürliches Räumliches Sehen, Reaktions- und Antizipationsleistung) untersucht. Die Auswertung der Daten erfolgte durchgehend orientiert an der Fragestellung, ob ein (trainingsmethodenbezogener) Unterschied zwischen den bei-

den Kollektiven 2D und 3D im Messverlauf festgestellt werden kann. Hierzu wurden die Ergebnisse der Ein- und Ausgangstestung im Hinblick auf mögliche Effekte des Sports Vision Trainings statistisch analysiert.

Statische Sehschärfe

Der Vergleich beider Kollektive zum einen anhand der Visusstufenverteilung (linkes Auge: χ^2 -Test, $2p = 0,635$; rechtes Auge: $2p = 0,471$), zum anderen anhand der gemittelten Visuswerte zu beiden Messzeitpunkten für beide Augen (linkes Auge: $p = 0,711$; rechtes Auge: $p = 0,446$) zeigte keine signifikanten Leistungsunterschiede im Messverlauf. Die Gruppenzugehörigkeit hatte folglich keinen Einfluss auf die Veränderung der Sehschärfe im ET-/AT-Vergleich. Damit werden Ergebnisse von sportartunspezifischen Trainings wie die von Abernethy & Wood [1] oder Quevedo et al. [86], aber auch die Ergebnisse sportartspezifischer Trainings z.B. von Ruhmann [92] und Olbrisch [80], die ebenfalls keinen Effekt auf die statische Sehschärfe nachweisen konnten, bestätigt.

In wiederum anderen Studien wird die Visusbestimmung (für die Ferne) oftmals in einem Eingangstest genutzt, um die Basisvoraussetzungen und somit eine Normalsichtigkeit (wenn nötig mit Korrektur) für das Sports Vision Training sicherzustellen [8, 16, 17, 82, 83, 86, 96]. Dies ist allein schon deshalb wichtig, um nicht fehlsichtig zu trainieren und ggf. Verletzungen vorzubeugen [39].

Stine [107] und Hazel [44] konnten in ihrer Literaturrecherche Studien finden, die auf die Trainierbarkeit der Sehschärfe hindeuten. Eine mögliche Visussteigerung durch Sehtraining wird auch von Wesemann [121] in Betracht gezogen und mit entsprechenden Studienergebnissen belegt. Er befasste sich mit dem Sehtraining bei Myopie und beschreibt verschiedene Studien, die einen Visusanstieg nach Sehtraining nachweisen. Ebenso wie Zimmermann [129] sagt aber auch er, dass diese Veränderungen sich nicht in der Refraktionsmessung widerspiegeln. Eine Veränderung oder Verbesserung der Myopie kann durch Sehtraining folglich nicht erreicht werden [121]. In ophthalmologischer Fachliteratur wird auf eine kurzfristige Besserung des Sehens ohne Brille durch funktionelle Übungen hingewiesen, vom Sehtraining als Therapie wird aber abgeraten [98].

Dynamisches Sehen/Bewegungswahrnehmung

Ein größeres Augenmerk wird im SVT aber sicherlich auf die Trainierbarkeit der Okulomotorik und des dynamischen Sehens gelegt. Aber auch bei den dynami-

schen Sehtests erreichte das Trainings-Kollektiv (im Vergleich zum Placebo-Kollektiv) keine signifikant größeren Leistungssteigerungen/-gewinne. Dies gilt für den DTDS ($p = 0,207$) ebenso wie für die Messung der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit ($p = 0,949$). Im Gegensatz zu den Ergebnissen im DTDS zeigte sich für die Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (SOG) im Gesamtkollektiv eine signifikante Steigerung der im Mittel erreichten Winkelgeschwindigkeit ($p = 0,003$) im Vergleich von Eingangs- zu Ausgangstest. Dieses Ergebnis kann möglicherweise aber auch auf eine koordinative Anpassung an die Messapparatur (und die Sehaufgabe) zurückgeführt werden [50].

Zwar spielt die statische Sehschärfe auch eine Rolle beim dynamischen Sehen, aber aus der Qualität der statischen Sehschärfe darf nicht zwingend ein Rückschluss auf das Bewegungssehen gezogen werden. Die Bedeutung des Visus bei Messung der dynamischen Sehschärfe stellen neben Schnell [99] auch Kirschen & Laby [62] dar. Sie erstellten eine „Seh-Pyramide“, deren Basis neben der Kontrastsensitivität die Sehschärfe bildet. Auch Zimmermann [129] geht auf dieses Anschauungsmodell näher ein und sieht die Sehschärfe als eine Grundlage für das Bewegungssehen, welches von großer Bedeutung in schnellen Rückschlagspielen und Hochgeschwindigkeitssportarten ist. Diesen Aussagen liegt sicherlich die Definition der dynamischen Sehschärfe (dynamic visual acuity; DVA) zugrunde, die von Ludvigh/Miller [76] als die Fähigkeit definiert wurde „ein möglichst kleines kritisches Detail in einem – mit konstanter Winkelgeschwindigkeit – bewegten Sehobjekt korrekt zu erkennen“ [50] ist. Bezogen auf den Sportler erachtet Zimmermann [129], dass „es möglich ist, dass die dynamische Sehschärfe möglicherweise sogar der wichtigste Größenwert des visuellen Systems des Sportlers darstellt“. Anders als die DVA stellt die Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (SOG) eher die koordinative Leistungsfähigkeit der Augenmuskulatur (die Blickmotorik) in den Vordergrund [50, 51, 52, 53, 76]. Aufgrund der mit Visus 0,1 geringen Anforderung an das räumliche Auflösungsvermögen ist hier der Einfluss der Sehschärfe als gering einzustufen.

Allgemeine Untersuchungsbefunde zur Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit und deren Trainierbarkeit deuten auf eine mögliche blickmotorische Leistungssteigerung und eine verbesserte dynamische Sehschärfe durch gezielte Übungen hin

(Ludvigh/Miller 1954; Tidow/De Marées 1986; Long/Rourke 1989; Long/Riggs 1991; Jendrusch et al. 1995-1998, referiert in [52, 76]).

Dies ist vor allem an Spitzensportlern (speziell aus den Spielsport- und Rückschlagsportarten), die eine deutlich höhere Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit erreichen als z.B. Nicht-Sportler zu erkennen [50, 51, 52, 53, 76]. Außerdem besteht ein Unterschied zwischen den verschiedenen Sportarten (höheres visuell-dynamisches Leistungsvermögen von Personen, die visuell-dynamisch belastende Sportarten betreiben wie Tennis, Tischtennis, Handball oder Volleyball). Die dynamische Sehschärfe muss also auch in Abhängigkeit von der sportlichen Anforderung gesehen werden. Der DTDS (WISTs Dynamischer Sehtest) misst das „von der Blickmotorik unabhängige, afferente Bewegungssehen“ [52]. Ehrenstein & Jendrusch [30] fanden ebenfalls einen „Zusammenhang zwischen afferenter dynamischer Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit“ [52]. Dies deutet ebenfalls auf eine Trainierbarkeit des Bewegungssehens/der Bewegungswahrnehmung hin.

Die oben beschriebene Trainierbarkeit der blickmotorischen Leistungsfähigkeit und der dynamischen Sehschärfe muss nun differenziert werden von der von weiteren Autoren beschriebenen nicht-signifikant veränderten dynamischen Sehschärfe nach einem SVT. Abernethy & Wood [1] aber auch Ruhmann [92] und Olbrisch [80], die ein sportartenspezifisches Training untersuchten, konnten keinen Transfereffekt auf das Bewegungssehen (letztere die SOG) nachweisen. Auch Woodworth-Hobbs et al. [128] fanden keinen Unterschied zwischen Trainings- und Kontroll-Gruppe, obwohl sich das Gesamtkollektiv signifikant verbesserte. Die Ursache des fehlenden Effekts in der dynamischen Sehleistung in der vorliegenden Studie liegt möglicherweise in der fehlenden Spezifität der Trainingsmethoden. Eingesetzte Trainingsgeräte waren neben dem Dynavision D2, die P-Rotator-Rotationsscheibe, der Eyeport, das Computerprogramm VPE und die Flipper. Die Impulsbrille wurde in Kombination mit dem P-Rotator sowie bei Anwendung des Eyeports eingesetzt. Zwar wird von Sports Vision Trainern u.a. mit dem Training des dynamischen Sehens und der Blickmotorik geworben, aber die Trainingsgeräte scheinen vielmehr auf die Reaktionszeit (D2, VPE), Fixierung und (kleinamplitudige) Sakkaden/Blicksprünge (P-Rotator, Eyeport), Akkommodation (Flipper, Brockschnurr, Eyeport) und periphere Wahrnehmung (D2) abzielen. Möglicherweise gibt es Trainingserfolge im Bereich der Okulomotorik, die über die SOG o-

der den DTDS nicht erfasst werden konnten. Weiterhin ist ein generelles, sportartenspezifisches SVT unter Umständen zu allgemein und deshalb nicht effektiv. Jendrusch [55] erstellte in den 90er Jahren bereits sportartenspezifische Übungsformen für Tennisspieler und wies darauf hin, dass die dynamische Sehleistung und Anforderung in Abhängigkeit von der Sportart zu sehen sind.

Tidow [52] vermutet den größten Effekt des blickmotorischen Trainings in der verbesserten Antizipation. Hiermit sind das „antizipatorische Timing“ bei Blickbewegungen sowie „festgelegte Blickstrategien mit Fixationszielen in den einzelnen Phasen der Bewegung“ gemeint.

Antizipationsfähigkeit und Reaktionszeit

In der vorliegenden Studie wurde die Antizipationsleistung vor und nach dem Training im Kollektivvergleich untersucht. Neben der Extrapolationsleistung wurde auch die (visuelle) Reaktionszeit überprüft. Es konnten keinerlei signifikante Unterschiede beim Vergleich der Eingangs- und Ausgangstestleistungen zwischen den beiden Gruppen (Reaktionszeit: $p = 0,066$; Antizipationszeit 16 °/s: $p = 0,483$ und 24 °/s: $p = 0,288$) nachgewiesen werden. Auffällig ist hier sicherlich, dass sich in der Reaktionsleistung der 3D-Gruppe tendenziell sogar eine Verschlechterung zeigte (durchschnittliche Reaktionszeit -7,4 ($\pm 40,2$) ms im ET und -21,3 ($\pm 34,9$) ms im AT). Laut Aussage des Instituts für Sportsvision „Dynamic Eye“ soll aber vor allem mit dem Dynavision D2, der Impulsbrille und dem Programm VPE die visuelle Reaktion verbessert werden [106].

Die Messung der Antizipationsleistung wurde in Studien (zum SVT) bisher sehr selten angewendet. Voigt (ref. in [52]) zeigte in einer Studie zwar, dass sich Leistungssportler von Nicht- bzw. Freizeitsportlern in ihrem Antizipationsverhalten voneinander unterscheiden, zur Trainierbarkeit – speziell mittels eines sportartenspezifischen Sports Vision Trainings – liegen aber nur wenige Ergebnisse vor. Auch Jendrusch & Ehrenstein [53] verglichen Antizipationsleistungen von Leistungssportlern mit Nicht- bzw. Freizeitsportlern. Die hoch geübten Tischtennispieler zeigten eine genauere Einschätzung der Eintreffzeit an der Lichtlaufleiste als weniger geübte.

Die einzige vergleichbare Studie im Bereich SVT, in der die Antizipationsfähigkeit näher betrachtet wurde, führte van Velden [115] durch. Aber auch hier konnte in einer Trainierbarkeitsstudie zur Wahrnehmungsschulung (Sports Vision Training

nach Vickers ‚Three-Steps-Training‘) kein Trainingseffekt nachgewiesen werden. Vergleicht man die hier – zur Messung der Antizipationsfähigkeit – genutzte Methodik (Lichtlaufleiste) mit den realen Bedingungen im Sport, so muss man feststellen, dass ein Vergleich mit der Flugbahn von Bällen oder dem Verhalten des Gegners schwierig ist [39, 53], da mittels der verwendeten Lichtlaufleiste nur die antizipative Leistung bei fixiertem Blick (afferentes Sehen) gemessen wurde. In der Praxis sind die Bedingungen durchaus komplexer. Jendrusch und Ehrenstein [53] stellen die antizipative Leistung am Beispiel eines Handball-Torwartes dar. Er muss „Wurfbilder schematisch einordnen, Bewegungen/Bewegungsrichtungen (extrapolierend) voraussehen und letztendlich die mögliche Wurfseite und Wurfhöhe vorwegnehmen“ [53]. Mit Hilfe der Lichtlaufleiste wurde folglich nur eine Teilfunktion überprüft, weshalb zu Veränderungen außerhalb der afferenten, antizipativen Leistung keine Aussage getroffen werden kann. Weiterhin führt die Verwendung von nur zwei Reizgeschwindigkeiten (16 und 24°/s) dazu, dass z.B. Sportler von Hochgeschwindigkeitssportarten wie Tennis, nicht den realen Bedingungen – vergleichbar mit denen in der Sportpraxis – ausgesetzt sind. Ballgeschwindigkeiten oberhalb der 24°/s sind die Regel.

Für das durchgeführte Sports Vision Training würde dies rückschließend bedeuten, dass mögliche Effekte auf die antizipative Leistung nicht ausgeschlossen werden können. Möglicherweise würde bei anderen Reizgeschwindigkeiten (unterhalb 16°/s oder oberhalb 24°/s) ein Effekt messbar sein.

Räumliches Sehen/Stereopsis

Das Räumliche Sehen (Stereosehen) wurde genau wie der Bereich Bewegungssehen im Trainingsplan der Placebo-Gruppe ausgelassen und bewusst nicht trainiert. Insbesondere mit dem Computerprogramm VPE und dem Eyeport wird von Herstellern [26, 70] und Sports Vision Trainern [106] geworben, das Räumliche Sehen (Stereosehen) verbessern zu können. Allerdings konnten im Rahmen der vorliegenden Studie weder für den TNO- noch für den Drei-Stäbchen-Test im Messverlauf (Ein- und Ausgangstest) Unterschiede im Kollektivvergleich (3D vs. 2D) festgestellt werden. Mit Hilfe des TNO-Tests (als haploskopische Messmethode) konnten weder bei der 2D-Gruppe ($2p = 0,932$) noch bei der 3D-Gruppe ($2p = 0,547$) signifikante Veränderungen des erreichten Tiefensehschärfewinkels (im Vergleich ET vs. AT) nachgewiesen werden. Die 2D-Gruppe erreichte zu beiden

Messzeitpunkten nahezu konstante Werte (Median = 64,7''); bei der 3D-Gruppe verringerte sich der Wert im AT um etwa 5'' von (65,3'' im ET auf 60,0'' im AT). Aufgrund der geringen „Auflösung“ des TNO-Tests (Abstufung von 480'', 240'', 120'', 60'', 30'' bis 15'') ist diese kleine Differenz aber unbedeutend. Mit Hilfe des TNO-Tests wird auch tatsächlich nur das Vorhandensein von Stereopsis (querdisparatives Tiefensehen) geprüft, eine echte (genaue) Schwellenbestimmung (Stereosehschärfe) ist nicht möglich [32].

Die zweite Methode, die zur Bestimmung des binokularen Sehens genutzt wurde, ist der Drei-Stäbchen-Test nach Helmholtz. Auch hier konnte im Vergleich Eingangs- zu Ausgangstest kein trainings-(gruppen)spezifischer Effekt nachgewiesen werden. Weder bei der quasi-dynamischen Methode mit Stabgeschwindigkeiten von 3 mm/s ($p = 0,645$) bzw. 5 mm/s ($p = 0,208$) noch bei der Einstellmethode ($p = 0,837$) konnten signifikante Unterschiede im Messverlauf zwischen dem 2D- und 3D-Kollektiv festgestellt werden. Einzig das Gesamtkollektiv verbesserte sich bei Überprüfung der Einstellgenauigkeit signifikant ($p = 0,009$).

Eine grundsätzliche Trainierbarkeit des räumlichen Sehens (Stereosehen) wurde von Jendrusch et al. [58] beschrieben. Sie beziehen sich auf Studien (Wittenberg et al. 1969, Slonim et al. 1975 und Sachsenweger 1988), in denen das räumliche Stereosehen und das dynamische Tiefensehvermögen als trainierbar dargestellt wurden. In einer weiteren Veröffentlichung vermutet Jendrusch [52], dass die leistungsbeeinflussenden motorischen Anteile des räumlichen Sehens wie Vergenzbewegungen, Akkommodation und Pupillenreaktion für einen möglichen Trainingseffekt im Stereosehens (mit)verantwortlich sein könnten.

Ob und inwieweit die oben beschriebene Trainierbarkeit des Räumlichen Sehens nun über ein Sports Vision Trainingsprogramm erreicht werden kann, war bereits Gegenstand mehrerer Studien. Die Trainierbarkeit wurde u.a. von Woodworth-Hobbs [128], Wile [123], Thomas [110], Paul et al. [8, 82, 83], Calder & Kluka [20] Calder et al. [19, 71], Olbrisch [80], Abernethy & Wood [1] sowie Quevedo et al. [86] untersucht. In keiner dieser z.T. sportspezifischen Studien zum Sports Vision Training konnte ein signifikanter trainings-(gruppen)spezifischer Effekt bestätigt werden. Bei isolierter Betrachtung des Trainings-Kollektivs zeigten sich aber z.B. bei Olbrisch [80] signifikante Verbesserungen im Tiefensehen. Ein Effekt, der auf ein Sports Vision Training zurückzuführen ist, konnte aber nicht bestätigt werden.

Insbesondere in der vorliegenden Studie enthielt das 3D-Trainingsprogramm spezielles Akkommodationstraining (Flipper, Eyeport etc.), Übungen zur Fixierung und die Schulung von Vergenzen sowie der Stereopsis. Ein Nachweis oder Trainings-erfolg konnte dennoch nicht dokumentiert werden.

Kinetische Perimetrie

Eine trainingsbedingte Ausdehnung des Gesichtsfeldes ist ebenfalls in verschiedenen Studien (Doil/Binding 1986, Gralla et al. 1998/1999, Schlack et al. 1999 [52]) belegt worden. In der vorliegenden Arbeit wurde das kinetische Gesichtsfeld betrachtet. Zur Auswertung der Ergebnisse wurde das kinetische Gesichtsfeld in vier Quadranten (superior, inferior, temporal, nasal) eingeteilt. Für jeden Quadranten wurde für die zwei verwendeten Leuchtstärken überprüft, ob das Training zu einer Ausweitung der Isopteren geführt hat. Auch hier konnte im Trainingsgruppenvergleich kein signifikanter Unterschied im Messverlauf herausgefunden werden (Tab. 5 & 6). Vielmehr konnte nicht einmal für das Gesamtkollektiv eine Ausweitung der Isopteren festgestellt werden. Die Messung des Gesichtsfeldes wird in Studien im Bereich SVT nur selten durchgeführt. Ausnahmen stellen Untersuchungen dar, die das Gesichtsfeld und dessen Trainierbarkeit isoliert betrachteten [41, 96]. Abernethy & Wood [1] sowie Appelbaum [6] verwendeten bei ihren Untersuchungen eine Messung zur Reaktion auf periphere Reize. Calder & Kluka [20] nutzten das Trainingsgerät (Sports Vision Board) gleichzeitig als Trainings- und Messgerät. In keiner der genannten Studien konnte ein Hinweis auf eine mögliche Verbesserung gefunden werden. Betrachtet man die verwendeten Trainingsmethoden, stellt man fest, dass einzig das Dynavision D2 über das Potential einer „Verbesserung der peripheren Wahrnehmung“ verfügen könnte. Neben Effekten in der Auge-Hand-Koordination, der Reaktionszeit und der Konzentrationsfähigkeit wird vom Hersteller außerdem mit der Steigerung der peripheren Wahrnehmung geworben. Ansätze der peripheren Wahrnehmungsschulung waren im Training also vorhanden. Vergleicht man aber die Maße des Dynavision D2 (1,20m x 1,20m) mit dem realen (tatsächliche) Bereich des peripheren Sehens, so stellt man fest, dass (genau wie beim Training am Bildschirm mit dem Software-Programm „VPE“) nur ein (kleiner) Teil des Gesichtsfeldes tatsächlich geschult werden kann.

6.2.2 Funktionaloptometrisches Screening

Die Durchführung des funktionaloptometrischen Screenings erfolgte durch die Sports Vision Trainerinnen von Dynamic Eye. Besonders zu berücksichtigen ist hier, dass die Trainerinnen nicht verblindet waren und somit zu jeder Zeit über die Kollektivzugehörigkeit der Probanden (und ihre Eingangswerte) informiert waren. Zudem muss die persönliche Erwartungshaltung und ein mögliches Interesse an einem positiven Trainingsverlauf/-ergebnis beachtet werden. Hier sei außerdem erwähnt, dass das Screening weniger standardisiert durchgeführt wurde als die zuvor beschriebene Visuelle Leistungsdiagnostik. So wurden die Tests beispielsweise im ET und AT von z.T. anderen Trainerinnen beaufsichtigt, selbst konstruierte Tests (Spaceboard) verwendet, diese auch bei variierenden Beleuchtungsstärken und zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführt. Dennoch sollte erwähnt werden, dass sich im Vergleich 2D- vs. 3D-Gruppe in einigen Untersuchungen signifikante Veränderungen im Messverlauf herausstellten. Wie beschrieben konnte sich die 3D-Gruppe im Vergleich mit der 2D-Gruppe im Bereich „Stereosehen“, „Phorien in der Ferne“, „visuelles Greifen des linken Auges“ und „Base out“ an der Prismenleiste signifikant verbessern. Signifikante Veränderungen konnten somit nur in 4 der 19 durchgeführten Tests festgestellt werden. Auch, dass Tests für das linke Auge einen signifikanten Effekt zeigten, aber nicht für das rechte Auge, irritiert ein wenig.

Insbesondere aus dem Bereich der Funktionaloptometrie gibt es viele Untersuchungen, die sich mit der Trainierbarkeit der Akkommodation, Sakkaden und Augenfolgebewegungen oder aber Phorien und Fusion auseinandergesetzt haben. So fasst beispielsweise die AOA [5] viele Studien im Bereich der „Wirksamkeit des Visualtrainings zur Verbesserung der visuellen Funktion“ zusammen und stellt dar, dass es ausreichend wissenschaftliche Belege für die Wirksamkeit bei okulomotorischen, akkommodativen und binokularen Sehstörungen gibt und unterstreicht somit, dass Visualtraining wichtig ist in der Behandlung vieler okulärer Dysfunktionen.

Aber auch die Frage, inwieweit ein SVT diese funktionaloptometrischen Parameter verändern kann, war bereits Bestandteil vieler durchgeführten Untersuchungen. So setzten sich neben z.B. Calder & Kluka [20], Paul et al. [82, 83] und Thomas et al. [110] auch Woodworth-Hobbs et al. [128] mit verschiedenen Teilleistungen

auseinander und fanden z.T. signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Trainingsgruppen und -methoden. Die oftmals mangelnde Studienqualität (vgl. Kap. 3.4) führt aber – wie leider auch in der vorliegenden Studie – zu dem Schluss, dass (aufgrund der fraglichen Durchführungsqualität) im Bereich SVT auch weiterhin wissenschaftliche Belege für die Effektivität fehlen.

6.2.3 Subjektive Bewertung durch die Trainingsteilnehmer

Anhand der subjektiven Einschätzung der verschiedenen Trainings-Gruppen (2D vs. 3D) können ebenfalls interessante Rückschlüsse gezogen werden. Der 2D-Gruppe mit einem recht einseitigen (wenig attraktiven) Trainingsplan stand die 3D-Gruppe gegenüber, die an fünf verschiedenen Trainingsgeräten mit diversen Schwierigkeitsstufen und zusätzlichen Herausforderungen (Shutterbrille) trainierte. Nicht verwunderlich also, dass insbesondere bei den Fragen „Abwechslungsreiche Gestaltung und Spaß“, „Training entsprach meinen Vorstellungen“ und „Weiterempfehlung“ die Bewertungsergebnisse der 3D-Gruppe signifikant positiver waren als die der 2D-Gruppe (Placebo-Gruppe).

Die neuartigen Trainingsgeräte stoßen oftmals auf besonderes Interesse. Die Durchführung des Sports Vision Trainings parallel zum alltäglichen Sport bietet Abwechslung. Hierzu können Vergleiche zu Life Kinetic® und Borussia Dortmund gezogen werden, wo der Trainer die Attraktivität der neuen Methoden zur Motivationssteigerung und Abwechslung nutzt. Es geht um die mentale Verarbeitung und „neuen Input“. Weniger eine sportliche Leistungssteigerung (durch das Life Kinetic®-Programm) steht im Mittelpunkt, sondern Stressresistenz und -verarbeitung [11].

Obwohl statistisch kein trainings(-gruppen)spezifischer Effekt im Bereich der visuellen Leistungsfähigkeit nachweisbar war, war das 3D-Trainings-Kollektiv signifikant häufiger der Meinung, dass das Sports Vision Training in ihrem jeweiligen Sport eine Leistungssteigerung gebracht hat und sich auch das Räumliche Sehen verbessert hatte. So gaben ca. 70 % der Teilnehmer des 3D-Kollektivs eine subjektiv „gefühlte“ Verbesserung der sportlichen Leistung an (2D-Gruppe = ca. 30 %)

Ggf. besteht auch die Option, dass ein Sports Vision Training einen psychologischen Effekt mit sich bringt [60]. Die Wirkung eines Sports Vision Trainings liegt

vielleicht fern ab von sportlicher und visueller Leistung, sondern im psychodynamischen Bereich. Die subjektive Bewertung zeigt, dass die sportliche Leistung als verbessert „erlebt“ wird. Möglicherweise kann hier eine Parallele zu Jennings [60] gezogen werden, der vermutete, dass im Bereich des funktionaloptometrischen Visualtrainings ein Placebo-Effekt vorliegen könnte, durch den mehr Selbstvertrauen und soziale Kompetenz geschaffen wird. Er bezieht sich unter anderem auf Birnbaum (1990) und Cook (1995) (ref. in [60]), die eine Stressreduktion und gesteigerte Lebensqualität als psychologischen Gewinn messen konnten. Weitere Untersuchungen sollten folglich einen psychologischen Effekt des Sports Vision Trainings in Betracht ziehen.

6.3 Schlussfolgerung und weiterführende Fragestellungen

Wie wichtig das visuelle System und die koordinative Leistung für den Sportler sind, wurde längst erkannt. Auch die Trainierbarkeit bestimmter Teilleistungen des Sehens ist in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen worden. Inwieweit eine visuelle Leistungssteigerung auch zu positiven Auswirkungen im Sport führt, ist derzeit noch unbeantwortet. In eben diesem Graubereich ist das Sports Vision Training angesiedelt. Die Anwendung von Sports Vision-Trainingsprogrammen, wie sie in den USA seit vielen Jahren angeboten und durchgeführt werden, soll den Sportler in seiner (visuellen) Leistung steigern und eine verbesserte (auch sportbezogene) Performance erbringen. Auch in Deutschland gibt es Trainer, die diese Methode für ihre Spieler bzw. Trainierenden anwenden (über entsprechende Angebote, z.B. aus dem funktionaloptometrischen Bereich), auch ohne evidenzbasierte Studien, die ggf. positive Effekte dieser Trainings nachweisen. Die in der vorliegenden Studie erzielten Ergebnisse unterstützen Studien von Abernethy & Wood [1] und Van Velden [115], die ebenfalls sportartunspezifische SVTs untersuchten und auch keine statistisch nachweisbaren Trainingseffekte belegen konnten.

Jendrusch [51, 52] merkte bereits vor einigen Jahren an, dass eine sport(art)spezifische Wahrnehmungsschulung mit Sensoriktraining unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils der jeweiligen Sportart Vorrang gegenüber einem (eher unspezifischen) Sports Vision Training haben sollte.

Die Diskussion der Ergebnisse führt zu dem Schluss, dass in der vorliegenden Studie zwar kein Hinweis auf die Effektivität eines sportartunspezifischen Sports Vision Training gefunden werden konnte, aber dennoch weitere, offene Fragestellungen zu beantworten wären. Dies ist einerseits auf die Vielfältigkeit der Trainingsmethoden andererseits auf die verschiedenen Bereiche der Diagnostik (visuelle, sportliche oder psychologische Diagnostik) zurückzuführen.

Die Auseinandersetzung mit der Durchführung und Auswertung dieser Studie führte zu folgenden (weiterführenden) Gedanken:

- Führt die Veränderung der Anzahl und Dauer der Trainingseinheiten zu einem anderen Ergebnis?
- Liegen Trainingseffekte in nicht untersuchten visuellen Teilleistungsbereichen (z.B. Auge-Hand-Koordination) oder im psychodynamischen Bereich (Stressreduktion, gesteigertes Selbstvertrauen)? Liegt ein Effekt des SVT weniger im visuellen Bereich sondern eher in der Motivationssteigerung durch Abwechslung zum alltäglichen Training?
- Gibt es Unterschiede in der Trainierbarkeit von Amateuren und Leistungssportlern?
- Ist das beste Training der visuellen Funktionen vielleicht ein intensives Training der Sportart selbst (vgl. u.a. [52])?
- Gibt es einen Transfer in den Sport? Sollte in weiterführenden Untersuchungen ein Effekt in der sportlichen Leistung überprüft werden?
- Möglicherweise sollte das sportliche Anforderungsprofil berücksichtigt und sportartspezifische Wahrnehmungsschulung und Sensoriktraining überprüft werden
- Welche Ergebnisse werden bei einem individualisierten und defizitorientierten Training erzielt?

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die aktuell in Deutschland angebotenen „Sports Vision Trainings“ (SVT) sollen – laut Anbietern – das „normale Sehen“ oder ggf. bereits optisch korrigierte Sehen des Sportlers durch Schulung besonderer sportbezogener visueller Fähigkeiten/Qualitäten (z.B. dynamisches und antizipatives Sehverhalten) optimieren und damit auch zu einer Verbesserung der sportlichen Leistung führen. Die Grundlagen der Sports Vision Trainingsinhalte und -methoden liegen im sog. Visualtraining, weshalb neben neuartigen Trainingsgeräten (u.a. Dynavision D2, Eyeport, Shutterbrille) auch funktionaloptometrische Übungen wie „Flipper“ oder „Brock-schnur“ Anwendung finden. Vorliegende Studien zu den beschriebenen SVTs wurden bisher aber nur selten in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht und weisen oft nur eine geringe wissenschaftliche Studienqualität auf.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit lag in der wissenschaftlichen Überprüfung und Beurteilung der Effektivität eines aktuell (auch im Leistungssport) angebotenen „Sports Vision Trainings“. Hierzu wurde zunächst eine Bestandsaufnahme aktueller Studien im Bereich „Sports Vision Training“ – im Zeitraum von 1995 bis heute – erstellt. Publierte Studien wurden hinsichtlich Stärken und Schwächen analysiert und kategorisiert; auf Basis dieser Auswertung, sowie aus den daraus geschlossenen Erkenntnissen – u.a. der häufig fehlenden „Wissenschaftlichkeit“ vorliegender SVT-Studien – wurde eine eigene empirische Studie, die gängigen wissenschaftlichen Standards genügen sollte, geplant und durchgeführt. Bevor allerdings der Nachweis einer sportlichen Leistungssteigerung durch SVT erbracht wird/werden kann, sollte zunächst überprüft werden, welche Wirkung SVT im Bereich der (durch das Training angesteuerten) visuellen Leistungsfähigkeit erzielt.

Vor diesem Hintergrund sowie auf Basis der Ergebnisse einer ausführlichen computerunterstützten Literaturrecherche mit qualitativer Auswertung und Beurteilung verschiedenster SVT-Studien, wurde ein Studiendesign erstellt, das gängigen wissenschaftlichen Qualitätskriterien (u.a. RCT, doppelblind) genügt. 34 Teilnehmer wurden im Anschluss an eine sog. Visuelle Leistungsdiagnostik (bestehend aus statischer und dynamischer Sehschärfepfung, Messungen des kinetischen Gesichtsfeldes, der Reaktions- und Antizipationszeit u.a.) randomisiert in ein Trainings- (n=18) und ein Placebo-Kollektiv (n=16) aufgeteilt. Die Trainings-Gruppe absolvierte ein – von ausgebildeten Sports Vision Trainerinnen zusammengestell-

tes und betreutes – sechswöchiges, sportartunspezifisches SVT an fünf verschiedenen Übungsstationen mit speziellen Trainingsgeräten, die derzeit im Bereich SVT eingesetzt werden (z.B. Dynavision D2, Eyeport, Flipper, Shutterbrille). Geschult werden sollte insbesondere das räumliche, periphere und dynamische Sehen (Bewegungswahrnehmung) sowie die Auge-Hand-Koordination und die Reaktions- und Antizipationsleistung. Dieser sog. „3D-Gruppe“ (das Training wird im natürlichen „dreidimensionalen Raum“ durchgeführt) standen die Teilnehmer des 2D-Kollektivs (als Placebo-Gruppe) gegenüber (reines „zweidimensionales“ Training an Bildschirmen, z.B. am Nintendo® DS oder am PC). Übungen zum (natürlichen) Raumsehen sowie zum dynamischen Sehen (mit höheren blickmotorischen Anforderungen) wurden bewusst ausgeschlossen.

Das Training sowie die visuelle Ein- und Ausgangsdiagnostik wurden im Sinnesphysiologischen Labor des Lehrstuhls für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Bei der Ein- und Ausgangsdiagnostik wurden zum einen die verschiedenen Teilleistungen des Sehens, wie räumliches (Drei-Stäbchen-Test; DST), peripheres und dynamisches Sehen – als afferente (Düsseldorfer Test für dynamisches Sehen; DTDS) und efferente Bewegungswahrnehmung (Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit; SOG), Reaktions- und Antizipationszeit und Sehschärfe überprüft, zum anderen wurden funktionaloptometrische Defizite (durch eine Testbatterie der SVT-Trainer) diagnostiziert. Im Anschluss an die Ausgangsdiagnostik wurden die Probanden zusätzlich gebeten, eine subjektive Einschätzung zum Training/-serfolg (Trainingsablauf, persönliche Erwartungshaltung sowie mögliche Effekte) abzugeben.

Der Testleiter der Visuellen Leistungsdiagnostik war „verblindet“, hatte also keine Informationen über die Trainings-Gruppenzugehörigkeit der Probanden.

Die varianzanalytische Überprüfung der Ergebnisse erbrachte für keine der acht gemessenen visuellen Teilleistungen einen signifikanten, trainingsgruppenabhängigen Unterschied im Messverlauf (also zwischen Eingangs- und Ausgangstest). Obwohl im Trainingsplan der 2D-Gruppe Übungen zum dynamischen Sehen und Stereosehen bewusst ausgelassen wurden, konnte weder für das Räumliche Sehen (Drei Messreihen im DST: $p = 0,645$; $p = 0,208$; $p = 0,837$) noch für das dynamische Sehen (DTDS: $p = 0,207$; SOG: $p = 0,949$) ein signifikanter trainingsgruppenspezifischer Unterschied nachgewiesen werden. Auch das funktionalop-

tometrische Screening (durchgeführt von den „nicht verblindeten“ SVT-Trainerinnen) lieferte keine aussagekräftigen Belege für die Effektivität eines Sports Vision Trainings. Obwohl anhand des Screenings visuelle Defizite einzelner Probanden im Eingangstest nachgewiesen wurden, die durch das Training angesteuert und kompensiert/verbessert werden sollten, konnte im Ausgangstest keine (im Vergleich zur Placebo-Gruppe) überzufällige Verbesserung dokumentiert werden. Die zweifaktorielle Messwiederholungs-Varianzanalyse mit der Gruppierungsvariable „Kollektivzugehörigkeit“ erbrachte nur partiell (in 4 der 19 überprüften Teilbereiche) signifikante Unterschiede zwischen der 2D- und der 3D-Gruppe. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen somit Untersuchungen von Abernethy & Wood [1] und van Velden [115], die ebenfalls keine trainingsinduzierten Effekte durch SVT belegen konnten.

Die subjektive Bewertung des Trainings durch die Teilnehmer führte zu dem Ergebnis, dass sich die 2D-Gruppe in einigen Bereichen signifikant von der 3D-Gruppe im Antwortverhalten unterschied. Die Aussagen „Das Training war abwechslungsreich gestaltet und hat Spaß gemacht.“ ($2p = 0,031$), „Das Training entsprach meinen Vorstellungen.“ ($2p = 0,035$), „Im visuellen Bereich hat sich speziell das Tiefensehen/Räumliche Sehen verbessert.“ ($2p = 0,014$), „Das Training ist empfehlenswert.“ ($2p = 0,041$) und „Das Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht.“ ($2p = 0,05$) bewertete die 3D-Gruppe auf einer sechsstufigen Skala signifikant positiver und empfand die o.g. Aussagen als (signifikant) zutreffender als die 2D-Gruppe.

Obwohl SVTs – auch in Ermangelung eines wissenschaftlichen Nachweises ihrer Effektivität – sicherlich auch als zeitweilig attraktive Ergänzung und Abwechslung zum alltäglichen Training gesehen werden können (vgl. hier auch die Verbreitung von „Life Kinetic®“) bleibt die Frage offen, ob ihre Anwendung im Sport wirklich sinnvoll ist. Vielleicht haben sie ihre Bedeutung im Nachwuchsbereich – auch im Rahmen des Koordinationstraining? Oder ist ggf. das beste Training der visuellen Funktionen ein intensives (anforderungsbezogenes) Training der Sportart selbst? Schließlich sind Zusammenhänge zwischen Sehleistung und motorischer Leistungsfähigkeit unbestritten [23, 48, 124]. Untersuchungen zu beispielsweise dem Bewegungssehen, der Tiefenwahrnehmung und der Sehschärfe weisen eine Be-

ziehung zwischen Sport(art)anforderung und Sehleistung nach [13, 30, 51, 52, 54, 55, 74, 99, 111].

Möglicherweise sollte dem Appell Jendruschs [51, 52] nachgekommen werden, der weniger ein isoliertes (sportartunspezifisches) Sports Vision Training für sinnvoll hält, sondern vielmehr eine sportartspezifische Wahrnehmungsschulung, die das Anforderungsprofil der jeweiligen Sportart berücksichtigt, favorisiert/fordert – integriert in den ohnehin schon „vollgepackten“ Trainingsalltag (im Spitzensport). Aber auch hier mangelt es – aufgrund der schwierigen/sehr aufwendigen Durchführbarkeit von Evaluationsstudien – bisher an wirklich aussagekräftigen Studien bzw. Belegen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Abernethy, B., Wood, J.M. (2001). Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation *Journal of Sports Sciences* **19** (3), 203-222
- [2] Abernethy, L., Bleakley, C. (2007). Strategies to prevent injury in adolescent sport: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* **41**, 627-638
- [3] Adolphe, R.M., Vickers, J.N., La Plante, G. (1997). The Effects of Training Visual Attention on Gaze Behaviour and Accuracy: A Pilot Study. *International Journal of Sports Vision* **4** (1), 28-33
- [4] Ali, A.A.A.A. (2010). The Impact of a Training Program of Complex Skills and Vision Drills on Specific Visual Abilities and Quick and Accurate Motor Performance in Football Juniors. *World Journal of Sport Sciences* **3** (5), 750-764
- [5] American Optometric Association (2007). Die Wirksamkeit des Visualtrainings zur Verbesserung der visuellen Funktion. *Optometrie* **1**, 1-26
- [6] Appelbaum, L.G., Schroeder, J.E., Cain, M.S., Mitroff, S.T. (2011). Improved Visual Cognition through Stroboscopic Training. *Frontiers in Psychology* **2**, 276
- [7] Bach, M., Kommerell, G. (1998). Sehschärfestimmung nach Europäischer Norm: wissenschaftliche Grundlagen und Möglichkeiten der automatischen Messung. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* **212**, 190-195
- [8] Balasaheb, T., Maman, P. (2008). The impact of visual skills training program on batting performance in cricketers. *Serbian Journal of Sports Science* **2** (1), 17-23
- [9] Barrett, B.T. (2009). A critical evaluation of the evidence supporting the practice of behavioural vision therapy. *Ophthalmic and Physiological Optics* **29**, 4-25
- [10] Berke, A., Münschke, P. (1996). Screening-Prüfmethoden in der Optometrie. Verlag der Deutschen Optikerzeitung. Heidelberg
- [11] Bernreuther, D. (2011). Fußball trifft: Die ungewöhnlichen Trainingsmethoden der Bundesliga. *Kicker* **90**, 12-14
- [12] Berufsinformationen Orthoptist/in (2012). (Zugriff vom 23.07.2012). http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/resultList.do?resultListItemsValue=8769_8768&duration=&suchweg=begriff&searchString=%27+orthoptist*+%27&doNext=forwardToResultShort
- [13] Bornemann, R., Friedrich, B., Jendrusch, G. (2005). Zur Optimierung der Korrekturstrategien von Tennistrainer(inne)n. Abschlussbericht, DTB-Projekt 2004-2005. Hamburg: Deutscher Tennis Bund e.V. 1-19

- [14] Bornemann, R., Strakerjahn, U., Jendrusch, G. (1998). Allgemeine und ten-
nisspezifische Übungsformen zur Wahrnehmungsschulung. *Tennis Report* **3**, 16-21
- [15] Bortz, J. (2005). Verfahren zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen.
in Bortz, J. (Hrsg.). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer-
Verlag Berlin Heidelberg New York 150-154
- [16] Bowen, T., Horth, L. (2005). Use of the EYEPORTR Vision Training System
to Enhance the Visual Performance of Little League Baseball Players. *Journal of Behavioral Optometry* **16**, 143-148
- [17] Bressan, E.S. (2003). Effects of Visual Skills Training, Vision Coaching and
Sports Vision Dynamics on the Performance of a Sport Skill. *African Journal*
for Physical, Health Education, Recreation and Dance **9 (1)**, 20-31
- [18] Cagnolati, W. (2008). Die deutsche Augenoptik und Optometrie im interna-
tionalen Vergleich. *DOZ Optometrie* **2**, 14-21
- [19] Calder, S.L. (1998). A specific visual skills training programme improves
field hockey performance. *International Journal of Sports Vision* **5**, 3-10
- [20] Calder, S.L., Kluka, D.A. (2009). The efficacy of the EYETHINKSPORT
training software programme on South African high school cricketers. *Afri-
can Journal of Physical Health Education, Recreation and Dance* **15 (1)**, 44-
61
- [21] Canal-Bruland, R. (2009). Guiding Visual Attention in Decision Making –
Verbal Instructions versus Flicker Cueing. *Research Quarterly for Exercise*
and Sport **80**, 369-374
- [22] Canal-Bruland, R., Hagemann, N., Strauß, B. (2005). Aufmerksamkeitsba-
siertes Wahrnehmungstraining zur taktischen Entscheidungsschulung im
Fußball. *Zeitschrift für Sportpsychologie* **12**, 39-47
- [23] Christenson, G.N., Winkelstein, A.M. (1988). Visual skills of athletes versus
nonathletes: development of a sports vision testing battery. *Journal of Be-
havioral Optometry Association* **59 (9)**, 666-675
- [24] Ciuffreda, K.J. (2011). Simple Eye-Hand Reaction Time in the Retinal Pe-
riphery Can Be Reduced With Training. *Eye & Contact Lens* **37 (3)**, 145-
146
- [25] Clark, J.F., Ellis, J.K., Bench, J., Khoury, J., Graman, P. (2012). High-
Performance Vision Training Improves Batting Statistics for University of
Cincinnati Baseball Players. *PLoS ONE* **7 (1)**, 1-6
- [26] Cooper, J., Bortel, R.K (2007). *VPE Tools Manual*. HTS, Inc.
- [27] *Die Grundlagen der Stereopsis* (1980). (Zugriff vom 13.05.2012).
[http://www.ivbs.org/fileadmin/user_upload/Dateien/Literaturliste/Goersch_N
OJ_11-80.pdf](http://www.ivbs.org/fileadmin/user_upload/Dateien/Literaturliste/Goersch_N
OJ_11-80.pdf)

- [28] Du Toit, P.J., Kruger, P.E., Mohamed, A.F., Kleynhans, M., Jay-Du Preez, T., Govender, C., Mercier, J. (2011). The effect of sports vision exercises on the visual skills of university students. *African journal for physical, health education, recreation & dance* **09**, 429-440
- [29] Düchting, C. (2000). Zur Vergleichbarkeit unterschiedlicher Testverfahren bei der Bestimmung des Tiefensehvermögens im Sport. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt Sek. I/II, Ruhr-Universität
- [30] Ehrenstein, W.H., Jendrusch, G. (2008). Dynamisches Sehen im Sport. *DOZ Optometrie* **5**, 10-13
- [31] Ehrenstein, W.H., Wist, E. (2003). Dynamisches Sehen vermisst. *Deutsches Ärzteblatt* **100**, 34-35
- [32] Empfehlungen der DOG zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen und Geräten (2009). (Zugriff vom 13.10.2012). <http://www.dog.org/wp-content/uploads/2009/09/Liste-der-Modifikationen-Version-61.pdf>
- [33] Erickson, G. (2007). *Sports Vision: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. Butterworth-Heinemann St. Louis.
- [34] Eysel, U. (2006). Sehen. in Schmidt, F., Schaible, H.-G. (Hrsg.). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg 272
- [35] Fischer, L., Rienhoff, R., Strauss, B., Baker, J., Schorer, J. (2012). Quiet-Eye in older skilled basketball players and its transferability. in Meeusen, R., Duchateau, B., Roelands, B., Klass, B. De Geus, B., Baudry, S., Tsolakidis, E. (Hrsg.). *Book of Abstracts of the 17th annual Congress of the European College of Sports Science - 4-7th July ECSS Bruges 2012 - Belgium*. Brügge 81
- [36] Friedrich, M., Degle, S., Grein, H.J. (2011). Grundlegendes zur optometrischen Untersuchung. in Friedrich, M., Degle, S., Grein, H.J. (Hrsg.). *Optometrische Funktionsprüfungen*. DOZ Verlag, Heidelberg 1-19
- [37] *Funktionaloptometrie* (2012). Wissenschaftliche Vereinigung für Augenoptik und Optometrie (WVAO). (Zugriff vom 29.03.2012). <http://www.wvao.org/>
- [38] Furley, P., Memmert, D. (2009). Aufmerksamkeitstraining im Sportspiel. *Leistungssport* **39 (3)**, 33-36
- [39] Graf, C. (2012). Sehtraining im Sport. in Graf, C. (Hrsg.). *Lehrbuch Sportmedizin: Basiswissen, präventive, therapeutische und besondere Aspekte*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 648-649
- [40] Gräf, M. (2012). Sehschärfe. in Kaufmann, H., Steffen, H. (Hrsg.). *Strabismus*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 89-105

- [41] Gralla, V., Jendrusch, G., Pfennig, H., Heck, H., Schlichting, K., Tidow, G. (1999). Zur Trainierbarkeit des peripheren Sehens am Beispiel der synchroptischen Wahrnehmung. Academia. Sankt Augustin
- [42] Hagemann, N., Strauss, B., Canal-Bruland, R. (2006). Training Perceptual Skill by Orienting Visual Attention. *Journal of Sport & Exercise Psychology* **28**, 143-158
- [43] Hagen, H., Moore, K., Wickham, G., Maples, W.C. (2008). Effects of the EYEPOR System on Visual Function in ADHS Children- A Pilot Study. *Journal of Behavioral Optometry* **19**, 37-41
- [44] Hazel, C.A. (1995). The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry. *Clinical & experimental optometry: journal of the Australian Optometrical Association* **78 (3)**, 98-105
- [45] Helveston, E.M. (2005). Visual Training: Current Status in Ophthalmology. *American Journal of Ophthalmology* **140 (5)**, 903-910
- [46] Henderson, K. (2010). Strobe Strength. *Sports Vision Magazine* **6**, 2
- [47] Hobé, M. (2011). Vergleich der Sehschärfen beim seitlichen Blick durch modern Sportbrillengläser mit individueller Korrektur und Sportbrillengläser ohne individuelle Korrektur mit Kontaktlinsen. HTW Aalen. 66-75
- [48] Hoffmann, L.G., Polan, G., Powell, J. (1984). The relationship of contrast sensitivity functions to sports vision. *Journal of American Optometric Association* **55 (10)**, 747-752
- [49] Ishigaki, H. (2002). Training Effects of Sports Vision. *Bulletin of Aichi Institute of Technology* **37 (14)**, 207-214
- [50] Jendrusch, G. (1995). Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n. Sport & Buch Strauß. Köln 53-74
- [51] Jendrusch, G. (2008). Leistungen des visuellen Systems. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde und augenärztliche Fortbildung* **29**, 239-247
- [52] Jendrusch, G. (2009). Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit – Bochumer Perspektiven. in Voigt, H.-F., Jendrusch, G. (Hrsg.). *Sportspielforschung und -ausbildung in Bochum, Was war, was ist und was sein könnte*. Czwalina Verlag, Hamburg 117-133
- [53] Jendrusch, G., Ehrenstein, W.H. (2008). Antizipatives Sehverhalten: Experimentelle Zugänge und sportwissenschaftliche Perspektiven. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde und augenärztliche Fortbildung* **29**, 419-427
- [54] Jendrusch, G., Heck, H. (1998). Trainingsfaktor Auge: "Schnell vor scharf" im Tennis. *Rubin* **01**, 29-34
- [55] Jendrusch, G., Heck, H. (1998). Zur Bedeutung der Sehleistung als leistungsbeeinflussender Faktor im Tennis. *Tennis Report* **3**, 4-9

- [56] Jendrusch, G., Lingelbach, B., Heiligensetzer, D., Skiba, S., Peter, K., Bornemann, P., Froschauer, M. (2000). Veränderung der visuellen Leistungsfähigkeit durch sportliche Aktivität am Beispiel der Sehschärfe. *Optometrie* **4**, 17-23
- [57] Jendrusch, G., Lingelbach, B. (2012). Selektive Aufmerksamkeit - Manchmal sieht man den Wald vor Bäumen nicht. *Aktuelle Kontaktologie* **08 (20)**, 4-6
- [58] Jendrusch, G., Möllenberg, O., Kaiser, M., Heck, H. (2001). Verbesserung der allgemeinen und tischtennisspezifischen Auge-Hand-(Schläger-)Koordination durch sensomotorische Übungsprogramme. *BISp-Jahrbuch*, 113-126
- [59] Jennings, J.A.M. (2006). Funktionaloptometrie: Ein kritischer Überblick, Teil 1. *DOZ Optometrie* **07**, 54-58
- [60] Jennings, J.A.M. (2006). Funktionaloptometrie: Ein kritischer Überblick, Teil 2. *DOZ Optometrie* **08**, 28-31
- [61] Kaiser, M. (2003). Zur Effektivität sensomotorischer Übungsprogramme auf die allgemeine und tischtennisspezifische Auge-Hand-(Schläger-)Koordination. Diplomarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
- [62] Kirschen, D.G., Laby, D.L. (2011). The Role of Sports Vision in Eye Care Today. *Eye & contact lens: journal of the Contact Lens Association of Ophthalmologists* **37**, 127-130
- [63] Kirscher, D.W. Sports Vision Training Procedures. *Vision Training* **3 (1)**, 171-182
- [64] Knudson, D., Kluka, D. (1997). The Impact of vision and vision training on sport performance. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance* **68 (4)**, 17-24
- [65] Krawczyk, Y., Grein, H.J. (2011). Störung des Binokularsehens - Einblick in die anglo-amerikanische Sichtweise Teil 3. *DOZ Optometrie* **02**, 69-72
- [66] Kubernat, T.-L. (2006). Der Einfluss des Gleichgewichts auf die Leistungsfähigkeit des Golfers. Masterarbeit zur Erlangung des Titels Masterprofessional der PGA of Germany,
- [67] Lachenmayr, B. (2005). Stereosehen. in Lachenmayr, B., Buser, A (Hrsg.). *Auge-Brille-Refraktion: Schoberkurs: verstehen-lernen-anwenden*. 188-194
- [68] Laser, M., Beise, R., Michelson, G. (2011). Leistungsoptimierung im Fechtsport durch Training des autonomen und visuellen Nervensystems. *Leistungssport* **6**, 56-62
- [69] Laukkanen, H., Rabin, J. (2006). A prospective study of the EYEPOR T vision training system. *Optometry* **77**, 508-514
- [70] Liberman, J. (2003). *Eyeport - Total vision workout system user guide*.

- [71] Looks good for hockey: a new visual training program improves game skills in elite players (1997). (Zugriff vom 22.01.2011). <http://www.sportsci.org/news/news9705/hockeyvision.html>
- [72] Loran, D.F.C., MacEwen, C.J. (1995). Sportsvision. Butterworth-Heinemann. Oxford
- [73] Manzanares Serrano, A., Menayo Antúnez, R., Segado Segado, F. (2012). Analysis the Tracking Eye of one expert sailor in a virtual simulator. in Meeusen, R., Duchateau, B., Roelands, B., Klass, B. De Geus, B., Baudry, S., Tsolakidis, E. (Hrsg.). Book of Abstracts of the 17th annual Congress of the European College of Sports Science - 4-7th July ECSS Bruges 2012 - Belgium. Brügge 81-82
- [74] Mewes, N., Kellmann, M., Ehrenstein, W.H., Jendrusch, G. (2008). Veränderung der dynamischen Sehleistung bei körperlicher und psychischer Beanspruchung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Jahrgang **59 (6)**, 141-145
- [75] Mit Auge: Optometrisches Visualtraining für Werder-Profis (2011). (Zugriff vom 27.07. 2011). www.werder.de
- [76] Neumaier, A., Jendrusch, G. (1999). Aktuelle Position zum Bewegungssehen im Sport. in Krug, J., Hartmann, C. (Hrsg.). Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik. Academia, Sankt Augustin 128-141
- [77] Nintendo (2007). Augen-Training: Trainieren und entspannen Sie Ihre Augen! Spielanleitung. Großostheim
- [78] Nintendo (2007). Portable Vision Training. Sports Vision Magazine **1 (3)**, 10
- [79] Oculus Optikgeräte GmbH. Twinfield Gebrauchsanweisung. Wetzlar
- [80] Olbrisch, H. (2003). Aspekte der Wahrnehmungsschulung am Beispiel Tennis. Diplomarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
- [81] OPUS. Impulse LCD Shutter Lens Glasses- User's Manual. West Milford, USA 5-9
- [82] Paul, M., Biswas, S.K., Sandhu, J.S. (2011). Role of sports vision and eye hand coordination training in performance of table tennis players. Brazilian Journal of Biomotricity **5 (2)**, 106-116
- [83] Paul, M., Shukala, G., Sandhu, J.S. (2011). The effects of vision training on performance in tennis players. Serbian Journal of Sports Sciences **5 (1)**, 11-16
- [84] Performance Enterprise (2010). Dynavision D2 Operators Manual. Ontario, Canada

- [85] Pressmar, S.B., Haase, W. (2001). Auswirkung der Veränderung der Punktedichte auf das Tiefensehen und die Mustererkennung in Random-Dot-Stereogrammen. *Ophthalmologe* **98**, 955-959
- [86] Quevedo, L., Solé, J., Palmi, J., Planas, A., Saona, C. (1999). Experimental study of visual training effects in shooting initiation. *Clin Exp Optom* **82 (1)**, 23-28
- [87] Rawstron, J.A., Burley, C.D., Elder, M.J. (2005). A Systematic Review of the Applicability and Efficacy of Eye Exercises. *Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus* **42 (2)**, 82-88
- [88] Reichow, A., Citek, K., Blume, M., Corbett, C., Erickson, G., Yoo, H. (2010). The Effectivity of Stroboscopic Training on Anticipation Timing. *Journal of Vision* **10 (7)**, 1031
- [89] Revien, L., Gabor, M. (1981). *Sports-Vision: Dr. Revien's eye exercises for athletes*. Workman Publishing Company, Inc. New York
- [90] Reynolds - A Little Flabby Around the Eyeballs (2006). (Zugriff vom 08.09.2012). http://www.nytimes.com/2006/02/05/magazine/05bwvision_50_52_.html?pagewanted=print&r=0
- [91] Rienhoff, R., Strauss, B., Fischer, L., Baker, J., Schorer, J. (2012). Focus of attention influences Quiet-Eye behaviour and movement patterns at varying skill levels in female basketball players. in Meeusen, R., Duchateau, B., Roelands, B., Klass, B. De Geus, B., Baudry, S., Tsolakidis, E. (Hrsg.). *Book of Abstracts of the 17th annual Congress of the European College of Sports Science - 4-7th July ECSS Bruges 2012 - Belgium*. Brügge 81
- [92] Ruhmann, I. (2000). Zur Effektivität sportartspezifischer Wahrnehmungsschulung am Beispiel Tennis. Staatsexamensarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
- [93] Rumpf, T. (2011). Magath macht Augentraining. *Sport Bild* **39**, 34
- [94] Sachs, L. (2004). Verteilungsunabhängige Verfahren. in Sachs, L. (Hrsg.). *Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 381-393
- [95] Sachsenweger, M. (2003). *Duale Reihe Augenheilkunde*. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart 1
- [96] Schlack, A. (1997). Zur Trainierbarkeit der Auge-Hand-Koordination. Staatsexamensarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
- [97] Schlack, A., Jendrusch, G., Heck, H. (1999). Zur Trainierbarkeit der Auge-Hand-Koordination am AcuVision 1000-Gerät. in Krug J, H.C. (Hrsg.). *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik* Academia, Sankt Augustin 260-265

- [98] Schapschröer, M., Holzhey, C., Bund, A., Sickenberger, W. (2011). Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung im Sport. *DOZ Optometrie* **1**, 92-96
- [99] Schnell, D. (1999). Wie viel Auge braucht der Sport? *Deutsches Ärzteblatt* **96 (14)**, 49-52
- [100] Schrauf, M., Wist, E.R., Ehrenstein, W.H. (1999). Development of dynamic vision based on motion contrast. *Experimental Brain Research* **124**, 469–473
- [101] Schroth, V. (2005). Grundlagen des optometrischen Visualtrainings. *DOZ Optometrie* **01**, 52-54
- [102] Schwab, S., Memmert, D. (2012). The impact of a sports vision training program in youth field hockey players. *Journal of Sports Science and Medicine* **11**, 624-631
- [103] Sheedy, J.E., Saladin, J.J. (1983). Validity of Diagnostic Criteria and Case Analasys in Binocular Vision Disorders. in Schor, C.M., Ciuffreda, K.F. (Hrsg.). *Vergence Eye Movements: Basic and Clinical Aspects*. Butterworths, Boston, London 517-540
- [104] Sherman, A. (1980). Overview of research information regarding vision and sports. *Journal of American Optometry Association* **51**, 659-665
- [105] Sports Vision Training amongst Rugby Players (2009). (Zugriff vom 15.05.2011). http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/11649/fowler_sports_poster.pdf?sequence=1
- [106] Sportsvision - Trainingsgeräte (2011). (Zugriff vom 22.02.2012). www.dynamic-eye.de
- [107] Stine, C. D., Arterburn, M.R., Stern, N.S. (1982). Vision and Sports: a review of the literature. *Journal of American Optometry Association* **53 (8)**, 627-633
- [108] Tamke, A. (1997). *Visual - Training - Analyse und Management von binokularen, akkomodativen und okulomotorischen Sehstörungen*. FH Aalen. 289
- [109] The Space World (1998). (Zugriff vom 15.05.2011). <http://www.oepf.org/sites/default/files/Chapter%20%20Space.pdf>
- [110] Thomas, J.M., Bell, S.M., Mayle, M., Sandrey, M.A., Woodworth-Hobbs, M.E., Baney, B., Bryner, R.W. (2010). The Effects of Sports Vision Enhancement Training on Athletic Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **42 (5)**, 572
- [111] Tidow, G. (1996). Zur Optimierung des Bewegungssehens im Sport. in Bartmus, U., Heck, H., Mester, J., Schumann, H., Tidow, G. (Hrsg.). *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport: in memoriam Horst de Marées*. Verlag Sport und Buch Strauss, Köln 241-286

- [112] Timischl, W. (2000). Varianzanalytische Modelle. in Timischl, W. (Hrsg.). Biostatistik: Eine Einführung für Biologen und Mediziner. Springer-Verlag, Wien New York 224-226
- [113] Trainingslehre. (Zugriff vom 21.02.2013). <http://user.phil-fak.uni-duesseldorf.de/~wastl/Wastl/MTT/PPTrainingslehre-Internet.PDF>
- [114] Van Orden Stern (2012). (Zugriff vom 21.02.2013). http://www.kraniofaziale-orthopaedie.de/media/bild4_optometrie.jpg
- [115] Velden, D. van (2010). The effect of a perceptual-motor training programme on the coincident anticipation timing and batting performance of club cricket players. Stellenbosch University.
- [116] Vickers, J.N. (2009). Advances in coupling perception and action: the quiet eye as a bidirectional link between gaze, attention, and action. in Raab, M., Johnson, J.G., Heekeren, H.R. (Hrsg.). Progress in Brain Research: Mind and Motion: The Bidirectional Link between Thought and Action. The Netherlands Elsevier B.V. 279-288
- [117] Vine, S.J., Lee, D., Moore, L.J., Wilson, M.R. (2012). The Quiet Eye: pre-programming or online control? in Meeusen, R., Duchateau, B., Roelands, B., Klass, B. De Geus, B., Baudry, S., Tsolakidis, E. (Hrsg.). Book of Abstracts of the 17th annual Congress of the European College of Sports Science - 4-7th July ECSS Bruges 2012 - Belgium. Brügge 189
- [118] Vine, S.J., Moore, L.J., Wilson, M.R. (2011). Quiet eye training facilitates competitive putting performance in elite golfers. *Frontiers in Psychology* **2** (8), 1-9
- [119] Vine, S.J., Wilson, M.R. (2011). The influence of quiet eye training and pressure on attention and visuo-motor control. *Acta Psychologica* **136** (3), 1-7
- [120] Weiterbildungsordnung (2003). (Zugriff vom 29.03.2012). <http://www.bundesaerztekammer.de/downloads/11mwbo1.pdf>
- [121] Wesemann, W. (2006). Lässt sich die Kurzsichtigkeit durch Sehtraining verringern? Teil 2, Schluss. *DOZ Optometrie* **9**, 42-48
- [122] Wesemann, W., Schiefer, U., Bach, M. (2010). Neue DIN-Normen zur Sehschärfebestimmung. *Der Ophthalmologe* **9**, 821-826
- [123] Wile, A.L., Doan, B.K., Brothers, M.D., Zupan, M.F. (2008). Effects of Sports Vision Training on visual skill performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **40** (5), 399
- [124] Williams, J.M., Thirer, J. (1975). Vertical and Horizontal Peripheral Vision in Male and Female Athletes and Nonathletes. *The Research Quarterly* **46** (2), 200-205

- [125] Wilson, T.A., Falkel, J. (2004). Sports Vision Training for better Performance. Human Kinetics. Champaign
- [126] Wist, E., Ehrenstein, W.H., Schrauf, M. (1998). A computer assisted test for the electrophysiological and psychophysical measurement of dynamic visual function based on motion contrast. *Journal of Neuroscience Methods* **80**, 41-47
- [127] Wondratschek, O. (2006). Auszüge aus den Arbeitsrichtlinien für das Augenoptiker-Handwerk, ZVA. in Wondratschek, O. (Hrsg.). *Inform Augenoptik - Funktionaloptometrie und Visualtraining* DOZ Verlag 98-99
- [128] Woodworth-Hobbs, M.E., Hobbs, R.T., Mayle, M.D., Haff, G.G., Bryner, R.W. (2008). The Effects of Sports Vision Enhancement Training on Softball Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **40 (5)**, 381
- [129] Zimmermann, A.B., Lust, K.L., Bullimore, M.A. (2011). Visual Acuity and Contrast Sensitivity Testing for Sports Vision. *Eye & Contact Lens* **37 (3)**, 153-159
- [130] ZPA, Sonderdruck (2008). Gestochen scharfes Sehen und blitzschnelles Reagieren - Nachgefragt bei Tischtennisprofi Timo Boll. *ZPA - Zeitschrift für praktische Augenheilkunde* **29**, 237-238
- [131] Zupan, M.F., Arata, A.W., Wile, A., Parker, R. (2006). Visual adaptations to sports vision enhancement training. *Optometry today UK* **46**, 43-48

9 ANHANG

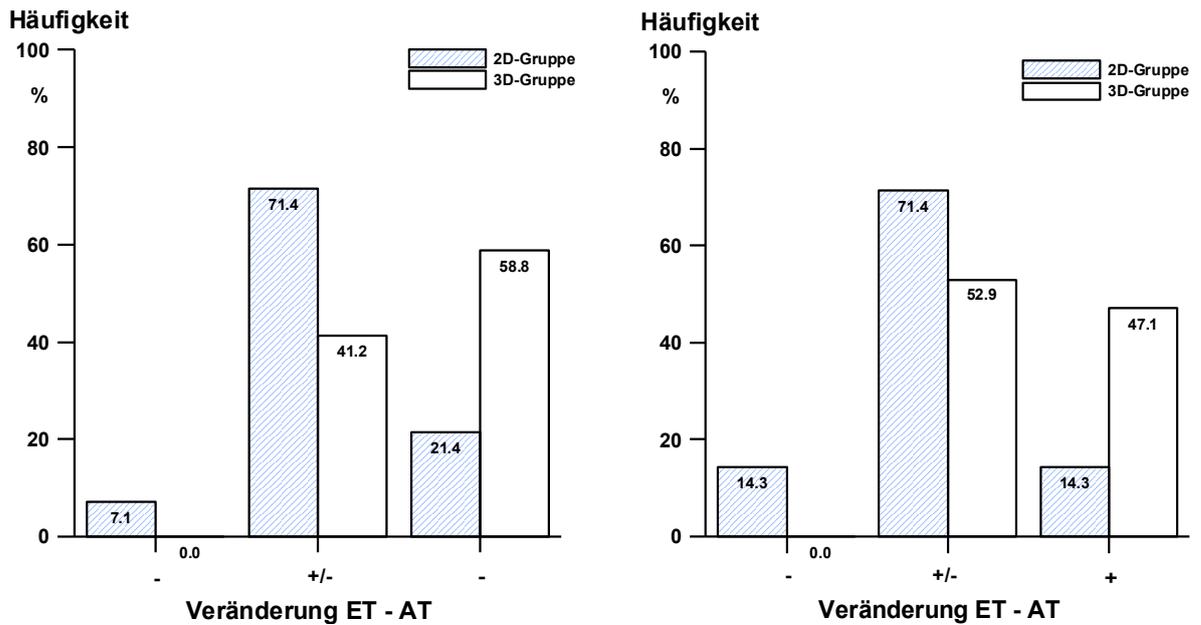


Abb. A1: Fixierung (links) und flache Fusion in der Ferne (rechts)

Ordinate: Prozentuale Häufigkeit [%]

Abzisse: Veränderungen im Vergleich ET – AT (eingeteilt in die drei Kategorien „verschlechtert“ [-], „konstant geblieben“[+/-] und „verbessert“[+] für beide Kollektive)

Tab. A1: Tabellarische Übersicht zur Personenstichprobe nach Randomisierung (mit Drop-Outs)

		2D-Kollektiv	3D-Kollektiv
Geschlecht (Anzahl)	männlich	12	13
	weiblich	6	6
Mittleres Alter (Jahren)		23,22 ± 3,52	22,68 ± 2,92
Sehhilfe (Anzahl)	Keine	14	14
	Kontaktlinsen	3	3
	Fernbrille	1	2

Tab. A2: Bewertung der Qualität von Studien zu „Sports Vision Training“

Referenz	Randomisierung	Vergleichbarkeit der Gruppen	Drop-Outs	Verblindeter Versuchsleiter	Verblindete Teilnehmer	Ein- und Ausschlusskriterien	Definition der Intervention	Trainingsrahmen	Diagnostik	Wahl der Messverfahren	Sonstiges	Gesamt	Qualitätsranking
Abernethy & Wood (2001)	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	18	IV
Ali (2010)	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	6	II
Appelbaum et al. (2011)	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	18	IV
Balasaheb & Paul (2008)	2	2	0	0	0	2	2	2	1	0	0	11	III
Bowen & Horth (2005)	0	0	2	0	0	2	0	2	2	2	2	12	III
Bressan (2003)	2	2	2	0	0	2	2	2	2	1	1	16	III
Calder (1998)	2	2	0	0	0	0	2	2	1	2	2	13	III
Calder & Kluka (2009)	0	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	14	III
Ciuffreda (2011)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	10	II
Clark et al. (2012)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	8	II
Du Toit et al. (2009)Poster	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	I
Du Toit et al. (2011)	1	1	0	0	0	0	2	0	2	2	0	8	II
Ishigaki (2002)*	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	I
Jendrusch et al. (2001)	1	1	0	0	0	0	2	2	1	2	2	11	III

Tab. A2: Fortsetzung

Laser, Beise & Michel. (2011)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	5	I
Olbrisch (2003)	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	1	13	III
Paul, Biswas & Sandhu (2011)	2	2	0	0	0	2	2	2	0	2	2	14	III
Paul, Shukala & Sandhu	2	1	0	0	0	2	2	2	1	2	1	13	III
Quevedo et al. (1999)	2	1	2	0	0	2	2	1	2	2	2	16	III
Reichow et al. (2010)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	10	II
Ruhmann (2000)	0	1	2	0	0	0	2	2	2	2	2	13	III
Schlack (1999)	0	2	0	0	0	2	2	2	1	2	2	13	III
Thomas et al. (2010)*	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	8	II
Van Velden (2010)	1	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	17	IV
Wile et al. (2008)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	5	I
Woodworth-Hobbs et al.	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	6	II
Zupan (2006)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	4	I

* Die vergebenen Punkte resultieren alleine aus den Informationen, die aus dem Abstract zu entnehmen waren. Die Beurteilung kann somit nur eingeschränkt betrachtet werden.

Tab. A3: Funktionaloptometrische Untersuchungsergebnisse mit Darstellung der prozentualen Häufigkeitsverteilung für die einzelnen Testverfahren

Screening-methode	Chi-Quadrat-Test (2p)	Gruppe	Häufigkeitsverteilung [%]		
Balance	0,515	2D	- = 7,1 %	± = 50,0 %	+ = 42,9 %
		3D	- = 0,0 %	± = 58,8 %	+ = 41,2 %
Augenfolgebewegung	0,699	2D	- = 7,1 %	± = 71,4 %	+ = 21,4 %
		3D	- = 5,9 %	± = 58,8 %	+ = 35,5 %
Fixierung	0,080	2D	- = 7,1 %	± = 71,4 %	+ = 21,4 %
		3D	- = 0,0 %	± = 41,2 %	+ = 58,8 %
Stereosehen	0,046	2D	- = 21,4 %	± = 78,6 %	+ = 0,0 %
		3D	- = 11,8 %	± = 52,9 %	+ = 35,3 %
Midline	0,261	2D	- = 14,3 %	± = 78,8 %	+ = 7,1 %
		3D	- = 0,0 %	± = 88,2 %	+ = 11,8 %
Brockschnur	0,361	2D	- = 0,0 %	± = 92,9 %	+ = 7,1 %
		3D	- = 5,9 %	± = 94,1 %	+ = 0,0 %
Fusionsfähigkeit in der Nähe	0,172	2D	- = 14,3 %	± = 57,1 %	+ = 28,6 %
		3D	- = 0,0 %	± = 82,4 %	+ = 17,6 %
Phorien (Nähe)	0,626	2D	- = 0,0 %	± = 69,2 %	+ = 30,8 %
		3D	- = 5,9 %	± = 58,8 %	+ = 35,3 %
Flache Fusion in der Ferne	0,067	2D	- = 14,3 %	± = 71,4 %	+ = 14,3 %
		3D	- = 0,0 %	± = 52,9 %	+ = 47,1 %
Phorien (Ferne)	0,020	2D	- = 21,4 %	± = 78,6 %	+ = 0,0 %
		3D	- = 0,0 %	± = 70,6 %	+ = 29,4 %
Vertikale Phorien	0,356	2D	- = 0,0 %	± = 100,0 %	+ = 0,0 %
		3D	- = 0,0 %	± = 94,1 %	+ = 5,9 %
Visuelles Greifen linkes Auge	0,039	2D	- = 15,4 %	± = 69,2 %	+ = 15,4 %
		3D	- = 0,0 %	± = 43,8 %	+ = 56,3 %
Visuelles Greifen rechtes Auge	0,988	2D	- = 7,7 %	± = 61,5 %	+ = 30,8 %
		3D	- = 6,3 %	± = 62,5 %	+ = 31,3 %
Horizontale Abweichung	0,638	2D	- = 0,0 %	± = 69,2 %	+ = 30,8 %
		3D	- = 6,3 %	± = 68,8 %	+ = 25,0 %
Base In	0,351	2D	- = 21,4 %	± = 78,6 %	+ = 0,0 %
		3D	- = 11,8 %	± = 76,5 %	+ = 11,8 %
Base Out	0,015	2D	- = 0,0 %	± = 92,9 %	+ = 7,1 %
		3D	- = 0,0 %	± = 52,9 %	+ = 47,1 %

Tab. A4: Darstellung der statistischen Ergebnisse für die Untersuchungen am Spaceboard

Parameter	Chi-Quadrat-Test (2p)	Gruppe	Mittelwert ET (SD)	Mittelwert AT (SD)
Summe aller X-/Y-Achsenabweichungen	0,376	2D	42,83 ($\pm 15,05$)	37,10 ($\pm 19,50$)
		3D	49,34 ($\pm 25,33$)	36,58 ($\pm 18,35$)
Variationskoeffizient aus der Abweichung X-Achse	0,834	2D	1,25 ($\pm 0,41$)	1,46 ($\pm 0,70$)
		3D	1,26 ($\pm 0,36$)	1,53 ($\pm 0,68$)
Variationskoeffizient aus der Abweichung Y-Achse	0,823	2D	1,12 ($\pm 0,35$)	1,29 ($\pm 0,44$)
		3D	1,12 ($\pm 0,28$)	1,27 ($\pm 0,30$)

Tab. A5: Ergebnisse der subjektiven Bewertung des Sports Vision Trainings

Aussage	Chi-Quadrat-Test (2p)	Gruppe	Median
Am Training habe ich gerne teilgenommen.	0,192	2D	2,0
		3D	1,0
Das Training war abwechslungsreich gestaltet und hat Spaß gemacht.	0,031	2D	3,0
		3D	2,0
Das Training war interessant.	0,111	2D	2,0
		3D	1,0
Das Training entsprach meinen Vorstellungen.	0,035	2D	3,5
		3D	2,0
Nach kurzer Zeit wurde das Training bereits langweilig.	0,460	2D	3,5
		3D	5,0
Ich konnte meine visuelle Leistungsfähigkeit insgesamt verbessern.	0,281	2D	3,0
		3D	2,0
Im visuellen Bereich hat sich speziell die Sehschärfe verbessert.	0,669	2D	4,0
		3D	3,5
Im visuellen Bereich hat sich speziell das Tiefensehen/Räumliche Sehen verbessert.	0,014	2D	3,0
		3D	3,0
Im visuellen Bereich hat sich speziell die Bewegungswahrnehmung verbessert.	0,252	2D	3,0
		3D	2,0
Im visuellen Bereich hat sich speziell die Blickmotorik verbessert.	0,367	2D	3,0
		3D	2,0
Im visuellen Bereich hat sich speziell das periphere Sehen verbessert.	0,454	2D	3,0
		3D	2,0
Meine Aufmerksamkeit/ Konzentrationsfähigkeit hat sich durch das Training verbessert.	0,248	2D	3,0
		3D	3,0
Ich würde jederzeit wieder teilnehmen.	0,074	2D	2,5
		3D	2,0
Das Training ist empfehlenswert.	0,049	2D	2,0
		3D	1,0
Das Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht.	0,005	2D	5,0
		3D	3,0
Ich habe mich gut betreut gefühlt.	0,556	2D	1,5
		3D	1,0
Bewertung des Trainingszeitraums	0,625	2D	3,5
		3D	3,0
Bewertung der Trainingsfrequenz (Einheiten/Woche)	0,886	2D	3,5
		3D	4,0

Qualitätskriterien zur Bewertung der Studien

Wie wurde die Gruppeneinteilung (Trainings-, Kontroll-, Placebo-Kollektiv) durchgeführt?

- 2 = randomisiert
- 1 = cluster randomisiert
- 0 = willkürliche Zuteilung, Freiwillige, retrospektive Vergleiche

Waren die verschiedenen Gruppen zu Beginn miteinander vergleichbar (Randomisierung nach Eingangsdiagnostik)?

- 2 = gute Vergleichbarkeit der Gruppen bzw. Berücksichtigung der Störvariablen in Analyse
- 1 = Störvariable gering oder aber erwähnt und nicht korrigiert
- 0 = möglicherweise große Störvariable, nicht erwähnte Störvariable

Sind die Personen, die ausgeschieden sind (Drop-Outs) beschrieben und in der Analyse mitberechnet?

- 2 = Ausgeschiedene sind benannt und erfasst worden
- 1 = Ausgeschiedene sind benannt worden, aber eine Analyse war nicht möglich
- 0 = keine oder nur ungenügende Erwähnung

War der Versuchsleiter im Hinblick auf die Gruppenzugehörigkeit (Trainings-, Kontroll-, Placebo-Kollektiv) der Teilnehmer verblindet?

- 2 = Verblindung des Versuchsleiters
- 1 = inadäquat erwähnt
- 0 = nicht erwähnt oder nicht möglich

Waren die Studienteilnehmer im Hinblick auf die Gruppenzugehörigkeit (Trainings-, Kontroll-, Placebo-Kollektiv) verblindet?

- 2 = Verblindung der Teilnehmer
- 1 = inadäquat erwähnt
- 0 = nicht erwähnt oder nicht möglich

Sind die Ein- und Ausschlusskriterien (z.B. Alter, Visus) eindeutig definiert?

- 2 = eindeutig definiert
- 1 = nicht deutlich definiert
- 0 = nicht definiert

Wird die Trainingsintervention eindeutig definiert/abgegrenzt von der Kontroll-/Placebo-Gruppe?

- 2 = die Intervention ist eindeutig definiert und wurde entsprechend durchgeführt
- 1 = die Intervention ist eindeutig definiert, aber die Durchführung lief nicht standardisiert ab
- 0 = Intervention und Durchführung sind mangelhaft oder nicht definiert

Ist der Trainingsrahmen (Zeitraum, Frequenz) vertretbar?

- 2 = wöchentlicher Trainingsumfang sowie Anzahl aller Trainingseinheiten sind vertretbar
- 1 = wöchentlicher Trainingsumfang oder Anzahl aller Trainingseinheiten sind vertretbar
- 0 = der Trainingsrahmen ist als nicht angemessen zu beurteilen

Sind Trainingsgeräte und Messapparatur (im Eingangs- und Ausgangstest) unterschiedlich?

- 2 = alle Messapparaturen unterscheiden sich von den Trainingsgeräten
- 1 = nur im Einzelfall sind Messapparatur und Trainingsgerät unterschiedlich
- 0 = Trainingsgerät und Messapparatur sind identisch

Wurden zur Überprüfung möglicher Trainingseffekte aussagekräftige Messverfahren gewählt?

- 2 = Messgeräte wurden angemessen gewählt
- 1 = Messgeräte wurden nur teilweise angemessen gewählt
- 0 = Messgeräte messen nicht das, was trainiert wurde

Sind sonstige Einschränkungen bei der Studiendurchführung auffällig (angemessene Fallzahl)?

- 2 = keine Mängel erkennbar
- 1 = kleinere Mängel, aber ohne Beeinträchtigung der Aussagekraft
- 0 = grobe Fehler bei der Auswertung, zu geringe Fallzahlen

Teilnehmerinformation und Einwilligungserklärung

Teilnehmerinformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie

„Zur Effektivität von Sports Vision Training“

Sehr geehrte/r Interessent/-in,

Im Rahmen des angebotenen Sports Vision Trainings möchten wir Sie einladen, an der oben genannten wissenschaftlichen Studie teilzunehmen.

Die Teilnahme an einer wissenschaftlichen Studie ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen durch Sie beendet werden, ohne dass Ihnen hierdurch Nachteile entstehen.

Voraussetzung für die Durchführung einer wissenschaftlichen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zu Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zu den Informationsgesprächen mit den Trainer/-innen sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer/-in an dieser Studie im Klaren sind.

1. Was ist der Zweck dieser Studie?

Die Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmungsleistung wird von zahlreichen Autor(inn)en beschrieben. Spezielle „Sehtrainings“ für Sportler, sogenannte Sport Vision Trainings oder Eye Exercise Programms, werden u.a. von Revien & Gabor (1981), Berman (1988), Stein, Slatt & Stein (1987), Stein et al. (1989) oder Wilson & Falkel (2004) empfohlen bzw. vorgestellt.

Solche überwiegend sportartunspezifischen Übungen, also z.B. Augenmuskel-„Stretching“, schnelle Blicksprünge, Augenkreisen, „Scharfstellen“ (Akkommodieren) auf Objekte in unterschiedlichen Entfernungen etc. sind aufgrund ihres Neuigkeitswertes am Anfang zwar meist attraktiv, erzeugen aber gerade bei Sportlern in der Regel nach kurzer Zeit Langeweile. Außerdem konnte die Effektivität dieser Programme bezogen auf eine Verbesserung der Wahrnehmungsleistung und vor allem der sportspezifischen Leistungsfähigkeit wissenschaftlich bisher nicht belegt werden [Long, 1994; Wood & Abernethy, 1997; Abernethy & Wood, 2001].

Aktuell werden Sports Vision Trainings angeboten und in einigen Sportarten bereits angewendet, die Bestandteile des sog. „Visualtrainings“ anwenden und diese durch neue auf den Sport bezogene Trainingsansätze/-mittel (wie die Impuls Shutterbrille, den AcuVision etc.) ergänzen.

2. Wie läuft die Studie ab?

Die Studie läuft in Zusammenarbeit mit zwei Visualtrainerinnen ab. Insgesamt werden 40 Personen daran teilnehmen.

Ihre Teilnahme an dieser Studie wird 8 Wochen dauern.

In der ersten Woche wird mit Ihnen zunächst ein Termin vereinbart, an dem es zu einem Aufklärungsgespräch und im Falle einer Einwilligung zu einer visuellen Leistungsdiagnostik kommt, welche folgende Testverfahren beinhaltet:

- Vermessung Ihres Augeninnendurchmessers
- Bestimmung Ihrer Sehstärke
- Überprüfung Ihrer Tiefenwahrnehmung anhand des TNO- und des Drei-Stäbchentests
- Tests für das Bewegungssehen
 - Computergestützt (Düsseldorfer Test für dynamisches Sehen)
 - In bestimmten Messapparaturen (Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit)
- Tests für Ihre Reaktionsgeschwindigkeit anhand einer Lichtleiste
- Messung des peripheren Blickfeldes

In den darauffolgenden sechs Wochen wird das Training durchgeführt. Das Training wird an allen Werktagen vormittags als auch nachmittags angeboten. An drei Tagen pro Woche werden Sie an einem sechzigminütigen Training teilnehmen. Der Inhalt richtet sich nach dem Konzept zweier ausgebildeter Visualtrainerinnen.

Nach Ende der Trainingsperiode werden Sie gebeten, sich einem Ausgangstest zu unterziehen, der im Wesentlichen an die visuelle Leistungsdiagnostik vor Trainingsbeginn anknüpft. Außerdem wird ein Evaluationsgespräch durchgeführt.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Studie?

Sie werden aufgrund der durch die visuelle Leistungsdiagnostik erhobenen Daten einen Überblick über Ihre persönliche Sehleistung erhalten und ggf. von einem möglichen positiven Effekt des Sports Vision Trainings profitieren. Auch bekommen Sie über die Teilnahme am Training einen Einblick in das Konzept von Sports Vision Training.

4. Gibt es Risiken?

Da Sie Studenten/innen sind, die körperlich bester Gesundheit sind, ist das Risiko des Trainings überschaubar. Dennoch besteht die Gefahr, dass ein epileptischer Anfall ausgelöst wird, da mit Trainingsgeräten wie z.B. der Impulsbrille gearbeitet wird. Das Trainingsprogramm wird durch Visualtrainerinnen an die individuellen Fähigkeiten des Probanden angepasst. Eine Steigerung der Aktivität und das Durchführen der Übungen, die unter anderem „Auge-Hand-Reaktion“ trainieren, kann naturgemäß das Risiko für Verletzungen im Vergleich zu einem inaktiven Lebensstil erhöhen.

Zuletzt besteht für die Probanden das Risiko von Wegeunfällen auf dem Weg von zu Hause zum Visuallabor und zurück.

5. Was ist beim Auftreten von Symptomen und/oder Verletzungen?

Sollten Sie während des Trainings irgendwelche Symptome oder Verletzungen davontragen, sollten Sie Ihre Aktivität sofort unterbrechen. Teilen Sie dies sofort dem Trainer mit, dieser wird über das weitere Vorgehen entscheiden.

6. Versicherung

Als Student ist für Sie eine Unfall-Wegeversicherung bei der Zurich Versicherung AG abgeschlossen. Die Haftpflichtversicherungsnummer ist wie folgt:
800.060.200.072.

7. Wann wird die Studie vorzeitig beendet?

Sie werden von der Studie ausgeschlossen, sobald das Training nicht regelmäßig (3x pro Woche) absolviert wird bzw. es zu einem gesundheitsbedingten Abbruch kommt. Da Ihre Teilnahme freiwillig ist, können Sie jederzeit ohne Angabe von Gründen, Teilnahme ablehnen oder widerrufen und aus der Studie ausscheiden.

8. In welcher Weise werden die im Rahmen der Studie gesammelten Daten verwendet?

Die in der Studie gewonnenen Daten werden anonymisiert und vertraulich behandelt und es wird nur der Studienleiter sowie die Mitarbeiter Zugriff auf die Daten haben. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht.

Die Weitergabe der Daten im In- und Ausland erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos nicht namentlich genannt.

9. Entsteht für die Teilnehmer Kosten?

Die Kosten für die Anreise zum Trainingsort tragen Sie selbst. Als Aufwandsentschädigung werden allerdings bei regelmäßiger Teilnahme am Training 75€ ausbezahlt.

10. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie steht Ihnen folgender Mitarbeiter des Lehrstuhls für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum gerne zur Verfügung.

Name der Kontaktperson: Jessica Cordes

Tagsüber erreichbar unter : 0171-4987549

.....
(Datum, Name und Unterschrift des Probanden)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des Versuchsleiters)

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Name des Teilnehmers in Druckbuchstaben:

.....

Geb.-Datum:

Ich erkläre mich bereit, an der wissenschaftlichen Untersuchung zum Thema

„Zur Effektivität von Sports Vision Training“

teilzunehmen.

Ich bin von Herrn/Frau..... ausführlich und verständlich über Nutzen, mögliche Risiken, Testverfahren, das Training, Wesen, Bedeutung und Tragweite der Untersuchung, die bestehende Versicherung sowie die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden.

Aufgetretene Fragen wurden mir von meinem Ansprechpartner verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe derzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der wissenschaftlichen Untersuchung erforderlich sind, Folge leisten.

Ich behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

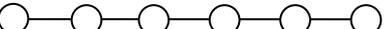
Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser wissenschaftlichen Untersuchung ermittelten Daten aufgezeichnet werden. Beim Umgang mit Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet.

Eine Kopie der Patienteninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienleitung.

.....
(Datum und Unterschrift des/der Teilnehmer/-in)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des Betreuers)

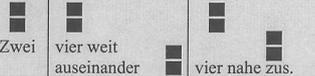
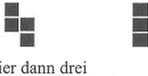
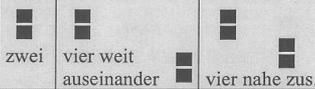
(Der Teilnehmer erhält eine unterschriebene Kopie der Teilnehmerinformation und Einwilligungserklärung, das Original verbleibt im Studienordner des Studienleiters.)

12) Das Sports Vision Training hat auch in meinem Sport eine Leistungssteigerung gebracht.	 trifft voll zu trifft überhaupt nicht zu
13) Ich habe mich gut betreut gefühlt.	 trifft voll zu trifft überhaupt nicht zu
14) Der Trainingszeitraum (6 Wochen) war meiner Meinung nach	 Zu lang Genau richtig Zu kurz
15) Drei Trainingseinheiten pro Woche sind	 Zu wenig Genau richtig Zu viel
16) Gut gefallen hat mir:
17) Das würde ich ändern:
18) Am besten haben mir folgende Trainingsgeräte gefallen:	1..... 2..... 3.....
Weitere Bemerkungen:	

Funktionaloptometrischer Screening-Bogen



Name:				
Geburts-Datum:				
Test mit Brille ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> KL ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> GSB ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>				
Werte aus Refraktion:				
Datum des Testes:				
Welche Sportart?				
Motilität				
	rechtes Auge		linkes Auge	
Blickfolgebewegung Probleme? Bei welcher Bewegung?				
Liegende Acht Probleme? Wo?				
Balance				
Rombergtest	Kann 20 Sekunden ruhig stehen	stabil <input type="checkbox"/>	instabil <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
(Füße in einer Linie)	Mit Augenbeweglichkeit	stabil <input type="checkbox"/>	instabil <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
	Mit Konvergenz	stabil <input type="checkbox"/>	instabil <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Dominanzen				
Auge				
Dominanz Nähe	Rechtes Auge <input type="checkbox"/>	Linkes Auge <input type="checkbox"/>		
Dominanz Ferne	Rechtes Auge <input type="checkbox"/>	Linkes Auge <input type="checkbox"/>		
Hand	Rechte Hand <input type="checkbox"/>	Linke Hand <input type="checkbox"/>		
Fuß	Rechter Fuß <input type="checkbox"/>	Linker Fuß <input type="checkbox"/>		
Beidäugigkeit und Tiefenwahrnehmung				
Brockschnur	X vorhanden? ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>			
	X 10cm 20cm 30cm 50cm 1m 2m 5m			
	Konvergenznahpunkt (Break Point) _____ cm			
	Recovery Punkt _____ cm			
	Welches Auge schaltet ab? rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/>			
	Konvergenzstresstest Befund ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>			
	X gleich stark? Ja <input type="checkbox"/> \ schwach <input type="checkbox"/> / schwach <input type="checkbox"/>			
	Midlineshifts? Ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Kopfbewegung nach rechts <input type="checkbox"/> nach links <input type="checkbox"/>			
	Schnur am rechten Auge <input type="checkbox"/> Schnur am linken Auge <input type="checkbox"/>			
Prismenleiste	Basis innen Basis außen			
	Welches Auge schaltet ab? rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> alternierend <input type="checkbox"/>			

Spaceboard		Trifft die markierten Punkte	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> (Anlage Foto)	
		zu kurz	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
		zu lang	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
		zu weit links	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
		zu weit rechts	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
Unterschiede in der Ausführung rechts/links?				
Biopter (Ferne)	1	vertikale Phorie	R. Hyper  L. Hyper 	
	2	Horizontale Phorie	über Konvergenz 1 2 3 4 5 ----- unter 15 14 13 12 11	6 7 8 10 9
	3	Zentrale Fusion	 Zwei vier weit auseinander vier nahe zus.	 vier dann drei
5a	Stereopsis	L-R nur Vorwärts-Läufer	A 2	B 5 C 3
5b	Stereopsis	L-R nur	A 4 B 2 C 5	D 3 E 4 F 2
Biopter (Nähe)				
	7	horizontale Phorie	über Konvergenz 1 2 3 4 5 ----- unter 15 14 13 12 11	6 7 8 10 9
	8	Fusion	 zwei vier weit auseinander vier nahe zus.	 vier dann drei
VOS				
Akkommodation				
Akkoleiste NP	linkes Auge	<input type="text"/> cm	rechtes Auge <input type="text"/> cm	

Trainingsplan-Beispiel für einen Teilnehmer des 3D-Kollektivs (hier: Tag 4)

SportsVision - Trainingsplan



Name: _____ Tag: **4** Datum _____

P-Rotator

Unit1 Buchstaben verfolgen
Geschwindigkeit: 2 Richtung: links
Dauer: 2 Größe: y Ring: äußerer Distanz: 1m
Impulse: 0 Frequenz: 0 Duty Ratio: 0
Koordination: Wackelkissen Zeit _____

Unit2 Buchstabieren 4
Geschwindigkeit: 2 Richtung: links
Dauer: 2 Buchstabengröße: gemäß Vorlage Ring: egal Distanz: s.o.
Impulse: 0 Frequenz: 0 Duty ratio: 0
Koordination: Wackelkissen Score: _____

D2

Unit1 Mode A (2 Läufe) Dynavision: **BO A2 Mid 60 (4)**
Dauer: 1 Bereich: Mid
Score (1) _____ Score (2) _____

Unit2 Mode B Dynavision: **BO B2 Mid 60 (4)** Score: _/_ - -

Eyeport **Vorübung: Brockschnur 5x**

Unit1: Augenhöhe Ausrichtung: Waagrecht
Progr: 3 Speed: 5 Ton: 1 R/G: 0
Impulse: 0 Frequenz: 0 Duty ratio: 0
Koordination: 0

Unit2: Oben Ausrichtung: Waagrecht
Progr: 3 Speed: 5 Ton: 1 R/G: 0
Impulse: 0 Frequenz: 0 Duty ratio: 0
Koordination: 0

Unit3: Brockschnur
Progr: 3 Speed: 5 Ton: 1 R/G: 0
Impulse: 0 Frequenz: 0 Duty ratio: 0
Koordination: Stehen

Flipper

Unit1: Akko Dioptrie: 2 Dauer: 1 Min R/G: nein Schriftgröße: 18
Koordination: Stehen Score _____

Unit2: Prismen Dioptrie: 3 Dauer: 1 Min R/G: nein Schriftgröße: 18
Koordination: Stehen Score _____

VPE (Capture the Target, Peripheral awareness, Visual Scan, Central&Peripheral awareness, Autoslide / Jump Vergence)

DynamicEye® - Sabine Nebendahl & Stefanie Hennigfeld – Tel: 0163-6537918, info@dynamic-eye.de

Danksagung

Für die Möglichkeit der Promotion und die Überlassung des Themas möchte ich mich zu allererst bei Frau Prof. Dr. med. Petra Platen, der Leiterin des Lehrstuhls für Sportmedizin und Sporternährung, bedanken.

Mein größter Dank gilt Herrn Dr. Gernot Jendrusch, der die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit übernommen und mich während der zurückliegenden drei Jahre fachlich und auch persönlich betreut hat. Er hat mir gezeigt, wie man sich mit wissenschaftlicher Arbeit auseinandersetzt, diese umsetzt und speziell im Bereich Sports Vision anwendet. Weiterhin gab er mir viele hilfreiche Tipps zur Bewältigung der statistischen Methoden und zur Erstellung der Grafiken. Danke auch für die Bereitstellung eines zeitweisen Büroarbeitsplatzes und der damit verbundenen Gelegenheit stets Fragen stellen zu können und Methoden und Vorgehensweisen zu besprechen.

Mein Dank gilt auch meinen Freundinnen Lena Schröer, Maresa Fisch, Lisa Marie Selzer, Julia Püth und Anne Nüfer. Sie konnten mir mit den Erfahrungen Ihrer eigenen Arbeiten wertvolle Tipps und Hinweise geben.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Schwester Julia dafür danken, dass sie meine Arbeit nicht nur einmal durchgelesen hat. In diesem Zusammenhang geht ein besonderer Dank auch an meine Eltern, Renate und Klaus, die mich zu jeder Zeit vollstens unterstützt haben. Danke, dass Ihr mir das Studium ermöglicht und mir stets euer Vertrauen entgegengebracht habt.

Abschließend möchte ich meinem Partner danken. Ohne seine oftmals aufmunternden und motivierenden Worte sowie sein großes Verständnis wäre der Abschluss der Arbeit wohl nicht möglich gewesen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Jessica Cordes
Geburtstag/-ort	19.08.1987 Warstein
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig

Schulbildung

1994-1998	St. Margaretha Grundschule Sichtigvor
1998-2007	Friedrich-Spee Gymnasium Rütten, Abitur 2007

Hochschulbildung

2007-2013	Studium der Humanmedizin an der Ruhr-Universität Bochum
09/2009	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2012/2013	Praktisches Jahr <ul style="list-style-type: none">○ Abteilung für Chirurgie im Marienhospital Witten○ Abteilung für Innere Medizin im Klinikum Stadt Soest (Zweithörerschaft an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster)○ Wahlfach Augenheilkunde in der Augenklinik des Klinikum Dortmund (Zweithörerschaft an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster)
11/2013	voraussichtlich Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung