

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

**Visuell-kognitive Leistungen im Freizeit- und Leistungssport am Beispiel von Handball und  
Fechten**

**Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

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

vorgelegt von Theresa Koppelwiser

aus Schwerin

Magdeburg 2021

## **Widmung**

Ich widme diese Arbeit dem weltbesten Papi und meinen Großeltern, ihr fehlt.

## **Bibliografische Kurzfassung**

Koppelwiser, Theresa:

**Visuell-kognitive Leistungen im Freizeit- und Leistungssport am Beispiel von Handball und Fechten.**

- 2021. - 106 Bl., 32 Abb., 6 Tab., 10 Anlagen

### Kurzreferat:

Es existieren multifaktorielle Einflussfaktoren auf die sportliche Leistung. Die Identifikation und Optimierung relevanter Fähigkeiten der Athleten zur Verbesserung ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit ist von wissenschaftlichem Interesse. Diese Arbeit untersucht, ob Leistungssportler bessere visuelle und kognitive Fähigkeiten aufweisen als Freizeit- bzw. Nichtsportler und ob es sportartspezifische Unterschiede (Handball vs. Fechten) gibt.

Getestet wurden 121 Probanden im Alter zwischen 14 und 59 Jahren. Entsprechend ihrer sportlichen Aktivität erfolgte die Einteilung in folgende 4 Gruppen: Freizeitsportler (n = 42) und Leistungssportler (n = 79) mit den Untergruppen Fechten (n = 24), Handball (n = 35) und andere Sportarten (n = 20).

Mittels ophthalmologischer Verfahren zur Prüfung der peripheren Wahrnehmung, des Stereosehens und des afferenten dynamischen Sehens sowie einer psychometrischen Testbatterie zur Erfassung der kognitiven Leistungen (Einfachwahl- und Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit, geteilte Aufmerksamkeit) wurde der gruppenspezifische Vergleich dieser Fähigkeiten zwischen Freizeitsportlern und Leistungssportlern als auch zwischen Fechtern und Handballern (Mannschafts- vs. Einzelsportart) durchgeführt.

Die Ergebnisse wiesen lediglich vereinzelt signifikante Unterschiede beim Stereosehen hinsichtlich der visuellen Fähigkeiten in Abhängigkeit von der sportlichen Aktivität oder dem Sportprofil auf. Innerhalb der kognitiven Testungen zeigten die Leistungssportler eine deutlich kürzere Einfachwahl-Reaktionszeit und die Freizeitsportler schnellere visuelle Antwortzeiten im Test zur geteilten Aufmerksamkeit. Im Sportartenvergleich präsentierten sich die Handballer den Fechtern im Einfachwahl-Reaktionstest sowie in der geteilten Aufmerksamkeit insgesamt überlegen.

### Schlüsselwörter:

visuell-kognitive Leistungen, Leistungssport, Freizeitsport, Handball, Fechten, sportartspezifischer Vergleich, geteilte Aufmerksamkeit

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VIII
Anlageverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis .....	XI
<b>1</b> Einführung.....	<b>1</b>
<b>1.1</b> Visuelle Leistungen im Sport .....	<b>3</b>
1.1.1 Periphere Wahrnehmung.....	5
1.1.2 Räumliches Sehen.....	7
1.1.3 Dynamisches Sehen.....	9
<b>1.2</b> Kognitive Fähigkeiten im Sport.....	<b>11</b>
1.2.1 Reaktionsschnelligkeit .....	14
1.2.2 Geteilte Aufmerksamkeit .....	16
<b>1.3</b> Zielstellung und Arbeitshypothesen.....	<b>18</b>
<b>2</b> Probanden und Methoden.....	<b>19</b>
<b>2.1</b> Probanden .....	<b>19</b>
<b>2.2</b> Studiendesign .....	<b>19</b>
<b>2.3</b> Methodik .....	<b>21</b>
2.3.1 Ophthalmologische Verfahren .....	21
2.3.2 Psychometrische Tests .....	25
<b>2.4</b> Statistik .....	<b>28</b>
<b>3</b> Ergebnisse.....	<b>29</b>
<b>3.1</b> Soziodemografische Daten, sportliche Aktivität und visueller Status.....	<b>29</b>
3.1.1 Alter .....	29
3.1.2 Geschlecht .....	29
3.1.3 Sportliche Aktivität .....	29
3.1.4 Koffein- und Alkoholkonsum .....	30
3.1.5 Visueller Status .....	30

3.2	Vergleich von Freizeitsport und Leistungssport .....	34
3.2.1	Visuelle Leistungen .....	34
3.2.2	Kognitive Fähigkeiten .....	37
3.3	Vergleich von Einzel- und Mannschaftssportart .....	41
3.3.1	Visuelle Leistungen .....	41
3.3.2	Kognitive Fähigkeiten .....	44
4	Diskussion .....	47
4.1	Vergleich von Freizeitsport und Leistungssport .....	47
4.1.1	Visuelle Leistungen .....	47
4.1.2	Kognitive Fähigkeiten .....	49
4.2	Vergleich von Einzel- und Mannschaftssportart .....	52
4.2.1	Visuelle Leistungen .....	52
4.2.2	Kognitive Fähigkeiten .....	54
5	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	58
6	Zusammenfassung .....	61
	Literaturverzeichnis .....	63
	Anlagen .....	75
	Ehrenerklärung .....	91
	Danksagung .....	92
	Lebenslauf .....	93
	Publikationsverzeichnis .....	95

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der Einflussfaktoren auf die sportliche Leistungsfähigkeit .....	2
Abbildung 2:	Querdysparation von nahen Gegenständen (bis zu 10 Metern) .....	8
Abbildung 3:	Übersicht zum Dynamischen Sehen .....	9
Abbildung 4:	Einblickgerät Rodatest 302 .....	21
Abbildung 5:	Perimeter Medmont .....	22
Abbildung 6:	Versuchsaufbau Test zur peripheren Wahrnehmung, Wiener Testsystem .....	22
Abbildung 7:	Random Dot Test .....	23
Abbildung 8:	Signal für die Reaktion im einfachen Reaktionstest, Wiener Testsystem .....	26
Abbildung 9:	Tastatur für den einfachen Reaktionstest, Wiener Testsystem .....	26
Abbildung 10:	Bildschirm für den Test zur Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit (Vortest zur Flexibilität) .....	27
Abbildung 11:	Bildschirm für den Test zur geteilten Aufmerksamkeit .....	28
Abbildung 12:	Periphere Wahrnehmung, Gesichtsfeld der Leistungssportler und Freizeitsportler in Grad .....	34
Abbildung 13:	Periphere Wahrnehmung, Blickwinkel der Leistungssportler und Freizeitsportler nach rechts und links in Grad .....	34
Abbildung 14:	Stereosehen am Random-Dot-Test Teil 1 zwischen den Probandengruppen anhand der Leistungsbewertung von 1-5 .....	36
Abbildung 15:	Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Öffnung des Landoltringes nach links/ rechts in Prozent .....	36
Abbildung 16:	Dynamischer Sehtest, Leistungsmaß der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Prozent .....	37
Abbildung 17:	Einfachwahl-Reaktionstest, mittlere Reaktionszeit und mittlere motorische Zeit zwischen den beiden Gruppen in Millisekunden .....	38
Abbildung 18:	Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Antworten der Probandengruppen mit und ohne Handwechsel .....	38
Abbildung 19:	Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Antworten der Probandengruppen insgesamt .....	39

Abbildung 20: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler mit und ohne Handwechsel.....	39
Abbildung 21: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Antworten der Probandengruppen insgesamt .....	40
Abbildung 22: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, mittlere Antwortzeit auf auditive und visuelle Reize in Millisekunden zwischen Freizeitsportlern und Leistungssportlern.....	40
Abbildung 23: Periphere Wahrnehmung, Gesichtsfeldausdehnung der Fechter und Handballer .....	41
Abbildung 24: Periphere Wahrnehmung, Anzahl der Trackingabweichungen der Fechter und Handballer .....	42
Abbildung 25: Stereosehen am Rodatestgerät 302 zwischen den Leistungssportlergruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-5 .....	42
Abbildung 26: Stereosehen am RD-Test Teil 1 zwischen den Leistungssportgruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-5.....	43
Abbildung 27: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent.....	43
Abbildung 28: Einfachwahl-Reaktionstest, mittlere Reaktionszeit und mittlere motorische Zeit der Fechter und Handballer in Millisekunden .....	44
Abbildung 29: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Probandengruppen bei Handwechsel und keinem Handwechsel.....	45
Abbildung 30: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Reaktionen der Fechter und Handballer mit und ohne Handwechsel .....	45
Abbildung 31: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, mittlere Antwortzeit der Fechter und Handballer auf auditive und visuelle Reize in Millisekunden .....	46
Abbildung 32: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der falschen Reaktionen insgesamt der Fechter und Handballer .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bewegungskontraste mit den dazugehörigen Pixelbewegungen, Landoltringe .....	24
Tabelle 2:	Gruppeneinteilung der Probanden nach sportlicher Aktivität sowie Angaben zum Alter, Sporteinheiten pro Woche und Trainingsjahren in diesen Gruppen.....	31
Tabelle 3:	Gruppeneinteilung der Probanden nach sportlicher Aktivität und Geschlecht sowie Angaben zum Alter, Sporteinheiten pro Woche und Trainingsjahren in diesen Gruppen .....	32
Tabelle 4:	Alkoholkonsum der Sportgruppen.....	33
Tabelle 5:	Visuswerte der vier Sportgruppen insgesamt sowie der männlichen und weiblichen Probanden mit Mittelwert und Standardabweichung, Minimum- und Maximum .....	33
Tabelle 6:	Sehleistungsstufen der Teiltestungen in Winkelsekunden mit der dazugehörigen Leistungsbewertung (Ranking) für die statistische Auswertung .....	35

# Anlageverzeichnis

- Anlage 1: Positives Votum der Ethikkommission
- Anlage 2: Informationsbogen zur Studie für die Probanden
- Anlage 3: Muster der Einwilligungserklärung der Probanden
- Anlage 4: Anamnesebogen
- Anlage 5: Erfassungsbogen für Rodatest 302: Visus, Phorie und Stereosehen
- Anlage 6: Maße des Sehzeichens bei DTDS
- Anlage 7: Signifikante Unterschiede der erfassten Parameter zwischen den Geschlechtern im Vergleich Freizeitsport (FS) – Leistungssport (LS)
- Anlage 8: Signifikante Unterschiede der erfassten Parameter zwischen den Geschlechtern im Vergleich Handball (H) - Fechten (F)
- Anlage 9: Abbildungen zum Vergleich Leistungssport und Freizeitsport
- Abb. A 1 a: Periphere Wahrnehmung, Trackingabweichung der Leistungssportler und Freizeitsportler
  - Abb. A 1 b: Periphere Wahrnehmung, richtige Trefferanzahl der Leistungssportler und Freizeitsportler
  - Abb. A 1 c: Periphere Wahrnehmung, falsche Reaktionen der Leistungssportler und Freizeitsportler
  - Abb. A 1 d: Periphere Wahrnehmung, ausgelassene Reaktionen der Leistungssportler und Freizeitsportler
  - Abb. A 2 a: Stereosehen am Rodatest 302 zwischen den Leistungssportlern und Freizeitsportlern anhand der Leistungsbewertung von 1-5
  - Abb. A 2 b: Stereosehen am RD-Test Teil 2 zwischen den Leistungssportlern und Freizeitsportlern anhand der Leistungsbewertung von 1-13
  - Abb. A 3 a: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent
  - Abb. A 3 b: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei einem Bewegungskontrast von 100 % und 50 % in Prozent
  - Abb. A 3 c: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei einem Bewegungskontrast von 30 % und 20 % in Prozent
  - Abb. A 3 d: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Prozent
  - Abb. A 4 a: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler
  - Abb. A 4 b: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler

- Abb. A 5 a: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Handwechsel und keinem Handwechsel in Millisekunden
- Abb. A 5 b: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Millisekunden
- Abb. A 6 a: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der richtigen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Freizeitsportler und Leistungssportler
- Abb. A 6 b: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Freizeitsportler und Leistungssportler
- Abb. A 6 c: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der falschen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt
- Abb. A 6 d: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt

Anlage 10: Abbildungen zum Vergleich Einzelsportart und Mannschaftssportart

- Abb. A 7 a: Periphere Wahrnehmung, Blickwinkel der Fechter und Handballer in Grad
- Abb. A 7 b: Periphere Wahrnehmung, richtige Trefferanzahl der Fechter und Handballer
- Abb. A 7 c: Periphere Wahrnehmung, falsche Reaktionen der Fechter und Handballer
- Abb. A 7 d: Periphere Wahrnehmung, ausgelassene Reaktionen der Fechter und Handballer
- Abb. A 8 a: Stereosehen am RD-Test Teil 2 zwischen den Leistungssportgruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-13
- Abb. A 9 a: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent
- Abb. A 9 b: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach links/ rechts in Prozent
- Abb. A 9 c: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei einem Bewegungskontrast von 100 % und 50 % in Prozent
- Abb. A 9 d: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei einem Bewegungskontrast von 30 % und 20 % in Prozent
- Abb. A 9 e: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer insgesamt in Prozent
- Abb. A 10 a: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer
- Abb. A 10 b: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Fechter und Handballer
- Abb. A 11 a: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Fechter und Handballer insgesamt in Millisekunden
- Abb. A 11 b: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Reaktionen der Fechter und Handballer insgesamt
- Abb. A 11 c: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer mit und ohne Handwechsel
- Abb. A 11 d: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer insgesamt
- Abb. A 12 a: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der richtigen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Fechter und Handballer
- Abb. A 12 b: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Leistungssportler
- Abb. A 12 c: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen insgesamt der Leistungssportler

## Abkürzungsverzeichnis

AS	andere Sportarten
AZ	Antwortzeit
BET	Broad External Attentional Focus
CRT	Choice Response Time
DOSB	Deutscher Olympischer Sportbund
DS	Dynamisches Sehen
DTDS	Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen
EOG	Elektrookulographie
F	Fechten
FS	Freizeitsport
GA	geteilte Aufmerksamkeit
H	Handball
INFP	Information Processing
LS	Leistungssport
PW	Leistungsmaß (nach Schrauf)
RD	Random-Dot
RS	Reaktionsschnelligkeit
RZ	Reaktionszeit
MZ	Motorische Zeit
MW	Mittelwert
NAR	Narrow Attentional Focus
SD	Standardabweichung
SRT	Simple Response Time
WG	Winkelgeschwindigkeit

# 1 Einführung

„The ability to identify the visual needs for an athlete who wishes to participate in a given sport, and to correct any deficits an athlete may have, could lead to more success, at the elite and amateur levels“ (Doğan 2009).

Dieses Zitat ist eine gute Einführung in die Zielstellung dieser Studie. Es soll aber im Folgenden nicht nur um visuelle Anforderungen von Sportarten an ihre Sportler<sup>1</sup> gehen. Auch kognitive Fähigkeiten bei der Ausübung einer Sportart werden untersucht.

Diese Arbeit soll sich zunächst mit der Frage beschäftigen, in wieweit die visuell-kognitiven Fähigkeiten von Freizeitsportlern im Vergleich zu Leistungssportlern unterschiedlich ausgeprägt sind. Ferner wird untersucht, ob Fechten als Beispiel einer Einzelsportart andere visuell-kognitive Fähigkeiten fördert als Handball, eine Mannschaftssportart.

Es ist von wissenschaftlichem Interesse, welche visuell-kognitiven Fähigkeiten sportartspezifische Unterschiede bzw. Profile zeigen, um im nächsten Schritt zu eruieren, ob sie eine tragende Rolle für die sportliche Leistungsfähigkeit spielen könnten. Diese Erkenntnisse wiederum könnten genutzt werden, um noch individueller auf Trainingsmöglichkeiten einzugehen. Im Bereich des (Leistungs-)Sports hat die visuelle Leistungsdiagnostik sowie spezifisch visuell-kognitives Training noch immer einen sehr geringen Stellenwert (Lüder 2013).

Jede Sportart hat ihr ganz eigenes Anforderungsprofil. Dieses beschreibt, in welchem Maße einzelne Fähigkeiten und Fertigkeiten ausgeprägt sein müssen, um diese erfolgreich ausüben zu können (Kirchner 1986, 1991).

Die sportliche Leistungsfähigkeit des Einzelnen ist definiert als das Leistungspotential des Sportlers, eine bestimmte Aufgabe in der höchst möglichen Belastungsstufe zu erfüllen (Schnabel et al. 2016). Neben motorischen und taktischen Fähigkeiten spielen auch höhere kognitive Fertigkeiten eine Rolle, wie beispielsweise Antizipation oder Aufmerksamkeit. Weitere ausschlaggebende Einflussfaktoren der sportlichen Leistung sind soziale und psychische Fähigkeiten. So ist es in Mannschaftssportarten von großer Bedeutung, dass innerhalb des Teams ein positiver Zusammenhalt herrscht und jeder für jeden einsteht (soziale Fähigkeiten). In Einzelsportarten dagegen ist in einem Gefecht zwischen Weltklassefechtern bei einem Punktestand von 14 zu 14 (Sieg bei 15 Punkten) nicht die Technik der ausschlaggebende Siegesfaktor – am Ende geht der Sportler mit der größten Nervenstärke als Gewinner von der Fechtbahn. Im Spitzensport entscheidet häufig die psychische Verfassung über Sieg und Niederlage (Gabler et al. 2001). Beson-

---

<sup>1</sup> Im folgenden Text wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich jedoch immer auf Personen beiderlei Geschlechts.

ders in der heutigen Zeit spielen kognitive Fähigkeiten wie Antizipation oder das Entscheidungsverhalten eine immer größer werdende Rolle. Ursache ist die Homogenität der Athleten im Bereich der Kondition, welche zu einer immer größeren Bedeutungszunahme der Kognition im Sport führt (Reilly et al. 2000; Williams 2000).

Andere Einflussfaktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit sind genetisch bedingt oder als gegeben hinzunehmen. Beispiele dafür sind die Konstitution, Alter oder Geschlecht.

Aus den einzelnen Leistungskomponenten des Sportlers ergibt sich seine individuelle Leistungsfähigkeit in der jeweiligen Sportart (Abbildung 1). Diese lässt sich im Umkehrschluss durch gezieltes Training der einzelnen Fähigkeiten steigern.

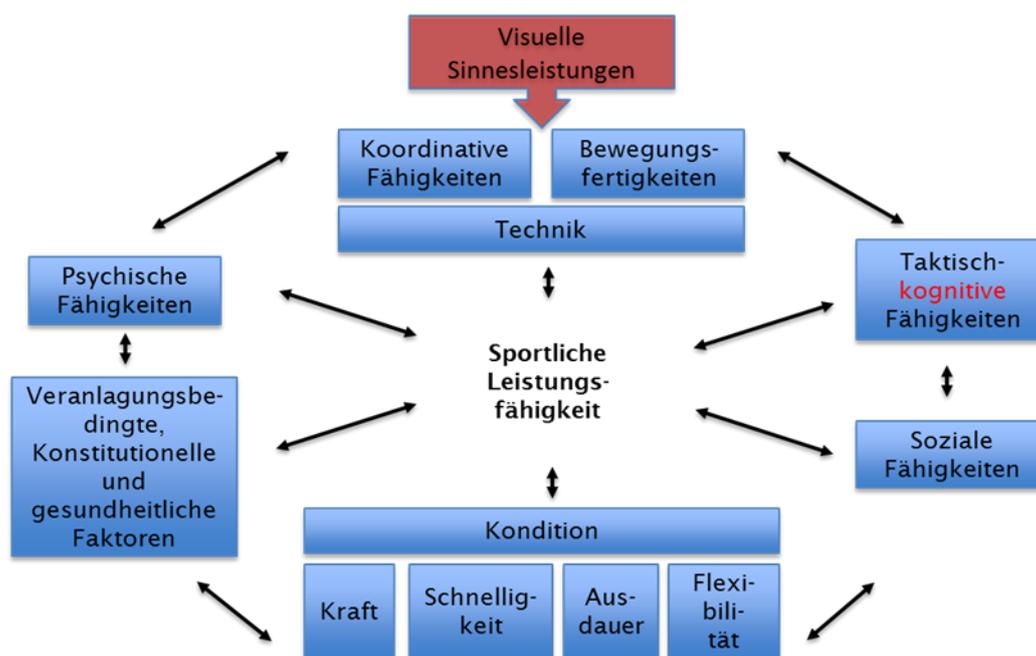


Abbildung 1: Übersicht der Einflussfaktoren auf die sportliche Leistungsfähigkeit

Im visuellen sowie kognitiven Bereich sind einzelne Teilleistungen isoliert messbar (Jendrusch & Brach 2003; Zimmermann & Fimm 2007). Beispiele für visuelle Teilleistungen sind das periphere Sehen oder die Tiefenwahrnehmung. Dabei ist interessant, dass auch die visuellen Sinnesprozesse selbst als aktive kognitive Leistung des zentralen Nervensystems verstanden werden können. Sie umfassen sowohl die Aufnahme des Reizes, die Empfindung als auch die Verarbeitung der Informationen.

Unter kognitiven Fähigkeiten versteht man unter anderem Aufmerksamkeit und Konzentration, Antizipation oder Denkvorgänge, welche die sportliche Handlung in verschiedenster Art und Weise beeinflussen können (Gabler et al. 2000).

Auf die multifaktoriellen Messungen der Teilleistungen beziehend können für die jeweiligen Sportarten visuell-kognitive Anforderungsprofile erstellt werden. Aus diesen Anforderungsprofilen lassen sich trainings- bzw. sportpraktische Konsequenzen ableiten. Im Folgenden soll es insbesondere um die Sportarten Handball als Beispiel für einen Mannschaftssport und Fechten als Einzelsportart gehen. Bisher ist ein derartiger Vergleich zwischen Handballern und Fechtern im Hinblick auf „sportartspezifische visuell-kognitive Leistungsprofile“ in der Literatur nicht hinreichend untersucht. Nur für vereinzelte Teilleistungen bestehen Untersuchungsergebnisse mit geringer Probandenzahl (Doğan 2009). Dieses Defizit soll mit der vorliegenden Arbeit ausgeglichen werden.

Handball ist eine Mannschaftssportart mit sechs Feldspielern und einem Torwart pro Team. Es ist ein schneller Sport mit hohen Anforderungen an das visuelle System sowie die kognitive Verarbeitung. So müssen beispielsweise Mannschaftskameraden als auch Gegner „im Auge“ behalten werden (peripheres Sehen), wobei gleichzeitig der Handball nicht aus dem Fokus verloren gehen darf (zentrales Sehen). Das laufende Spiel des gegnerischen Teams muss beobachtet und auch die Aktionen der eigenen Mitspieler aufeinander abgestimmt werden (geteilte Aufmerksamkeit).

Der Fechtsport ist hingegen durch die Ausübung auf einer Fechtbahn und damit der hauptsächlichlichen Ausrichtung der Blickrichtung nach vorne weniger auf peripheres Sehen angewiesen. Das sportliche Geschehen findet direkt vor einem statt. Der Fechter hat nur einen Gegner, auf den es sich zu konzentrieren gilt. Reaktionsschnelligkeit gilt als eine der wichtigsten Eigenschaften. Im Hinblick auf das dynamische Sehen lassen sich hingegen auf den ersten Blick zwischen beiden Sportarten Parallelen ziehen. Das zu beobachtende Objekt ist in Bewegung (Handball oder Fechtwaffe).

## 1.1 Visuelle Leistungen im Sport

Sinnesphysiologisch gibt es im Hinblick auf die sportliche Leistungsfähigkeit vielfältig relevante Einflussfaktoren. Zwar werden im täglichen sportlichen Training Muskelkraft und Kondition geschult und an sportartspezifische Anforderungen angepasst, das Training des visuellen Systems (Augen, Sehnerven und zugehörige Hirnareale) bleibt aber häufig außen vor. Dabei kommt diesem als Einflussfaktor auf die sportliche Leistung eine besondere Bedeutung zu (Neumaier 1988; Jendrusch et al. 2014; Jendrusch 2014). Um die 80 % der Umweltinformationen nimmt der Mensch über das visuelle Sinnessystem auf (Böckelmann 2016). Diese Informationen sind wichtig, um Bewegungshandlungen und -abläufe richtig zu erlernen und zu verstehen (Marées 2002). Daraus ergeben sich die individuellen Bewegungsfertigkeiten, welche eine maßgebliche Rolle für das Erlernen einer optimalen Technik spielen (siehe Abbildung 1). Erst das visuelle System

ermöglicht dem Sportler die Orientierung im Raum, die Antizipation und Registrierung von gegnerischen (Re-) Aktionen und die Beurteilung von sowohl Eigen- als auch Fremdbewegungen, was zu „vorausschauendem“ Erkennen u. a. von Gefahrensituationen führt (Neumaier 1988). Forderungen nach mehr wissenschaftlicher Aufmerksamkeit im Hinblick auf die visuellen sowie allgemeinen Sinnesleistungen im Sport sind bereits mehrfach in der Literatur zu finden (Stine et al. 1982; Jendrusch 1995; Laby et al. 1996; Jendrusch 2008; Schneiders et al. 2010; Laby et al. 2011; Jendrusch et al. 2015)

Es konnte in Studien gezeigt werden, dass Visus und Kontrastempfindlichkeit trainierbar sind, sogar mit der sportlichen Leistung positiv korrelieren (Laby et al. 1996; Laser et al. 2011). Unter Visus ist dabei das räumliche Auflösungsvermögen an der Stelle des schärfsten Sehens der Netzhaut (Fovea centralis) zu verstehen. Das räumliche Auflösungsvermögen definiert die Fähigkeit, zwei räumlich sehr nahe beieinander liegende Reize noch als Einzelreize erkennen zu können (Marées 2002). Durch Studien ist bekannt, dass um die 30 % aller Sportler fehlsichtig sind. Diese Sportler üben ihren Sport mit unzureichender Korrektur aus. Sogar im Leistungssportbereich sind es immer noch gut 20 % der im Rahmen der Leistungsdiagnostik untersuchten Sportler, welche als fehlsichtig einzustufen sind (Jendrusch 1995, 2008; Tidow 1996; Bartmus et al. 1996). Dabei ist der Visus als Grundvoraussetzung für andere visuelle Teilleistungen von größter Bedeutung. So wird z. B. die Tiefenwahrnehmung vom Visus mit beeinflusst. Aufgrund dessen ist im Sport ein möglichst hoher Visus zu fordern (Voigt & Jendrusch 2009).

Während sich die Literaturlage zu visuellen Teilleistungen wie dem Visus (Schnell 1984; Christenson & Winkelstein 1988; Jendrusch et al. 1994b) oder der dynamischen Sehschärfe (Ludvig & Miller 1953; Tidow 1993a; Ishigaki & Miyao 1993) umfangreich und differenziert darstellt, gibt es z. B. im Hinblick auf das afferente dynamische Sehen noch Defizite. Insbesondere im Hinblick auf den Fechtsport spielen Vergleiche visueller Anforderungsprofile unterschiedlicher Sportarten (Doğan 2009; Nuri et al. 2013; Laby et al. 2011) eine eher untergeordnete Rolle. „Das visuelle Anforderungsprofil bezeichnet die Gesamtheit aller Anforderungen an das visuelle System, die eine Wahrnehmungssituation [...] konkret an den Handelnden stellt“ (Neumaier & Jendrusch 1999). Eine differenzierte Analyse dieser Anforderungen ist nötig, um die visuelle Leistungsfähigkeit für sportartspezifische Handlungssituationen optimieren zu können (Tidow 1996). Im Folgenden soll auf die visuellen Teilleistungen des peripheren Sehens, des räumlichen Sehens und des dynamischen Sehens genauer eingegangen werden.

### 1.1.1 Periphere Wahrnehmung

Unter dem peripheren Sehen versteht man die visuelle Wahrnehmung, bei der das Sehen in extrafovealen Arealen stattfindet. Ein Objekt wird nicht durch die Fovea centralis fixiert und optimal „scharf“ gesehen, sondern in der Netzhautperipherie wahrgenommen. Aufgrund der abnehmenden Sensordichte (Zapfen) von der Fovea centralis in Richtung Netzhautperipherie kommt es zu einer Sehschärfeabnahme. Ursache dafür ist u. a. die physiologische Gegebenheit der verringerten Signalkonvergenz, d. h. größere Zusammenschlüsse von den Zapfen (größere rezeptive Felder) in der Peripherie der Netzhaut. In Spielsportarten wie dem Handball müssen beispielsweise über das „unscharfe“ periphere Sehen Mitspieler bzw. Gegenspieler „kontrolliert“ werden, um gleichzeitig folgerichtig zu reagieren und z. B. einen Konter einzuleiten (Jendrusch 2006).

Das periphere Sehen wird insbesondere bei synchronoptischen Beobachtungsaufgaben relevant. Synchronoptische Beobachtung bezeichnet die Wahrnehmung zeitlich parallel ablaufender, aber räumlich getrennter Vorgänge (Tidow 1993a). Zum Verständnis der Bedeutung im Sport kann man sich einen abwehrenden Volleyballspieler am Netz vorstellen. Zeitgleich sind sowohl Angriffsspieler als auch Steller zu beobachten und deren Verhalten zu analysieren, um entsprechend reagieren zu können (Gralla et al. 1999). Bei dieser Art von Anforderungen an den Sportler gibt es zwei mögliche Blickstrategien zur Bewältigung dieser Aufgabe. Das Blickverhalten ist dabei als ein Indikator für die Aufmerksamkeitszuwendung zu deuten (Gabler et al. 2000). Zum einen kann die Aufmerksamkeit geteilt werden. Dabei wird zugunsten der Detailgetreue die Wahrnehmung der simultanen Prozesse auf die extrafovealen Areale verlagert (Voigt 1982). Winograd (2013) konnte eine signifikant bessere Performance im Bereich des „Simultansehens“ von erfahrenen Baseballspielern im Vergleich zu Nichtsportlern nachweisen. Eine weitere mögliche Sehstrategie ist die Aufmerksamkeitsverlagerung auf die relevantere Beobachtungseinheit (foveal) und die damit verbundene, nur mit geringer Auflösung, periphere Wahrnehmung einer zweiten Beobachtungseinheit (Whiting 1969). In der Studie von Schul wurde die Fähigkeit des peripheren Sehens relevanter Reize bei gleichzeitiger Fixation getestet, dabei wurden Basketballprofis mit anderen Sportprofis sowie Basketballnovizen und Nichtbasketballern verglichen. Es ergab sich keine signifikant bessere Leistung der höheren Expertisegruppen (Schul 2015). Durch periphere Gesichtsfeldausfälle kann es zu Leistungseinbußen kommen, die sich stärker defizitär auf die Leistung auswirken als vergleichbare zentrale Gesichtsfeldausfälle. Dabei führen periphere Gesichtsfeldausfälle innerhalb der Lernphase nochmal zu deutlicheren Leistungseinbußen als nach Abschluss der Lernphase (Marées 1991; Schnell 1996). Außerdem hat das periphere Sehen einen enormen Einfluss auf die Bewegungsregulation sowie das Gleichgewicht

(Straube 1996). Diese Tatsachen veranschaulichen die Wichtigkeit der peripheren Wahrnehmung im Rahmen der sportlichen Leistungsfähigkeit. Unter anderem wird durch Pfeiffer und Fleischer (Pfeiffer & Fleischer 1978) eine Gesichtsfeldeinschränkung als Kontraindikation für eine sportliche Betätigung in bestimmten Sportarten genannt.

Das periphere Sehen konnte insgesamt in Zusammenschau der bereits existierenden Studien als tendenziell besser bei Sportlern im Vergleich zu Nichtsportlern getestet werden. Es wurde in Studien ein größeres Gesichtsfeld bzw. eine größere Ausdehnung des Gesichtsfeldes von Athleten im Vergleich zu Untrainierten nachgewiesen (Williams & Thirer 1975; Stine et al. 1982; Gao et al. 2015). Ebenso wurde der Unterschied zwischen Frauen und Männern untersucht. Dabei zeigte sich, dass Frauen insgesamt zu einem größeren peripheren Gesichtsfeld neigen als ihre männlichen Kollegen (Williams & Thirer 1975; Menge 1993; Wache 1993). Dabei ist die Studie von Williams und Thirer die einzige Studie, in der u. a. Fechter als Sportart genannt und an der Ergebnisfindung beteiligt waren. In der Untersuchung von Menge (1993) konnte kein Unterschied zwischen Handballern und Hobby- bzw. Nichtsportlern in der Gesichtsfeldausdehnung festgestellt werden.

Auch die Abhängigkeit des peripheren Sehens im Vergleich zu dem sportlichen Leistungsniveau wurde bereits mehrfach untersucht (Deshaies & Pargman 1976; MacGillivray 1978; Bard et al. 1994), wobei die einheitlichen Ergebnisse zeigen, dass eine Abhängigkeit vom Leistungsniveau eher nicht zu vermuten ist. Dagegen ergaben sich eine größere periphere Sehschärfe sowie eine schnellere periphere Reaktionszeit bei Sportlern – trotz vergleichbarer Visuswerte beider Gruppen (Christenson & Winkelstein 1988). Auch in weiteren Studien konnte eine schnellere periphere Reaktionszeit von Sportlern nachgewiesen werden (Pesce Anzeneder 1997; Ando et al. 2001).

Zu einem großen Teil beziehen sich Studien zum peripheren Sehen nicht auf die Sportler selbst, sondern auf Kampf-, Schieds- und Wertungsrichter sowie die hohen Anforderungen an das periphere Sehen dieser Berufsgruppe. Dabei geht es vordergründig um die Grenzen des peripheren Sehens von Schiedsrichtern im Rahmen des sportlichen Geschehens (Jendrusch et al. 1994b; Gralla et al. 1997).

Eine Trainierbarkeit des peripheren Sehens wird ebenfalls in der Literatur beschrieben (Koch 1949; Stine et al. 1982; Gralla 2008). So machten Gralla und Kollegen eine bessere funktionelle Ausschöpfung für das größere Gesichtsfeld verantwortlich (Gralla et al. 1999; Gralla 1999), ebenso wie Matos und Godinho (2005).

Eine vergleichende Untersuchung der peripheren Wahrnehmung zwischen Handballern und Fechtern wurde noch nie vorgenommen. Dabei lässt sich aufgrund erhöhter visueller Anforderungen an das periphere Sehen im Handball ein besseres Abschneiden der Handballer gegenüber den Fechtern vermuten.

### 1.1.2 Räumliches Sehen

Das räumliche Sehen, auch Stereosehen genannt, ist für viele Sportarten extrem relevant. Ohne das stereoskopische Sehen ist es nahezu unmöglich, Entfernungen richtig einzuschätzen (Jendrusch 1995; Mester 2000; Möllenberg et al. 2001; Jendrusch & Brach 2003; Gernot Jendrusch 2009). Diese Tatsache verdeutlicht insbesondere im Sport eine hohe Verletzungsgefahr bei schlechtem räumlichem Sehvermögen. Stereosehen wird u. a. durch beidäugiges Sehen von Gegenständen oder Objekten ermöglicht. Es führt zu einer quantifizierbaren Tiefenwahrnehmung im Bereich von bis zu 10 Metern. Dabei spielt der sinnesphysiologische Vorgang der Querdissipation eine tragende Rolle. Durch den physiologischen Augenabstand sowie aus weiteren geometrisch-optischen Gründen entstehen bei der Betrachtung dreidimensionaler Gegenstände in der Nähe (rot gestrichelte Blickachse, Abbildung 2) unterschiedliche Bildlagen im rechten und linken Auge. Diese befinden sich auf ungleichen Orten auf den Netzhäuten (rote Punkte im Auge, Abbildung 2). Dabei entspricht die Querdissipation dem Abstand des Bildes (roter Punkt im Auge, Abbildung 2) auf der jeweiligen Netzhaut bis zur Fovea centralis (blauer Punkt im Auge, Abbildung 2). Durch diese räumlichen Differenzen der zweidimensionalen Bilder auf den Netzhäuten (Querdissipation) kann das Sehsystem Informationen für das stereoskopische Sehen gewinnen. Für die räumliche Wahrnehmung in der Ferne (blaue durchgezogene Blickachse, Abb. 2) sind vor allem monokulare Mechanismen von Bedeutung wie z. B. perspektivische Verkürzungen oder Konturenüberschneidungen sowie Licht und Schatten.

Zum Vergleich des räumlichen Sehens von Sportlern und Nichtsportlern bzw. von Sportarten untereinander gibt es nur wenige Studien. Ein Trend zur besseren Tiefenwahrnehmung von Athleten im Vergleich zu Nichtsportlern wird aber deutlich (Cockerill & MacGillivray 1981; Olsen 2013). So konnte von Jendrusch (1995) das räumliche Sehen als signifikant besser bei Sportlern (Tennispielern) im Vergleich zu Nichtsportlern bzw. visuell weniger anspruchsvollen Sportarten (u. a. Turnen, Schwimmen) getestet werden. Dabei wurde das räumliche Sehen durch den Tiefensehschärfewinkel quantifiziert. Innerhalb des Geschlechtervergleichs gab es keine Unterschiede. Olsen (2013) bestätigte diesen Sachverhalt zwischen Leistungssportlern und Nichtsportlern im Hinblick auf das Tiefensehvermögen.

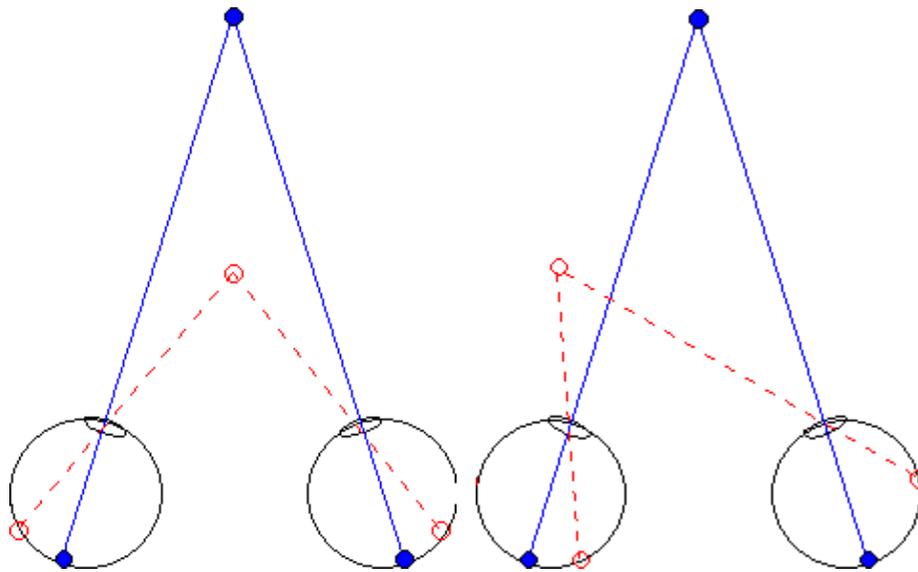


Abbildung 2: Querdysparation von nahen Gegenständen (bis zu 10 Metern)

rot = naher Gegenstand mit nicht korrespondierenden Netzhautareale im rechten und linken Auge,  
blau = entfernter Gegenstand (> 10 m) mit korrespondierenden Netzhautarealen in beiden Augen

Kording (2007) testete die Ballannahmequalität von stereostarken und stereoschwachen Volleyballern. Dabei ergaben sich bessere Ballannahmequalitäten der stereostarken Spieler, was wiederum auf die Wichtigkeit des räumlichen Sehens für die sportliche Leistung hinweist. Bei artifizierlicher Abschwächung der Visuswerte (Visusminderung) reagierten Sportler mit besserem räumlichem Sehvermögen deutlich sensibler mit Einbußen der sportlichen Leistung als Sportler mit schlechterem Stereosehen. Laut Autoren reagierten sie somit „sensomotorisch sensibler“ (Kording 2007; Jendrusch 1995). Insgesamt zeigten sich durch die Minderung des Stereosehens Leistungseinbußen bei den Sportlern (Tennis, Tischtennis). Diese konnten durch die künstliche Herbeiführung einer funktionellen Einäugigkeit noch verstärkt werden (Jendrusch 1995; Möllenberg et al. 2001).

Untersuchungen zur Trainierbarkeit des Stereosehens sind in der Literatur zahlreich (Mester 2000; Cordes & Jessica 2013). Die Untersuchungsergebnisse von Wittenberg et al. (1969) lassen beispielsweise eine Trainierbarkeit des Stereosehens durch Training unter Laborbedingungen vermuten.

Zusammenfassend lässt sich eine Verbesserung des Stereosehens durch sportliches regelmäßiges Training sowie daraus resultierende höhere visuelle Leistungen bei Fechttern und Handballern annehmen.

### 1.1.3 Dynamisches Sehen

Seit Jahren steht insbesondere auch das dynamische Sehen im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses (Ludvig & Miller 1953; Voigt 1993; Wist et al. 1998; Schrauf et al. 1999; Wist et al. 2000; Jendrusch 2008; Jendrusch & Ehrenstein 2008; Lüder & Böckelmann 2011b; Lüder et al. 2011; Lüder & Böckelmann 2011a; Hoshina et al. 2013). Dabei ist es wichtig, zwischen dem afferenten und dem efferenten Bewegungssehen zu unterscheiden, welche gemeinsam erst das dynamische Sehen ermöglichen (Abbildung 3).

Das Bewegungssehen (= dynamisches Sehen) spielt eine bedeutende Rolle, um die sportliche Leistung zu optimieren, vor allem in den schnellen Ball- und Rückschlagspielen (Jendrusch 2008). Es ist eine Fähigkeit des visuellen Systems, dynamische Prozesse differenziert wahrzunehmen und zu analysieren (Tidow 1993a). Im Sport werden auf der Basis des Bewegungssehens visuelle Informationen eingeholt, welche zum Werten, Entscheiden und Handeln genutzt werden (Tidow 1996). Eine starke Beanspruchung des Bewegungssehens findet beispielsweise innerhalb des motorischen Lernens und Techniktrainings statt. Es wird zur Aneignung und Optimierung der Bewegungskoordination benötigt und bestimmt damit die Qualität der Bewegungskoordination entscheidend mit (Neumaier & Jendrusch 1999). Aufgrund dessen lässt sich vermuten, dass es sowohl zwischen Sportlern und Nichtsportlern als auch sportartenindividuell Leistungsunterschiede gibt.

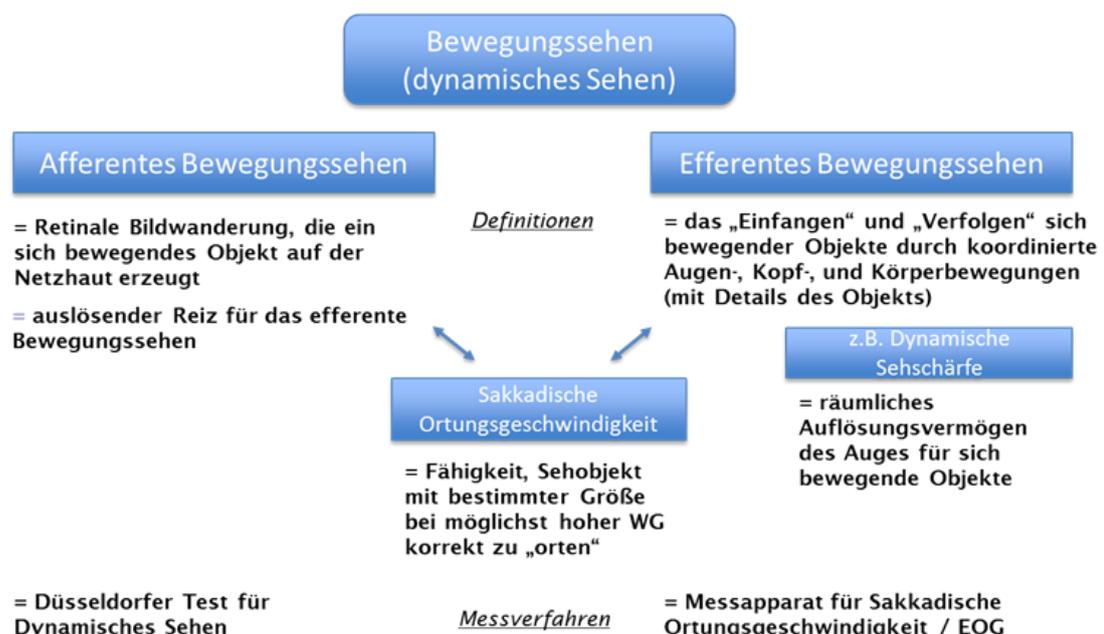


Abbildung 3: Übersicht zum Dynamischen Sehen

Das efferente Bewegungssehen wird definiert als das „Einfangen“ und „Verfolgen“ sich bewegender Objekte durch koordinierte Körper-, Kopf- und Augenbewegungen. Für die Untersuchung des efferenten Bewegungssehens stehen verschiedene Parameter zur Verfügung. Zum einen die dynamische Sehschärfe, sie stellt das räumliche Auflösungsvermögen des Auges für sich bewegende Objekte dar (Ludvigh & Miller 1953). Die dynamische Sehschärfe ist bereits häufig in der Literatur als trainingsabhängiger Faktor der visuellen Leistungsfähigkeit beschrieben (Ishigaki & Miyao 1993; Banks et al. 2004; Quevedo-Junyent et al. 2011). Weitaus näher an der sportlichen Realität orientiert sich jedoch der Parameter der sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit. Sie ist definiert als die Fähigkeit des Auges, bei möglichst hohen Winkelgeschwindigkeiten ein Sehobjekt einer bestimmten Größe mit konstantem „kritischen Detail“ zu „orten“ (Tidow 1993b; Jendrusch 1995). Zum efferenten dynamischen Sehen und den Auswirkungen von Leistungssport auf diesen Parameter wurde bereits eine Vielzahl an Untersuchungen durchgeführt. Es wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der Erfolgsquote im Sport und dem dynamischen Sehen nachgewiesen (Jendrusch 1995; Tidow 1996). Die dynamische Sehschärfe zwischen Sportlern und Nichtsportlern bzw. Sportlern mit niedrigem Leistungsniveau wurde verglichen (Long & Riggs 1991; Ishigaki & Miyao 1993; Jendrusch 1995; Quevedo-Junyent et al. 2011), dabei wiesen die Sportler (mit hohem Leistungsniveau) die bessere dynamische Sehschärfe auf. Außerdem wurde sowohl die Verbesserung der (efferenten) dynamischen Sehleistung durch einen Trainingseffekt (Ludvigh & Miller 1954; Long & Rourke 1989; Jendrusch et al. 1994c; Tidow 1996; Banks et al. 2004) und die Veränderungen der (efferenten) dynamischen Sehleistung sowohl unter kognitiver als auch körperlicher Belastung (Jendrusch et al. 1994a; Millslagle et al. 2005; Mewes et al. 2008) herausgearbeitet. Ebenso sind geschlechtsspezifische Unterschiede in den schnellen Sportarten (Volleyball, Handball, Tennis) für männliche Sportler im Vergleich zu weiblichen Athletinnen mit besserer dynamischer Sehschärfe nachgewiesen worden (Jendrusch 1995; Jendrusch & Ehrenstein 2008). Bei der Gruppe der Nichtsportler waren kaum geschlechtsspezifische Unterschiede festzustellen. Längsschnittstudien zum efferenten dynamischen Sehen führten zu der Erkenntnis, dass eine Verbesserung von der Vorpubertät bis zur Adoleszenz durch (sport-) spezifische Anforderungen und Entwicklung im Bewegungssehen möglich ist (Ishigaki & Miyao 1994; Jendrusch et al. 1999). Als Schlussfolgerung ist die Forderung nach gezieltem Training in Sportarten mit hohen visuell-dynamischen Anforderungen entstanden, um mögliche Adaptationsreserven zu erschließen (Voigt & Westphal 1995; Bornemann et al. 1998). Dieser Forderung wurde bis heute im Leistungssport nicht ausreichend nachgekommen. Zum afferenten dynamischen Sehen gibt es nur wenige sportartspezifische Gegenüberstellungen. Von Lüder et al. (2011) wurde zwar eine Altersabhängigkeit des monokularen afferenten

dynamischen Sehens nachgewiesen, ein sportartspezifisches Profil hingegen konnte nicht festgestellt werden. Unter dem afferenten Bewegungssehen ist die retinale Bildwanderung zu verstehen, die ein sich bewegendes Objekt oder Bild auf der Netzhaut erzeugt. Es ist der auslösende Reiz für das efferente Bewegungssehen und unabhängig von der Blickmotorik. Gegenätzlich zu der Studie von Lüder et al. verhielt es sich bei den Ergebnissen von Jendrusch und Ehrenstein (2008). Es ergab sich eine Signifikanz der besseren binokularen afferenten dynamischen Sehleistung von Hockey- und Basketballspielern im Vergleich zu Nichtsportlern. Die dynamische Sehleistung der Fußballspieler unterschied sich jedoch nur geringfügig von den Ergebnissen der Nichtsportler. Im Hinblick auf den Fechtsport gibt es keine Untersuchungen.

Die Veränderung der afferenten dynamischen Sehleistung durch psychische, physische oder kombinierte psychophysische akute Belastung wurde erstmals durch Mewes et al. (2008) untersucht. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei einem zufälligen Vergleich der unterschiedlichen Belastungsformen hinsichtlich der dynamischen Sehleistung vor und nach der akuten Belastung. Erst nach einer „Ordnung“ der Probanden nach ihrer tatsächlichen Beanspruchung auf Basis von objektiven und subjektiven Parametern sowie dem Vergleich der beiden Extremgruppen (stark Beanspruchte und wenig Beanspruchte) kam es zu einem Trend der Verbesserung der Sehleistung innerhalb der stark beanspruchten Gruppe in der Nachbelastungsphase. Die akute körperliche Belastung über 5 Tage führte zu einer akuten Sehleistungssteigerung des afferenten dynamischen Sehens von über 10 %. Darauf aufbauend lässt sich eine Sehleistungssteigerung des afferenten dynamischen Sehens durch regelmäßiges sportliches Training vermuten.

## 1.2 Kognitive Fähigkeiten im Sport

Neben körperlichen Anforderungen stellt jede Sportart auch kognitive Leistungsvoraussetzungen an seine Sportler (Abbildung 1). Diese sollten ebenso wie die körperlichen Leistungen im Training systematisch beachtet und ausgebildet werden. Diese Erkenntnis ist nicht neu, findet aber noch nicht in ausreichendem Maße Beachtung im Spitzensport. Mentales Training dient der Optimierung technisch-taktischen Handelns, indem die kognitiven Voraussetzungen selbst zum Ziel des Trainings gemacht werden (Gabler et al. 2001).

Erstmals fanden Ende der 80er Jahre verstärkt Anstrengungen statt, wissenschaftlich fundierte systematische Trainingsprogramme für psychologische Fähigkeiten anzuwenden (Sonnenschein & Allmer 1987; Foerster 1990). So wiesen Sonnenschein et al. auf die defizitäre Analyse kognitiver Prozesse im Sport hin, indem sie die visuelle Wahrnehmungsfähigkeit am Beispiel von Volleyballern beim taktischen Handeln darstellten. Gleichzeitig stellten die Autoren ein kognitives

Trainingskonzept zur Schulung der visuellen Wahrnehmungsfähigkeit vor. Ebenso gab es Versuche, „psychologisches Training“ aus einem Mix aus Taktik, Technik und Kondition an sportartspezifische Anforderungen anzupassen. Dabei stand häufig der Tennissport im Mittelpunkt (Tschackert 1986; Gabler & Maier 1998). Heute befassen sich immer häufiger Studien mit dem Einfluss von Sport auf die Gehirnfunktionen. Dabei ist es möglich, verschiedenste Aspekte von Kognition zu betrachten (Gabler et al. 2000; Miyake et al. 2000; Gerrig & Zimbardo 2002).

Grob kann Kognition definiert werden als die Fähigkeit des Menschen, Signale aus der Umwelt und dem eigenen Körper wahrzunehmen und weiter zu verarbeiten. Kognition findet immer und überall statt (Hänsel et al. 2016). Sie lässt sich nach Hayes in 5 Bereiche unterteilen. Zum einen in die Wahrnehmung der Umwelt (über unsere Sinne) und die Aufmerksamkeit (Objekt des Interesses). Außerdem umfasst Kognition nach Hayes die Bereiche des Denkens (Verarbeitung der Information), des Gedächtnisses (Speicherung der Information) und der Sprache (Zuweisung von Bedeutung über Mitteilung an Mitmenschen) (Hayes 1995). Um diesen Sachverhalt verständlicher zu machen, folgt ein Beispiel aus dem Fecht sport.

Der Fechter muss die Handlungen seines Gegners beobachten, den Weg der gegnerischen Waffe berechnen und sich entscheiden, wie er den Angriff abwehren will (z. B. Abwehr durch Rückwärtsbewegung oder Konteraktion mit Gegenangriff starten). All diese Prozesse werden unter dem Begriff der Kognition zusammengefasst.

Die Exekutiven Funktionen als weiterer aktueller Forschungsschwerpunkt sind in der Literatur nicht einheitlich definiert, dienen aber im gemeinsamen Konsens der Handlungskontrolle. Man kann den Begriff der Exekutiven Funktionen wie folgt definieren: Als den kurzfristigen Speicherort von Informationen (Arbeitsgedächtnis), den Bereich des Gehirns für die Inhibition irrelevanter Reize und/oder den Bereich der kognitiven Flexibilität (Spiro et al. 1992; Kubesch 2007). Zu den Exekutiven Funktionen zählt eine große Zahl an „mental en Kontrollprozessen“, welche sich gegenseitig beeinflussen (Miyake et al. 2000). Sie werden den „höheren geistigen Fähigkeiten“ zugeordnet (Monsell 2000) und umfassen kognitive Leistungen wie die Handlungsplanung oder kognitive Flexibilität (Sturm 2000). Sie werden vor allem in komplexen Situationen aktiv, für deren Bewältigung es mehrere kognitive Prozesse gleichzeitig braucht.

Um die Vielzahl der bereits bestehenden Studien zu dem Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität bzw. Sport und kognitiven Fähigkeiten logisch zu ordnen, kann die sportliche Aktivität und die daraus resultierenden Effekte in chronisch und akut unterteilt werden. Akute Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit haben bereits mehrere Studien untersucht (Brisswalter et al. 2002; Budde et al. 2008; Basso & Suzuki 2017). Auch der Einfluss von längerfristigem sportlichen Training auf die kognitiven Fähigkeiten ist Forschungsbestandteil (Colcombe & Kramer

2003; Hopkins et al. 2012). Die Arbeitsgruppe um Hopkins konnte nachweisen, dass regelmäßiges Training (4 Wochen) einen positiven Effekt auf die Merkfähigkeit von gesunden jungen Erwachsenen hat. In den meisten Studien dieser Art erfolgt eine Probandenaufteilung in Interventionsgruppe (Sportgruppe) und Kontrollgruppe. Dabei wird in der Literatur häufig nochmals unterteilt in Studien mit Erwachsenen (Tomprowski 2003; Chang et al. 2012; Chang et al. 2014) und Kindern (Sibley & Etnier 2003; Hillman et al. 2009). Die ältere Generation der Erwachsenen ab 60 - 65 Jahren nimmt dabei eine gesonderte Stellung ein (Fabre et al. 2002; Kimura et al. 2013; Bherer et al. 2013; Witte et al. 2015; Witte et al. 2016; Engeroff et al. 2018) und bildete die letzten Jahre einen eigenen Forschungsschwerpunkt. Hintergrund ist die alternde Bevölkerung sowie die Bedeutung des möglicherweise positiven sportlichen Einflusses auf Alterungsprozesse und Alterserkrankungen wie beispielsweise Demenz (Tseng et al. 2013; Handtke 2016). Chang und Kollegen (2012) fassten Studien zu akuter körperlicher Aktivität und deren Auswirkungen auf kognitive Prozesse in einer Metaanalyse zusammen. Es ergab sich eine geringe positive Wirkung akuter sportlicher Betätigung – zum einen während und direkt nach der sportlichen Einheit, zum anderen auch nach einer kurzweiligen Pause. Sowohl Dauer der ausgeübten Aktivität als auch die Intensität und die untersuchten kognitiven Parameter wurden als mögliche Moderatorvariablen identifiziert. Der Wunsch nach standardisierten Methoden für einzelne Überprüfungen der Variablen wurde von den Autoren geäußert, um eine Vergleichbarkeit der Erkenntnisse und Ergebnisse zu schaffen.

In der Metaanalyse von Colcombe und Kramer (2003) konnte ein selektiver Vorteil für ältere Erwachsene, insbesondere für die Exekutiven Funktionen innerhalb der Kognition, durch aerobe Fitness bestätigt werden.

Eine Zusammenfassung der aktuellen Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Sport und Kognition im Hinblick auf Kinder und Jugendliche erstellte Jansen (2014) in seiner Review. Vorherrschend dominiert die Studienlage mit einem Nachweis des Bewegungseinflusses, insbesondere auf die exekutiven Kontrollfunktionen, sowie visuell-räumlicher Prozesse bei Kindern. Dabei ist unter den visuell-räumlichen Fähigkeiten neben räumlicher Wahrnehmung und Veranschaulichung vor allem die mentale Rotationsfähigkeit zu verstehen. Diese wurde überdurchschnittlich häufig untersucht (Jansen 2014).

Zusammengefasst lässt sich aus den genannten Studien der Nachweis erbringen, dass signifikante Effekte von regelmäßigem sportlichem Training auf kognitive Leistungen zu erwarten sowie messbar sind. Daraus ableitend lässt sich vermuten, dass durch unterschiedliche Sportaktivitäten wie Fechten und Handball mit jeweils unterschiedlichen Anforderungsprofilen an ihre Sportler auch unterschiedliche Ausprägungen der kognitiven Fähigkeiten resultieren. So beschreibt Hijazi die Anforderungen des Fechtensports an die kognitiven Fähigkeiten wie folgt: „[...]

In fencing [...] mental abilities, such as attention, perception, intelligence, reaction and expectation, are considered to be the most important factors that must be managed“ (Hijazi 2013). Insgesamt zeigt sich in der Literatur ein Mangel an Forschungen, welche die sensomotorischen Prozesse in unterschiedlichen sportlichen Disziplinen mit einem breiten Spektrum an Wahrnehmungsanforderungen vergleicht. Dies stellten bereits Lesiakowski et al. (2017) in Ihrer Studie zu kognitiven Fähigkeiten (SRT,CRT, longterm selective-attention) in verschiedenen Sportarten fest.

Im Folgenden werden die kognitiven Fähigkeiten Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit, Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit sowie geteilte Aufmerksamkeit behandelt.

### 1.2.1 Reaktionsschnelligkeit

Die Reaktionsschnelligkeit ist definiert als Fähigkeit, schnellstmöglich sowie zielgerichtet auf akustische, optische oder taktile Umweltreize mit einer motorischen Aktion zu reagieren (Muehlethaler 1987). Dabei ist unter der gesamten Zeitdauer bis zur gewünschten Antwort des Probanden die Antwortzeit (AZ) zu verstehen. In der Literatur wird häufig die Reaktionszeit als Synonym für die Antwortzeit verwendet. Korrekterweise wird die Antwortzeit aber in die Reaktionszeit (RZ, in einigen Literaturquellen auch „initiation-time“ oder „premotor-time“ genannt) und die motorische Zeit (MZ) unterteilt. Unter Reaktionszeit wird die Zeitspanne verstanden, welche vom Beginn des Signales aus der Umwelt bis zur ersten messbaren Reaktion auf das Signal durch den Probanden reicht. Die motorische Zeit ergibt sich dann aus der Subtraktion der Reaktionszeit von der Antwortzeit.

Innerhalb der Reaktionsaufgaben wird noch zwischen Einfachwahlreaktion, Zweifachwahlreaktion und Mehrfachwahlreaktion unterschieden. Bei einer Einfachwahl-Reaktionsaufgabe gibt es auf das Startsignal nur eine mögliche Antwort. Bei der Zweifachwahlreaktion gibt es zwei Antwortmöglichkeiten und der Proband muss sich für die richtige entscheiden. Die AZ ist dementsprechend länger. Bei der Mehrfachwahlreaktion existieren drei oder mehr Antwortmöglichkeiten innerhalb der Aufgabenstellung.

Die Reaktionsschnelligkeit (RS) von Sportlern und Nichtsportlern wurde schon in vielen Studien verglichen (Ando et al. 2001; Nakamoto & Mori 2008). Der Großteil dieser Studien ergab, dass Sportler bessere Ergebnisse in der (visuellen) RS zeigten als Nichtsportler.

Auch auf unterschiedlichen Sportniveaus innerhalb eines Sports wurde die RS untersucht. Dabei fielen die Ergebnisse unterschiedlich aus. Kioumourtzoglou et al. (1998b) konnten beispielsweise zeigen, dass Wasserpolospieler aus dem Nationalteam schnellere visuelle Antwortzeiten aufwiesen als Sportstudenten ohne Erfahrungen in diesen Sportarten. Dagegen fanden Huijgen et al. (2015) keinen Unterschied zwischen den AZ junger Spitzenfußballer und junger Fußballer

der unteren Ligen. Bhanot und Sidhu (1979) betrachteten sowohl die auditive als auch die visuelle RS von Hockeyspielern dreier unterschiedlicher Leistungsstufen. Dabei schnitten die beiden erfolgreichsten Leistungsgruppen signifikant besser in der Reaktionsschnelligkeit ab als die unterste Leistungsgruppe, sowohl auditiv als auch visuell. Nakamoto und Mori (2008) beleuchteten, ob es einen Unterschied zwischen erfahrenen und unerfahrenen Basketballern und Baseballspielern hinsichtlich der einfachen visuellen Reaktionsschnelligkeit und der GO/NO-GO Reaktionsschnelligkeit gibt. Dabei ergaben sich nur bei den Baseballspielern längere Antwortzeiten für Sportler mit weniger Erfahrung.

Ein Vergleich zwischen Mannschaftssportarten (u. a. Handball, Volleyball) und Einzelsportarten (u. a. Fechten, Schwimmen) im Hinblick auf die RS bei Mehrfachwahlaufgaben wurde von Doğan (2009) gezogen, dabei bewegten sich die Probandenzahlen jedoch lediglich zwischen 5-8 Athleten pro Sportart. Nuri et al. (2013) verglichen Sprinter als „closed dominated sport“ und Volleyballer als „open dominated sport“ hinsichtlich der auditiven und visuellen RS. Zwischen den Gruppen ergaben sich keine Unterschiede der visuellen Antwortzeiten. Auditiv schnitten die Sprinter besser ab als die Volleyballer. Die Autoren erklärten sich diesen Umstand durch eine Konditionierung der Sprinter auf das Startsignal vor jedem Lauf.

Hinsichtlich der RS im Fechtssport gibt es unterschiedlichste Studienergebnisse in den verschiedenen Reaktionstestungen. So zeigen Di Russo et al. (2006), dass es keine Unterschiede zwischen Sportlern und Nichtsportlern im Hinblick auf die ereigniskorrelierten Potentiale im EEG auf einen visuellen Reiz gibt, jedoch bei komplexeren Reaktionsaufgaben (GO/NO-GO) Fechter u. a. schneller ereigniskorrelierte Potentiale im EEG zeigen. Als ursächlich für diese Ergebnisse wurden sowohl eine schnellere Reizunterscheidung der Fechter als auch eine höhere Aufmerksamkeit sowie eine stärkere Inhibition im präfrontalen Cortex verantwortlich gemacht. Harmenberg et al. (1991) untersuchten die RS einfacher bis komplexer gefechtähnlicher Reaktionen zwischen Anfängern und Weltspitzensportlern im Fechtssport. Als Startsignal wurden einfache Lichtreize bis hin zu komplexen gefechtähnlichen Startsignalen verwendet. Die Teilnehmerzahl an dieser Studie betrug jedoch nur 10 Athleten pro Gruppe. Die Antwortzeiten der Spitzensportler in der größten Schwierigkeitsstufe der Start- und Antwortaufgaben waren signifikant schneller. Ebenso beschäftigten sich Williams und Walmsley (2000) mit der Unterscheidung zwischen Anfängern und Spitzensportlern im Hinblick auf Reaktionszeit, motorische Zeit und Antwortzeit. Dabei wurden sowohl die zu treffenden Ziele in ihrer Anzahl erhöht als auch die Distanz zum Ziel erweitert. Es ergaben sich schnellere Reaktionszeiten und Antwortzeiten der Spitzensportler. Die Probandenzahl lag bei 6 Sportlern insgesamt, was die Aussagekraft der Studie mindert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung soll ein größeres Probandenkollektiv getestet werden sowie der

Vergleich von Fechtern mit Handballern und von Leistungssportlern mit Freizeitsportlern erfolgen.

### 1.2.2 Geteilte Aufmerksamkeit

Der Begriff Aufmerksamkeit wird im Allgemeinen als Oberbegriff für eine gerichtete und eingrenzende Wahrnehmung verwandt. Unter Wahrnehmung im psychologischen Sinne wird ein aktiver Vorgang verstanden, Informationen entgegenzunehmen, zielgerichtet zusammenzutragen, zu ordnen, zu strukturieren und zu deuten (Gabler et al. 2000).

Es gibt in der Literatur verschiedenste Modelle über die Auswahl der wichtigen Informationen aus der Umwelt. Eines ist das Abschwächungsmodell nach Triesman (1960) und basiert auf der Annahme, dass alle eingehenden Informationen erst einmal nach Bedeutungsinhalt durchsucht werden. Nur jenen Informationen, welche als bedeutend genug erkannt werden (z. B. Interessensgebiete), wird die entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt. Alle weiteren Informationen werden nicht weiter beachtet. Dieser Ansatz setzt eine „zentrale Aufnahmefähigkeit“ voraus und nimmt an, dass Aufgaben nacheinander abgearbeitet werden müssen, da die Aufmerksamkeit nur auf eine Sache gleichzeitig gerichtet werden kann. Andere Erklärungsansätze gehen von „verschiedenen Aufmerksamkeitsressourcen“ aus, beispielsweise für jede Sinnesmodalität eine (Sehen, Hören, Tasten, Schmecken, Riechen, Gleichgewichtssinn). Die Vertreter nehmen deshalb an, dass mehrere Aufgaben gleichzeitig erledigt werden können (Lopez Maïté et al. 2016). Nach Sturm (2005) lassen sich 5 Aufmerksamkeitskomponenten unterscheiden: Alertness (Aufmerksamkeitsaktivierung), Daueraufmerksamkeit (Vigilanz), selektive (fokussierte) Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit (Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus) und die räumliche Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus. Im Alltag sowie im Sport ist es häufig erforderlich, mehrere Dinge gleichzeitig im Auge zu behalten bzw. zu beachten. Dies erfordert unter anderem die Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit auf zeitgleich ablaufende Prozesse. In diesem Fall spricht man von der geteilten Aufmerksamkeit (Hänsel et al. 2016).

Als objektives Maß der Aufmerksamkeit wurde unter anderem das Blickverhalten untersucht und registriert (Thienhaus 2003; Heinrichs & Reinhold 2010). Dieses setzt sich aus den Blickbewegungen und den dazwischenliegenden Blickfixationen zusammen. Dabei teilen sich die Blickbewegungen in ruckartige Bewegungen des Augapfels (Sakkaden) und den Blicknachfolgebewegungen zur Verfolgung eines bewegten Objektes. Das Blickverhalten selbst wird durch eine spezielle Blickbewegungskamera erfasst. So wurde in der Studie von Mester und Marées (1983) das Fixationsverhalten von Tennisspielern bei einem Flugball am Netz untersucht. Es ergaben sich geringere Blickbewegungen der Turnierspieler und somit eine erhöhte Aufmerksamkeit auf die

wichtigen Details im Vergleich zu Tennis-Anfängern. Daraus zogen die Autoren die Schlussfolgerung, dass Aufmerksamkeit ein selektiver Prozess ist.

Kioumourtzoglou und Kollegen (1998a) führten eine Studie zu kognitiven Fähigkeiten zwischen Profi-Basketballern und Nichtbasketballern durch. Unter anderem schnitten die Basketball-Profis besser in selektiver Aufmerksamkeit ab. Darunter ist die Auswahl von bestimmten Informationen aus der Umwelt zu verstehen, mit dem Ziel, diese Informationen dem Bewusstsein zugänglich zu machen (Müsseler & Rieger 2017). In einer weiteren Studie wiesen Kioumourtzoglou et al. (1998b) unter anderem auf die Bedeutung von fokussierter Aufmerksamkeit im Volleyball hin. Methodisch wurden Profis mit Novizen verglichen. Es zeigte sich eine bessere fokussierte Aufmerksamkeit der Volleyballprofis.

In einer Metaanalyse von Voss et al (2010) konnten kleine bis mittlere positive Effekte von sportlicher Expertise auf allgemeine kognitive Fähigkeiten nachgewiesen werden. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass Athleten bei Messungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit und verschiedenen Aufmerksamkeitstestungen besser abschnitten, insbesondere Sportler aus interceptiven Sportarten wie Fechten, Boxen oder Tennis zeigten die größten Effekte.

Die geteilte Aufmerksamkeit spielt in der aktuellen Studienlage über Auswirkungen sportlicher Aktivität auf die Kognition eine eher untergeordnete Rolle, wie auch Greef et al. (2018) in ihrer Metaanalyse feststellten. Williams et al. (2005) bezeichnete das begrenzte Wissen über die Rolle der Aufmerksamkeit im Sport als enttäuschend.

In der Studie von Schul (2015) wurde die geteilte Aufmerksamkeit von Basketballprofis mit der von Basketball-Novizen sowie Basketball-Amateuren und einer Kontrollgruppe anderer Sportprofis verglichen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden. Im Folgenden soll erstmals der Vergleich zwischen Fechtern und Handballern hinsichtlich der geteilten Aufmerksamkeit gezogen werden.

### 1.3 Zielstellung und Arbeitshypothesen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin zu prüfen, ob sich die visuellen und kognitiven Parameter (binokular räumliches Sehen, periphere Wahrnehmung, binokular afferentes dynamisches Sehen, Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit, Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit und geteilte Aufmerksamkeit) bei Probanden mit regelmäßigem Training im Leistungssport im Vergleich zu Probanden mit wenig bis gar keinem Training im Freizeitsport unterscheiden. Weiterführend wird untersucht, ob Leistungssport in unterschiedlichen Sportarten am Beispiel von Handball als Mannschaftssportart und Fechten als Einzelsportart zu einem sportartspezifischen Profil in den oben genannten Parametern führt. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass visuelles sowie kognitives Training bis jetzt eine eher untergeordnete Rolle im Leistungssport spielen. Langfristig soll diese Studie einen Beitrag zur Trainingsoptimierung im Spitzensport leisten, insbesondere im Hinblick auf die Sportarten Fechten und Handball.

Basierend auf den Kenntnissen der aktuellen Literatur werden folgende Arbeitshypothesen aufgestellt und geprüft:

1. Die visuellen Leistungen von Leistungssportlern bezogen auf das periphere Sehen, das räumliche Sehen und das afferente dynamische Sehen, sind besser als bei Freizeitsportlern.
2. Folgende kognitive Leistungen von Leistungssportlern sind besser als bei Freizeitsportlern: Einfachwahl-RS, Zweifachwahl-RS und geteilte Aufmerksamkeit.
3. Die visuellen Leistungen der Fechter unterscheiden sich von denen der Handballer.
  - a. Die periphere Wahrnehmung bei Handballern ist besser als bei Fechtern.
  - b. Das räumliche Sehen von Handballern und Fechtern unterscheidet sich nicht.
  - c. Das afferente dynamische Sehen von Handballern ist besser als bei Fechtern.
4. Die kognitiven Leistungen der Fechter unterscheiden sich von denen der Handballer.
  - a. Die Einfachwahl-RS der Fechter ist besser als die der Handballer.
  - b. Die Zweifachwahl-RS der Fechter ist besser als die der Handballer.
  - c. Die geteilte Aufmerksamkeit von Handballern ist besser als die der Fechter.

## 2 Probanden und Methoden

### 2.1 Probanden

Die Probandensuche fand in Sportvereinen und im universitären Bereich statt. Zusätzlich konnten durch Flyerverteilung und Aufrufe auf geeigneten Medienplattformen 133 Probanden für diese Studie gewonnen werden.

Für einen sportartspezifischen Vergleich erfolgte die Aufteilung der Probanden in 4 Gruppen unter folgenden Gesichtspunkten: Die Leistungssportler wurden in die Gruppen Handball, Fechten und andere Sportarten (z. B. Fußball, Schwimmen, Kanu, Volleyball, Wasserball, Ringen) unterteilt. Diese betrieben mindestens seit zwei Jahren diese Sportart und trainierten mindestens dreimal in der Woche. Die Probanden in der Vergleichsgruppe Freizeitsportler (z. B. Fitness, Yoga, Pilates, Joggen, Nordic Walking) betrieben ihre Sportart weniger als zwei Jahre und absolvierten seither maximal zwei Sporeinheiten in der Woche oder betrieben gar keinen Sport (Nichtsportler). Das Nichterfüllen dieser Kriterien führte zum Ausschluss aus der statistischen Auswertung.

Insgesamt konnten 10 Probanden aufgrund der Sportprofilkriterien sowie 2 Probanden aufgrund von weiteren Ausschlusskriterien (binokularer (Fern- und Nah-) Visus  $< 0,63$ ; Gesichtsfeldausfälle) nicht zur statistischen Auswertung zugelassen werden. Es ergab sich eine Probandenzahl von 35 Handballern (14 – 36 Jahre alt), 24 Fechtern (14 – 55 Jahre alt), 20 Leistungssportlern anderer Sportarten (14 – 57 Jahre alt) sowie 42 Freizeitsportlern (14 – 59 Jahre alt).

Als Grundvoraussetzung für die Studienteilnahme galten die freiwillige Beteiligung (Informationsblatt siehe Anlage 2, Einwilligungserklärung siehe Anlage 3), der Ausschluss motorischer, kognitiver oder visueller Beeinträchtigungen sowie fließende Deutschkenntnisse.

### 2.2 Studiendesign

Die Probandentestungen fanden in einem geeigneten störfreien Raum im Bereich Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg statt. Die Gesamtzeit einer Testung betrug im Schnitt 60 Minuten. Zunächst erfolgte mit jedem Probanden eine Anamneseerhebung in Form eines standardisierten Fragebogens zu Confoundern (z. B. Alter, Geschlecht, Psychopharmaka, Vorerkrankungen usw.), Lebens- sowie Sportgewohnheiten (Anlage 4). Dabei führten nicht durch optische Hilfsmittel ausgleichbare Augenerkrankungen sowie die Einnahme von Psychopharmaka zum Ausschluss der Probanden aus der Studie. Anschließend wurde folgende Testbatterie randomisiert durchgeführt:

### **1) Ophthalmologische Voruntersuchungen**

- Visusbestimmung, Phorie und Stereosehen mit dem Rodatest 302 (Fa. Vistec AG, Olching)
- Prüfung von Gesichtsfeldausfällen mittels automatischer Perimetrie (Medmont, Fa. Medmont, Australien)

Der Visus wurde monokular sowie binokular untersucht. Die ophthalmologischen Voruntersuchungen dienten der Schaffung gleicher visueller Grundvoraussetzungen für die folgenden visuellen und kognitiven Tests. Das Stereosehen am Rodatestgerät 302 wurde mit zur Testung und Auswertung des räumlichen Sehens herangezogen.

### **2) Ophthalmologische Verfahren**

- Testung der peripheren Wahrnehmung mittels Wiener Testsystem (Fa. Schuhfried, Österreich)
- Prüfung des räumlichen Sehens mit Hilfe des Random-Dot-Tests (Fa. Oculus, Wetzlar)
- Prüfung des dynamischen Sehens mit Hilfe des computergestützten Düsseldorfer Tests (DTDS)

Alle ophthalmologischen Verfahren wurden binokular durchgeführt. Ausgleichende Augenhilfen durften verwendet werden.

### **3) Psychometrische Tests**

- Testung der Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit (SRT) mittels Wiener Testsystem
- Testung der Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit (CRT) mittels Vortest der Flexibilität mit dem TAP-System (Fa. Psytest, Deutschland) nach Zimmermann und Fimm
- Testung der geteilten Aufmerksamkeit mit dem TAP-System

Alle aufgeführten psychometrischen Tests fanden binokular statt. Sehhilfen durften verwendet werden.

Ein positives Votum der Ethikkommission (Reg.-Nr. 188/13) liegt vor (Anlage 1).

Es wurde zur Wahrung der Anonymität und des Datenschutzes ein Verschlüsselungscode verwendet. Anschließend wurden die Daten mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS, Version 24, (IBM, Armonk, NY, USA) ausgewertet.

## 2.3 Methodik

Alle hier verwendeten Testverfahren sind etablierte Testsysteme zur visuellen und kognitiven Diagnostik. Sie sind durch ihre einheitlichen Instruktionen sehr anwenderfreundlich sowie leicht verständlich für die Probanden.

### 2.3.1 Ophthalmologische Verfahren

#### 2.3.1.1 *Visus, Phorie und Stereosehen*

Die Visusbestimmung der Probanden fand monokular und binokular am Einblickgerät Rodatest 302 der Firma Vistec AG (Olching, Deutschland) statt (Abbildung 4). Dabei sind zur Bestimmung der Sehschärfe mindestens drei von fünf Landoltringen der entsprechenden Visusstufe richtig zu erkennen. Ein binokularer Nah- oder Fernvisus unter 0,63 galt als Ausschlusskriterium für die Studie.



Abbildung 4: Einblickgerät Rodatest 302

(<https://vistec-support.de/VHOME/index.php/de/produkte/sehtest/erwachsenen-sehtest/>)

Ein Teil der Untersuchung des Stereosehens sowie die Untersuchung der Phorie erfolgten im Rahmen der Testreihe des Rodatest 302 (Anlage 5).

#### 2.3.1.2 *Perimetrie*

Die perimetrische Untersuchung der Probanden diente der Aufdeckung von Gesichtsfeldausfällen. Diese wiederum wurden als Ausschlusskriterium für die Studie festgelegt. Die Testung fand an einem computergestützten Perimeter der Firma MEDMONT (Australien) statt, mit welchem sowohl absolute als auch relative Gesichtsfeldausfälle entdeckt werden können (Abbildung 5). Die Probanden sollten während der Testung binokular einen Lichtpunkt fixieren. Dieser wechselt innerhalb der Testung die Position, wobei die Aufgabe darin bestand, dem Punkt ohne Kopfwendung, sondern nur mit Augenfolgebewegungen hinterher zu schauen. Gleichzeitig flackern weitere Lichtpunkte innerhalb des Blickfeldes auf. Nahmen die Probanden die aufleuchtenden Lichtpunkte wahr, so sollten sie auf den in ihrer Hand befindlichen Reaktions-Knopf drücken.



Abbildung 5: Perimeter Medmont

(<http://www.opthalworld.de/lshop,showdetail,2004g,de,,grossgeraete,011237,23,Tshowrub--grossgeraete.htm>)

Die Auswertung der Daten erfolgt durch den Computer, wobei als Hauptdaten „Nicht gesehene Punkte“ und „Gesamtdefekte“ ausgegeben werden. Die Dauer der perimetrischen Untersuchung liegt im Durchschnitt bei 8-10 Minuten.

### 2.3.1.3 Test zur peripheren Wahrnehmung

Der Test Periphere Wahrnehmung ist aus der Testbatterie des Wiener Testsystems von der Firma Schuhfried GmbH aus Österreich ([www.Schuhfried.at](http://www.Schuhfried.at)).

Es wird zum einen die Aufnahme als auch die Verarbeitung peripherer visueller Informationen überprüft. Auf an den PC montierten Seitenarmen erscheinen Lichtreize, die sich mit einer festgelegten bestimmten Geschwindigkeit bewegen (Abbildung 6). Diese optischen Signale erscheinen in unregelmäßigen Abständen. Dabei bestand die Aufgabe des Probanden darin, bei Wahrnehmung der differenzierten Signale eine Fußtaste zu drücken. Je nach Belieben konnte dazu der rechte oder linke Fuß verwendet werden. Dabei ging es nicht um Schnelligkeit.



Abbildung 6: Versuchsaufbau Test zur peripheren Wahrnehmung, Wiener Testsystem

(<https://www.schuhfried.at/test/PP-R>)

Gleichzeitig erschien auf dem Computerbildschirm vor dem Probanden eine Kugel, welche in ständiger Bewegung von einer Seite zur anderen wandert. Der Richtungswechsel erfolgte in unregelmäßigen Ab-

ständen. Dabei sollte der Proband mithilfe eines Drehreglers die Kugel mit einem Fadenkreuz verfolgen. Diese Trackingaufgabe diente der Blickfixation nach zentral. Die Lichtreize wandern immer weiter nach außen auf die Seitenarme, so kann durch den Computer am Ende ein Gesichtsfeld bestimmt werden. Der Abstand zwischen Computer und Kopf des Probanden wurde während der gesamten Testung durch Ultraschall überwacht. Bei Abweichungen von der vorgesehenen Sitzposition ertönt ein akustisches Signal mit der Aufforderung der Korrektur.

Die Auswertung der Testergebnisse findet computergestützt statt. Bei einer Testzeit von rund 7 Minuten werden die folgenden Hauptdaten ermittelt: das Gesichtsfeld der Probanden insgesamt wie auch die Aufschlüsselung nach rechtem und linkem Gesichtsfeld, ausgelassene und falsche Reaktionen.

#### 2.3.1.4 Random-Dot-Test

Der Random-Dot-Test (1S mit geometrischen Formen) ist ein Stereotest für die Nähe, der auf dem Trennprinzip basiert ([www.oculus.de](http://www.oculus.de)). Ziel ist die binokulare Überprüfung der Tiefenwahrnehmung (globale Stereopsis). Der Proband oder die Probandin bekommt eine Sehtafel in Buchformat in die Hand, worauf Flächen zufällig verteilter Punkte ohne wahrnehmbare Konturen zu sehen sind (Abbildung 7). In bestimmten Bereichen sind die Punkte lateral gegeneinander versetzt angeordnet, so dass eine Querdisparation bewirkt wird. So ist es möglich, bei Betrachtung mit geeigneten Trennverfahren in solchen Bereichen eine räumliche Tiefenwahrnehmung zu erzeugen. Die Probanden mussten eine Querdisparations-Brille aufsetzen und hatten die Aufgabe, in einem Rauchmuster geometrische Figuren zu benennen, die ihnen vorher bereits erklärt und gezeigt wurden (Teiltestung 1). Zusätzlich sollten Sie in einer Reihe von in Dreierpaaren angeordneten Kreisen immer den benennen, der räumlich versetzt erschien (Teiltestung 2).



Abbildung 7: Random Dot Test

(<https://www.oculus-onlineshop.de/de/stereotests/random-dot-stereotest.html>)

Die Auswertung ist aufgrund der angegebenen Zahl und Abstufung der vorhandenen Disparationswinkel zu jeder Aufgabenstellung qualitativ und quantitativ möglich (Tabelle 6, siehe Ergebnisteil).

### 2.3.1.5 Dynamischer Sehtest

Mit dem rechnergestütztem Düsseldorfer Test für dynamisches Sehen von Wist (Wist et al. 1998) wurde die afferente dynamische Sehleistung erfasst. Dabei wird ein zufälliges Punktmuster mit einer Pixeldichte von 50 % auf einem Leuchtdichtekontrast (zwischen dunklen und hellen Pixeln) von etwa 90 % auf einem Computerbildschirm erzeugt. Der Landoltring ist zentral auf den Bildschirm positioniert. Dabei ist der Durchmesser des Rings rund  $1,80^\circ$  und die Lücke des Rings  $0,36^\circ$  groß. Der Landoltring wird erst durch Bewegungskontrast sichtbar. Aufgrund der Tatsache, dass die Pixeldichte vom Hintergrund und der Figur identisch sind, ist auch im Durchschnitt die Leuchtdichte der Figur und des Hintergrundes gleich. Diese beträgt um die  $60\text{-}70\text{ cd/m}^2$ . Dadurch ist der Leuchtdichtekontrast nicht an der Wahrnehmung des Ringes beteiligt.

Bewegungskontrast wird als Verhältnis der bewegten Pixelanteile innerhalb des Rings zu den stationären Pixelanteilen im Hintergrund des Landoltringes definiert. Das heißt, wenn 100 % der Pixel im Hintergrund stationär sind, während sich 100 % im Ring bewegen, ist der maximale Bewegungskontrast gegeben. In dem hier verwendeten Standardtest wurden entweder 100, 50, 30 oder 20 % der Pixel im Landoltring kurz in Bewegung dargestellt (Tabelle 1). Der Hintergrund blieb stationär mit 100 % der Pixel.

In der durchgeführten Testversion bleibt der Durchmesser des Landoltringes konstant (Anlage 6). Er wird erst durch die Variation der bewegten Pixelanteile innerhalb des Ringes erkennbar. Dabei wird der Bewegungskontrast gestaffelt. Innerhalb des Landoltringes bewegen sich die zufälligen Punkte kohärent nach links oder nach rechts, wodurch eine Bewegungsnachwirkung als auch eine Bewegungsanpassung verhindert werden soll. Die Punkte bewegen sich mit einer Amplitude von  $0,36^\circ$  und einer Winkelgeschwindigkeit von  $1,3^\circ/\text{s}$ . Das dabei entstehende visuelle Bild nennt man dynamische Figur-Grund-Abhebung („form from motion“).

**Tabelle 1: Bewegungskontraste mit den dazugehörigen Pixelbewegungen, Landoltringe**

<b>Bewegungskontrast in %</b>	<b>Pixelbewegungen</b>
100	4176
50	2088
30	1392
20	835

Innerhalb der Testung betrug der Abstand zwischen Augen und dem Bildschirm konstant 100 cm, sie erfolgte binokular. Dabei hatten die Probanden einen kleinen dunklen Punkt von  $0,07^\circ$  in der Mitte des Bildschirms zu fixieren, der während der gesamten Testphase zu sehen war. Danach wurde die Leertaste gedrückt, um die Reizpräsentation zu beginnen. Nach über einer Sekunde fingen die Punkte an sich zu bewegen. Dabei wurde der Landoltring um den Blickmittelpunkt herum sichtbar. Eine Sekunde nach der Bewegung schaltete das Display auf das Medium grau. Die Bewegungsdauer beträgt 280 ms.

Die Aufgabe der Probanden war durch Drücken der Tastatur anzugeben, in welche Richtung der Landoltring geöffnet war. Dabei waren folgende Positionen möglich: 3, 6, 9 oder 12 Uhr. Für die Beantwortung der Frage gab es weder eine Zeitbeschränkung noch ein Feedback zu den gegebenen Antworten. Der Test unterteilte sich in 4 Stufen, wobei in der ersten 100 % der Pixel innerhalb des Landoltringes bewegt wurden. Im Hintergrund blieben die Pixel stationär. In den folgenden drei Stufen reduzierte sich die Pixelanzahl innerhalb des Ringes von 50 % auf 30 % und schlussendlich auf 20 %. Der Test war nach 5-7 min abgeschlossen. Innerhalb der 4 Stufen wurde der Ring je 20-mal präsentiert. Die Position der Öffnungen war dabei zufällig und ohne jegliche Vorhersehung. Innerhalb dieses Versuchsaufbaus war das Signal rein afferent.

Für die nachfolgende Datenanalyse wurden die Antworten in den unterschiedlichen Prozentsätzen differenziert gewichtet. Ziel war die höhere Wichtung von niedrigeren Bewegungskontrasten. Damit wird die Trennschärfe des Tests besser dargestellt und das Leistungsmaß der Probanden kann ermittelt werden. Es wurde das Leistungsmaß ( $P_w$ ) nach Schrauf et al. (1999) zur Datenanalyse verwendet.

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

Die Werte  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  und  $p_4$  geben den Prozentsatz der richtigen Antworten für 100, 50, 30 und 20 % des Bewegungskontrasts wieder.

## 2.3.2 Psychometrische Tests

### 2.3.2.1 Einfachwahl- Reaktionsschnelligkeit

Der Einfachwahl-Reaktionstest ist ebenfalls aus der Testbatterie des Wiener Testsystems und erfasst die Reaktionsschnelligkeit der Probanden.

Die Messung der Antwortzeit aufgeteilt in Reaktionszeit sowie Motorische Zeit ist durch diesen Test optimal möglich ([www.Schuhfried.at](http://www.Schuhfried.at)). Die Reaktionszeit ist definiert als der Zeitraum zwischen einem bestimmten Signal und dem Beginn der resultierenden mechanischen Bewegung. Dabei ist die Bewegung so schnell wie möglich nach dem Signal auszuführen. Die motorische Zeit ist die Zeitspanne, die der Proband für die gesamte mechanische Bewegung benötigt.

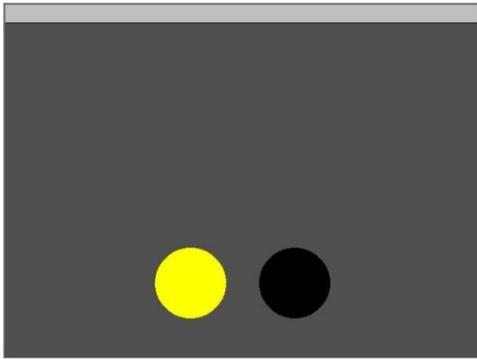


Abbildung 8: Signal für die Reaktion im einfachen Reaktionstest, Wiener Testsystem

(<https://www.schuhfried.at/assets/de/test/RT/1.jpg>)

Die Probanden hatten die Aufgabe, den Zeigefinger auf den goldenen Knopf zu legen, welcher die Ruhetaste ist. Bei Aufleuchten des gelben Lichts (das Signal, Abbildung 8) sollte so schnell wie möglich mit dem gleichen Zeigefinger auf die schwarze Taste gedrückt werden (Abbildung 9), um danach wieder die Ausgangsposition einzunehmen. Die schwarze Taste ist die Reaktionstaste. So konnte eine Unterteilung der Reaktionen in motorische Zeit und Reaktionszeit erfolgen.



Abbildung 9: Tastatur für den einfachen Reaktionstest, Wiener Testsystem

([https://www.schuhfried.com/media/1885/sf\\_probandentastatur\\_panel\\_advanced\\_free.png](https://www.schuhfried.com/media/1885/sf_probandentastatur_panel_advanced_free.png))

Die Testzeit beträgt ca. 6 Minuten. Zur Auswertung werden vom Computer vier Hauptvariablen ausgegeben: die mittlere motorische Zeit und die mittlere Reaktionszeit sowie deren Standardabweichungen.

### 2.3.2.2 Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit (Vortest zur Flexibilität)

Der Vortest zur Flexibilität aus dem TAP-System 2.1 wurde genutzt, um die Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit der Probanden zu testen. Es wurden gleichzeitig auf dem Bildschirm zwei Formen dargestellt, eine links und eine rechts von der Bildschirmmitte. Eine Figur davon war immer eckig, die andere immer rund. Die Teilnehmer sollten nun auf den Zielreiz der eckigen Form schnellstmöglich reagieren. Sie hatten zwei Reaktionstasten zur Verfügung, eine links und eine rechts vom Computer. Auf der Seite, wo die eckige Form erschien, sollte so schnell wie möglich auf die Reaktionstaste gedrückt werden.

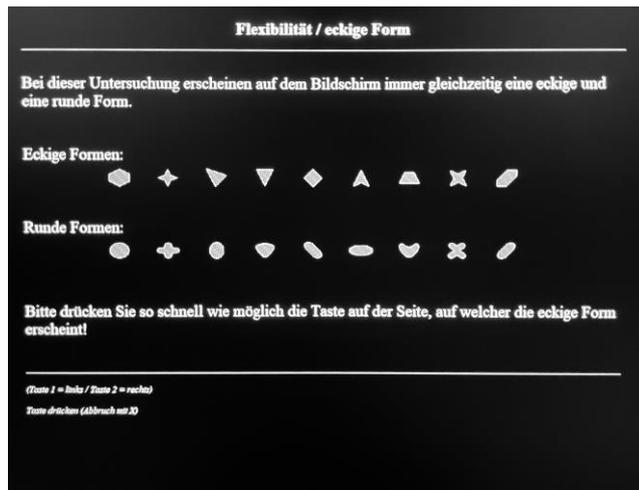


Abbildung 10: Bildschirm für den Test zur Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit (Vortest zur Flexibilität)

Wichtige Leistungsparameter sind Mittelwert, Median und Streuung der Reaktionszeit, Anzahl korrekter und ausgelassener Reaktionen, Ausreißerwerte sowie falsche und ausgelassene Reaktionen.

### 2.3.2.3 Test zur geteilten Aufmerksamkeit

Mit dem Test zur geteilten Aufmerksamkeit aus dem TAP-System Version 2.1 wurde die kognitive Fähigkeit der Probanden erfasst, die Aufmerksamkeit auf zwei parallel ablaufende Prozesse gleichzeitig zu richten. Diese kognitive Leistung ist in vielen Alltagssituationen zu bewältigen. Insbesondere hohe Ansprüche an die geteilte Aufmerksamkeit stellt unter anderem die Teilnahme in Mannschaftssportarten. Nicht nur die eigene Mannschaft sowie der Ball sind im Auge zu behalten, auch das gegnerische Team ist in ständiger Bewegung. Es ist auf Zurufe und Anweisungen von der Seitenlinie sowie durch Mitspieler zu reagieren und die eigene Handlung zeitgleich und regelkonform auszuführen. Eben diese Fähigkeit, verschiedene Reize zeitgleich zu verarbeiten, wurde den Studienteilnehmern beim Test zur geteilten Aufmerksamkeit abverlangt (Zimmermann & Fimm 2007). Die Probanden mussten parallel innerhalb des Tests eine visuelle und eine auditive Aufgabe bearbeiten. Dabei wird eine 4x4 Matrix auf die Bildschirmmitte projiziert, auf welcher 6-8 Kreuze erscheinen und in regelmäßigem Rhythmus ihre Position verändern (Abbildung 11). Wenn durch die Kreuze ein kleines Quadrat von 2x2 begrenzt wird, soll der Proband so schnell wie möglich reagieren und auf die dafür vorgesehene Taste drücken. Gleichzeitig werden in demselben Rhythmus Töne angeboten. Diese sind abwechselnd hoch und tief. Wird der gleiche Ton zweimal hintereinander vernommen, so sollte der Proband ebenfalls schnellstmöglich auf die Taste drücken.

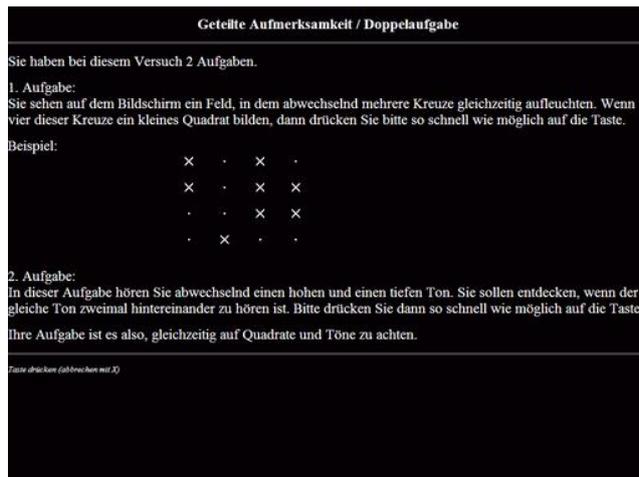


Abbildung 11: Bildschirm für den Test zur geteilten Aufmerksamkeit

([https://www.pytest.net/uploads/images/TAP\\_de/getAufmerksamkeit\\_audvis\\_synchron.png](https://www.pytest.net/uploads/images/TAP_de/getAufmerksamkeit_audvis_synchron.png))

Entscheidender Parameter zur Bewertung der Testergebnisse ist die Zahl der verpassten Signale. Weiterhin erfasst wurden Mittelwert, Median und Streuung der Reaktionszeiten, Anzahl korrekter und ausgelassener Reaktionen, Ausreißerwerte sowie falsche und ausgelassene Reaktionen.

## 2.4 Statistik

Die gesammelten Daten aus den verschiedenen Testverfahren sowie die soziodemografischen und sportbezogenen Daten der Probanden wurden in einer EXCEL-Tabelle (Microsoft Excel Version 2010) zusammengetragen. Für die statistische Auswertung wurde das Programm SPSS, Version 24, (IBM, Armonk, NY, USA) verwendet.

Zunächst wurde die deskriptive Statistik erhoben. Die einzelnen Parameter wurden auf Normalverteilung geprüft und entsprechend nach metrischem oder nichtmetrischem Verhalten dem richtigen statistischen Testverfahren zugeführt. Die Gruppenunterschiede wurden mittels Kovarianzanalyse unter besonderer Beachtung des Alters herausgearbeitet, nachdem signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern für die verschiedenen Variablen ausgeschlossen wurden. Eine Bonferroni-Korrektur wurde innerhalb der Sportgruppentestung durchgeführt.

Das Signifikanzniveau für Testentscheidungen wurde bei 5 % festgelegt. Statistische Unterschiede hinsichtlich der Signifikanz wurden mit Hilfe des p-Wertes ermittelt:

- $p < 0,1$  = tendenzieller Unterschied,
- $p < 0,05$  = signifikanter Unterschied,
- $p < 0,01$  = sehr signifikanter Unterschied und
- $p < 0,001$  = hoch signifikanter Unterschied.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Soziodemografische Daten, sportliche Aktivität und visueller Status

#### 3.1.1 Alter

Die Studienteilnehmer waren zwischen 14 und 59 Jahre alt und wurden entsprechend ihrer sportlichen Aktivität in vier Gruppen unterteilt. In Gruppe 1 (Freizeitsport) befanden sich 42 Teilnehmer im Alter von 14 bis 59 Jahren, in Gruppe 2 (andere Sportarten) 20 Teilnehmer im Alter von 14 bis 57 Jahren, in Gruppe 3 (Fechten) 24 Teilnehmer im Alter von 14 bis 55 Jahren und in der Gruppe 4 (Handball) 35 Teilnehmer zwischen 14 und 36 Jahren. Dabei wurden Gruppe zwei bis vier der Leistungssportgruppe zugeordnet. Die Angaben zum Durchschnittsalter der 4 Gruppen kann Tabelle 2 entnommen werden. Aufgrund der ungleichen Altersverteilung zwischen den Sportgruppen wurde das Alter als Kovariate mit in die statistische Berechnung einbezogen.

#### 3.1.2 Geschlecht

Die Geschlechterverteilung in der Gesamtstichprobe war insgesamt mit 60 männlichen und 61 weiblichen Probanden gleichmäßig verteilt. Die genaue Aufteilung der Geschlechter innerhalb der Sportgruppen kann Tabelle 3 entnommen werden. Innerhalb der Leistungssportgruppen gab es im Handball und den anderen Sportarten mehr männliche Probanden. Im Fechtsport war die Anzahl männlicher und weiblicher Sportler mit einer Probandenzahl von je 12 Teilnehmern identisch. Bei den Freizeitsportlern konnten mehr weibliche Probandinnen akquiriert werden.

Mit Hilfe der Kovarianzanalyse wurde geprüft, ob für die verschiedenen Betrachtungen (Leistungssport – Freizeitsport, Handball – Fechten) statistisch sichere Differenzen zwischen den Geschlechtern bestehen. Im Vergleich der Freizeitsportler mit den Leistungssportlern wurden lediglich für drei Parameter signifikante Unterschiede ermittelt (Dynamischer Sehtest: Summe Öffnung links, Geteilte Aufmerksamkeit: richtige Reaktionen auditiv, Geteilte Aufmerksamkeit: ausgelassene Reaktionen auditiv; Anhang 7). Im Geschlechtervergleich der Handballer und Fechter zeigten sich ebenfalls in nur 3 Variablen signifikante Unterschiede (Peripheres Sehen: Trackingabweichung, Geteilte Aufmerksamkeit: richtige Reaktionen auditiv, Geteilte Aufmerksamkeit: ausgelassene Reaktionen auditiv; Anhang 8).

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde das Geschlecht als Kovariate mit in die statistische Berechnung einbezogen.

#### 3.1.3 Sportliche Aktivität

Die Freizeitsportler machten entweder gar keinen Sport oder betrieben ihre Sportart maximal 2-mal pro Woche seit weniger als 2 Jahren. Die Probanden der Leistungssportgruppen trainierten mindestens

3-mal pro Woche und übten ihre Sportart seit mindestens 2 Jahren aus. Die genaue sportliche Aktivität der Teilnehmer kann Tabelle 2 entnommen werden.

#### 3.1.4 Koffein- und Alkoholkonsum

Der durchschnittliche Koffein- und Alkoholkonsum wurde ebenfalls über den Fragebogen ermittelt. Der Koffeinkonsum war in allen vier Gruppen der Studienteilnehmer annähernd gleich, sodass ein mögliches Ungleichgewicht zwischen den Gruppen im Rahmen der visuellen und kognitiven Leistungsüberprüfung ausgeschlossen werden konnte. Beim Alkoholkonsum unterschieden sich lediglich die Handballer mit  $p = 0,048$  signifikant von der Gruppe der anderen Sportarten mit einem geringeren Alkoholkonsum (Tabelle 4). Dies ist aufgrund der späteren Gruppenzusammenführung zu den Testungen nicht weiter von Bedeutung (Leistungssportler – Freizeitsportler, Handballer – Fechter).

#### 3.1.5 Visueller Status

##### *Status zu Einflussfaktoren*

Bei der Auswertung der Fragebögen ergaben sich bezüglich bestehender Augenerkrankungen oder konzentrationsbeeinträchtigender Medikamente keine Auffälligkeiten. Damit mussten keine Probanden aufgrund dieser Ausschlusskriterien aus der Studie ausscheiden.

##### *Ophthalmologische Voruntersuchungen*

Die durchgeführten ophthalmologischen Statusuntersuchungen ergaben bei dem Großteil der Probanden ausreichend gute Resultate.

##### *Visus*

Ein Proband musste aufgrund eines binokularen Fernvisus  $< 0,63$  aus der Studie ausgeschlossen werden. Bei allen anderen Probanden wurden die erforderlichen binokularen Nah- und Fernvisuswerte  $\geq 0,63$  erreicht. Die Visuswerte zwischen den Sportgruppen waren vergleichbar, ebenso die Visuswerte zwischen den Geschlechtern (Tabelle 5).

##### *Perimetrie*

In der perimetrischen Untersuchung zeigten sich bei den meisten Probanden keine großflächigen oder zentralen Gesichtsfelddefekte, die für die Versuchsdurchführungen von relevanter Bedeutung gewesen wären. Nur ein Proband wurde aufgrund von überdurchschnittlich vielen nichtgesehenen Punkten aus der Studie ausgeschlossen.

Tabelle 2: Gruppeneinteilung der Probanden nach sportlicher Aktivität sowie Angaben zum Alter, Sporteinheiten pro Woche und Trainingsjahren in diesen Gruppen

Gruppe		Gesamt										
		Anzahl	Alter [Jahre]		Sport pro Woche [Mal/Woche]				Trainingsjahre			
			MW ± SD	Min - Max	kein Sport	1- 2x / Woche	3- 4x / Woche	> 4 x/ Woche	kein Sport	< 2 Jahre	2 - 5 Jahre	> 5 Jahre
Freizeitsport (FS)		42	28,9 ± 12,6	14 - 59	20	22	0	0	20	22	0	0
Leis- tungs- sport (LS)	andere Sportarten (AS)	20	24,4 ± 9,6	14 - 57	0	0	17	3	0	0	1	19
	Fechten (F)	24	24,3 ± 14,4	14 - 55	0	0	10	14	0	0	1	23
	Handball (H)	35	18,1 ± 4,5	14 - 36	0	0	24	11	0	0	4	31
$p_{ANOVA}$ bzw. $p_{FISHER}$		$p_{ANOVA} < 0,001;$ $p_{BONFERRONI: FS-H} < 0,001$		$p_{FISHER} < 0,001$				$p_{FISHER} < 0,001$				

Tabelle 3: Gruppeneinteilung der Probanden nach sportlicher Aktivität und Geschlecht sowie Angaben zum Alter, Sporteinheiten pro Woche und Trainingsjahren in diesen Gruppen

Gruppe		Männer (n = 60)										
		Anzahl	Alter [Jahre]		Sport pro Woche				Trainingsjahre			
			MW ± SD	Min - Max	kein Sport	1- 2 x / Woche	3- 4 x / Woche	> 4 x / Woche	kein Sport	< 2 Jahre	2 - 5 Jahre	> 5 Jahre
Freizeitsport		11	27,4 ± 12,3	15 - 52	4	7	0	0	4	7	0	0
Leis- tungs- sport	andere Sportarten	16	25,2 ± 10,6	14 - 57	0	0	14	2	0	0	0	16
	Fechten	12	29,4 ± 18,7	14 - 55	0	0	4	8	0	0	1	11
	Handball	21	19,6 ± 4,7	16 - 36	0	0	17	4	0	0	1	20
$p_{\text{Bonferronie}}$ bzw. $p_{\text{FISHER}}$			$P_{\text{ANOVA}} = 0,096$		$p_{\text{FISHER}} < 0,001$				$p_{\text{FISHER}} < 0,001$			
Gruppe		Frauen (n = 61)										
		Anzahl	Alter [Jahre]		Sport pro Woche				Trainingsjahre			
			MW ± SD	Min - Max	kein Sport	1- 2 x / Woche	3- 4 x / Woche	> 4 x / Woche	kein Sport	< 2 Jahre	2 - 5 Jahre	> 5 Jahre
Freizeitsport		31	29,5 ± 12,8	14 - 59	16	15	0	0	16	15	0	0
Leis- tungs- sport	andere Sportarten	4	21,2 ± 3,1	17 - 24	0	0	3	1	0	0	1	3
	Fechten	12	19,2 ± 5,3	14 - 31	0	0	6	6	0	0	0	12
	Handball	14	15,6 ± 2,8	14 - 23	0	0	7	7	0	0	3	11
$p_{\text{Bonferronie}}$ bzw. $p_{\text{FISHER}}$			$P_{\text{ANOVA}} < 0,001$ $p_{\text{BONFERRONI: FS-F}} < 0,05$ $p_{\text{BONFERRONI: FS-H}} < 0,001$		$p_{\text{FISHER}} < 0,001$				$p_{\text{FISHER}} < 0,001$			

Tabelle 4: Alkoholkonsum der Sportgruppen

Gruppe		Alkoholkonsum		p <sub>ANOVA</sub>	p <sub>BONFERRONI</sub>
		MW ± SD	Min - Max		
Freizeitsport (FS)		4,5 ± 6,1	0,0 – 31,6	0,031	p <sub>AS-H</sub> < 0,05
Leistungs- sport (LS)	andere Sportarten (AS)	9,7 ± 12,1	0,0 – 45,9		
	Fechten (F)	3,6 ± 6,3	0,0 – 20,4		
	Handball (H)	3,9 ± 7,2	0,0 – 31,6		

Tabelle 5: Visuswerte der vier Sportgruppen insgesamt sowie der männlichen und weiblichen Probanden mit Mittelwert und Standardabweichung, Minimum- und Maximum

Gruppen		Männer (n = 60)				Frauen (n = 61)				Probanden insgesamt (n = 121)			
		Fernvisus binokular		Nahvisus binokular		Fernvisus binokular		Nahvisus binokular		Fernvisus binokular		Nahvisus binokular	
		MW ± SD	Min - Max	MW ± SD	Min - Max	MW ± SD	Min - Max	MW ± SD	Min - Max	MW ± SD	Min - Max	MW ± SD	Min - Max
Freizeitsport		1,16 ± 0,16	0,80 – 1,25	1,14 ± 0,25	0,63 – 1,25	1,22 ± 0,08	1,00 – 1,25	1,23 ± 0,07	1,00 – 1,25	1,2 ± 0,11	0,80 – 1,25	1,20 ± 0,14	0,63 – 1,25
Leistungs- sport	andere Sportarten	1,25 ± 0,00	1,25 – 1,25	1,25 ± 0,00	1,25 – 1,25	1,19 ± 0,12	1,00 – 1,25	1,19 ± 0,12	1,00 – 1,25	1,24 ± 0,06	1,00 – 1,25	1,24 ± 0,06	1,00 – 1,25
	Fechten	1,17 ± 0,15	0,80 – 1,25	1,19 ± 0,14	0,80 – 1,25	1,21 ± 0,13	0,80 – 1,25	1,25 ± 0,00	1,25 – 1,25	1,19 ± 0,14	0,80 – 1,25	1,22 ± 0,10	0,80 – 1,25
	Handball	1,2 ± 0,14	0,80 – 1,25	1,25 ± 0,00	1,25 – 1,25	1,21 ± 0,09	1,00 – 1,25	1,19 ± 0,17	0,63 – 1,25	1,2 ± 0,12	0,80 – 1,25	1,23 ± 0,11	0,63 – 1,25
p <sub>ANOVA</sub>		p = 0,268		p = 0,063		p = 0,953		p = 0,422		p = 0,582		p = 0,698	

## 3.2 Vergleich von Freizeitsport und Leistungssport

In diesem Kapitel werden die Leistungsergebnisse aus den visuellen und psychometrischen Testverfahren als Vergleich zwischen den Probandengruppen Freizeitsport und Leistungssport mittels Kovarianzanalyse unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Alter und Geschlecht dargestellt. Die abgebildeten p-Werte sind aus den Tests der Zwischensubjekteffekte (korrigiertes Modell).

### 3.2.1 Visuelle Leistungen

#### 3.2.1.1 Test zur peripheren Wahrnehmung

Beim Test zur peripheren Wahrnehmung wurden die Probanden hinsichtlich ihres horizontalen Gesichtsfeldes insgesamt (Abbildung 12) sowie dem rechten und linken Blickwinkel in Grad überprüft (Abbildung 13).

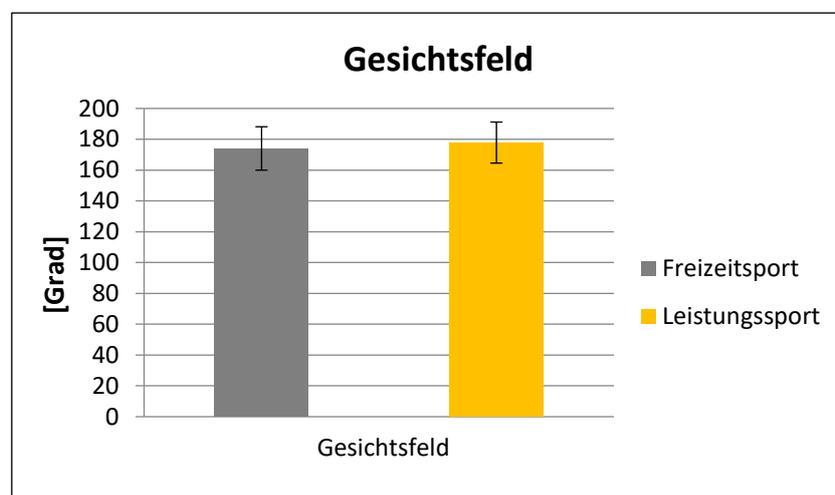


Abbildung 12: Periphere Wahrnehmung, Gesichtsfeld der Leistungssportler und Freizeitsportler in Grad

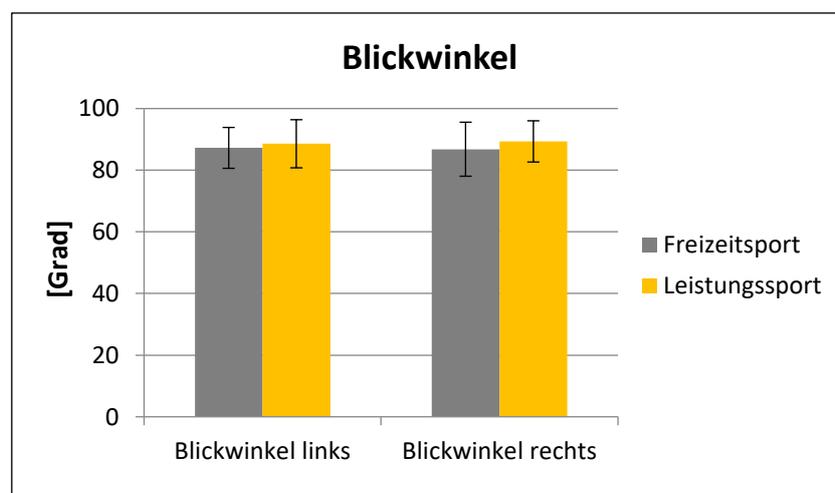


Abbildung 13: Periphere Wahrnehmung, Blickwinkel der Leistungssportler und Freizeitsportler nach rechts und links in Grad

Weiterhin liefert die Auswertung Ergebnisse zu den Testparametern der richtigen Reaktionen auf der linken sowie der rechten Seite, der falschen Reaktionen insgesamt und den ausgelassenen Reaktionen insgesamt, ebenso wie zu der Trackingabweichung (Anlage 9, Abb. A 1 a bis Abb. A 1 d). Es zeigten sich im Vergleich zwischen den Probandengruppen keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt zeigten die Leistungssportler größere Mittelwerte der Gesichtsfeldausdehnungen als die Freizeitsportler mit 174,0 Grad zu 177,9 Grad (Abbildung 12).

### 3.2.1.2 Tests zum räumlichen Sehen

Die räumliche Sehtestung bestand aus drei Teilleistungen. Zum einen dem Sehtest am Rodatestgerät 302 und zum anderen den zwei Teilleistungen des Random-Dot-Tests (RD). Zur Auswertung wurden die zu erreichenden Ergebnisse innerhalb der einzelnen Teilleistungen nach Leistung geordnet (Ranking). Dabei entspricht die kleinere Zahl der besseren Sehleistung (Tabelle 6).

**Tabelle 6: Sehleistungsstufen der Teilleistungen in Winkelsekunden mit der dazugehörigen Leistungsbewertung (Ranking) für die statistische Auswertung**

RD-Test 1.Teilleistung	RD-Test 2.Teilleistung	Rodatest 302	Leistungs- bewertung (Ranking)
<b>Sehleistungsstufen in Winkelsekunden</b>			
63	12,5	35	1
125	16	100	2
250	20	200	3
500	25	600	4
Nicht erkannt	32	Nicht erkannt	5
	40		6
	50		7
	63		8
	100		9
	160		10
	200		11
	400		12
	Nicht erkannt		13

Im Random-Dot-Test zeigte sich in der 1.Teilleistung ein signifikanter Unterschied zwischen den Probandengruppen mit einer besseren Sehleistung der Leistungssportler Median von 1 (Min = 1, Max = 5) (Freizeitsportler: Median 1 (Min = 1, Max = 5);  $p = 0,002$ ; Abbildung 14). In der zweiten Teilleistung zeigten sich keine Gruppenunterschiede, obwohl deskriptiv die Freizeitsportler die schlechteren Leistungen erbrachten (Freizeitsportler: Median 2 (Min = 1, Max = 13), Leistungssportler: Median 2 (Min = 1, Max = 8); Anlage 9, Abb. A 2 b). Mögliche Ergebnisse waren in der ersten Teilleistung eine Leistung zwischen 1 und 5, was einer Sehleistung von 63 Winkelsekunden (mäßiges Stereosehen) bis hin zu Stereosehen schlechter als 500 Winkelsekunden entspricht. In der zweiten Teilleistung lag die Leistungsbewertung zwischen 1 und 13, was einem sehr guten Stereosehen von 12,5 Winkelsekunden bis hin zu einem Stereosehen schlechter als 400 Winkelsekunden entspricht.

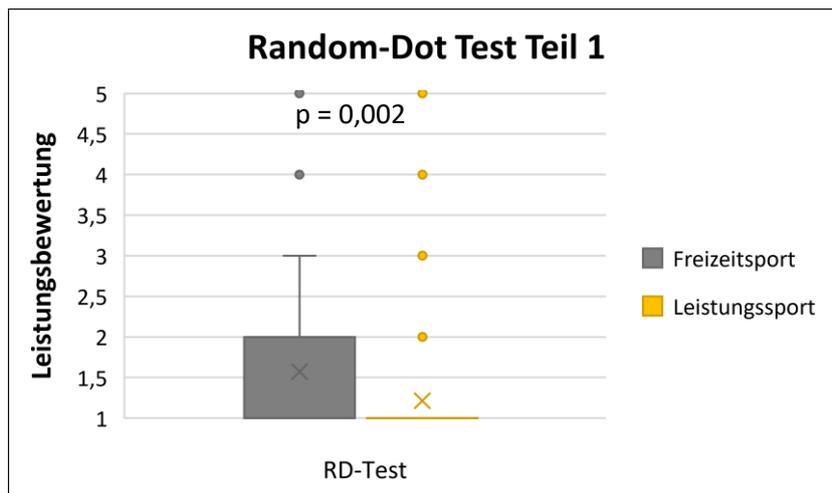


Abbildung 14: Stereosehen am Random-Dot-Test Teil 1 zwischen den Probandengruppen anhand der Leistungsbewertung von 1-5

Ebenso wenig zeigte sich ein Leistungsunterschied zwischen den Freizeitsportlern und Leistungssportlern am Rodatestgerät 302 (Anlage 9, Abb. A 2 a). Die mögliche zu erreichende Leistungsbewertung lag hier zwischen 1 und 5, was einer Sehleistung von 35 Winkelsekunden (sehr gutes Stereosehen) bis hin zu Stereosehen schlechter als 600 Winkelsekunden (Stereosehen vorhanden) entspricht.

### 3.2.1.3 Dynamischer Sehtest

Im Düsseldorfer Test zum afferenten dynamischen Sehen wurden in der Auswertung die Variablen der Summen der richtigen Antworten bei Öffnung des Landoltringes nach oben, nach rechts, nach unten und nach links sowie die Variablen der Summen der richtigen Antworten für 100 %, 50 %, 30 % und 20 % Bewegungskontrasts in Prozent erhoben. Außerdem wurde die Summe aller richtigen Antworten insgesamt angegeben und das Leistungsmaß nach Schrauf (PW) berechnet.

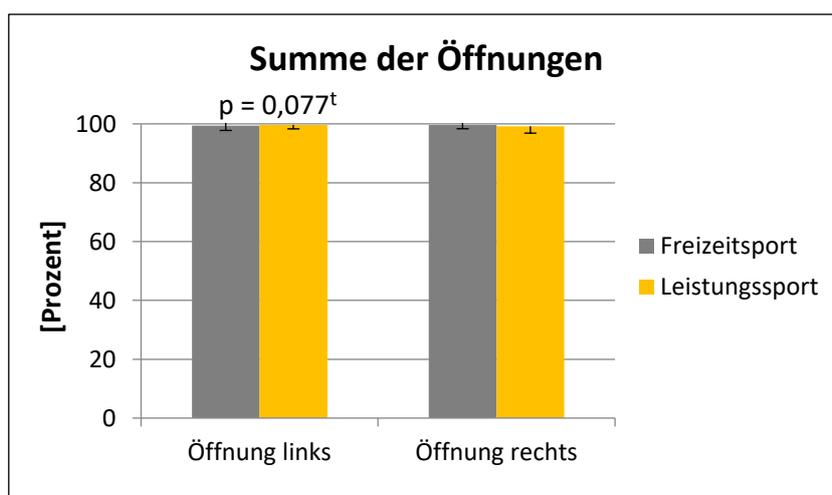


Abbildung 15: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Öffnung des Landoltringes nach links/ rechts in Prozent

Innerhalb des Vergleiches der Probandengruppen trat nur ein tendenzieller Unterschied der dynamischen Sehleistung auf. Die Summen der richtigen Antworten bei der Ringöffnung nach links ergab einen Unterschied von  $p = 0,077$  zwischen den Freizeitsportlern mit 99,2 % richtigen Antworten und den Leistungssportlern mit 99,7 % richtigen Antworten, bei der Ringöffnung nach rechts zeigten sich keine Signifikanzen (Abbildung 15). Das Leistungsmaß nach Schrauf zeigte ebenfalls keine Gruppenunterschiede (Abbildung 16).

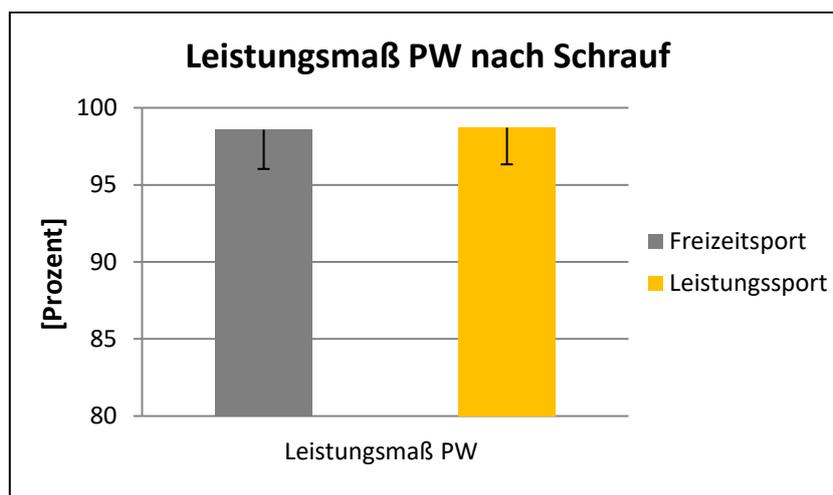


Abbildung 16: Dynamischer Sehtest, Leistungsmaß der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Prozent

Alle anderen Messparameter der dynamischen Sehleistung waren zwischen den Gruppen annähernd gleich (Anlage 9, Abb. A 3 a bis Abb. A 3 d).

### 3.2.2 Kognitive Fähigkeiten

#### 3.2.2.1 Einfachwahl-Reaktionstest

Bei der Auswertung des Einfachwahl-Reaktionstests wurden die Parameter mittlere Reaktionszeit und mittlere motorische Zeit untersucht. Hinzu kamen die richtigen Reaktionen und ausgelassenen Reaktionen sowie die unvollständigen Reaktionen der Probanden während der Testung.

Die Freizeitsportler präsentierten sich mit  $285,6 \pm 31,38$  ms mit einer signifikant langsameren Reaktionszeit als die Leistungssportler mit  $261,4 \pm 27,04$  ms ( $p = 0,002$ ). Die mittlere motorische Zeit der Leistungssportler mit  $129,0 \pm 19,80$  ms unterschied sich jedoch nicht signifikant von der mittleren motorischen Zeit der Freizeitsportler mit  $144,3 \pm 20,00$  ms (Abbildung 17).

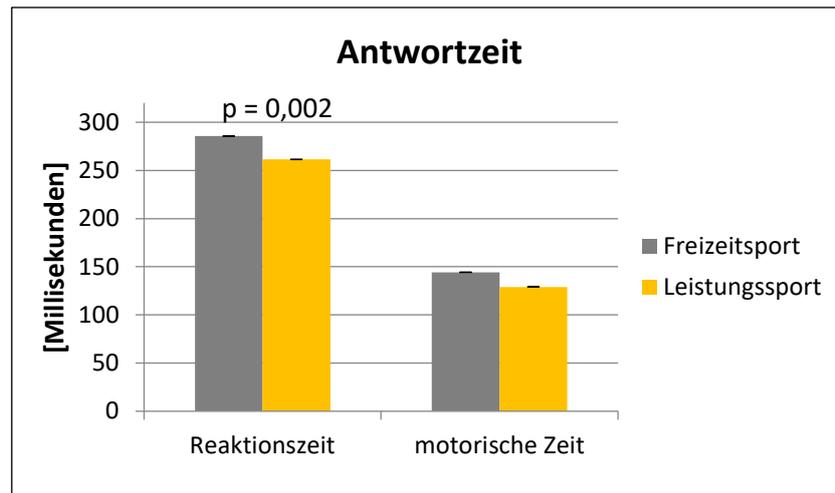


Abbildung 17: Einfachwahl-Reaktionstest, mittlere Reaktionszeit und mittlere motorische Zeit zwischen den beiden Gruppen in Millisekunden

Weitere Unterschiede zwischen den Probandengruppen konnten nicht festgestellt werden (Anlage 9, Abb. A 4 a und Abb. A 4 b).

### 3.2.2.2 Zweifachwahl-Reaktionstest (Vortest zur Flexibilität)

Die Ergebnisse des Vortests zur Flexibilität aus dem TAP-System zur Zweifachwahlreaktion der Probanden lieferten Aussagen zu den Parametern der mittleren Antwortzeit, korrekter Reaktionen und falscher Reaktionen. Dabei erfolgte die Auswertung des Wiener Testsystems zu allen Reaktionen insgesamt sowie zu den Reaktionen bei Handwechsel (eckige Form auf der anderen Seite) und keinem Handwechsel (eckige Form auf der gleichen Seite). Dabei ergaben sich bei dem Vergleich der Freizeitsportler mit den Leistungssportlern untereinander keine Unterschiede für die Antwortzeiten (Anlage 9, Abb. A 5 a und Abb. A 5 b).

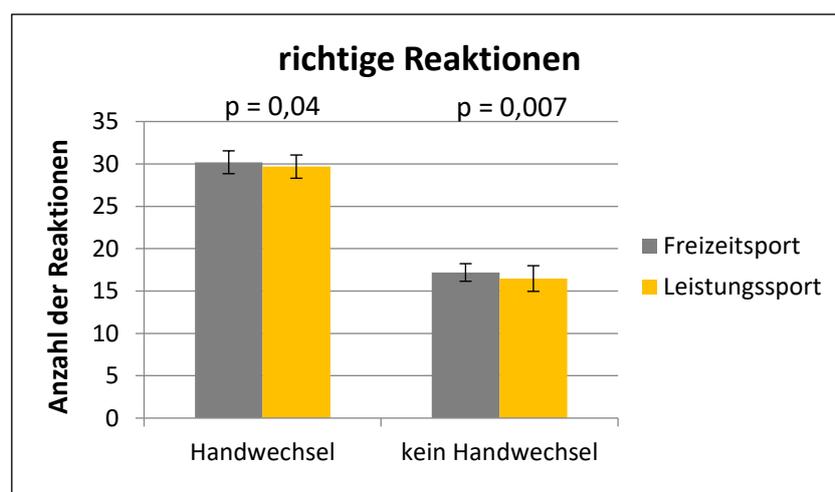


Abbildung 18: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Antworten der Probandengruppen mit und ohne Handwechsel

Die Auswertung der richtigen Reaktionen zeigte hingegen signifikante Unterschiede. Die Freizeitsportler reagierten mit  $30,2 \pm 1,35$  richtigen Antworten bei Handwechsel signifikant ( $p = 0,040$ ) häufiger richtig als die Gruppe der Leistungssportler mit  $29,7 \pm 1,37$  richtigen Antworten (Abbildung 18).

Ebenso verhielt es sich bei den richtigen Antworten ohne Handwechsel (Freizeitsportler:  $17,2 \pm 1,04$  richtige Antworten; Leistungssportler:  $16,5 \pm 1,52$  richtige Antworten;  $p = 0,007$ ; Abbildung 18) und den richtigen Antworten insgesamt (Freizeitsportler:  $48,4 \pm 1,90$  richtige Antworten; Leistungssportler:  $47,1 \pm 2,51$  richtige Antworten;  $p = 0,006$ ; Abbildung 19).

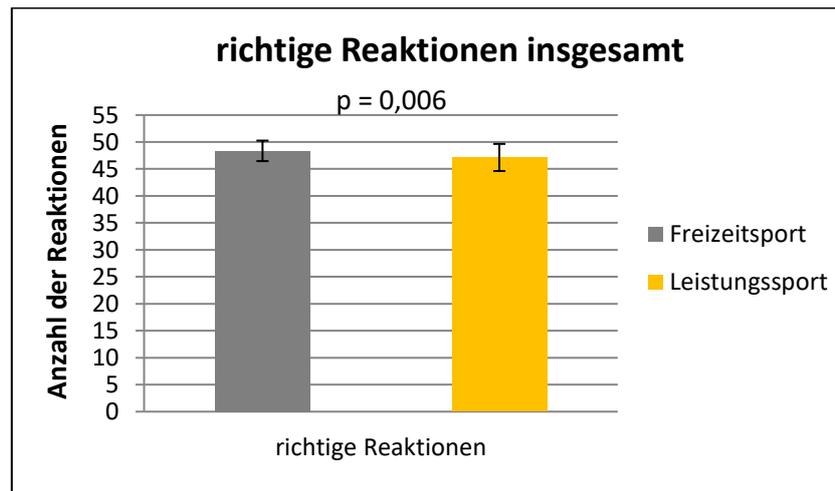


Abbildung 19: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Antworten der Probandengruppen insgesamt

Innerhalb des Vergleiches der falschen Reaktionen zwischen Freizeitsportlern und Leistungssportlern zeigten die Freizeitsportler in Zusammenschau erneut ein besseres Ergebnis als die Leistungssportler. Mit im Durchschnitt  $0,4 \pm 0,63$  falschen Reaktionen bei keinem Handwechsel (Leistungssportler:  $0,9 \pm 1,01$  falsche Reaktionen,  $p = 0,003$ ; Abbildung 20) und  $0,4 \pm 0,70$  falsche Reaktionen bei Handwechsel (Leistungssportler:  $0,5 \pm 0,6$  falsche Reaktionen; Abbildung 20).

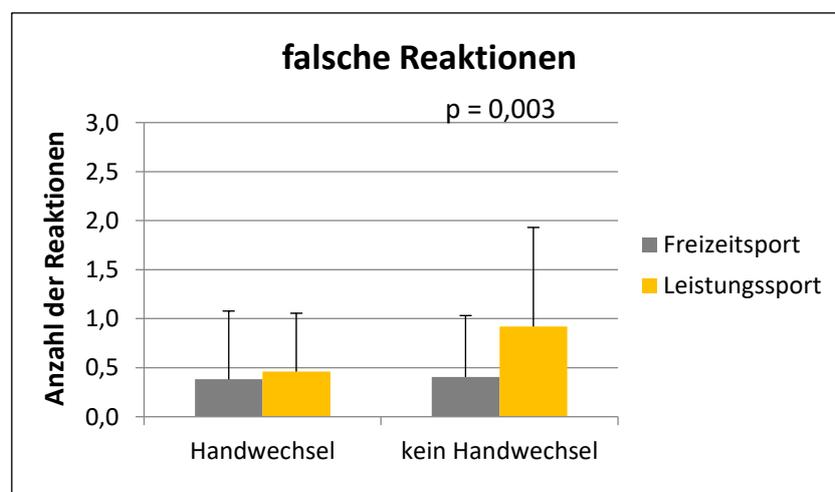


Abbildung 20: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler mit und ohne Handwechsel

Die falschen Reaktionen insgesamt ergaben ein ähnliches Bild. Hier zeigten die Freizeitsportler signifikant weniger falsche Reaktionen als die Leistungssportler (Freizeitsportler:  $0,81 \pm 0,94$  falsche Reaktionen; Leistungssportler:  $1,41 \pm 1,21$  falsche Reaktionen;  $p = 0,007$ ; Abbildung 21).

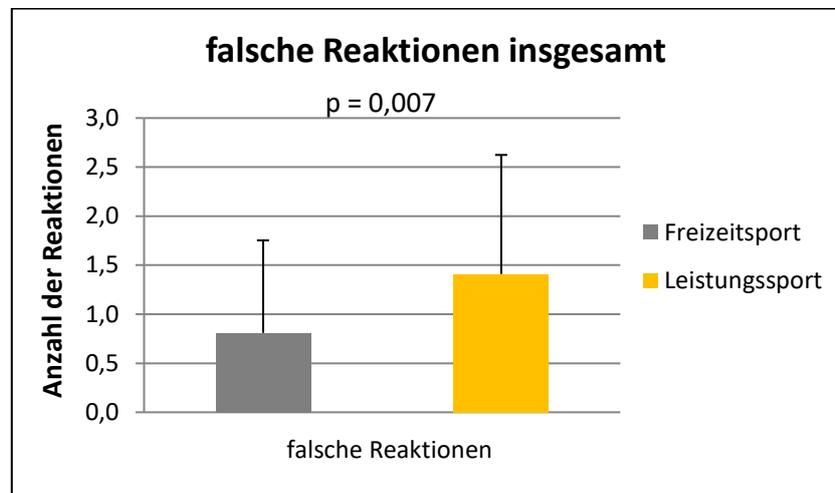


Abbildung 21: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Antworten der Probandengruppen insgesamt

### 3.2.2.3 Test zur geteilten Aufmerksamkeit

Bei dem Test zur Geteilten Aufmerksamkeit wurden die Testparameter der mittleren Antwortzeit, korrekter und ausgelassener Reaktionen bei visuellem und auditivem Reiz zur Ergebnisauswertung herangezogen. Dazu kamen die ausgelassenen sowie falschen Reaktionen insgesamt.

Die Antwort auf auditive Reize erfolgte in den Probandengruppen gleich rasch, die Leistungssportler zeigten jedoch deskriptiv die schnelleren Antwortzeiten (Freizeitsportler  $557,3 \pm 93,28$  ms, Leistungssportler  $543,0 \pm 79,62$  ms). Bei der mittleren visuellen Antwortzeit waren die Freizeitsportler mit  $742,9 \pm 84,57$  ms signifikant schneller als die Leistungssportler ( $763,4 \pm 84,96$  ms,  $p = 0,043$ ; Abbildung 22).

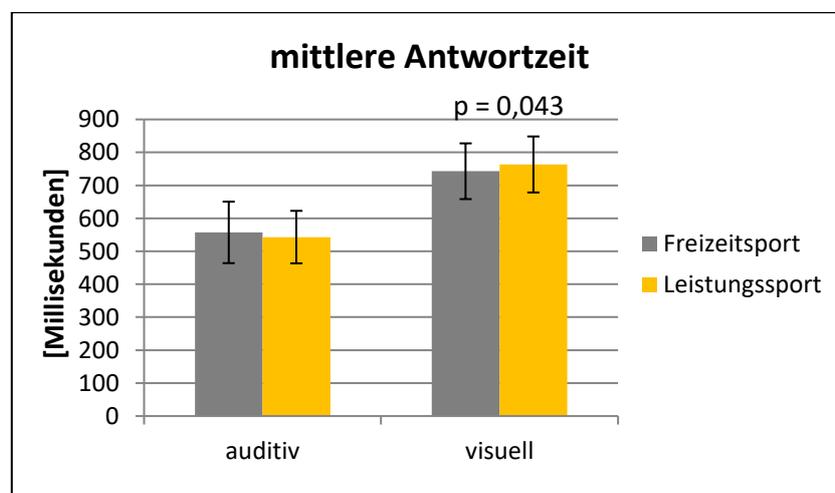


Abbildung 22: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, mittlere Antwortzeit auf auditive und visuelle Reize in Millisekunden zwischen Freizeitsportlern und Leistungssportlern

Für die restlichen Parameter ergaben sich keine weiteren signifikanten Unterschiede (Anlage 9, Abb. A 6 a bis Abb. A 6 d).

### 3.3 Vergleich von Einzel- und Mannschaftssportart

In diesem Kapitel werden die Leistungsergebnisse aus den visuellen und psychometrischen Testverfahren als Vergleich zwischen der Einzelsportart Fechten und der Mannschaftssportart Handball innerhalb der Leistungssportler mittels Kovarianzanalyse unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Alter und Geschlecht dargestellt. Die abgebildeten p-Werte sind aus den Tests der Zwischensubjekteffekte (korrigiertes Modell).

#### 3.3.1 Visuelle Leistungen

##### 3.3.1.1 Test zur peripheren Wahrnehmung

Der Test zur peripheren Wahrnehmung ergab für den Vergleich der Gesichtsfelder der Fechter und Handballer keine signifikanten Ergebnisse. Die Handballer zeigten insgesamt mit  $179,4 \pm 10,03$  Grad ein ähnlich großes Gesichtsfeld wie die Fechter mit  $177,1 \pm 15,96$  Grad (Abbildung 23).

Hinsichtlich der Blickwinkel nach rechts und links (Anlage 10, Abb. A 7 a) sowie den Treffern rechts und links (Anlage 10, Abb. A 7 b) unterschieden sich die Sportgruppen kaum. Ebenso ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zu den Testparametern der falschen Reaktionen insgesamt und der ausgelassenen Reaktionen insgesamt (Anlage 10, Abb. A 7 c und Abb. A 7 d).

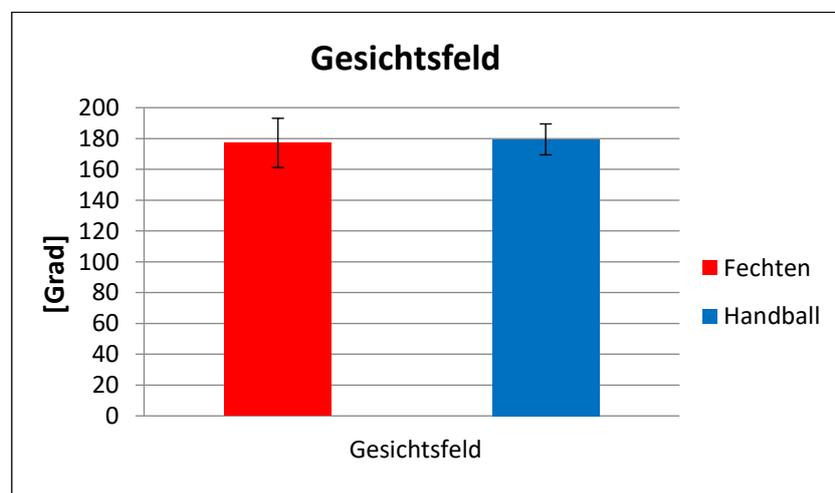


Abbildung 23: Periphere Wahrnehmung, Gesichtsfeldausdehnung der Fechter und Handballer

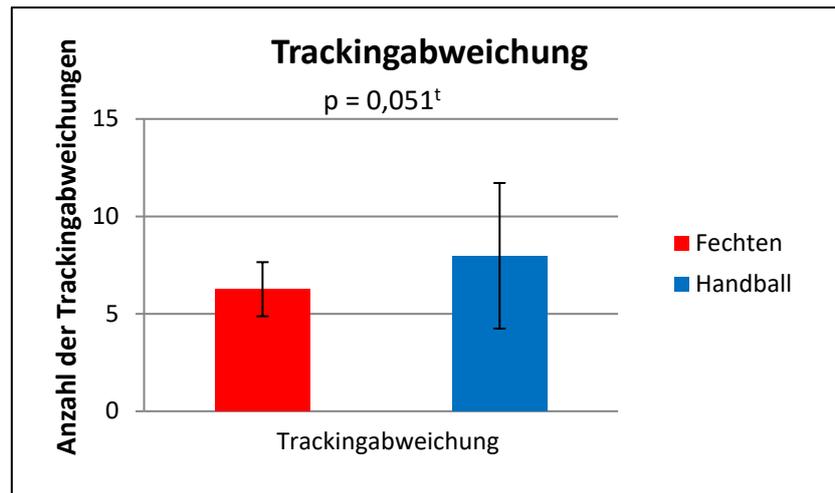


Abbildung 24: Periphere Wahrnehmung, Anzahl der Trackingabweichungen der Fechter und Handballer

Die Trackingabweichung zeigte eine tendenziell bessere Leistung der Fechter im Vergleich zu den Handballern mit im Schnitt  $6,3 \pm 1,39$  Trackingabweichungen zu  $8,0 \pm 3,74$  Trackingabweichungen ( $p = 0,051$ ) innerhalb des Testablaufes (Abbildung 24).

### 3.3.1.2 Test zum räumlichen Sehen

Das räumliche Sehen wurde mit dem Rodatest 302 und Random-Dot-Test ermittelt. Die Auswertung erfolgte mittels Leistungsbewertung im Sinne einer Ordinalskala. Das Stereosehen am Rodatestgerät 302 zeigte im Vergleich der Einzelsportart Fechten zu der Mannschaftssportart Handball signifikant bessere Ergebnisse auf Seiten der Handballer mit einer medianen Leistung von 1 (Min = 1, Max = 2) (Fechter: Median 1 (Min = 1, Max = 3);  $p = 0,029$ ; Abbildung 25).

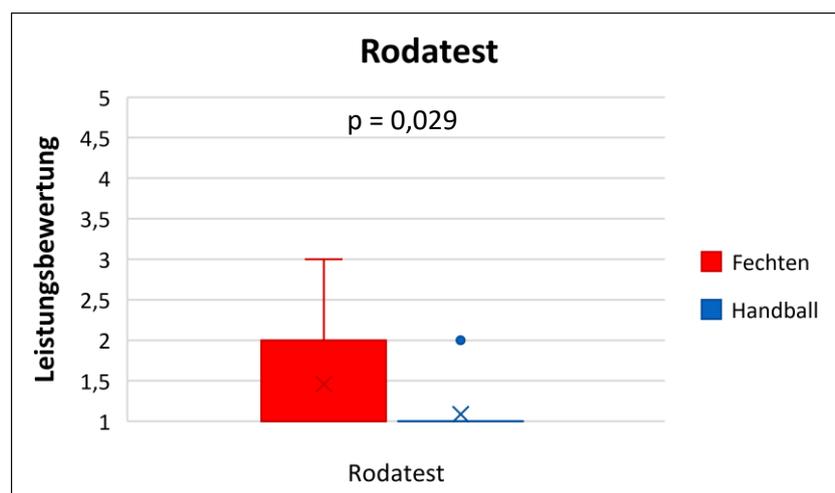


Abbildung 25: Stereosehen am Rodatestgerät 302 zwischen den Leistungssportlergruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-5

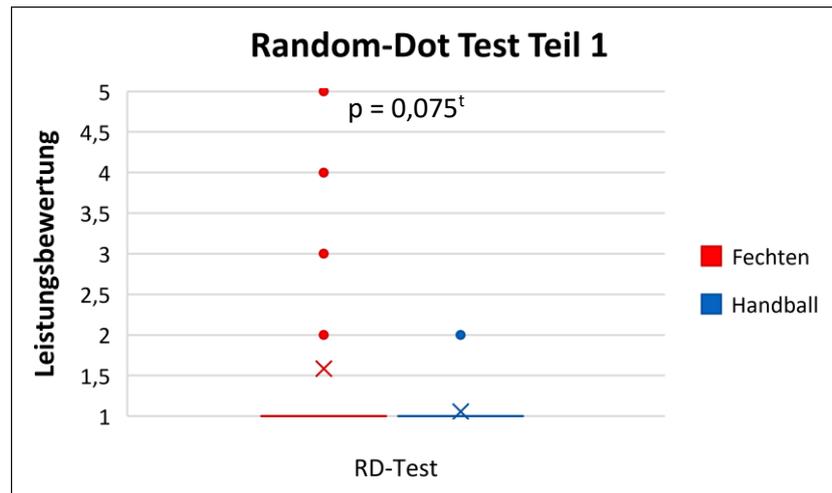


Abbildung 26: Stereosehen am RD-Test Teil 1 zwischen den Leistungssportgruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-5

Die räumliche Sehleistung innerhalb der ersten Teiltestungen des Random-Dot-Tests zeigte einen tendenziellen Gruppenunterschied mit einer besseren räumlichen Sehleistung auf Seiten der Handballer von Median 1 (Min = 1, Max = 2) (Fechter: Median 1 (Min = 1, Max = 5);  $p = 0,064$ ; Abbildung 26). In der zweiten Teiltestung ergaben sich keine Gruppenunterschiede. Deskriptiv zeigten die Handballer die bessere Leistung (Handballer: Median 2 (Min = 1, Max = 7), Fechter: Median 2 (Min = 1, Max = 8); Anlage 10, Abb. A 8 a).

### 3.3.1.3 Dynamischer Sehtest

Die Testung der afferenten dynamischen Sehleistung mittels des Düsseldorfer Tests ergab innerhalb der Leistungssportgruppen Fechten und Handball im Leistungsmaß nach Schrauf keine signifikanten Unterschiede (Fechter:  $98,9\% \pm 1,65$ ; Handballer:  $98,5\% \pm 2,32$  Abbildung 27).

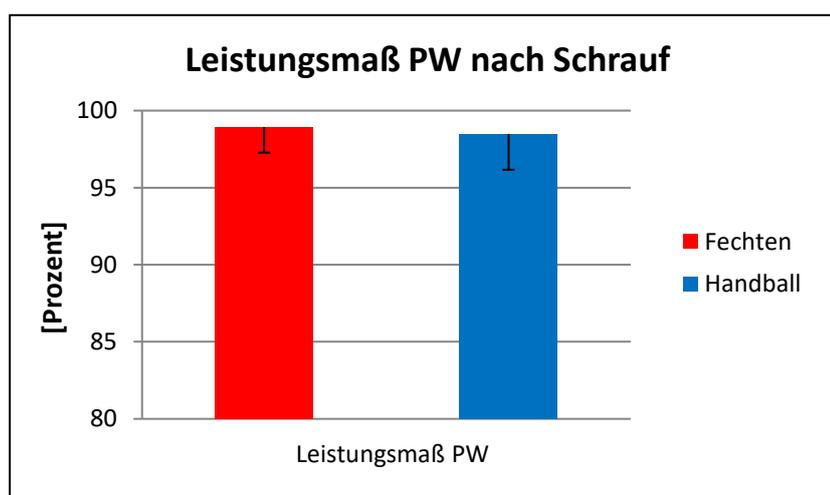


Abbildung 27: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent

Die Summe der richtigen Antworten bei Öffnung des Landoltringes nach oben, unten, rechts und links (Anlage 10, Abb. A 9 a und Abb. A 9 b) ergab ebenso keine Signifikanzen wie die Summe der richtigen Antworten hinsichtlich des Bewegungskontrastes von 100 %, 50 %, 30 % und 20 % (Anlage 10, Abb. A 9 c und Abb. A 9 d ) oder die Summe aller richtigen Antworten insgesamt (Anlage 10, Abb. A 9 e).

### 3.3.2 Kognitive Fähigkeiten

#### 3.3.2.1 Einfachwahl-Reaktionstest

Im Einfachwahl-Reaktionstest des Wiener Testsystems zeigte sich die mittlere Reaktionszeit der Handballer signifikant schneller mit  $259,5 \pm 26,89$  ms als die der Fechter mit  $269,8 \pm 29,57$  ms ( $p = 0,027$ ). Auch in der mittleren Motorischen Zeit zeigten die Handballer mit  $129,1 \pm 20,74$  ms ein signifikant besseres Ergebnis als die Fechter mit  $143,0 \pm 22,88$  ms ( $p = 0,016$ ; Abbildung 28).

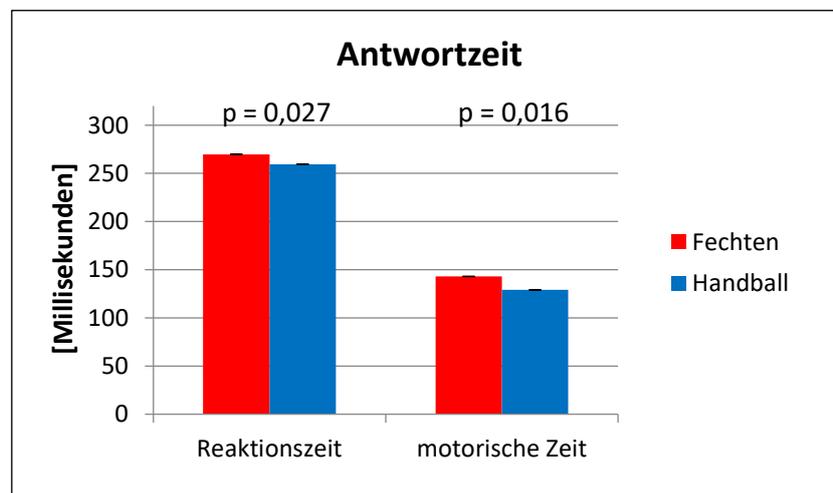


Abbildung 28: Einfachwahl-Reaktionstest, mittlere Reaktionszeit und mittlere motorische Zeit der Fechter und Handballer in Millisekunden

Die Anzahl der richtigen Reaktionen und ausgelassenen Reaktionen zwischen den Leistungssportgruppen ergab keine weiteren signifikanten Unterschiede (Anlage 10, Abb. A 10 a und Abb. A 10 b).

#### 3.3.2.2 Zweifachwahl-Reaktionstest (Vortest zur Flexibilität)

In der Auswertung der mittleren Antwortzeit im Hinblick auf den Zweifachwahl-Reaktionstest zeigten sich sowohl bei Handwechsel als auch bei keinem Handwechsel ähnlich gute Ergebnisse der Fechter und Handballer (Abbildung 29). Im Durchschnitt waren die Handballer mit  $456,31 \pm 83,92$  ms bei Handwechsel und  $513,09 \pm 102,11$  ms bei keinem Handwechsel etwas schneller als die Fechter mit  $481,75 \pm 77,09$  ms bei Handwechsel und  $532,92 \pm 78,15$  ms bei keinem Handwechsel, wobei der Unterschied nicht signifikant war. Ebenso verhielt es sich mit der mittleren Antwortzeit insgesamt (Anlage 10, Abb. A 11 a).

Bei der Auswertung der falschen Reaktionen der Sportler zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse (Handballer  $0,5 \pm 0,66$  falsche Antworten bei Handwechsel und  $0,9 \pm 1,10$  falsche Antworten bei keinem Handwechsel; Fechter  $0,5 \pm 0,59$  falsche Antworten bei Handwechsel und  $1,1 \pm 0,88$  falsche Antworten bei keinem Handwechsel (Abbildung 30). Zusammengefasst ergaben die falschen Antworten ein ähnliches Bild (Anlage 10, Abb. A 11 b).

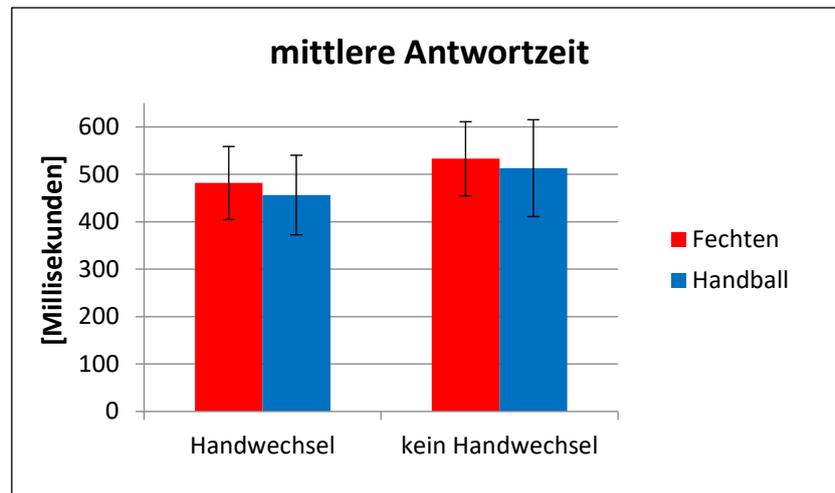


Abbildung 29: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Probandengruppen bei Handwechsel und keinem Handwechsel

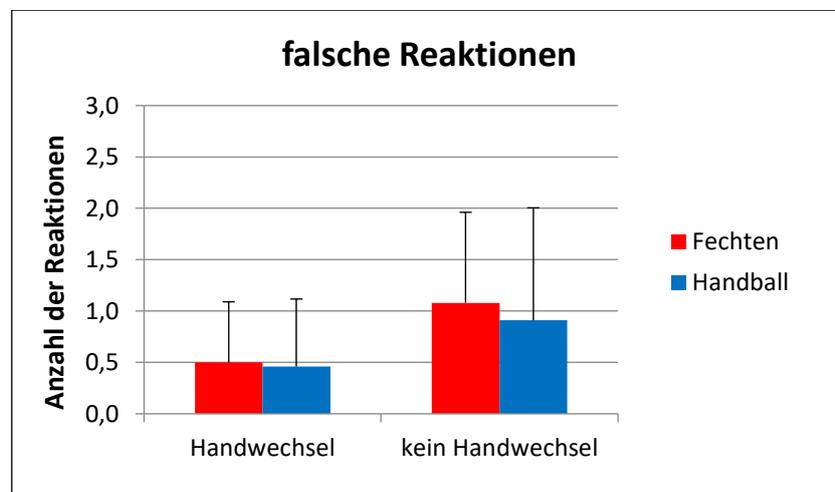


Abbildung 30: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Reaktionen der Fechter und Handballer mit und ohne Handwechsel

Die richtigen Reaktionen der Leistungssportler bei Handwechsel und keinem Handwechsel waren annähernd gleich (Anlage 10, Abb. A 11 c), genauso wie die richtigen Reaktionen insgesamt (Anlage 10, Abb. A 11 d).

### 3.3.2.3 Test zur geteilten Aufmerksamkeit

Die Ergebnisse des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit aus dem TAP-System zeigten bei der mittleren Antwortzeit im Durchschnitt langsamere Zeiten der Fechter im Vergleich zu den Handballern.

Bei auditiven Reizen zeigten sich diese nicht signifikant (Fechter  $553,8 \pm 81,22$  ms, Handballer  $541,9 \pm 80,77$  ms), auf visuelle Reize zeigten sich diese mit einem tendenziellen Unterschied von  $p = 0,068$  (Fechter  $802,5 \pm 80,36$  ms, Handballer  $760,5 \pm 84,33$  ms; Abbildung 31).

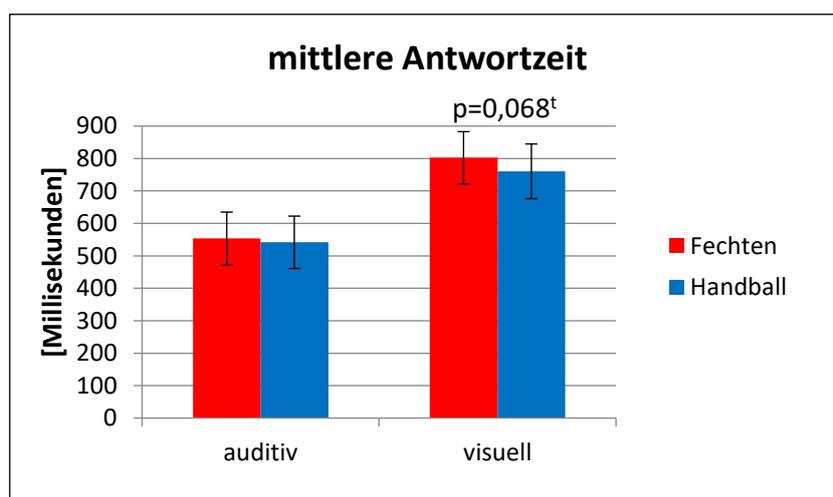


Abbildung 31: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, mittlere Antwortzeit der Fechter und Handballer auf auditive und visuelle Reize in Millisekunden

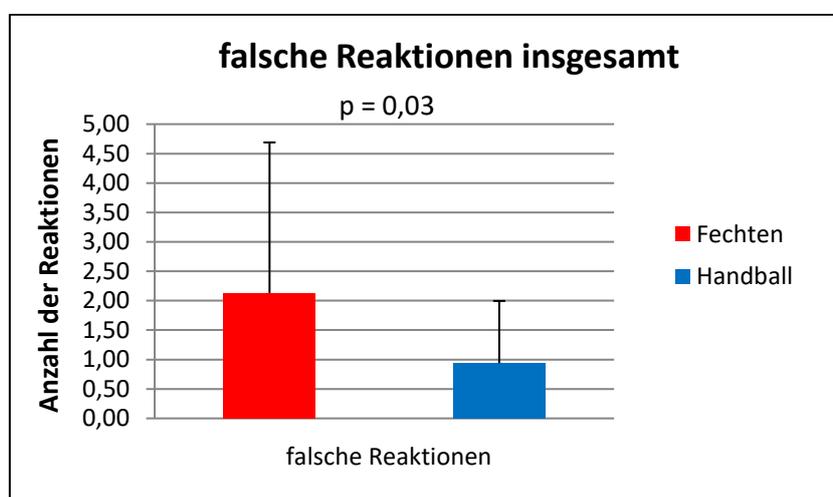


Abbildung 32: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der falschen Reaktionen insgesamt der Fechter und Handballer

Für die richtigen Reaktionen, ausgelassenen Reaktionen und ausgelassenen Reaktionen insgesamt der Sportler zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Anlage 10, Abb. A 12 a- Abb. A 12 c).

Bei den falschen Reaktionen insgesamt zeigten sich signifikant ( $p = 0,03$ ) mehr Fehler auf Seiten der Fechter mit  $2,13 \pm 2,56$  falschen Reaktionen als bei den Handballern mit  $0,94 \pm 1,06$  falschen Reaktionen (Abbildung 32).

## 4 Diskussion

Die hier vorgelegte Studie beschäftigt sich mit den visuellen und kognitiven Fähigkeiten von Freizeitsportlern und Leistungssportlern verschiedener Sportarten. Im ersten Teil wurden Freizeitsportler und Leistungssportler mittels computergestützter Testbatterie miteinander verglichen. Im zweiten Teil wurden erstmals Handballer und Fechter als Beispiel für eine Mannschafts- und Einzelsportart gegenübergestellt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung unter Bezugnahme der aufgestellten Arbeitshypothesen (1-4) zusammen diskutiert. Zentrale Befunde werden mit dem aktuellen Forschungsstand verglichen und eine kritische Auseinandersetzung mit den Grenzen dieser Studie durchgeführt.

### 4.1 Vergleich von Freizeitsport und Leistungssport

#### 4.1.1 Visuelle Leistungen

*Arbeitshypothese 1: Die visuellen Leistungen von Leistungssportlern bezogen auf das periphere Sehen, das räumliche Sehen und das afferente dynamische Sehen, sind besser als bei Freizeitsportlern.*

In der Untersuchung von 121 Probanden im Alter von 14 und 59 Jahren konnte die Annahme, dass Leistungssportler bessere visuelle Leistungen zeigen als Freizeitsportler, nicht bestätigt werden.

Lediglich in einer der drei Teiltestungen zum räumlichen Sehen zeigten die Leistungssportler in der 1. Teiltestung des RD-Test ein signifikant besseres Stereosehen als die Freizeitsportler. Im Gegensatz dazu zeigten sich bei einer ähnlich groben Leistungsüberprüfung des räumlichen Sehens am Rodatestgerät 302 als auch bei der detaillierteren 2. Teiltestung im RD-Test keine signifikanten Leistungsunterschiede, sondern lediglich deskriptiv die besseren Testergebnisse seitens der Leistungssportler. In der Literatur konnte Jendrusch (1995) ein besseres Stereosehen von Leistungssportlern im Vergleich zu Nicht- bzw. Freizeitsportlern bei einem Probandenkollektiv von insgesamt 82 Testpersonen nachweisen. Dabei erfolgte die Überprüfung des Stereosehens anhand eines neu entwickelten „Drei-Staebchen-Testverfahrens“. Aufgrund dieser gegensätzlichen Ergebnisse ist das hier gewählte Testverfahren zur Überprüfung von Leistungsunterschieden zwischen den Probandengruppen kritisch zu hinterfragen.

Des Weiteren zeigten die Leistungssportler im peripheren Sehen als auch im afferenten dynamischen Sehen rein deskriptiv betrachtet die besseren Leistungen, statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich jedoch nicht. Mögliche Ursache dafür ist eine zu geringe Probandenzahl mit 42 Freizeitsportlern und 79 Leistungssportlern insgesamt. Ein weiterer Erklärungsansatz ist, dass die Unterschiede in der sportlichen Aktivität nicht ausreichend waren (vgl. folgende Abschnitte).

In der vorliegenden Testung erfolgte die Einteilung nach Trainingshäufigkeit in der Woche und Trainingsjahren. Freizeitsportler durften maximal 2x in der Woche Sport treiben für weniger als 2 Jahre. Diese Einteilung erfolgte nach eigenem Ermessen. Aufgrund eines häufigen Mangels an genauen Informationen zu der Anzahl von Trainingseinheiten und Trainingsjahren in der Fachliteratur sowie der Fülle an unterschiedlichen Einteilungskriterien ist es nur schwer möglich, Vergleiche mit anderen Studien zu ziehen. Schul (2015) teilte bei einer Probandenstärke von um die 20 pro Gruppe seine Sportler in Experten mit mehr als 10 Jahren Erfahrung, Amateure und Novizen im Basketball sowie Experten anderer Sportarten ohne Angabe von Trainingsjahren oder -häufigkeiten ein. Dabei ergaben sich ähnlich wie in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der peripheren Sehleistung. In der nachfolgend beschriebenen Untersuchung von Boden et al. (2009) wurden Baseball- und Softballspieler mit Nicht-Ballspielern verglichen (räumliche Sehschärfe). Die Baseballspieler, welche signifikant bessere Ergebnisse zeigten, waren mindestens seit 3 Jahren in organisierten Spielen aktiv, wobei die Trainingseinheiten außerhalb der Spiele unkommentiert bleiben. Über die sportliche Aktivität der Nicht-Ballspieler wird keine Information gegeben. Dabei lag die Gruppenstärke um die 50 Probanden.

Aufgrund der auch in der vorliegenden Studie selbst definierten Einteilung von Leistungssportlern und Freizeitsportlern und der Uneinigkeit in der Literatur bezüglich klarer Grenzen hinsichtlich der sportlichen Aktivität sind die hier gefundenen Ergebnisse nicht zu verallgemeinern. Es sind vielmehr weitere Forschungsarbeiten zu diesem Themengebiet zu fordern. Dabei sollten in Abhängigkeit von der visuellen Leistung geeignete methodische Designs hinsichtlich der sportlichen Aktivität genutzt werden, um mögliche Kausalitäten auch valide nachweisen zu können.

Die Vielzahl der zur Bestimmung der visuellen Leistungen eingesetzten Methoden erschweren den Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit der Literatur im Hinblick auf das peripheres Sehen (Gralla 2008). Dabei testete das Team um Gao (2015) 86 Ballsportler sowie 60 Nichtsportler ebenfalls mit dem Wiener Testsystem auf die periphere Sehleistung. Im Gegensatz zu unserer Studie ergab sich ein signifikant größeres peripheres Gesichtsfeld der Sportler. Möglicherweise sind hier die Ballsportarten gesondert zu betrachten und die in der vorliegenden Untersuchung durchmischte Sportartenzugehörigkeit ein Grund für die gegensätzlichen Ergebnisse.

Hinsichtlich der afferenten dynamischen Sehleistung fällt der methodische Vergleich leichter. Mit dem rechnergestütztem Düsseldorfer Test für dynamisches Sehen von Wist (Wist et al. 1998) ist bei relativ geringem zeitlichen und technischen Aufwand eine Routinediagnostik möglich. In der Studie von Jendrusch et al. (2008) wurden Hochleistungssportler im Baseball, Fußball und Hockey mit altersentsprechenden Referenzwerten von Freizeit- und Nichtsportlern verglichen. Es zeigten sich eine signifikant bessere afferente dynamische Sehleistung der Baseballspieler zu der Referenzgruppe, aber auch im Vergleich zu den Fußballern. Gegensätzlich dazu waren in dieser Studie keine signifikanten Unter-

schiede im Leistungsmaß nach Schrauf zwischen den Leistungssportlern und Freizeitsportlern ersichtlich. In der Einzelauswertung der Summe der Öffnungen der Landoltringe nach links erreichten die Leistungssportler lediglich ein tendenziell besseres Ergebnis.

Angesichts der Untersuchung mehrerer Sportarten innerhalb einer Gruppe sollten die Ergebnisse dieser Studie nicht verallgemeinert werden. Es wird an dieser Stelle auf den sportartspezifischen Vergleich zwischen Handballern und Fechtern innerhalb dieser Arbeit hingewiesen.

Eine besonders wichtige Erkenntnis soll hier noch kurz Erwähnung finden. Die zwei aus der Testung ausgeschlossenen Probanden aufgrund eines binokularen Visus  $< 0,63$  sowie mehrerer Gesichtsfeldausfälle gehörten der Leistungssportgruppe an. Dies entspricht bei 79 Leistungssportlern einem Prozentsatz von 2,53 %. Trotz jahrelangem regelmäßigem Training und Wettkampfteilnahme sind diese sehr starken Defizite der visuellen Leistungsfähigkeit nie aufgefallen. Dies verdeutlicht erneut, wie wichtig eine visuelle Leistungsdiagnostik nicht nur im Leistungssport, sondern auch im Breitensportbereich ist. Eine deutlich erhöhte Unfallgefahr kann minimiert werden sowie die sportliche Leistung verbessert (Jendrusch 2008). Jendrusch et al. (2015) wiesen in ihrer Studie korrekturbedürftige Fehlsichtigkeit (Visus monokular  $< 1,0$  oder binokular starke Visusdifferenzen; Kurz- und Weitsichtigkeit sowie Hornhautverkrümmung; Kontrastsehstörungen) bei Leistungssportlern von rund 24 % nach.

Zusammengefasst bleibt die 1988 getroffene Aussage von Neumaier auch für diese Studie aktuell: „Die Frage, ob sich Sportler und Nicht-Sportler in ihrer Wahrnehmungsfähigkeit [...] voneinander unterscheiden, kann auf der Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht beantwortet werden“ (Neumaier 1988).

Die aufgestellte Hypothese muss aufgrund der gefundenen Ergebnisse abgelehnt werden.

#### 4.1.2 Kognitive Fähigkeiten

*Arbeitshypothese 2: Folgende kognitive Leistungen von Leistungssportlern sind besser als bei Freizeitsportlern: Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit, Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit und geteilte Aufmerksamkeit.*

Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Studien thematisierten in den letzten zwei Jahrzehnten die Unterschiede von kognitiven Fähigkeiten zwischen Experten und Novizen. Es herrscht jedoch Uneinigkeit darüber, ob und inwieweit jahrelanges Training die allgemeinen kognitiver Fähigkeiten verbessert. Bei der Beleuchtung der Ergebnisse dieser Studie wird deutlich, dass es zwischen Freizeitsportlern und Leistungssportlern signifikante Unterschiede innerhalb der getesteten Leistungsparameter gibt.

Hinsichtlich des Einfachwahl-Reaktionstests zeigte sich eine signifikant schnelle Reaktionszeit der Leistungssportler als die der Freizeitsportler. Auch die motorische Zeit der Leistungssportler erwies sich als schneller, jedoch nur deskriptiv. Diese Ergebnisse spiegeln die Datenlage in der Studie von Olsen (2013) wider. Profisportler als auch Hobbysportler zeigten eine bessere Einfachwahl-, Zweifachwahl-

sowie Dreifachwahlreaktionszeit als Nichtsportler. Dabei ist die Unterscheidung zwischen einem Einfachwahl-Reaktionstest (SRT task) und einem Mehrfachwahl-Reaktionstest (CRT task) hinsichtlich der angesteuerten kognitiven Funktionen relevant. Es besteht die Auffassung, dass die SRT eher die Grundlagen der kognitiven Funktionen wie Stimuluserkennung und die motorische Ausführung repräsentiert, während bei der CRT neben den grundlegenden sensorischen Prozessen auch die Identifikation des Stimulus sowie die Anpassung der Reaktion eine Rolle spielen. Dabei wird auf mehr kognitive Funktionen zurück gegriffen, die CRT task ist also kognitiv anspruchsvoller (Massaro 1989). Die einfachste CRT task ist der Zweifachwahl-Reaktionstest. Je mehr Auswahlmöglichkeiten dazu kommen, desto langsamer wird die Antwortzeit (Heitz 2014). Unter anderem hängt diese aber auch von weiteren Faktoren wie dem Alter oder der Motivation der Probanden ab.

Im Gegensatz zum Einfachwahl-Reaktionstest zeigte der Vergleich der Zweifachwahl-Reaktionen innerhalb unserer Studie keine signifikanten Unterschiede in den Antwortzeiten der Leistungs- und Freizeitsportler. Ein möglicher Erklärungsansatz ist die im Zweifachwahl-Reaktionstest methodisch gemessene Antwortzeit. Mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen lassen sich bei Aufspaltung der AZ in RZ sowie MZ ggf. besser erkennen. So erklärten sich Ando et al. (2001) die schnellere zentrale und periphere Antwortzeit von Fußballern im Vergleich zu Nichtsportlern aufgrund einer besseren Wahrnehmungsfähigkeit, welche auf einer schnelleren Reaktionszeit beruht („Premotor-Time“). Auch andere Studien zeigten nicht nur eine schnellere Einfachwahl-Reaktion (Ando et al. 2001; Nakamoto & Mori 2008; Akarsu et al. 2009; Lesiakowski et al. 2017) sowie Mehrfachwahl-Reaktion (Nakamoto & Mori 2008; Zwierko et al. 2010; Heppe et al. 2016; Lesiakowski et al. 2017) von Sportlern im Vergleich zu Nichtsportlern, sondern geben auch Hinweise auf eine schnellere Signalübertragung im visuellen Reizleitungssystem von Sportlern (Zwierko et al. 2010). Weiterführende Untersuchungen zu den längerfristigen Auswirkungen von jahrelangem Training auf visuell-sensomotorische Prozesse und neuronale Aktivität sind zu fordern.

In der vorliegenden Studie zeigten die Freizeitsportler bei deskriptiv langsameren Antwortzeiten signifikant mehr richtige Reaktionen sowie signifikant weniger falsche Reaktionen als die Leistungssportler. Das könnte darauf hinweisen, dass die Leistungssportler unter Berücksichtigung der primären Zielstellung, schnell zu reagieren, eher Fehler in Kauf nahmen als die Freizeitsportler. Erklärungsansätze dafür ergeben sich aus einer möglicherweise höheren Motivation oder stärker ausgeprägtem Ehrgeiz seitens der Leistungssportler, welcher für den sportlichen Erfolg unabdingbar erscheint.

Insgesamt unterstützen die Ergebnisse unserer Studie die These, dass die Antwortzeit auf einen Stimulus durch mehrjähriges regelmäßiges Training verbessert werden kann sowie Rückschlüsse auf sportliches Training durch die Messung der RZ sowie MZ gezogen werden können. Dabei scheint vor allem die RZ, also die Verarbeitungszeit des Reizes bis zum Beginn einer motorischen Antwort, bei Leistungssportlern schneller zu sein als bei Freizeitsportlern. Dies ist möglicherweise auf schnellere kognitive

Prozesse seitens der Sportler zurückzuführen. In sportsspezifischen Testungen wurden Hinweise für eine optimierte Informationsverarbeitung seitens erfahrener Athleten durch die Selektion von aufgabenrelevanten Informationen gefunden (Piras et al. 2014). Dabei muss kritisch angemerkt werden, dass innerhalb dieser Querschnittsstudie nicht ausgeschlossen werden kann, dass Leistungssportler von Natur aus mit einer schnelleren Verarbeitungsgeschwindigkeit ausgestattet sind. Hier bleibt weiterer Forschungsbedarf für die Zukunft bestehen.

Im Gegensatz zur Reaktionszeit ist die geteilte Aufmerksamkeit als höhere kognitive Funktion bekannt, welche jedoch noch zu den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten gezählt werden kann. Methodisch wurde der Test zur geteilten Aufmerksamkeit von Zimmermann und Fimm verwendet, welcher als valider sowie reliabler Test in der Literatur bekannt ist (Lopez Maïté et al. 2016). Die Probanden hatten auf visuelle sowie auditive Reize gleichzeitig zu achten und entsprechend auf diese zu reagieren. Es zeigte sich, dass die Freizeitsportler signifikant schneller auf die visuellen Reize reagierten als die Leistungssportler. Gegensätzlich dazu war die Antwortzeit der Freizeitsportler auf auditive Reize deskriptiv langsamer als bei den Leistungssportlern. Unterschiede hinsichtlich der Anzahl richtiger, ausgelassener und falscher Reaktionen gab es keine. Über die Tatsache der schnelleren visuellen Antwortzeiten seitens der Freizeitsportler lässt sich spekulieren. Möglicherweise gingen die Freizeitsportler unbedarfter an die Aufgabe und konnten so ohne selbstgemachten Leistungsdruck „freier“ reagieren. Es ist bekannt, dass psychologischer Stress die Performance negativ beeinflussen kann (Williams et al. 2001). Vielleicht ist im Leistungssportbereich aber auch weniger das Sehen und Reagieren auf eine gegebene Situation relevant, sondern vielmehr das Lesen und Lenken des Spiels/des Wettkampfverlaufes und somit Erfahrungen und Automatismen auf bekannte Situationen von größerer Bedeutung.

In der Untersuchung von Schul (2015) konnten seitens der geteilten Aufmerksamkeit keine Unterschiede zwischen Basketball-Experten, Amateuren sowie Novizen gefunden werden. Memmert et al (2009) verglichen Handballer und Einzelsportler mit Nichtsportlern/Freizeitsportlern. Dabei zeigten sich ebenfalls in keiner der 3 Aufmerksamkeitsaufgaben (functional field of view task, multiple-object tracking task, computer-based inattention blindness task) Unterschiede zwischen den (Sport-) Gruppen.

Diese Befunde stehen im Widerspruch zu Beweisen für eine verstärkte Ausrichtung der Aufmerksamkeit von erfahrenen Sportlern in der Literatur (Kioumourtoglou et al. 1998a; Kioumourtoglou et al. 1998b; Alves et al. 2013; Heppe et al. 2016). So konnten Heppe et al. (2016) in Ihrer Studie zeigen, dass die aufrechterhaltene Aufmerksamkeit (sustained attention) als allgemeine kognitive Fähigkeit auf Seiten der Leistungssportler aus dem Teamsportbereich besser ist als bei Freizeitsportlern. Auch die Studienergebnisse von Alves et al. (2013) deuten darauf hin, dass sich die Effekte von Sportkompetenz auf die perzeptiven und kognitiven Fähigkeiten im Wesentlichen in Maßen der schnelleren Reaktionszeit in visuell-räumlichen Aufmerksamkeitsverarbeitungsaufgaben widerspiegeln. In einer aktuellen

Metaanalyse von Scharfen und Memmert (2019) zeigten sich insgesamt kleine bis mittlere Effekte von Expertise im Sport auf kognitive Funktionen ( $r = .22$ ). Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass Trainer und Sportvereine von kognitiven Tests als zusätzliches Instrument für das Scouting und zur Optimierung der sportlichen Entwicklung ihrer Spieler profitieren könnten.

Bei den Freizeit- als auch bei den Leistungssportlern waren die auditiven Antwortzeiten schneller als die visuellen Antwortzeiten. Dies entspricht u.a. den Ergebnissen der Studie von Bhanot und Sidhu (1979), welche für die schnelleren auditiven Reaktionszeiten die schnellere Weiterleitung der auditiven Signale zur Großhirnrinde verantwortlich machen.

Insgesamt ist die These abzulehnen, dass Leistungssportler hinsichtlich der geteilten Aufmerksamkeit bessere Leistung erbringen als Freizeitsportler. Vielmehr scheinen die Freizeitsportler eine bessere Leistung im Test zur geteilten Aufmerksamkeit aus dem TAP-System zu zeigen. Dieses Ergebnis legt nahe, dass Expertise im Sport eher einen negativen Effekt auf die geteilte Aufmerksamkeit zu haben scheint.

Vorteile für Sportler in anderer Aufmerksamkeitstestungen könnten darauf zurückzuführen sein, dass andere Bereiche des ausgebildeten Fachwissens seitens der Sportler mit einbezogen wurden. Aber auch Unterschiede in der Expertise zwischen den (Leistungs-)Sportlern und den Kontrollgruppen sind zu bedenken. Denn das Verhältnis von Expertise und Kognition wird maßgeblich durch die Kompetenz beeinflusst (Scharfen & Memmert 2019). Kritisch anzumerken ist auch, dass eine reine Messung der geteilten Aufmerksamkeit nicht möglich ist, da die Testleistungen mit anderen Fähigkeiten konfundiert ist (Schmidt-Atzert et al. 2008). Möglicherweise zeigten die Freizeitsportler aus diesem Grund bessere Leistungen. Hier sind weitere Studien zu fordern, um eine differenzierte Übersicht zu den verschiedenen Aufmerksamkeitsleistungen und deren Beeinflussung durch Expertise im Sport zu erhalten.

Die oben genannte Hypothese zu besseren kognitiven Leistungen seitens der Leistungssportler kann daher nur teilweise als angenommen gelten.

## 4.2 Vergleich von Einzel- und Mannschaftssportart

### 4.2.1 Visuelle Leistungen

*Arbeitshypothese 3: Die visuellen Leistungen der Fechter unterscheiden sich von denen der Handballer:*

- a) *Die periphere Wahrnehmung bei Handballern ist besser als bei Fechtern.*
- b) *Das räumliche Sehen von Handballern und Fechtern unterscheidet sich nicht.*
- c) *Das afferente dynamische Sehen von Handballern ist besser als bei Fechtern.*

Die Annahme über ein sportartspezifisches Profil im peripheren Sehen und in der afferenten dynamischen Sehleistung konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. An der Untersuchung nahmen 24 Fechter als Beispiel einer Individualsportart und 35 Handballer als Vertreter einer Mannschaftssportart teil. Einen solchen Vergleich hat es bisher in der Literatur noch nicht gegeben.

Wie in der monokular durchgeführten Untersuchung des afferenten dynamischen Sehens von Lüder (Lüder 2013) zwischen Sportarten mit hoher und niedriger Bewegungsdynamik von insgesamt 19 Sportstudenten ergaben sich in der hier vorgestellten Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen Fechtern und Handballern. Die Untersuchung in unserer Studie fand binokular statt, mit einer deutlich höheren Probandenzahl und einem genau definierten Sportartenprofil.

Dass ein sportartenspezifischer Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit besteht, konnte bewiesen werden. In der Untersuchung von Ehrenstein und Jendrusch (2008) waren die Unterschiede der afferenten dynamischen Sehleistung zwischen Baseball- und Fußballspielern erheblich, bei einer ähnlichen Probandenzahl.

Ursächlich für die gegensätzlichen Untersuchungsergebnisse ist möglicherweise die relativ breite Altersspanne in unserer Studie, denn dynamisches Sehen ist altersabhängig (Wist et al. 1998; Lüder 2013). Die Ergebnisse der Untersuchung von Wist et al. (2000) zeigten die beste afferente dynamische Sehleistung in der Gruppe der 20- bis 24- Jährigen. In der vorliegenden Studie lag das Alter der Fechter und Handballer zwischen 14 bis 55 Jahren. Es bleibt weiterhin zu klären, ob engere Altersgrenzen, die Erhöhung der Probandenzahl oder ggf. die monokulare Untersuchung der afferenten dynamischen Sehleistung zu signifikanten Unterschieden zwischen den betrachteten Sportarten Fechten und Handball führen. Der binokulare Sehvorgang führt bei einäugigen Defiziten zu einem Kompensationsmechanismus, welcher durch eine monokulare Untersuchung ausgeschlossen werden könnte. Hervorzuheben ist, dass beide Leistungssportgruppen sich durch eine sehr gute afferente dynamische Sehleistung auszeichneten.

Ein sportartenspezifischer Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit kann im Rahmen dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Weitere differenzierte Erhebungen zu dynamischer Sehfunktion sind nötig. Weiterer Forschungsbedarf besteht, inwieweit Schwächen in der afferenten dynamischen Sehleistung mit Einschränkungen im Sportalltag verbunden sind. Insbesondere Beziehungen zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und Unfallzahlen im Breiten- und Leistungssport sind von Relevanz. Aus der Literatur ist bekannt, dass es durch Sehschärfenminderung im Sport zu deutlichen koordinativen und technomotorischen Verschlechterungen kommt (Schnell 1984; Marées 1991). Als Kontraindikation für alle Sportarten im Hochleistungsbereich gilt ein nicht ausgleichbarer binokularer Visus unter 0,4 (Pfeiffer & Fleischer 1978). Die afferente dynamische Sehleistung als diagnostisches Mittel ist noch nicht ausreichend untersucht.

Ein sportartspezifisches Profil hinsichtlich der peripheren Wahrnehmung konnte zwischen Handballern und Fechtern ebenfalls nicht nachgewiesen werden, trotz unterschiedlicher Anforderungen der beiden Sportarten an das periphere Sehen in der Praxis. Nur wenige Forschungsarbeiten thematisieren die Unterschiede der peripheren Sehleistung innerhalb verschiedener Expertise-Gruppen im Sport. In der Untersuchung von Schul (Schul 2015) zeigte sich bei einem computergestützten Test zum peripheren Sehen ein vergleichbares Ergebnis, Basketball-Experten und Experten anderer Sportarten zeigten gleich gute Leistungen. Ursächlich lässt sich vermuten, dass die realitätsferne Testung unter Laborbedingungen einen möglichen Unterschied nicht aufdecken kann. So konnte Gralla bereits in Zusammenschau der Arbeiten zum peripheren Sehen zwischen Sportlern verschiedener Leistungsniveaus und Nichtsportlern feststellen, „dass vor allem Untersuchungsansätze, bei denen die Leistungsfähigkeit der Peripherie im Vordergrund steht, [...] Unterschiede zwischen erfahrenen Sportlern und weniger erfahrenen Sportlern aufdecken“ (Gralla 2008). Ähnliches lässt sich für sportartspezifische Profile vermuten. Methodisch wurde in dieser Studie die periphere Sehleistung mittels standardisiertem Test aus dem Wiener Testsystem ermittelt. Dies entspricht einer Überprüfung der Reizaufnahme aus dem peripheren Gesichtsfeld und der Verarbeitung dieser Reize bei gleichzeitiger Fixation auf ein zentrales Geschehen. Weitere noch praxisnähere Testungen sind zu fordern.

Im räumlichen Sehen zeigten die Handballer am Rodatestgerät 302 eine signifikant besser räumliche Sehleistung. Diese konnte aber im RD-Test sowohl bei einer ähnlich groben Leistungsüberprüfung wie am Rodatestgerät 302 in der 1. Teiltastung als auch bei der detaillierteren 2. Teiltastung nicht bestätigt werden. Die Hypothese über identisch gute visuelle Fähigkeiten im räumlichen Sehen der beiden untersuchten Sportarten wird damit angenommen.

Die oben genannte Hypothese kann daher nur teilweise als angenommen gelten.

#### 4.2.2 Kognitive Fähigkeiten

*Arbeitshypothese 4: Die kognitiven Leistungen der Fechter unterscheiden sich von denen der Handballer.*

- a) *Die Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit der Fechter ist besser als die der Handballer.*
- b) *Die Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit der Fechter ist besser als die der Handballer.*
- c) *Die geteilte Aufmerksamkeit von Handballern ist besser als bei Fechtern.*

Der Deutsche Fechterbund definiert den Fechtsport als „...sehr anstrengend, da man ständig in Bewegung und unter Körperspannung bleiben muss, um jederzeit in Sekundenbruchteilen auf Aktionen des Gegners reagieren oder dessen Fehler ausnutzen zu können. Auch an die Konzentration stellt Fechten deshalb hohe Ansprüche - ebenso schult das Fechttraining Reaktionsfähigkeit und Feinmotorik der Athleten, weil nur schnelle und zugleich kleine Bewegungen sicheres und exaktes Treffen ermöglichen“ (Deutscher Fechter-Bund 2020).

Analysiert man nach dieser Aussage die Beanspruchungscharakteristika des Fechtsports, so dominieren auf Basis visueller Informationen antizipatives und reaktives Handeln. Das komplexe Gefecht mit hohen Aktionsgeschwindigkeiten, die Notwendigkeit, die Waffenbewegung sowie das Gegnerverhalten unter Zeitdruck und bei Eigenbewegung zu erfassen und zu verarbeiten und adäquat und richtig zu reagieren, verdeutlichen die Wichtigkeit von „gutem Sehen“ sowie die Bedeutung der Kognition. Trotz dieser Tatsachen konnte die aufgestellte Hypothese, dass Fechter eine schnellere Einfachwahl- sowie Zweifachwahl-Reaktionszeit zeigen als Handballer, nicht bestätigt werden. Ganz im Gegenteil zeigten sich die Antwortzeiten der Handballer in beiden Testungen schneller. Im Einfachwahl-Reaktionstest waren sowohl die RZ als auch die MZ der Handballer signifikant besser als die der Fechter. Die schnelleren Reaktionszeiten lassen sich erklären, wenn man davon ausgeht, dass Handball eine höhere Anforderung an die Wahrnehmung stellt als der Fechtsport. So konnte bereits in einigen Studien die Klassifikation von Williams (2005) untermauert werden, nach welcher Fußball die höchsten Wahrnehmungsfähigkeiten erfordert, gefolgt von Volleyball, Boxen und als Schlusslicht Rudern. Lesiakowski et al. (2017) wiesen eine signifikant schnellere SRT und CRT von Volleyballern und Fußballern im Vergleich zu Ruderern und Boxern nach. Auch andere Forschungen zeigten, dass die CRT von Ruderern deutlich langsamer war als bei Volleyballspielern (Giglia et al. 2011). In einer weiteren Studie von Doğan (2009) waren die Mannschaftssportarten hinsichtlich der CRT den Einzelsportarten überlegen. Lediglich Nuri et al. (2013) verglichen Volleyballspieler mit Sprintern, u.a. in auditiver und visueller Mehrfachwahl-Reaktion. Dabei ergaben sich schnellere auditive Reaktionszeiten der Sprinter, jedoch keine Unterschiede in den visuellen Reaktionszeiten.

Die Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Art der sportlichen Aktivität wurde auch in experimentellen Studien bestätigt. Zum Beispiel untersuchten Foroghypour et al. (2013) zwei Personengruppen unter systematischer sportlicher Aktivität. Eine Gruppe trainierte Tischtennis, während die Andere Volleyball trainierte (für jeweils 24 Trainingseinheiten). Das Gruppentraining Tischtennis führte im Vergleich zum Zeitpunkt vor den Trainingssitzungen zu signifikant reduzierter SRT und CRT ( $p < 0,05$ ), während in der Volleyballgruppe eine Verkürzung der CRT beobachtet wurde ( $p < 0,05$ ).

Vorliegende Ergebnisse sowie aufgeführte Studien bestätigen die Vermutung, dass die Anforderung an die Wahrnehmungsfunktionen in einer Sportart ein Faktor ist, welcher die Reaktionszeit beeinflusst. Dabei scheint das Handballtraining einen größeren Einfluss auf die Reaktionsschnelligkeit zu haben als der Fechtsport. Dieser Befund geht mit der Mehrzahl der in der Literatur gemachten Beobachtungen einher, welche insbesondere in Mannschaftssportarten verbesserte Reaktionszeiten zeigen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Antworten auf die Handlungen des Gegners im Fechtsport weniger reaktiv sind, sondern gezielt durch den Fechter herbeigeführt werden. Weiterhin lässt sich vermuten, dass die Einfachheit der dargebotenen Reaktionstests der Komplexität eines Gefechts nicht gleichkommen und somit auch nicht durch regelmäßiges Training verbessert werden. So konnten Harmenberg et al.

(Harmenberg et al. 1991) in Ihrer Studie zeigen, dass erst bei einer gefechtähnlichen Einfachwahl-Reaktionsaufgabe aus einer gefechtähnlichen Bewegung heraus Weltklassefechter schnellere Reaktionszeiten erreichten als Anfänger.

Die Ermittlung psychomotorischer Anforderungsprofile im Sport geht auch heute noch häufig den in dieser Studie erfolgten Weg: Testung einer relativ abgrenzbaren Funktionseinheit ohne weitere Berücksichtigung von Einflussgrößen in der Ergebnisfindung. Dabei ist dieser Weg umso erfolgreicher, je stärker sich der Test an der Praxis orientiert (Kirchner 1986). Daraus resultiert die Vermutung, dass die durchgeführten Testungen in Bezug auf die Sportart Fechten nicht die erwarteten Ergebnisse aufwiesen, da sie im Speziellen wahrscheinlich nicht dem spezifischen Anforderungsprofil entsprechen. Weitere Untersuchungen zur genauen Definition des Anforderungsprofils im Fechtsport sind wünschenswert, um diese Ergebnisse für innovative Trainingsmöglichkeiten zu nutzen. Dabei ist durch weitere Studien zu klären, auf welchen Ursachen die in dieser Studie gefundenen Ergebnisse beruhen.

Die schnelleren Motorischen Zeiten der Handballer im Einfachwahl-Reaktionstest lassen sich vermutlich auf den positiven Einfluss der Ballsportart auf die Handkoordination zurückführen, was jedoch durch weitere Studien zu bestätigen ist.

Die oben genannten Hypothesen, dass sowohl im Einfachwahl- als auch die Zweifachwahl-Reaktionstest die Fechter schneller reagieren als die Handballer, muss abgelehnt werden.

Im Test zur Geteilten Aufmerksamkeit zeigten sich die Handballer sowohl bei den auditiven als auch bei den visuellen Antwortzeiten schneller als die Fechter, wenn auch nur deskriptiv. Dabei wiesen die visuellen schnelleren Antwortzeiten eine statistische Tendenz auf ( $p = 0,068$ ). Außerdem machten die Fechter insgesamt signifikant mehr Fehler innerhalb des Tests als die Handballer. Diese Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass Handballer über bessere Leistungen in der geteilten Aufmerksamkeit verfügen könnten. Die Hypothese wird aufgrund fehlender Signifikanzen innerhalb der Reaktionszeiten der Testung jedoch abgelehnt, wenn auch nur unter Vorbehalt. Dabei ist kritisch anzumerken, dass innerhalb des Testverfahrens eine reine Prüfung der geteilten Aufmerksamkeit nicht möglich ist, „[...] weil die Testleistungen mit anderen Fähigkeiten konfundiert sind und die Struktur der Aufmerksamkeit noch nicht befriedigend geklärt ist“ (Schmidt-Atzert et al. 2008). Schmidt-Atzert et al. folgerten aus Ihrer Systematik zur Aufmerksamkeitsdiagnostik, dass weitere Studien sowie neue oder weiterentwickelte Testungen nötig sind, um „die Struktur der Aufmerksamkeit“ im Detail zu klären und unabhängig von anderen Fähigkeiten (z.B. der Reaktionsschnelligkeit) zu testen. Auch diese Studie wirft mit ihren Ergebnissen weitere Fragen auf: Ist bei erhöhter Probandenzahl, mehr Trainingseinheiten der Sportler oder geringerer Altersspanne gegebenenfalls ein signifikantes Ergebnis zu erwarten? Welche Aufmerksamkeitsleistungen sind im Fechtsport von Relevanz?

Di Russo et al. (2006) vermuteten nach der Untersuchung neuronaler Mechanismen bei Spitzenfechtern, dass die sportlichen Erfahrungen zu einer schnelleren und effizienteren Informationsverarbeitung verbunden mit erhöhter Aufmerksamkeit führt. Dass Aufmerksamkeitsleistungen auch im Fechtsport von Bedeutung sind und sogar mit der sportlichen Leistung korrelieren, konnte Hijazi (2013) zeigen (insbesondere BET, INFP und NAR). Daraus schlussfolgerte sie u. a., dass Aufmerksamkeitsleistungen sowohl bei der Auswahl von Fechtern Berücksichtigung finden als auch im Training speziell trainiert und weiterentwickelt werden sollten. Aufgrund der geringen Probandenzahl von 16 Fechtern sind weitere Studien zur Untermauerung dieser Schlussfolgerungen zu fordern. Die geteilte Aufmerksamkeit scheint im Fechtsport nach den in unserer Studie gefundenen Ergebnissen, wie bereits im Vorfeld vermutet, eine eher untergeordnete Rolle zu spielen.

Die oben genannte Hypothese, dass sich die kognitiven Leistungen der Fechter und Handballer unterscheiden, ist teilweise anzunehmen, wenn auch anders, als vermutet.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der erneuten Bestätigung, dass starke Fehlsichtigkeit im Leistungssport noch immer zur Normalität gehört, wird die bereits seit Jahren bestehende Forderung nach mehr Aufmerksamkeit hinsichtlich der visuellen Leistungsfähigkeit im Sport durch diese Studie unterstrichen. Es gibt nur wenige Sportspitzenverbände, bei denen eine visuelle Leistungsdiagnostik der Sportler zur jährlichen Gesundheitsuntersuchung gehört (Biathlon, Moderner Fünfkampf, Schießen, Sportspiele inkl. Rückschlagspiele, Boxen und Taekwondo). Vom DOSB werden „... mit Eintritt in den Bundeskader [...] sportmedizinische Gesundheitsuntersuchungen für die Aktiven der geförderten Sportarten entsprechend [...] den Vorgaben des sportmedizinischen Untersuchungsbogens als Grunduntersuchung einmal jährlich durchgeführt“ (Deutscher Olympischer Sportbund 2014). Zwar wurde aufgrund des aktuellen Forschungsstandes die Empfehlung zu einem erweiterten Sehtest-Screening (monokulare Visusprüfung, Stereosehtest, Phorietest, Farbsehtest) seit 2014 gegeben, dabei bleiben jedoch Sportarten wie Fechten auf der Strecke. Der Breitensportbereich sowie Sportler mit hoher Trainingsintensität, welche es noch nicht in den Bundeskader geschafft haben, bleiben ebenso unberücksichtigt. Hier besteht auch zukünftig weiter Handlungsbedarf, um auf die Bedeutung der visuellen Leistungsfähigkeit aufmerksam zu machen.

Dass gutes Sehen eine wesentliche Voraussetzung ist, um sicher und erfolgreich Sport zu treiben, ist eine Aussage, welche durch Jendrusch geprägt wurde. Visusminderungen können selbst bei automatischen Bewegungsabläufen koordinative und technomotorische Verschlechterungen nach sich ziehen, wodurch die Unfallgefahr erhöht wird (Jendrusch 2008). Daraus ableitend sollte sportartpezifisches visuelles Training die Verletzungsgefahr minimieren. Bisher durchgeführte Studien zu sportartspezifischen als auch unspezifischen Wahrnehmungstrainings wiesen zum größten Teil auf visuelle Leistungsverbesserungen der Probanden hin (Sickenberger et al. 2011; Paul et al. 2011; Clark et al. 2012). Jendrusch und Voigt betonten (2015), dass visuelles Training nicht isoliert betrachtet und isoliert durchgeführt werden sollte, sondern eher als Bestandteil eines anforderungsorientierten und (sportart-)spezifischen Trainings genutzt werden sollte. Damit eröffnet sich ein neues Feld für Sportler und auch Trainer, um die sportlichen Leistungen zu steigern.

Ein weiterer Befund ist, dass sportartspezifische Unterschiede zwischen Handballern und Fechtern hinsichtlich der getesteten visuellen Parameter peripheres Sehen, räumliches Sehen und afferentes dynamisches Sehen trotz nachgewiesenem sportartenspezifischem Zusammenhang zwischen der afferenten dynamischen Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit in der Literatur in dieser Studie nicht nachgewiesen werden konnten. Die vorliegende Arbeit verdeutlicht jedoch, dass die afferente dynamische Sehleistung im Hinblick auf sportspezifische Anforderungsprofile nicht ausreichend untersucht ist. Es sollten weitere Untersuchungen zu der Thematik von Auswirkungen ohne als auch mit physischer und

psychischer Stimulation erfolgen. Ein weiterer Ansatzpunkt zur Prüfung der afferenten dynamischen Sehleistung könnte sein, inwiefern sich wiederholtes Training der afferenten dynamischen Sehleistung in einer Verbesserung der sportlichen Leistung äußert.

Die Erstellung von sportartspezifischen Anforderungsprofilen ist mit Ausnahme von einzelnen Sportarten (z. B. Tennis) im visuellen Bereich kaum fortgeschritten (Neumaier & Jendrusch 1999). Ferner werden häufig nur sinnesphysiologische Größen mit einbezogen und kognitionspsychologische Einflussgrößen bleiben weitgehend außen vor. Dabei ist der pragmatische Wert eines Anforderungsprofils umso höher, je konkreter die einzelnen Faktoren bekannt sind und somit eine Wichtung abgeleitet werden kann (Barth et al. 2005). Insbesondere der Fechtsport spielt als eine Randsportart in der Forschung eine eher untergeordnete Rolle und sollte mehr Beachtung finden.

Die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit von Leistungssportlern, getestet unter Laborbedingungen, unterscheidet sich nur teilweise von denen der Freizeitsportler (Einfachwahl-Reaktionstest, Hinweise im Zweifachwahl-Reaktionstest). Um Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit festzustellen, muss der Weg ggf. über weitere Studien führen, beispielsweise hin zu praxisorientierteren Untersuchungen außerhalb des Labors. Weichenberger et al (2016) zeigten beispielsweise erste Ansätze für eine innovative Trainingshilfe in Form einer Fechtpuppe. Damit sollen Leistungsüberprüfungen in Kombination mit schnellen und komplexen Bewegungen möglich sein. Außerdem sind einheitliche methodische Testungen mit Unterteilung der Antwortzeit in Reaktionszeit und motorische Zeit zu fordern. Hervorzuheben ist, dass diese Untersuchung zur geteilten Aufmerksamkeit Hinweise für eine bessere Leistung der Freizeitsportler im Vergleich zu den Leistungssportlern ergab. Andere Studien erbrachten keine Unterschiede hinsichtlich der geteilten Aufmerksamkeit bzw. zeigten Tendenzen für bessere Aufmerksamkeitsleistungen seitens der Leistungssportler. Die Definition von Leistungssportlern und Freizeitsportlern ist kritisch zu hinterfragen. Anders definierte Gruppen von Athleten und Freizeitsportlern könnten zu anderen Ergebnissen führen. Nachfolgende Studien sollten sich einem einheitlich definierten Modell bedienen, welches die Studien untereinander vergleichbar macht und damit die Aussagekraft vergrößert. Erste Vorschläge für solch ein einheitliches Modell bieten Swann et al. (2015) in ihrer Analyse der bisherigen Literatur zur Definition von Leistungssportlern in der Sportpsychologie.

Hinsichtlich der sportartspezifischen Unterschiede innerhalb der kognitiv getesteten Parameter zeigten die Handballer im Vergleich zu den Fechtern signifikant schnellere Reaktionen im Einfachwahl-Reaktionstest als auch deskriptiv im Zweifachwahl-Reaktionstest. Dies unterstreicht die bereits in der Literatur mehrfach gefundenen Ergebnisse, dass Teamsport aufgrund von erhöhten Anforderungen an die Wahrnehmungsfunktionen einen positiven Einfluss auf die Reaktionszeit zu haben scheint.

Optimaler Weise sollten zukünftig Längsschnittstudien zu den kognitiven Fähigkeiten durchgeführt werden, welche die athletische Ausbildung der Sportler auf den unterschiedlichsten Ebenen in verschiedenen Sportarten verfolgen. Dabei sollte hinterfragt werden, wie sich die kognitiven Fähigkeiten

durch verschiedene Funktionsvariablen (z. B. Jahre der Ausbildung, Ausbildungsintensität und Dauer, etc.) verändern. Die sportliche Ausbildung ist nur einer von zahlreichen Mechanismen, aufgrund dessen Athleten verbesserte kognitive Leistungen zeigen können. Weitere mögliche Einflussfaktoren, die eine Rolle spielen könnten, sind beispielsweise Genetik oder sozioökonomischer Status.

Und auch Test-Retest-Vergleiche in Form von Längsschnittstudien unter regelmäßigem sportlichem Training sind zu fordern, um daraus resultierende kognitive oder visuelle Leistungssteigerungen zu untersuchen.

Natürlich müssen die hier gezogenen Schlussfolgerungen durch die Tatsache relativiert werden, dass in dieser Studie nur einige wenige kognitive Leistungen getestet wurden. Andere kognitive Testungen könnten Unterschiede aufweisen. Zukünftige Bemühungen könnten eine größere Anzahl von kognitiven Fähigkeiten und ggf. psychophysischer Methoden beinhalten, um genauere Messungen zu den verschiedenen kognitiven Fähigkeiten zu erhalten. Hinsichtlich der geteilten Aufmerksamkeit gibt Schmidt-Atzert et al. (2008) Hinweise für die Entwicklung neuer Tests, um die einzelnen Teilleistungen der Aufmerksamkeit weitestgehend unabhängig von (Reaktions-)Schnelligkeit, Wahrnehmungs- und Merkfähigkeit etc. zu messen.

Schließlich wird es für die zukünftige Forschung wichtig sein zu untersuchen, ob verbesserte kognitive Fähigkeiten als Folge der Ausübung eines Sports auf andere Sportarten (kognitives Cross-Training) übertragen oder Aufgaben des Alltagslebens besser bewältigt werden können.

## 6 Zusammenfassung

Die hohe Leistungsdichte der Sportler im Spitzensport erfordert eine ganzheitliche Betrachtung der Einflussfaktoren auf die sportliche Leistungsfähigkeit, jegliches Defizit kann den Unterschied zwischen Sieg oder Niederlage bedeuten. Diese Leistungsfähigkeit ist jedoch nicht nur das Ergebnis von Kraft, Ausdauer und mentaler Vorbereitung, sondern u.a. auch abhängig von Faktoren wie den visuellen (Sinnes-)Leistungen oder kognitiven Fertigkeiten. Auch die Unfallgefahr sowohl im Breiten- als auch im Leistungssportbereich wird durch visuelle Defizite deutlich erhöht. Trotzdem hat die visuelle Leistungsdiagnostik sowie spezifisches visuell-kognitives Training noch immer einen sehr geringen Stellenwert im Spitzensport, insbesondere in Randsportarten wie beispielsweise Fechten.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist die Überprüfung der visuellen als auch allgemeinen kognitiven Fähigkeiten von Leistungssportlern und Freizeitsportlern sowie ein sportartspezifischer Vergleich dieser Fähigkeiten zwischen Handballern als Beispiel einer Mannschaftssportart und Fechtern als Vertreter einer Einzelsportart. Langfristig soll damit ein Beitrag zur Trainingsoptimierung insbesondere im Spitzensport geleistet werden.

Dazu wurden im Rahmen dieser Studie 121 freiwillig teilnehmende Probanden im Alter zwischen 14 bis 59 Jahren entsprechend ihrer sportlichen Aktivität sowie Trainingsintensität und -dauer folgenden Gruppen zugeordnet: Freizeitsportler (keine sportliche Aktivität bis maximal 2 Sporeinheiten pro Woche seit weniger als 2 Jahren) und Leistungssportler, welche mindestens seit zwei Jahren ihre Sportart ausübten und dreimal oder öfter in der Woche trainierten. Die Gruppe der Leistungssportler umfasste die drei Untergruppen Fechter, Handballer sowie andere Sportarten. Jeder Proband absolvierte unter Laborbedingungen eine Testbatterie von durchschnittlich 60 Minuten Dauer, welche binokular räumliches Sehen, periphere Wahrnehmung, binokular afferentes dynamisches Sehen, Einfachwahl-Reaktionsschnelligkeit, Zweifachwahl-Reaktionsschnelligkeit und geteilte Aufmerksamkeit erfasste. Zusätzlich erfolgte die Befragung der soziodemografischen Daten über Alter, Geschlecht, Rauchverhalten und Alkoholkonsum sowie der anamnestischen Daten über (Augen-) Erkrankungen und kognitionsbeeinträchtigender Medikation.

Resümierend kann zu den Ergebnissen dieser Studie zu den visuellen Fähigkeiten festgehalten werden, dass lediglich beim Stereosehen vereinzelt signifikant bessere Leistungen in Abhängigkeit von der sportlichen Aktivität oder dem Sportprofil erfasst werden konnten. Dabei besteht aufgrund von Uneinigkeit in der Literatur bezüglich klarer Grenzen hinsichtlich der sportlichen Aktivität sowie widersprüchlicher Ergebnisse noch weiterer Forschungsbedarf.

Der Zusammenhang von sportartspezifischer afferenter dynamischer Sehleistung und Sportarten mit unterschiedlichem Anforderungsprofil konnte nicht hinreichend geklärt werden. Es bedarf weiterer

Untersuchungen zu der Fragestellung, ob eine monokulare Testung oder engere Altersgrenzen zu signifikanten Ergebnissen führen. Auch ob die afferente dynamische Sehleistung von Sportlern durch mehrfache Wiederholungen bzw. Training verbessert werden kann, ist in den zukünftigen Forschungsstudien zu prüfen.

Es stellte sich heraus, dass rund 2,5 % der Leistungssportler dieser Untersuchung ihren Sport stark fehlsichtig betreiben, was zu einer deutlich erhöhten Unfallgefahr auf Seiten der Sportler führen kann. Da die visuelle Leistungsdiagnostik im Bereich des Leistungssports noch immer einen sehr geringen Stellenwert hat, insbesondere in Randsportarten wie dem Fecht sport, besteht hier auch weiterhin Sensibilisierungsbedarf.

Übereinstimmend mit anderen Untersuchungen wiesen die Leistungssportler eine deutlich schnellere Einfachwahl-Reaktionszeit auf als die Freizeitsportler. Im Gegensatz zu Angaben in der Literatur ergaben sich aber keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Probandengruppen in der Zweifachwahl-Reaktionszeit, die Freizeitsportler zeigten sogar mehr richtige und weniger falsche Antworten als die Leistungssportler. Für zukünftige Studien ist die Auswahl eines Reaktionstests, der eine getrennte Messung der Antwortzeit in den einzelnen Komponenten Reaktionszeit und motorischen Zeit ermöglicht, zu empfehlen.

Die Handballer präsentierten sich im Einfachwahl-Reaktionstest und Zweifachwahl-Reaktionstest den Fechtern insgesamt überlegen. Dabei zeigten sich lediglich die Reaktionszeit sowie die motorische Zeit des Einfachwahl-Reaktionstests als signifikant schneller. Ebenfalls konnte durch diese Untersuchung nicht hinreichend geklärt werden, ob Handballer sich durch eine verstärkte Ausrichtung der geteilten Aufmerksamkeit auszeichnen. Ob und inwieweit die geteilte Aufmerksamkeit im Handball eine tragende Rolle spielt ist durch weitere Betrachtungen zu eruieren, ggf. auch durch weiterentwickelte Testungen für eine klarere Abgrenzung der einzelnen Aufmerksamkeitsleistungen.

Die vorliegende Arbeit verdeutlicht, dass es in der Erstellung von sportartspezifischen Anforderungsprofilen in vielen Sportarten noch einen großen Nachholbedarf gibt. Dabei können diese durch konkrete Wichtung der Einflussfaktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit einen Beitrag zur Trainingsoptimierung leisten.

---

## Literaturverzeichnis

- [1] Akarsu, S., Çalişkan, E., Dane, Ş. (2009): Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than nonathletes. *Turk J Med Sci* 39, 871–874.
- [2] Alves, H., Voss, M.W., Boot, W.R., Deslandes, A., Cossich, V., Salles, J.I., Kramer, A.F. (2013): Perceptual-Cognitive Expertise in Elite Volleyball Players. *Frontiers in psychology* 4, 36.
- [3] Ando, S., Kida, N., Oda, S. (2001): Central and Peripheral Visual Reaction Time of Soccer Players and Nonathletes. *Perceptual and motor skills* 92, 786–794.
- [4] Banks, P.M., Moore, L.A., Liu, C., Wu, B. (2004): Dynamic visual acuity: a review. *The South African Optometrist*.
- [5] Bard, C., Fleury, M., Goulet, C. (1994): Relationship between perceptual strategies and response adequacy in sport situations. *International Journal of Sport Psychology* 25, 266–281.
- [6] Barth, B., Beck, E., Baer, H. (Hg.) (2005): *Fechtttraining*. 2., überarb. Aufl. Aachen: Meyer & Meyer.
- [7] Bartmus, U., Heck, H., Mester, J., Schumann, H., Tidow, G., Marées, H.d. (Hg.) (1996): Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport. In *memoriam Horst de Marees*. Köln: Sport u. Buch Strauß.
- [8] Basso, J.C., Suzuki, W.A. (2017): The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways. A Review. *BPL* 2, 127–152.
- [9] Bhanot, J.L., Sidhu, L.S. (1979): Reaction time of Indian hockey players with reference to three levels of participation. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 19, S. 199-203.
- [10] Bherer, L., Erickson, K.I., Liu-Ambrose, T. (2013): A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of aging research* 2013, 657508.
- [11] Böckelmann, I. (2016): Untersuchungen des Sehvermögens. In: Hofmann, F., Kralj, N. (Hg.): *Handbuch der betriebsärztlichen Praxis*. Grundlagen, Diagnostik, Organisation, Prävention, Rechtskommentare. 60. Ergänzungslieferung, S. 1–42. Landsberg/Lech: ecomed.
- [12] Boden, L.M., Rosengren, K.J., Martin, D.F., Boden, S.D. (2009): A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non-ball players. *Optometry (St. Louis, Mo.)* 80, 121–125.
- [13] Bornemann, R., Strakerjahn, U., Jendrusch, G. (1998): Allgemeine und tennisspezifische Übungsformen zur Wahrnehmungsschulung. *VDT-Report* (1998) 3, 16 21.
- [14] Brisswalter, J., Collardeau, M., René, A. (2002): Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 32, 555–566.
- [15] Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., Tidow, G. (2008): Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters* 441, 219–223.

- [16] Chang, Y.K., Labban, J.D., Gapin, J.I., Etnier, J.L. (2012): The effects of acute exercise on cognitive performance. A meta-analysis. *Brain research* 1453, 87–101.
- [17] Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Huang, C.-C., Wang, C.-C., Chu, I.-H. (2014): Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults. General or specific cognitive improvement? *Journal of science and medicine in sport* 17, 51–55.
- [18] Christenson, G.N., Winkelstein, A.M. (1988): Visual skills of athletes versus nonathletes-Development of a sports vision testing battery. *Journal of the American Optometric Association* 59, 666–675.
- [19] 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, e29109.
- [20] Cockerill, I.M., MacGillivray, W.W. (1981): Colour Perception and Sports Performance. In: Cockerill, I.M., MacGillivray, W.W. (Hg.): *Vision and sport*, S. 164–181. Cheltenham: Stanley Thornes Ltd.
- [21] Colcombe, S., Kramer, A.F. (2003): Fitness effects on the cognitive function of older adults. A meta-analytic study. *Psychological science* 14, 125–130.
- [22] Cordes, Jessica (2013): *Zur Effektivität von Sports Vision Training*. Inaugural-Dissertation. Bochum.
- [23] Deshaies, P., Pargman, D. (1976): Selected visual abilities of college football players. *Perceptual and motor skills* 43, 904–906.
- [24] Deutscher Fechter-Bund (2020): Was ist Fechten? - Einführung. URL: <http://www.fechten.org/fechten/einfuehrung/> (Aufruf am 11.09.2020).
- [25] Deutscher Olympischer Sportbund (2014): *Sportmedizin im Spitzensport 2020*. Die aktuelle Konzeption des sportmedizinischen Untersuchungs- und Betreuungssystems. URL: <https://www.dosb.de/leistungssport/gesundheitsmanagement/sportmedizin/> (Aufruf am 09.09.2020).
- [26] Di Russo, F., Taddei, F., Apnile, T., Spinelli, D. (2006): Neural correlates of fast stimulus discrimination and response selection in top level fencers. *Neuroscience letters* 408, 113–118.
- [27] Doğan, B. (2009): Multiple-choice reaction and visual perception in female and male elite athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 49, 91–96.
- [28] Engeroff, T., Ingmann, T., Banzer, W. (2018): Physical Activity Throughout the Adult Life Span and Domain-Specific Cognitive Function in Old Age. A Systematic Review of Cross-Sectional and Longitudinal Data. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 48, 1405–1436.
- [29] Fabre, C., Chamari, K., Mucci, P., Massé-Biron, J., Préfaut, C. (2002): Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *International journal of sports medicine* 23, 415–421.
- [30] Foerster, A. (1990): *Psychoregulation und mentales Training im Leistungssport*.

- [31] Foroghi pour, H., Monfared, M.O., Pirmohammadi, M., Saboonchi, R.(2.) (2013): Comparison of simple and choice reaction time in tennis and volleyball players. *International Journal of Sport Studies*, 74–79.
- [32] Gabler, H., Maier, P. (1998): *Das Training der mentalen Fähigkeiten im Tennis. Übungen zur Praxis des psychologisch orientierten Trainings*. 1. Aufl.: DTB-Trainerbibliothek. Band 4. Sindelfingen: Sportverl. Schmidt & Dreisilker.
- [33] Gabler, H., Nitsch, J.R., Singer, R. (2001): *Einführung in die Sportpsychologie. Teil2: Anwendungsfelder*. 2., erw. u. verb. Aufl.: Sport und Sportunterricht. Bd. 3.
- [34] Gabler et al. (2000): *Einführung in die Sportpsychologie. Teil1: Grundthemen*. 3., erw. u. überarb. Aufl.: Sport und Sportunterricht. Band 2.
- [35] Gao, Y., Chen, L., Yang, S.-n., Wang, H., Yao, J., Dai, Q., Chang, S. (2015): Contributions of Visuo-oculomotor Abilities to Interceptive Skills in Sports. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry* 92, 679–689.
- [36] Gernot Jendrusch (2009): Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit - Bochumer Perspektiven. In: Voigt, H.-F., Jendrusch, G. (Hg.): *Sportspießforschung und -ausbildung in Bochum. Was war, was ist und was sein könnte: An der rub, Sportpraxis nachgedacht*, S. 117–138. Hamburg: Czwalina Verlag.
- [37] Gerrig, R.J., Zimbardo, P.G. (2002): *Psychology and life*. 16. ed. Boston: Allyn and Bacon.
- [38] Giglia, G., Brighina, F., Zangla, D., Bianco, A., Chiavetta, E., Palma, A., Fierro, B. (2011): Visuospatial attention lateralization in volleyball players and in rowers. *Perceptual and motor skills* 112, 915–925.
- [39] Gralla, V. (1999): *Zur Trainierbarkeit des peripheren Sehens am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung. Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik : Symposiumsbericht Kurt-Meinell-Symposium ; Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, 1. bis 2. Dezember 1998*. Sankt Augustin: Academia Verl.
- [40] Gralla, V. (2008): *Peripheres Sehen im Sport. Möglichkeiten und Grenzen dargestellt am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung*. Doctoralthesis.
- [41] Gralla, V., Jendrusch, G., Pfennig, H., Heck, H., Schlichting, K., Tidow, G. (1999): *Zur Trainierbarkeit des peripheren Sehens am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung*. In: Krug, J., Hartmann, C. (Hg.): *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik*, S. 166–169.
- [42] Gralla, V., Lessing, T., Jendrusch, G., Heck, H., Tidow, G. (1997): *Synchronoptisches Differenzierungsvermögen am Beispiel der Fußfehlerproblematik beim Tennisaufschlag*. DICKHUTH, H.-H., KÜSSWETTER, W.(Hrsg.) 35.
- [43] Greeff, J.W. de, Bosker, R.J., Oosterlaan, J., Visscher, C., Hartman, E. (2018): Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children. A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport* 21, 501–507.

- [44] Handtke, J. (2016): Einfluss unterschiedlicher Sportaktivitäten auf kognitive Leistungsfähigkeit im höheren Alter. Zusammenhang Kognition Alt-Jung Änderung Kognition während Übung Alt-Jung Einfluss Sport auf Kognition im Alter. Dissertation.
- [45] Hänsel, F., Baumgärtner, S.D., Kornmann, J.M., Ennigkeit, F. (2016): Sportpsychologie: Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer.
- [46] Harmenberg, J., Ceci, R., Barvestad, P., Hjerpe, K., Nyström, J. (1991): Comparison of different tests of fencing performance. *International journal of sports medicine* 12, 573–576.
- [47] Hayes, N. (1995): Kognitive Prozesse-eine Einführung. In: Banyard, P., Gerstenmaier, J., Holler, P. (Hg.): Einführung in die Kognitionspsychologie. Mit 9 Tabellen: UTB für Wissenschaft Große Reihe, Psychologie. Band 8086, S. 11–40. München: Reinhardt.
- [48] Heinrichs, N., Reinhold, N. (2010): Experimentelle Augenbewegungsmessungen bei Kindern und Jugendlichen. *Kindheit und Entwicklung* 19, 12–20.
- [49] Heitz, R.P. (2014): The speed-accuracy tradeoff. History, physiology, methodology, and behavior. *Frontiers in Neuroscience* 8, 150.
- [50] Heppel, H., Kohler, A., Fleddermann, M.-T., Zentgraf, K. (2016): The Relationship between Expertise in Sports, Visuospatial, and Basic Cognitive Skills. *Frontiers in psychology* 7, 904.
- [51] Hijazi, M.M.K. (2013): Attention, Visual Perception and their Relationship to Sport Performance in Fencing. *Journal of human kinetics* 39, 195–201.
- [52] Hillman, C.H., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Castelli, D.M., Hall, E.E., Kramer, A.F. (2009): The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience* 159, 1044–1054.
- [53] Hopkins, M.E., Davis, F.C., Vantighem, M.R., Whalen, P.J., Bucci, D.J. (2012): Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience* 215, 59–68.
- [54] Hoshina, K., Tagami, Y., Mimura, O., Edagawa, H., Matsubara, M., Nakayama, T. (2013): A study of static, kinetic, and dynamic visual acuity in 102 Japanese professional baseball players. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)* 7, 627–632.
- [55] Huijgen, B.C.H., Leemhuis, S., Kok, N.M., Verburch, L., Oosterlaan, J., Elferink-Gemser, M.T., Visscher, C. (2015): Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLoS one* 10, e0144580.
- [56] Ishigaki, H., Miyao, M. (1993): Differences in Dynamic Visual Acuity between Athletes and Non-athletes. *Perceptual and motor skills* 77, 835–839.
- [57] Ishigaki, H., Miyao, M. (1994): Implications for dynamic visual acuity with changes in aged and sex. *Perceptual and motor skills* 78, 363–369.
- [58] Jansen, P. (2014): Macht Bewegung unsere Kinder wirklich schlauer? Neue Erkenntnisse zum Zusammenhang von Bewegung und kognitiven Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology* 30, 267–273.

- [59] Jendrusch, G. (1995): Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n. Zugl.: Potsdam, Univ., Diss., 1995. 1. Aufl.: Berichte und Materialien des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft. Band 1995,9. Köln: Sport u. Buch Strauß Ed. Sport.
- [60] Jendrusch, G. (2008): Leistungen des visuellen Systems im Sport. Z. prakt. Augenheilkd. 29, 237–238.
- [61] Jendrusch, G. (2014): Visuelles System und Training im Sport. Ein Überblick. DOZ Optometrie, 1–6.
- [62] Jendrusch, G., Brach, M. (2003): Sinnesleistung im Sport. In: Mechling, H., Blischke, K. (Hg.): Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre: Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport. Band 141. Schorndorf: Hofmann.
- [63] Jendrusch, G., Ehrenstein, W.H. (2008): Dynamisches Sehen im Sport. DOZ Optometrie.
- [64] Jendrusch, G., Engel, D., Ehrenstein, W. (2008): Dynamic vision of top athletes (S.453). Book of abstracts (Cabri, Jan), 13th Annual Congress of the European College of Sport Science ; 9 - 12 July 2008, Estoril - Portugal ; [ECSS Estoril 08].
- [65] Jendrusch, G., Oertzen-Hagemann, V., Bußmann, C., Platen, P. (2015): Fehlsichtigkeit im Spitzensport. Eine aktuelle Bestandsaufnahme. Die Kontaktlinse, 4–11.
- [66] Jendrusch, G., Oertzen-Hagemann, V., Platen, P. (2014): Sehtest(s) im Rahmen der Gesundheitsuntersuchung. Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel der Hockey-Nationalmannschaften. Leistungssport 44, S. 5-10.
- [67] Jendrusch, G., Richter, H., Marées, H.d. (1994a): Zur dynamischen Sehschärfe vor und nach laufbandergometrischer Belastung. Regulations- und Repair-Mechanismen. Köln: Dt Ärzte-Verlag, 90–93.
- [68] Jendrusch, G., Tidow, G., Marées, H.d. (1994b): "In" oder "Out"? Teil I. Zur visuellen Leistungsfähigkeit von Schieds- und Linienrichtern und zur Präzision bei der Beurteilung von Ball-Auftrefforten. Tennissport : Fachzeitschrift für Training & Wettkampf 5, S. 4-9.
- [69] Jendrusch, G., Tidow, G., Marées, H.d. (1994c): "In" oder "Out"? Teil II. Entwicklung eines Trainingsprogrammes zur Verbesserung der Ortungspräzision von Schieds- und Linienrichtern im Tennis. Tennissport : Fachzeitschrift für Training & Wettkampf 5, S. 14-17.
- [70] Jendrusch, G., Voigt, H.-F. (2015): Visuelles System und Training. Möglichkeiten, Grenzen und Konsequenzen für die Trainingsarbeit. Leistungssport 45, S. 32-37.
- [71] Jendrusch, G., Wenzel, V., Heck, H. (1999): Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede in der blickmotorischen Leistungsfähigkeit. In: Krug, J., Hartmann, C. (Hg.): Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik.
- [72] Jendrusch, G.(2.) (2006): Sportbezogene Leistungen des visuellen Systems. In: U. Bartmus, G. Jendrusch, T. Henke & P. Platen (Hg.): In memoriam Horst de Marées anlässlich seines 70. Geburtstages. Beiträge aus Sportmedizin, Trainings- und Bewegungswissenschaften, S. 55–74.

- [73] Kimura, K., Yasunaga, A., Wang, L.-Q. (2013): Correlation between moderate daily physical activity and neurocognitive variability in healthy elderly people. *Archives of gerontology and geriatrics* 56, 109–117.
- [74] Kioumourtzoglou, E., Derri, V., Tzetzis, G., Theodorakis, Y. (1998a): Cognitive, perceptual, and motor abilities in skilled basketball performance. *Perceptual and motor skills* 86, 771–786.
- [75] Kioumourtzoglou, E., Kourtessis, T., Michalopoulou, M., Derri, V. (1998b): Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball and water-polo. *Perceptual and motor skills* 86, 899–912.
- [76] Kirchner, G. (1986): Ermittlung psychomotorischer Anforderungsprofile im Sport. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 35, S. 206-210.
- [77] Kirchner, G. (1991): Anforderungsprofile im Sport. Methodologie und Verifizierung von Anforderungsprofilen am Beispiel des psychomotorischen Anforderungsprofils im Rennschlittensport: Psychomotorik in Forschung und Praxis. Band 7. Kassel.
- [78] Koch, C.C. (1949): Visual training and sport. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry* 26, 29–30.
- [79] Kording, M. (2007): Visuelle Leistungsdiagnostik im Volleyball unter besonderer Berücksichtigung des Tiefensehens: Unveröff. Hausarbeit zur Erlangung des Magistergrades (M.A.).
- [80] Kubesch, S. (2007): Das bewegte Gehirn. Körperliche Aktivität und exekutive Funktionen. Zugl.: Ulm, Univ., Diss., 2005: Reihe Junge Sportwissenschaft. Band 11. Schorndorf: Hofmann.
- [81] Laby, D.M., Kirschen, D.G., Pantall, P. (2011): The visual function of olympic-level athletes-an initial report. *Eye & contact lens* 37, 116–122.
- [82] Laby, D.M., Rosenbaum, A.L., Kirschen, D.G., Davidson, J.L., Rosenbaum, L.J., Strasser, C., Mellman, M.F. (1996): The visual function of professional baseball players. *American journal of ophthalmology* 122, 476–485.
- [83] Laser, M., Beise, R., Michelson, G. (2011): Leistungsoptimierung im Fechtsport durch Training des autonomen und visuellen Nervensystems. *Leistungssport* 41, 56–62.
- [84] Lesiakowski, P., Krzepota, J., Zwierko, T. (2017): The Differentiation of Visual Sensorimotor Processes in the Representatives of Various Sport Disciplines. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine* 19, 43–53.
- [85] Long, G.M., Riggs, C.A. (1991): Training effects on dynamic visual acuity with free-head viewing. *Perception* 20, 363–371.
- [86] Long, G.M., Rourke, D.A. (1989): Training Effects on the Resolution of Moving Targets—Dynamic Visual Acuity. *Human Factors* 31, 443–451.
- [87] Lopez Maité, C., Gaétane, D., Axel, C. (2016): Ecological assessment of divided attention. What about the current tools and the relevancy of virtual reality. *Revue neurologique* 172, 270–280.

- [88] Lüder, A. (2013): Arbeitsmedizinische Studien zu Einflussfaktoren auf die afferente dynamische Sehleistung. Dissertation. Magdeburg.
- [89] Lüder, A., Andexer, V., Witte, K., Böckelmann, I. (2011): Dynamisches Sehen von Sportlern mit unterschiedlichem Anforderungsprofil an den visuellen Apparat. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 228, 1103–1107.
- [90] Lüder, A., Böckelmann, I. (2011a): Beurteilung des Zusammenhangs zwischen dem dynamischen Sehen und den Parametern statischer Visus sowie Kontrastempfindlichkeit. *Praktische Arbeitsmedizin*, 22–27.
- [91] Lüder, A., Böckelmann, I. (2011b): Visuelle Leistungen unter dem Aspekt Alter. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 61, 328–336.
- [92] Ludvigh, E., Miller, J.W. (1953): A study of dynamic visual acuity. Detroit.
- [93] Ludvigh, E., Miller, J.W. (1954): Some effects of training on dynamic visual acuity.
- [94] MacGillivray, B. (1978): The relationship of certain psychological factors to ice hockey performance. In: Laundry, F., Orban, W.A.R. (Hg.): *International congress of physical activity sciences*. Band 10. Miami.
- [95] Marées, H.d. (1991): Aspekte des visuellen und vestibulären Systems in ausgewählten Sportarten. In: Weiß, M., Rieder, H. (Hg.): *Sportmedizinische Forschung*, S. 144–162. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [96] Marées, H.d. (2002): *Sportphysiologie*. 9., vollst. überarb. und erw. Aufl. Köln: Sport und Buch Strauß.
- [97] Massaro, D.W. (1989): *Experimental psychology. An information processing approach*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.
- [98] Matos, R., Godinho, M. (2005): Influence of sports practice in the useful field of vision in a simulated driving test. In: AIESEP (Hg.): FHM (Ed.): *Active lifestyles: the impact of education and sport, book of abstract of AIESEP 2005 World Conference*, S. 262.
- [99] Memmert, D., Simons, D.J., Grimme, T. (2009): The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise* 10, 146–151.
- [100] Menge, K. (1993): Zur visuellen Leistungsfähigkeit von Handballspielern/-innen unterschiedlicher Leistungsklassen. Staatsexamensarbeit. Bochum.
- [101] Mester, J. (2000): Movement control and balance in earthbound movements. In: Nigg, B.M. (Hg.): *Biomechanics and biology of movement*, S. 223–239.
- [102] Mester, J., Marées, H.d. (1983): Zum Fixationsverhalten in Technik- und Taktiksituationen bei den Grundsschlägen mittels Blickbewegungsregistrierung. In: Bornemann, R., Zein, B. (Hg.): *Tennis-Training. Beiträge zur Methodik, Bewegungs- und Trainingslehre vom 8. Seminar "Tennis" 1982: Beiträge zur Theorie und Praxis des Tennisunterrichts und -trainings*. Band 7. 1. Aufl., S. 107–126. Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.

- [103] Mewes, N., Kellmann, M., Ehrenstein, W.H., Jendrusch, G. (2008): Veränderung der dynamischen Sehleistung bei körperlicher und psychischer Beanspruchung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 59, 141.
- [104] Millslagle, D., DeLarosby, A., VonBank, S. (2005): Incremental Exercise in Dynamic Visual Acuity. *Perceptual and motor skills* 101, 657–664.
- [105] Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D. (2000): The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks. A latent variable analysis. *Cognitive psychology* 41, 49–100.
- [106] Möllenberg, O., Jendrusch, G., Heck, H. (2001): Table tennis specific eye-hand (bat) coordination and visual depth perception. In: Mester, J., European College of Sports Science. *Deutsche Sporthochschule (Köln) (Hg.): Perspectives and profiles : book of abstracts : 6th annual congress of the European College of Sport Science : 15th congress of the German Society of Sport Science, Cologne, 24-28 July 2001 : hosted, S. 1249. Cologne: Sport und Buch Strauss.*
- [107] Monsell, S. (Hg.) (2000): *Control of cognitive processes*. This book is based on the papers presented at the eighteenth International Symposium on Attention and Performance held at Cumberland Lodge, The Great Park, Windsor, Berkshire, England, July 12 - 18, 1998 ; *Attention and Performance XI: A Bradford book. Cambridge Mass. u.a.: The M.I.T.-Press.*
- [108] Muehlethaler, U. (1987): *Die Koordinativen Fähigkeiten im Handball. Magglingen 44, S. 7-9.*
- [109] Müsseler, J., Rieger, M. (2017): *Allgemeine Psychologie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.*
- [110] Nakamoto, H., Mori, S. (2008): Sport-specific decision-making in a Go/NoGo reaction task. Difference among nonathletes and baseball and basketball players. *Perceptual and motor skills* 106, 163–170.
- [111] Neumaier, A. (1988): *Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Sport. Zugl.: Köln, Dt. Sporthochsch., Habil.-Schr., 1987. 1. Aufl.: Schriften der Deutschen Sporthochschule Köln. Band 21. St. Augustin: Academia-Verl.*
- [112] Neumaier, A., Jendrusch, G. (1999): Aktuelle Position zum Bewegungssehen im Sport. In: Krug, J., Hartmann, C. (Hg.): *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik, S. 128–141.*
- [113] Nuri, L., Shadmehr, A., Ghotbi, N., Attarbashi Moghadam, B. (2013): Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport. *European journal of sport science* 13, 431–436.
- [114] Olsen, E.A. (2013): Relationship between Psychological Capacities and Success in College Athletics. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 27, 79–89.
- [115] Paul, M., Biswas, S., Singh Sandhu, J. (2011): Role of sports vision and eye hand coordination training in performance of table tennis players, 106–116.

- [116] Pesce Anzeneder, C. (1997): Orientierung und Fokussierung der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit unter wechselnden Aufgabenanforderungen bei Volleyball-Hochleistungssportlern. Dissertation. 1. Aufl.: Wissenschaftliche Schriftenreihe Psychologie. Band 5. Berlin: Köster.
- [117] Pfeiffer, M., Fleischer, E. (1978): Die Beurteilung der Sportfähigkeit bei Visusherabsetzung. *Medizin und Sport* 18 1978, 334–337.
- [118] Piras, A., Lobiatti, R., Squatrito, S. (2014): Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *Journal of ophthalmology* 2014, 189268.
- [119] Quevedo-Junyent, L., Aznar-Casanova, J.A., Merindano-Encina, D., Cardona, G., Solé-Fortó, J. (2011): Comparison of Dynamic Visual Acuity Between Water Polo Players and Sedentary Students. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 82, 644–651.
- [120] Reilly, T., Williams, A.M., Nevill, A., Franks, A. (2000): A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of sports sciences* 18, 695–702.
- [121] Scharfen, H.-E., Memmert, D. (2019): Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes. A meta-analytic review. *Appl Cognit Psychol* 33, 843–860.
- [122] Schmidt-Atzert, L., Krumm, S., Bühner, M. (2008): Aufmerksamkeitsdiagnostik. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 19, 59–82.
- [123] Schnabel, G., Harre, H.-D., Krug, J. (2016): Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf. 3rd ed. Aachen: Meyer & Meyer.
- [124] Schneiders, A.G., Sullivan, S.J., Rathbone, E.J., Louise Thayer, A., Wallis, L.M., Wilson, A.E. (2010): Visual acuity in young elite motorsport athletes. A preliminary report. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine* 11, 47–49.
- [125] Schnell, D. (1984): Die Sehanforderungen an Hochleistungssportler der Olympiakader. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 35, 249–256.
- [126] Schnell, D. (1996): Sehorgan und Sport. In: Bartmus, U., Heck, H., Mester, J., Schumann, H., Tidow, G., Marées, H.d. (Hg.): *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport*. In memoriam Horst de Marees, S. 175–240. Köln: Sport u. Buch Strauß.
- [127] Schrauf, M., Wist, E.R., Ehrenstein, W.H. (1999): Development of dynamic vision based on motion contrast. *Experimental brain research* 124, 469–473.
- [128] Schul, K.E. (2015): Unterschiedliche Dimensionen allgemeiner und spezieller kognitiver Fähigkeiten im Basketball. Inauguraldissertation. Köln.
- [129] Sibley, B.A., Etnier, J.L. (2003): The Relationship between Physical Activity and Cognition in Children. A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science* 15, 243–256.
- [130] Sickenberger, W., Bund, A., Holzhey, C., Schapschröer, M. (2011): Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung im Sport. *Deutsche Optiker Zeitung (DOZ)*, 92–96.

- [131] Sonnenschein, I., Allmer, H. (1987): Wahrnehmung und taktisches Handeln im Sport. Entwicklung von Konzepten zur Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit. 1. Aufl.: Betrifft Sonderband. Band 10. Köln: bps-Verl.
- [132] Spiro, R., Feltovich, P.J., Jacobson, M., Coulson, R. (1992): Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext. *Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains* 35, 57-.
- [133] Stine, C.D., Arterburn, M.R., Stern, N.S. (1982): Vision and sports. A review of the literature. *Journal of the American Optometric Association* 53, 627–633.
- [134] Straube, A. (1996): Visuelle, vestibuläre und somatosensorische Interaktion in der Gleichgewichtsregulation und Raumpception. In: Bartmus, U., Heck, H., Mester, J., Schumann, H., Tidow, G., Marées, H.d. (Hg.): *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport*. In memoriam Horst de Marees, S. 343–361. Köln: Sport u. Buch Strauß.
- [135] Sturm, W. (Hg.) (2000): *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- [136] Sturm, W. (2005): *Aufmerksamkeitsstörungen: Fortschritte der Neuropsychologie. Band 4*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, Oxford, Prag: Hogrefe.
- [137] Swann, C., Moran, A., Piggott, D. (2015): Defining elite athletes. *Issues in the study of expert performance in sport psychology. Psychology of Sport and Exercise* 16, 3–14.
- [138] Thienhaus, O. (2003): *Aufmerksamkeitsmessung bei TV-Werbespots mittels Eye-Tracking-per-Mouse Verfahren*. München: GRIN Verlag.
- [139] Tidow, G. (1993a): *Bewegungssehen im Sport - Möglichkeiten und Grenzen*. In: Voigt, H.-F. (Hg.): *Bewegungen lesen und antworten: An der RUB - Sportpraxis nachgedacht*. 1. Aufl., S. 15–72. Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.
- [140] Tidow, G. (1993b): *Bewegungssehen im Sport–Möglichkeiten und Grenzen*. VOIGT, H.-F.(Red.): *Bewegungen lesen und antworten*. Ahrensburg, 15–72.
- [141] Tidow, G. (1996): *Zur Optimierung des Bewegungssehens im Sport*. In: Bartmus, U., Heck, H., Mester, J., Schumann, H., Tidow, G., Marées, H.d. (Hg.): *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport*. In memoriam Horst de Marees. Köln: Sport u. Buch Strauß.
- [142] Tomporowski, P.D. (2003): *Effects of acute bouts of exercise on cognition*. *Acta Psychologica* 112, 297–324.
- [143] Triesman, A. (1960): *Contextual cues in selective listening*. *Quarterly Journal Of Experimental Psychology*, 242–248.
- [144] Tschakert, R. (1986): *Trainingsweltmeister - was tun? Psychoregulationstraining bei einem Tennisspieler*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 37, S. 232-234.

- [145] Tseng, B.Y., Uh, J., Rossetti, H.C., Cullum, C.M., Diaz-Arrastia, R.F., Levine, B.D., Lu, H., Zhang, R. (2013): Masters athletes exhibit larger regional brain volume and better cognitive performance than sedentary older adults. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI* 38, 1169–1176.
- [146] Voigt, H.-F. (1982): Einfluss psychischer und physischer Leistungskomponenten auf die Entwicklung der Spielerleistung im studentischen Anfängervolleyball in geschlechtsheterogenen Lerngruppen: Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg.
- [147] Voigt, H.-F. (Hg.) (1993): *Bewegungen lesen und antworten*. 1. Aufl.: An der RUB - Sportpraxis nachgedacht. Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.
- [148] Voigt, H.-F., Jendrusch, G. (Hg.) (2009): *Sportspielforschung und -ausbildung in Bochum. Was war, was ist und was sein könnte: An der rub, Sportpraxis nachgedacht*. Hamburg: Czwalina Verlag.
- [149] Voigt, H.-F., Westphal, G. (1995): Wahrnehmungsschulung im Volleyball. In: Dannemann, F. (Hg.): *Neue Aspekte des Volleyballspiels: ... Symposium des Deutschen Volleyball-Verbandes*. Band 20.1994. 1. Aufl., S. 154–168. Ahrensburg b. Hamburg: Czwalina.
- [150] Voss, M.W., Kramer, A.F., Basak, C., Prakash, R.S., Roberts, B. (2010): Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Appl. Cognit. Psychol.* 24, 812–826.
- [151] Wache, C. (1993): *Zur visuellen Leistungsfähigkeit von Volleyballspielern/-innen unterschiedlicher Leistungsklassen*. Staatsexamensarbeit. Bochum.
- [152] Whiting, H.T.A. (1969): *Acquiring ball skill. A psychological interpretation*: Bell.
- [153] Williams, A., Vickers, J., Rodrigues S. (2001): *The Effects of Anxiety on Visual Search, Movement Kinematics, and Performance in Table Tennis. A Test of Eysenck and Calvo's Processing Efficiency Theory*. undefined.
- [154] Williams, A.M. (2000): Perceptual skill in soccer. Implications for talent identification and development. *Journal of sports sciences* 18, 737–750.
- [155] Williams, A.M., Davids, K., Williams, J.G. (2005): *Visual Perception and Action in Sport*. 2nd ed. Milton: Taylor & Francis.
- [156] Williams, J.M., Thirer, J. (1975): Vertical and Horizontal Peripheral Vision in Male and Female Athletes and Nonathletes. *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation* 46, 200–205.
- [157] Williams, L.R., Walmsley, A. (2000): Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal of science and medicine in sport* 3, 460–475.
- [158] Winograd, S. (2013): The Relationship of Timing and Vision to Baseball Performance. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 13, 481–493.

- [159] Wist, E.R., 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.
- [160] Wist, E.R., Schrauf, M., Ehrenstein, W.H. (2000): Dynamic vision based on motion-contrast: changes with age in adults. *Experimental brain research* 134, 295–300.
- [161] Witte, K., Darius, S., Emmermacher, P., Böckelmann, I. (2015): Change of cognitive functioning with advancing age in older adults under consideration of physical activity and gender. *Australian International journal of Humanities and Social Studies*, 3–23.
- [162] Witte, K., Kropf, S., Darius, S., Emmermacher, P., Böckelmann, I. (2016): Comparing the effectiveness of karate and fitness training on cognitive functioning in older adults-A randomized controlled trial. *Journal of sport and health science* 5, 484–490.
- [163] Wittenberg, S., Brock, F.W., Folsom, W.C. (1969): Effect of training on stereoscopic acuity. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry* 46, 645–653.
- [164] Zimmermann, P., Fimm, B. (2007): TAP. Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung. Version 2.1: Psytest.
- [165] Zwierko, T., Osinski, W., Lubinski, W., Czepita, D., Florkiewicz, B. (2010): Speed of Visual Sensorimotor Processes and Conductivity of Visual Pathway in Volleyball Players. *Journal of human kinetics* 23, 21–27.

## Anlagen

## Anlage 1 – Positives Votum der Ethikkommission

UNIVERSITÄTSKLINIKUM  
MAGDEBURG A.Ö.R.



MEDIZINISCHE  
FAKULTÄT

Ethik-Kommission, Medizinische Fakultät / Universitätsklinikum, Leipziger Str. 44 Haus 28, 39120 Magdeburg

Frau Prof. Dr. I. Böckelmann  
Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät  
Otto-von-Guericke-Universität  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

Ethik-Kommission der  
Otto-von-Guericke-  
Universität an der  
Medizinischen Fakultät und  
am Universitätsklinikum  
Magdeburg A.ö.R.

Univ.-Prof. Dr. med. Christof Huth  
Vorsitzender

Dr. med. Norbert Beck  
Geschäftsführer

Telefon: +49 391 67-14314  
Telefax: +49 391 67-14354  
elektr.Fax: +49 391 67-290185  
eMail: ethikkommission@ovgu.de

Datum  
07.01.2014

Unser Zeichen: **188/13**

### **Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen**

Sehr geehrte Frau Prof. Böckelmann,  
sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

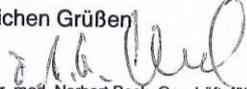
die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, dass gegen die Durchführung keine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

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

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

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

Mit freundlichen Grüßen

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

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

## Anlage 2 – Informationsbogen zur Studie für die Probanden



BEREICH ARBEITSMEDIZIN

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Postfach 4120, 39016 Magdeburg

Prof. Dr. med. habil.  
Irina Böckelmann  
Leiterin

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Medizinische Fakultät  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

Telefon: +49 391 67-15056  
Telefax: +49 391 67-15083

iam@med.ovgu.de  
www.med.uni-magdeburg.de

— Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom:      Unsere Zeichen      Durchwahl:      Datum:

**Studie**  
**„Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen“**

**I N F O R M A T I O N**

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

das visuelle System ist eines der wichtigsten Sinnesorgane des Menschen. Es liefert Informationen über Form und Farbe, aber auch über Bewegungsbeginn, -richtung und -geschwindigkeit. Es gibt vielfältige Studien über die verschiedensten Parameter wie den Visus, die Kontrastempfindlichkeit oder auch die dynamische Sehschärfe. Es lässt sich vermuten, dass Sportler im Vergleich zu Untrainierten bessere Werte beim dynamischen Sehtest und in der peripheren Wahrnehmung erreichen.

In dieser Studie, für die Sie sich freiwillig gemeldet haben, möchten wir die visuelle Leistung und Reaktionsfähigkeit von Sportlern miteinander vergleichen. Sie absolvieren bei uns einen normalen Sehtest zur Kontrolle des Visus, darüber hinaus werden die dynamische Sehleistung und die periphere Wahrnehmung getestet. Außerdem sind die Reaktionsschnelligkeit und -genauigkeit von Interesse. Des Weiteren bitten wir Sie, einen Fragebogen zu persönlichen Angaben (Alter, Geschlecht usw.) auszufüllen. Der Zeitaufwand beträgt ca. 60-75 min.

Sie können jederzeit, auch während eines laufenden Versuchs, Ihre Teilnahme ohne Nennung von Gründen beenden. Daraus entstehen Ihnen keine Nachteile.

Die Versuchsdurchführung ist durch die Ethikkommission der Universität Magdeburg befürwortet worden. Alle Untersuchungsmethoden werden mit zugelassenen Standardgeräten durchgeführt und sind nicht invasiv.

Sie erhalten vor der ersten Datenerhebung ein eindeutiges Pseudonym. Die Erhebung sowie die weitere elektronische Verarbeitung und Nutzung aller Daten (Messwerte, Fragebögen) erfolgt ausschließlich mit diesem Pseudonym. Ausgenommen von der Pseudonymisierung ist

die Einwilligungserklärung. Diese Unterlagen werden getrennt von den pseudonymisiert erhobenen Daten unter Verschluss gehalten. Eine Identifizierung der betreffenden Person anhand der Untersuchungsdaten ist damit auf elektronischem Weg nicht möglich.

Sollten im Rahmen der Studie bei Ihnen Sehauffälligkeiten festgestellt werden, informieren wir Sie über die Ergebnisse, damit Sie mit Ihrem Augenarzt oder Augenoptiker das weitere Vorgehen besprechen können.

## Anlage 3 – Muster der Einwilligungserklärung der Probanden



Medizinische Fakultät, Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg

Bereich Arbeitsmedizin

Prof. Dr. med. Irina Böckelmann  
Leiterin

Otto-von-Guericke-Universität  
Medizinische Fakultät  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

Telefon: +49 391 67-15056  
Telefax: +49 391 67-15083

iam@med.ovgu.de  
www.med.uni-magdeburg.de

Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom:      Unsere Zeichen:      Durchwahl:      Datum:

### Studie „Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen“

des Bereiches für Arbeitsmedizin an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke  
Universität Magdeburg

Name des Probanden:.....

#### EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG

Mir ist bekannt, zu welchem Zweck die Untersuchungen erfolgen.  
Über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Untersuchungen bin ich eingehend  
unterrichtet worden, wobei ich zum Ablauf und zu möglichen Risiken Fragen stellen  
konnte. Ich hatte angemessen Zeit, mich zu entscheiden.  
Weiterhin wurde mir verbindlich zugesichert, dass die Ergebnisse meiner Untersuchung  
streng vertraulich und ausschließlich Forschungszwecken dienen.  
Hiermit willige ich ein, an der Studie teilzunehmen. Mir ist bekannt, dass ich meine  
Einwilligung jederzeit und ohne Angaben von Gründen widerrufen kann.

.....  
Ort, Datum  
Unterschrift Proband

.....  
Ort, Datum  
bei Minderjährigen Unterschrift beider Eltern  
(der gesetzlichen Vertreter)

.....  
Ort, Datum  
Unterschrift Studienleitung

## Anlage 4 – Anamnesebogen

## Studie

## „Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen“

## Allgemeine Angaben

Untersucher: \_\_\_\_\_  
 Probandennummer: \_\_\_\_\_  
 Gruppe: \_\_\_\_\_  
 Geschlecht:  weiblich  männlich  
 Geb. am: \_\_\_\_\_  
 Untersuchungsdatum / Uhrzeit: \_\_\_\_\_

## Angaben zur Sehschärfe

Brillenträger:  ja  nein  
 Augenerkrankungen:  ja  nein  
 > Falls ja, welche? \_\_\_\_\_

## Erkrankungen

Diabetes mellitus  ja  nein  
 Arterielle Hypertonie  ja  nein  
 Epilepsie  ja  nein  
 Allergien  ja  nein  
 Andere Erkrankungen  ja  nein  
 Medikamenteneinnahme:  ja  nein  
 > Falls ja, welche? \_\_\_\_\_

## Gewohnheiten / allgemeine Angaben

Ich trinke \_\_\_\_ Tassen Kaffee. Wie oft? \_\_\_\_\_  
 Ich trinke \_\_\_\_ Tassen schwarzen Tee. Wie oft? \_\_\_\_\_

Bitte wenden ☺

## Alkohol

Ich trinke im allgemeinen Alkohol.  ja  nein

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

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

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

Wieviel Spirituosen (2 cl) pro Trinksituation? \_\_\_\_\_ Glas

## Rauchen

➤ Rauchen Sie?  ja  nein

Falls ja, wie viel Zigaretten pro Tag? \_\_\_\_\_

Falls ja, wie lange schon? \_\_\_\_\_

➤ Falls nein, sind Sie Passivraucher?  ja  nein

ca. \_\_\_\_\_ h / Tag

➤ Falls nein, haben Sie früher geraucht?  ja  nein

Falls ja, wie viele Zigaretten pro Tag? \_\_\_\_\_

Wie lange haben Sie geraucht? \_\_\_\_\_

## Angaben zur Sportart

➤ Ich trainiere  Fechten  
 Handball  
 ich betreibe eine andere Sportart \_\_\_\_\_  
 ich betreibe keine Sportart

➤ Ich trainiere  ein- bis zweimal pro Woche  
 drei- bis viermal pro Woche  
 mehr als viermal pro Woche

➤ Wie lange betreiben Sie Sport?  weniger als zwei Jahre  
 zwei bis fünf Jahre  
 mehr als fünf Jahre

Anlage 5 – Erfassungsbogen für Rodatest 302: Visus, Phorie und Stereosehen

**Sehtest G37** (Rodatest 300/302)



<input type="text"/> Name <input type="text"/> Vorname <input type="text"/> Straße/ Nr. <input type="text"/> PLZ/ Ort <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Erstuntersuchung <input type="checkbox"/> Nachuntersuchung	<input type="checkbox"/> Gleitsichtbrille <input type="checkbox"/> Spez. Bildschirmbrille <input type="checkbox"/> Kontaktlinsen <input type="checkbox"/> Sehhilfe getönt	<input type="text"/> Datum <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>
<input type="text"/> Geburtsdatum	<input type="checkbox"/> m <input type="checkbox"/> w Geschlecht	Sehhilfe <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Nahbrille <input type="checkbox"/> Fernbrille <input type="checkbox"/> Mehrstärkenbrille	Prüfer/ Stempel

**1** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Rechtes Auge	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**1A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Rechtes Auge	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**2** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Linkes Auge	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**2A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Linkes Auge	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**3** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Binokular	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**3A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Binokular	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Ferne 6 m	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**4** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Rechtes Auge	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**4A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Rechtes Auge	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**5** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Linkes Auge	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**5A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Linkes Auge	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

**6** Sehschärfe

	0.5	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Binokular	0.63	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.8	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	1.0	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
	1.25	5	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

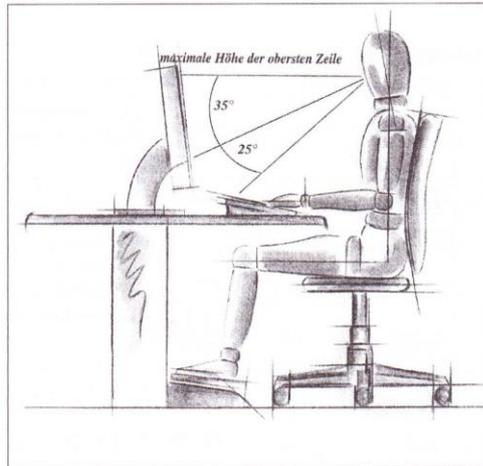
**6A** Sehschärfe

	0.2	1	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Binokular	0.2	2	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
Nähe 55 cm	0.32	3	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>
..... cm	0.32	4	⊖ ⊖ ⊖ ⊖ ⊖	<input type="checkbox"/>

Phorie		
7	Nähe 55 cm	Punkt innerhalb des Rahmens? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
	..... cm	

8	Stereopsis	35°	5 unten vor 3 unten	<input type="checkbox"/>
	Nähe 55 cm	100°	3 unten vor 4 oben	<input type="checkbox"/>
	..... cm	200°	4 oben vor 2 oben	<input type="checkbox"/>
		600°	Stereosehen vorhanden	<input type="checkbox"/>

Farbensinn		Farbsinnstörung	Farbnormal
9	9.1	*21* oder nicht lesbar	<input type="checkbox"/> *74* <input type="checkbox"/>
	9.2	nicht oder falsch lesbar	<input type="checkbox"/> *16* <input type="checkbox"/>
	9.3	nicht oder falsch lesbar	<input type="checkbox"/> *6* <input type="checkbox"/>
	9.4	*3* oder nicht lesbar	<input type="checkbox"/> *8* <input type="checkbox"/>



10	Sehschärfe	0.5	1	<input type="checkbox"/>	
	Rechtes Auge	Visus	0.63	2	<input type="checkbox"/>
			0.8	3	<input type="checkbox"/>
			1.0	4	<input type="checkbox"/>
			1.25	5	<input type="checkbox"/>
			Nähe 40 cm		
<input type="checkbox"/> 33 cm					

10A	Sehschärfe	0.2	1	<input type="checkbox"/>		
	Rechtes Auge	Visus	0.2	2	<input type="checkbox"/>	
			0.32	3	<input type="checkbox"/>	
			0.32	4	<input type="checkbox"/>	
			Nähe 40 cm			
			<input type="checkbox"/> 33 cm			

11	Sehschärfe	0.5	1	<input type="checkbox"/>	
	Linkes Auge	Visus	0.63	2	<input type="checkbox"/>
			0.8	3	<input type="checkbox"/>
			1.0	4	<input type="checkbox"/>
			1.25	5	<input type="checkbox"/>
			Nähe 40 cm		
<input type="checkbox"/> 33 cm					

11A	Sehschärfe	0.2	1	<input type="checkbox"/>		
	Linkes Auge	Visus	0.2	2	<input type="checkbox"/>	
			0.32	3	<input type="checkbox"/>	
			0.32	4	<input type="checkbox"/>	
			Nähe 40 cm			
			<input type="checkbox"/> 33 cm			

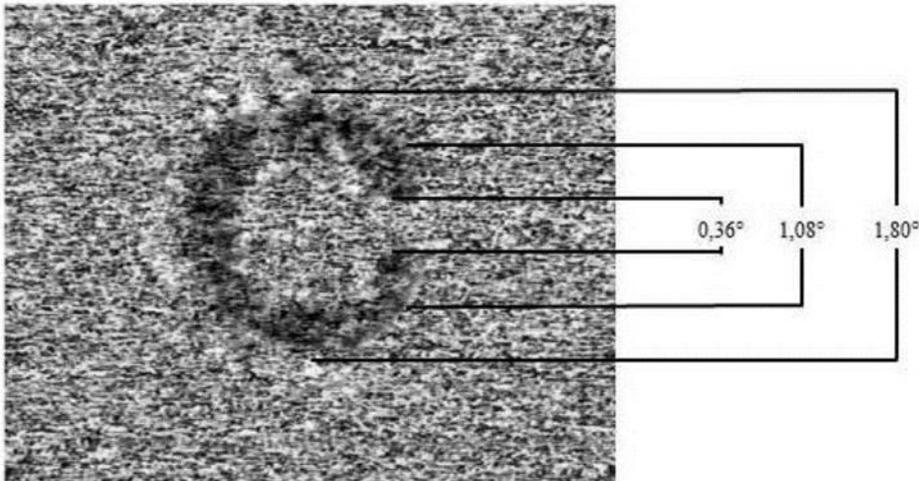
12	Sehschärfe	0.5	1	<input type="checkbox"/>	
	Binokular	Visus	0.63	2	<input type="checkbox"/>
			0.8	3	<input type="checkbox"/>
			1.0	4	<input type="checkbox"/>
			1.25	5	<input type="checkbox"/>
			Nähe 40 cm		
<input type="checkbox"/> 33 cm					

12A	Sehschärfe	0.2	1	<input type="checkbox"/>		
	Binokular	Visus	0.2	2	<input type="checkbox"/>	
			0.32	3	<input type="checkbox"/>	
			0.32	4	<input type="checkbox"/>	
			Nähe 40 cm			
			<input type="checkbox"/> 33 cm			

<b>zusätzliche Untersuchungen</b>		<b>Bemerkung</b>	
Gesichtsfeld (zentral)	Ausfall/ Einschränkung festgestellt	linkes Auge ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	<hr/>
		rechtes Auge ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
Hyperopie-Test	Verdacht auf Hyperopie	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
<b>Beurteilung</b>	keine Bedenken	<input type="checkbox"/>	
	keine Bedenken unter Voraussetzungen	<input type="checkbox"/>	
	augenärztliche Untersuchung empfohlen	<input type="checkbox"/>	

Bestell-Service Telefon 0 81 42 / 4 48 57 - 60  
Bestell-Nr. 2019, Verpackungseinheit 5 Blöcke à 100 Blatt

## Anlage 6 – Maße des Sehzeichens bei DTDS



[nach Wist et al. 1998; Lüder 2013]

## Anlage 7 – Signifikante Unterschiede der erfassten Parameter zwischen den Geschlechtern im Vergleich Freizeitsport (FS) – Leistungssport (LS)

	Männer	Frauen	p-Wert
Anzahl	FS: 11; LS: 49	FS: 31; LS: 30	
DS, Summe Öffnung links (%)	99,15	99,76	p = 0,03
GA, richtige Reaktionen aud.	15,63	15,17	p = 0,035
GA, ausgelassene Reaktionen aud.	0,37	0,83	p = 0,035

## Anlage 8 – Signifikante Unterschiede der erfassten Parameter zwischen den Geschlechtern im Vergleich Handball (H) - Fechten (F)

	Männer	Frauen	p-Wert
Anzahl	H: 21; F: 12	H: 14; F: 12	
PS, Trackingabweichung	6,31	8,13	p = 0,028
GA, richtige Reaktionen aud.	15,65	14,82	p = 0,03
GA, ausgelassene Reaktionen aud.	0,35	1,18	p = 0,03

Anlage 9 – Abbildungen zum Vergleich Leistungssport und Freizeitsport

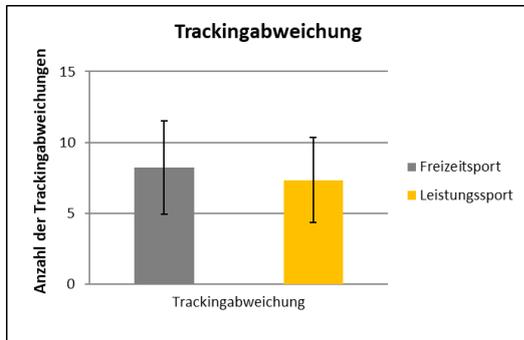


Abb. A 1 a: Periphere Wahrnehmung, Trackingabweichung der Leistungssportler und Freizeitsportler

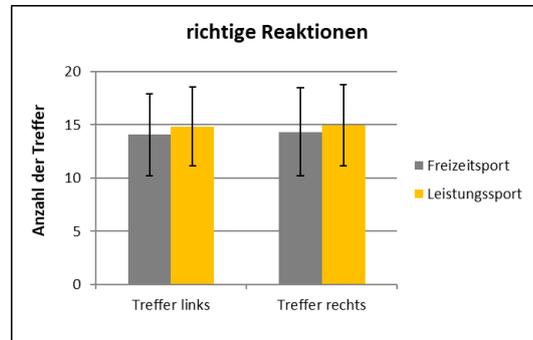


Abb. A 1 b: Periphere Wahrnehmung, richtige Trefferanzahl der Leistungssportler und Freizeitsportler

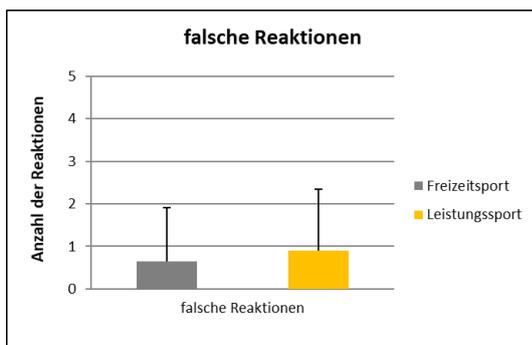


Abb. A 1 c: Periphere Wahrnehmung, falsche Reaktionen der Leistungssportler und Freizeitsportler

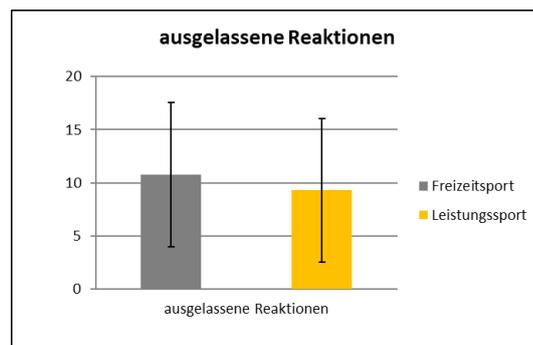


Abb. A 1 d: Periphere Wahrnehmung, ausgelassene Reaktionen der Leistungssportler und Freizeitsportler

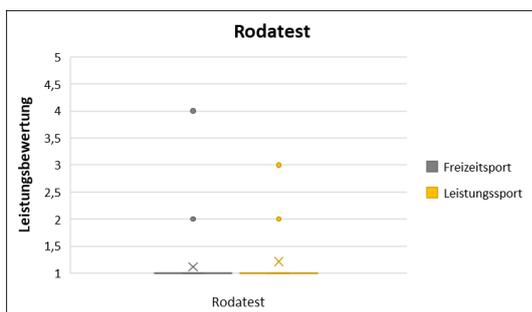


Abb. A 2 a: Stereosehen am Rodatest 302 zwischen den Leistungssportlern und Freizeitsportlern anhand der Leistungsbewertung von 1-5

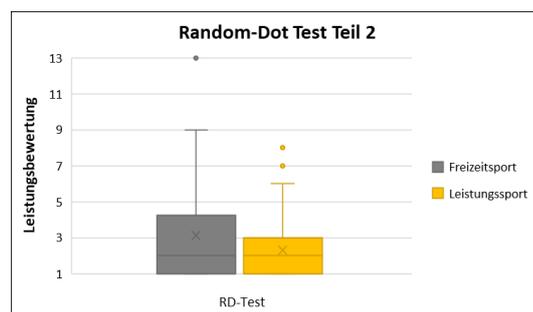


Abb. A 2 b: Stereosehen am RD-Test Teil 2 zwischen den Leistungssportlern und Freizeitsportlern anhand der Leistungsbewertung von 1-13

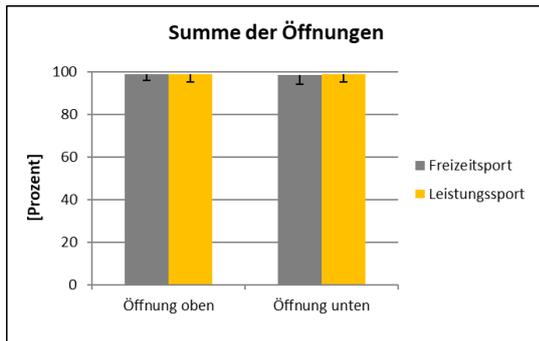


Abb. A 3 a: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent

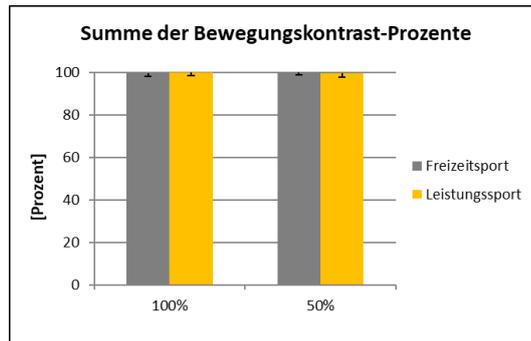


Abb. A 3 b: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei einem Bewegungskontrast von 100 % und 50 % in Prozent

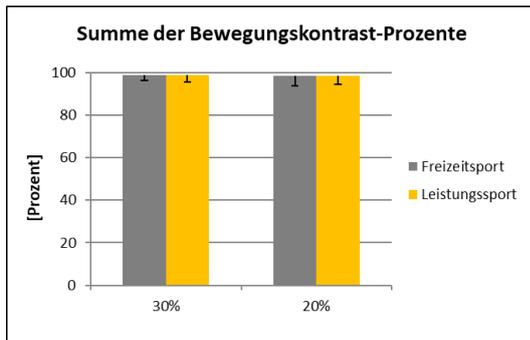


Abb. A 3 c: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler bei einem Bewegungskontrast von 30 % und 20 % in Prozent

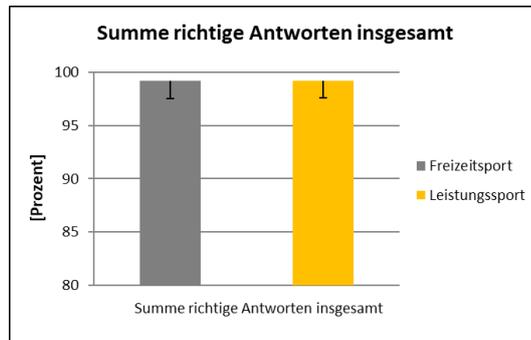


Abb. A 3 d: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Prozent

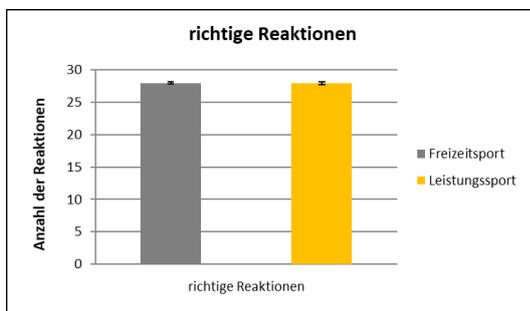


Abb. A 4 a: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler

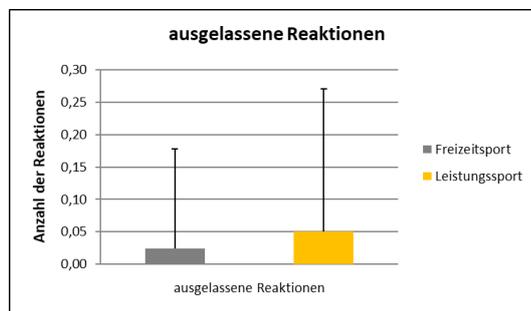


Abb. A 4 b: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler

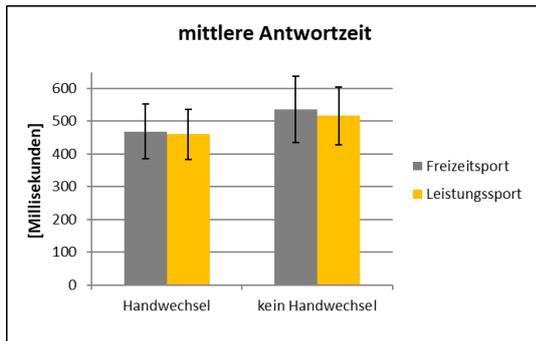


Abb. A 5 a: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Freizeitsportler und Leistungssportler bei Handwechsel und keinem Handwechsel in Millisekunden

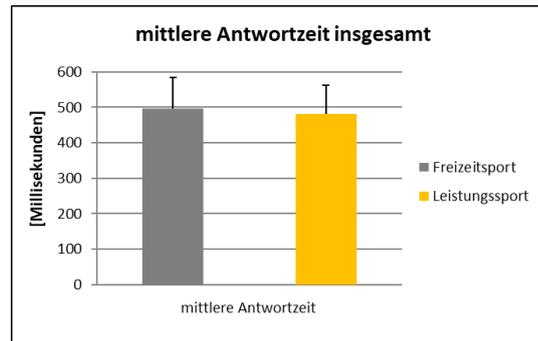


Abb. A 5 b: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt in Millisekunden

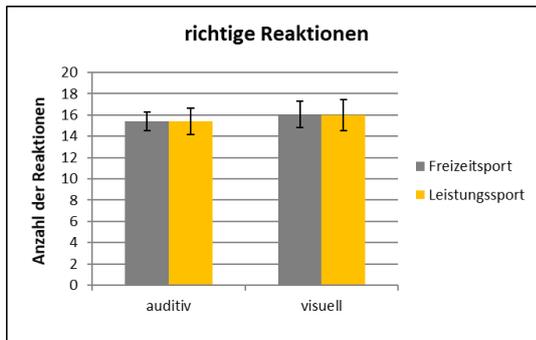


Abb. A 6 a: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der richtigen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Freizeitsportler und Leistungssportler

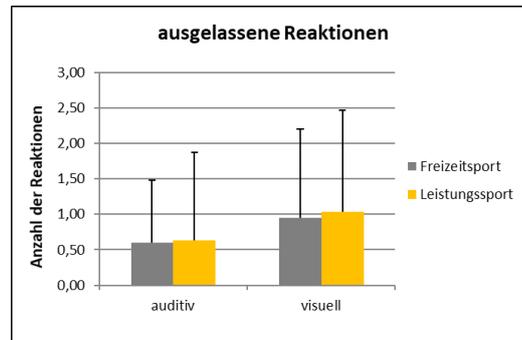


Abb. A 6 b: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Freizeitsportler und Leistungssportler

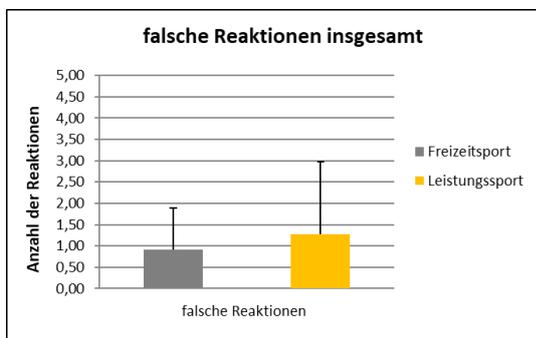


Abb. A 6 c: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der falschen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt

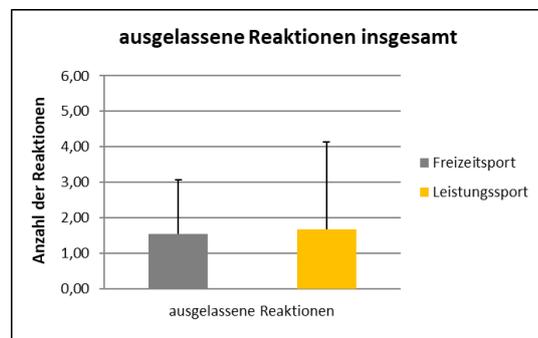


Abb. A 6 d: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Freizeitsportler und Leistungssportler insgesamt

## Anlage 10 – Abbildungen zum Vergleich von Einzelsportart Fechten und Mannschaftssportart Handball

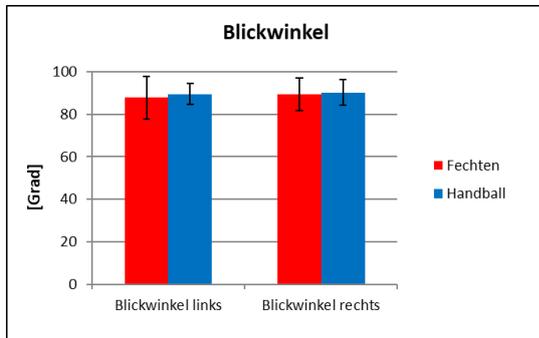


Abb. A 7 a: Periphere Wahrnehmung, Blickwinkel der Fechter und Handballer in Grad

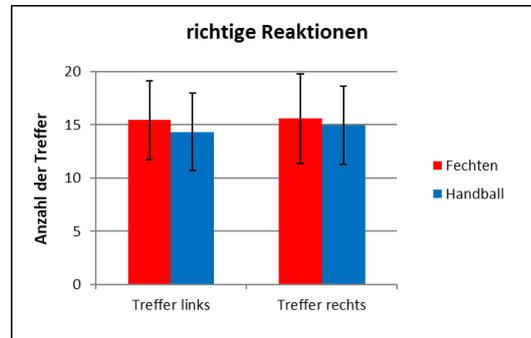


Abb. A 7 b: Periphere Wahrnehmung, richtige Trefferanzahl der Fechter und Handballer

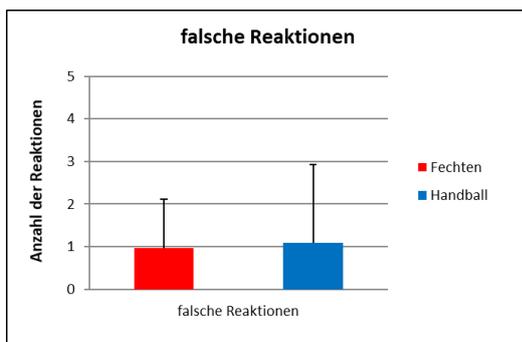


Abb. A 7 c: Periphere Wahrnehmung, falsche Reaktionen der Fechter und Handballer

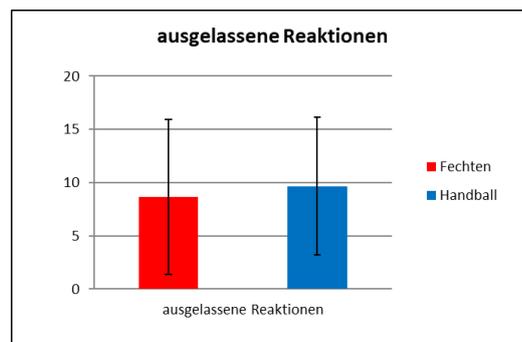


Abb. A 7 d: Periphere Wahrnehmung, ausgelassene Reaktionen der Fechter und Handballer

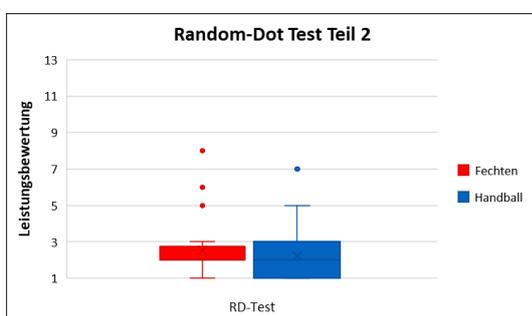


Abb. A 8 a: Stereosehen am RD-Test Teil 2 zwischen den Leistungssportgruppen Fechten und Handball anhand der Leistungsbewertung von 1-13

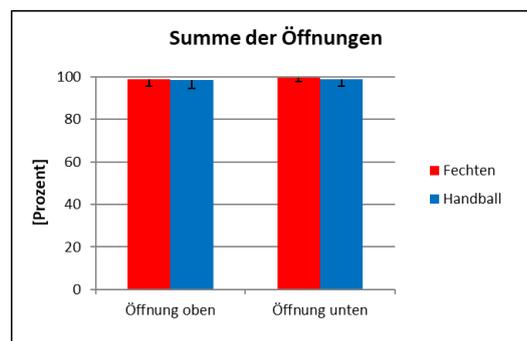


Abb. A 9 a: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach oben/ unten in Prozent

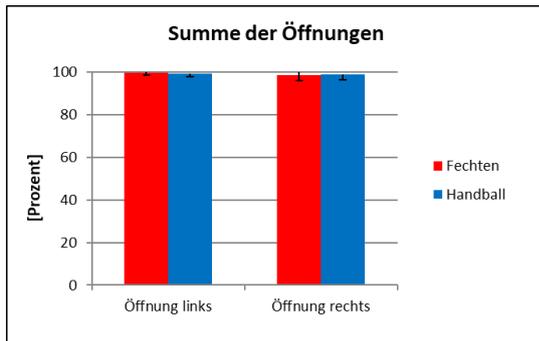


Abb. A 9 b: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei Öffnung des Landoltringes nach links/ rechts in Prozent

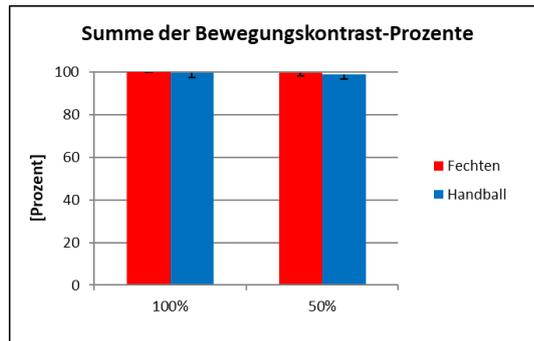


Abb. A 9 c: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei einem Bewegungskontrast von 100 % und 50 % in Prozent

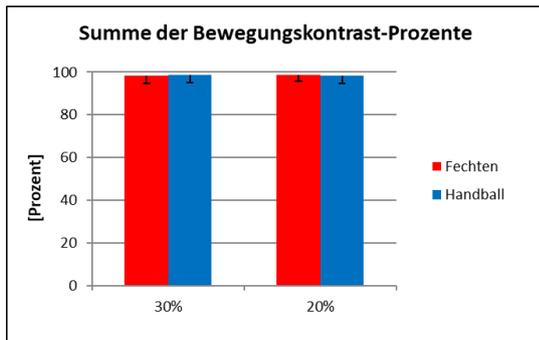


Abb. A 9 d: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer bei einem Bewegungskontrast von 30 % und 20 % in Prozent

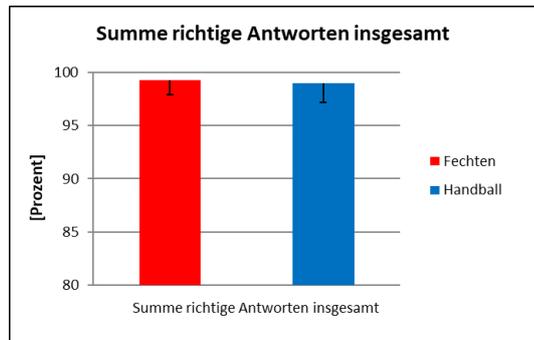


Abb. A 9 e: Dynamischer Sehtest, Summe der richtigen Antworten der Fechter und Handballer insgesamt in Prozent

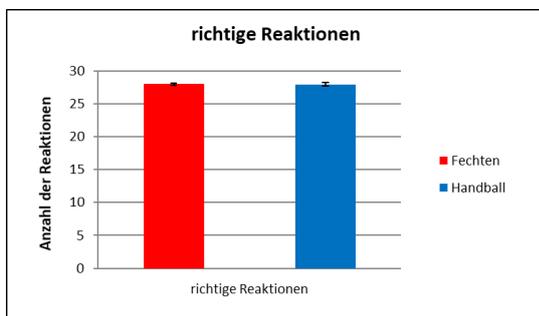


Abb. A 10 a: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer

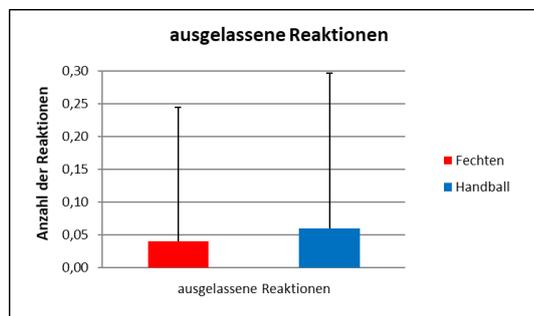


Abb. A 10 b: Einfachwahl-Reaktionstest, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen der Fechter und Handballer

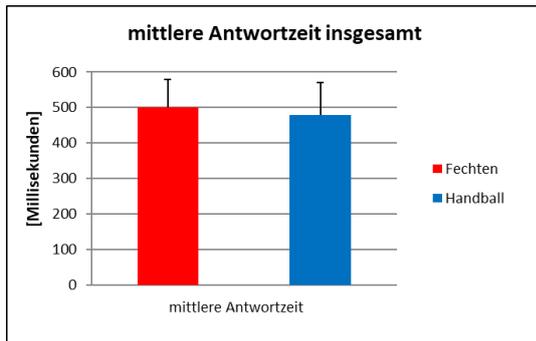


Abb. A 11 a: Zweifachwahl-Reaktionstest, mittlere Antwortzeit der Fechter und Handballer insgesamt in Millisekunden

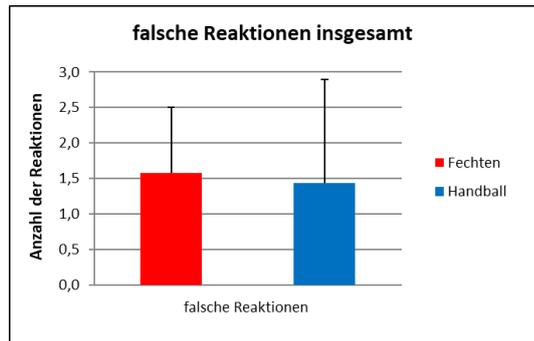


Abb. A 11 b: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der falschen Reaktionen der Fechter und Handballer insgesamt

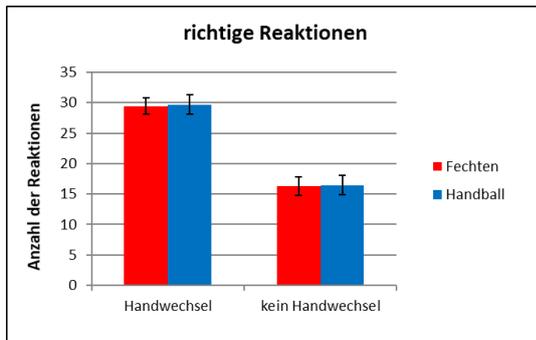


Abb. A 11 c: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer mit und ohne Handwechsel

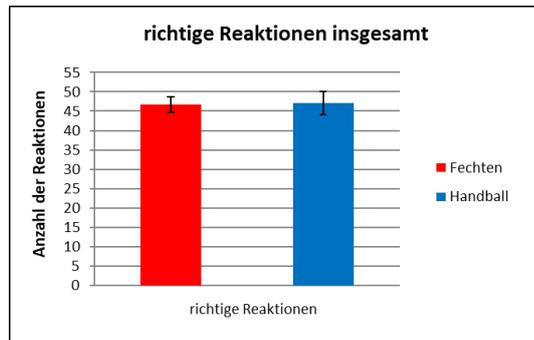


Abb. A 11 d: Zweifachwahl-Reaktionstest, Anzahl der richtigen Reaktionen der Fechter und Handballer insgesamt

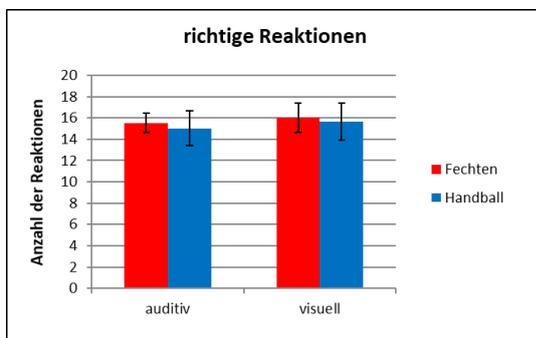


Abb. A 12 a: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der richtigen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Fechter und Handballer

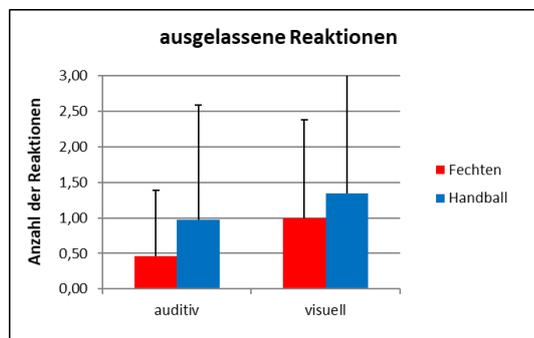


Abb. A 12 b: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen auf auditive und visuelle Reize der Leistungssportler

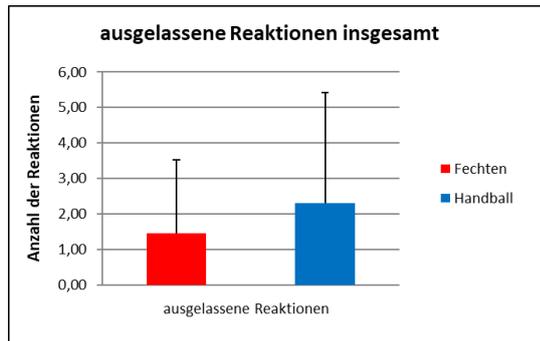


Abb. A 12 c: Test zur geteilten Aufmerksamkeit, Anzahl der ausgelassenen Reaktionen insgesamt der Leistungssportler

## Ehrenerklärung

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

### **Visuell-kognitive Leistungen im Freizeit- und Leistungssport am Beispiel von Handball und Fechten**

Im Bereich Arbeitsmedizin

mit Unterstützung durch Frau Dr. Darius und Frau Prof. Dr. med. habil. I. Böckelmann

sowie Herrn Prof. Dr. rer. nat. S. Kropf, Institut für Biometrie und Medizinische Informatik,

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

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

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

Magdeburg, den 02.02.2021

## Danksagung

Die Danksagung ist in der Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

## Lebenslauf

Der Lebenslauf ist in der Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

Der Lebenslauf ist in der Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

## Publikationsverzeichnis

### Tagungsbandbeiträge:

Koppelwiser T, Darius S, Böckelmann I (2018)

Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen.

In: Tagungsband zur 58. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM), 07.-09. März 2018 in München, ISBN: 978-3-9817007-6-3, S. 432 - 434

### Poster:

Koppelwiser T, Darius S, Böckelmann I (2018)

Einfluss von regelmäßigem Training auf visuelle Leistungen.

Poster. 58. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM), 07.-09. März 2018 in München, 139