



Gestochen scharfes Sehen und blitzschnelles Reagieren

Nachgefragt bei Tischtennisprofi Timo Boll

Leistungen des visuellen Systems im Sport

Gernot Jendrusch
Ruhr-Universität Bochum

Mit freundlichen Empfehlungen überreicht von



DR. REINHARD KADEN VERLAG
HEIDELBERG



Das richtige Perimeter für Klinik und Praxis Das Oculus Twinfield 2

Das erste und bewährte automatische Perimeter, das auch manuell kinetisch testet (nach Goldmann Standard) für Gutachtenuntersuchungen



Weitere integrierte Tests:

- 90° Automatik-Kombi-Programm (kinetisch in der Peripherie, statisch im Zentrum)
- Übersichtliche Bedienung mit optimiertem Statistikpaket
- Automatische softwaregestützte Rechts/Links-Erkennung
- CLIP – zeitoptimierte echte Schwelle (Sie sparen bis zu 50% Untersuchungszeit)
- Windows®- und netzwerkcompatibel

Technik, die Ihre Kompetenz unterstreicht.

Regelmäßige „Augenchecks“ – Wichtig nicht nur für Tischtennis-Profis

Gutes Sehen ist wesentliche Voraussetzung für sicheres und erfolgreiches Sport treiben. Gerade in den schnellen Sportarten wie Tischtennis oder Baseball, aber auch in Sportspielen wie Hockey oder Fußball dominiert vorwiegend reaktives und antizipatives (d.h. „vorausschauendes“) Handeln auf der Basis von Informationen, die über die Augen aufgenommen werden. So erfordert z. B. das visuelle Erfassen und Verarbeiten der Ball-Flugwege und des Gegnerverhaltens im Tischtennis gut entwickelte Fähigkeiten, speziell beim Bewegungssehen und der Tiefenwahrnehmung.

Kaum zu glauben, aber wenn der Zelluloid-Ball mit rund 150 Stundenkilometern auf den besten deutschen Profi Timo Boll zufliegt, ist der kleine

schwarze Werbeaufdruck seine wichtigste Orientierungshilfe. „Daran erkenne ich, was für einen Spin der Ball hat“, sagt Boll.

Der Trick mit dem Werbeaufdruck wäre für den 27-Jährigen aber wertlos ohne eine besondere Fähigkeit: Bolls hervorragende Sehleistung. Augenuntersuchungen – durchgeführt vom Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum und dem Institut für Augenoptik Aalen – haben ergeben: Sein Bewegungssehen ist besser als das aller anderen deutschen Tischtennis-Profis. Damit dies so bleibt bzw. bei einer Abnahme seiner Sehleistung ggf. schnell und richtig eingegriffen werden kann, werden mit den Tischtennis-Nationalspieler(inne)n regelmäßig gründliche

„Augenchecks“ durchgeführt. Die Tischtennis-Profis gehen also – auch was das Thema „Gutes Sehen beim Sport“ angeht – mit gutem Beispiel voran.

Mittlerweile haben auch Nationalmannschaften wie die deutschen Hockey-Teams, die Ski-Alpin-Nationalmannschaften, das deutsche Baseballteam aber auch die Fußballprofis des VFL Bochum 1848 oder der TSG 1899 Hoffenheim u.a. die Bedeutung guten Sehens für ihre Sportarten erkannt und wissen, dass optimale Seh- und Wahrnehmungsleistung den (oft nur kleinen) Unterschied zwischen Gewinnen und Verlieren ausmachen kann. Deshalb nutzen sie die Kompetenz und Erfahrung von Profis, um sicherzustellen, dass die sportliche Leistung nicht durch Fehlsichtigkeiten beeinträchtigt wird.



Abbildung 1 (von links nach rechts): Ch. Süß (Silbermedaille mit der Tischtennis-Mannschaft bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking, Europameister Mannschaft und Doppel 2007, Borussia Düsseldorf), T. Boll (am Perimeter; Silbermedaille mit der Tischtennis-Mannschaft bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking, Europameister Mannschaft, Einzel und Doppel 2007, Borussia Düsseldorf), R. Kirchhübel (OCULUS Optikgeräte GmbH, Wetzlar), D. Schulz (ARAG Versicherung, Düsseldorf) und Dr. G. Jendrusch (Ruhr-Universität, Bochum) bei der Übergabe eines neuen Perimeters



Abbildung 2: T. Boll, beim Sehschärfe-Test am Binoptometer. rechts: D. Engel (Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung, Ruhr-Universität Bochum)

Dr. Gernot Jendrusch vom Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum und Prof. Dr. Bernd Lingelbach vom Institut für Augenoptik Aalen sowie ihre Mitarbeiter(innen) prüfen bei den Sportler(inne)n während dieses Tests in ihrem Sehtestlabor intensiv das Sehvermögen. Die Untersuchungen werden u. a. im Rahmen eines wissenschaftlichen Betreuungsprojektes vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Bonn (BISp) gefördert.

Im Anschluss an die Messungen wird für jede(n) Spieler(in) ein multifaktorielles visuelles Leistungsprofil erstellt, um mögliche Leistungsreserven oder -defizite festzustellen. Dabei werden – neben der objektiven und subjektiven Refraktion (Messung der Brechkraft) – u.a. die Sehschärfe (Visus), das Kontrastsehen, Stereosehen und Tiefensehvermögen, die Bewegungswahrnehmung, das Gesichtsfeld, die Augendominanz sowie das Farbsehvermögen untersucht. Mit dem Keratograph wird eine umfangreiche Hornhautdiagnostik (inkl.

Hornhauttopographie) durchgeführt. Individuelle Defizite/Fehlsichtigkeiten einzelner Sportler(innen) im visuellen Bereich werden – wenn notwendig – optimal sportophthalmologisch/sportoptometrisch korrigiert. Über ein über lange Jahre aufgebautes Netzwerk von sportophthalmologisch ausgewiesenen Fachärzten sowie sportoptometrisch versierten Augenoptikern und Kontaktlinsenspezialisten können den Athlet(inn)en außerdem Spezialisten in Heimatnähe zur weiteren Betreuung empfohlen werden.



Abbildung 3: Chr. Zeller (Hockey-Olympia-Sieger 2008 in Peking, Hockey-Weltmeister 2006, Rot-Weiss Köln) beim Stereo-Sehtest

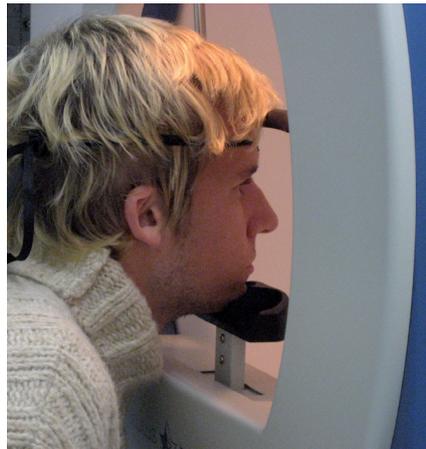


Abbildung 4: P. Heerwagen (Fußball-Torwart, VfL 1848 Bochum) bei der Gesichtsfeldmessung am Perimeter

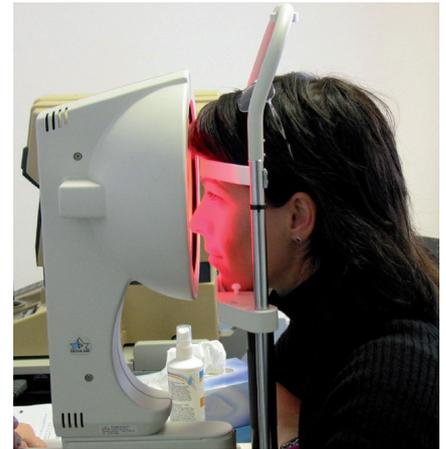


Abbildung 5: P. Haltmayr (ehemalige Ski-Alpin-Damen-Nationalmannschaft) bei der Hornhautvermessung am Keratograph



Gestochen scharfes Sehen und blitzschnelles Reagieren

Nachgefragt bei Tischtennisprofi Timo Boll



Gutes Sehen ist gerade in schnellen Sportarten wie Tischtennis eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg. Dort dominiert vorwiegend das reaktive und antizipative, das „vorausschauende“ Handeln. Die Basis hierfür liefern die Informationen, die die Spieler über die Augen aufnehmen. So erfordert z. B. das visuelle Erfassen und Verarbeiten der Ball-Flugwege und des Gegnerverhaltens im Tischtennis gut entwickelte Fähigkeiten, speziell im Bereich des Bewegungssehens und des räumlichen Sehens. Wenn der Zelluloid-Ball mit rund 150 Stundenkilometern auf den besten deutschen Tischtennisprofi Timo Boll zufliegt, ist der kleine schwarze Werbeaufdruck seine wichtigste Orientierungshilfe: Er registriert an der Verschiebung der Schrift den Spin des Balls und erkennt daran, wie schnell der Ball fliegt und in welche Richtung.

ZPA: Es ist schon eine Art Nimbus, der Sie umgibt. Ist es wirklich so, dass Sie im Flug den Werbeaufdruck auf dem Tischtennisball erkennen und die Flugbahn des Balles voraussagen können?

Timo Boll: Natürlich nicht bei Schmetterschlägen oder knallharten Vor- und Rückhänden. Aber beim Aufschlag ist das schon ein großer Vorteil für mich, dass ich den Spin erkennen kann.

ZPA: Augenuntersuchungen des Lehrstuhls für Sportmedizin und Sporternährung der Ruhr-Universität Bochum haben ergeben, dass Ihr Bewegungssehen besser ist als das aller anderen deutschen Tischtennis-Profis. Wie wichtig ist diese Fähigkeit für den Tischtennispieler?

Timo Boll: Man hat bei mir ja neben einer hervorragenden Sehschärfe eine Bewegungssehleistung ermittelt, die ca. 20 Prozent besser ist als die anderer

Nationalmannschaftskollegen. Das ist sicher ein Topwert, obwohl – wie mir Fachleute versicherten – es sogar noch höhere Werte geben soll. Gutes Sehen ist im Tischtennis natürlich von enormer Bedeutung. Denn: Ein kleiner Ball, große Nähe der Kontrahenten und nicht immer die besten Luftverhältnisse in den Spielhallen müssen kompensiert werden.

Zudem hat die gute Sehfähigkeit auch Auswirkungen auf das Antizipieren. Man muss nämlich die kleinsten Körperbewegungen des Gegners erkennen und dann richtig deuten. Da gibt es einen Zusammenhang zwischen der Sehleistung, dem Bewegungssehen und präzisen Schlägen. Ich beschreibe ein Beispiel: Bei meiner Topspin-Vorhand streift der Ball den Belag nur ganz fein. Dafür muss ich den Ball mit den Augen exakt verfolgen, damit ich den Schlag ganz genau timen kann. Denn nur so bekommt der Ball die Rotation, die mich als Linkshänder besonders gefährlich macht.

ZPA: Das eine ist, den Ball zu verfolgen, seine Flugbahn einzuschätzen und den gegnerischen Schlag letztlich gut zu kontern. Die andere Sache ist der Gegner, den man im Auge behalten und dessen Reaktionen man einschätzen können muss. Was wiegt dabei mehr, das gute Sehvermögen oder eine langjährige Erfahrung?

Timo Boll: Letztlich ist man ja erst einmal für sich selbst verantwortlich. Also konzentriere ich mich darauf, meinen Schlag perfekt auszuführen. Aber natürlich muss man den Gegner auch ständig im Blick behalten und beobachten. Man muss seine Absichten praktisch mit den Augen „lesen“. Denn die Aktionen des Kontrahenten vorauszuahnen, ist bei den blitzschnellen Ballwechseln der einzige Weg zum Erfolg.

ZPA: Die Tischtennis-Profis unterziehen sich regelmäßig gründlichen Augenchecks. War das eine Idee des Deutschen

Tischtennisbundes? Welche genauen Erfahrungen und Überlegungen stecken dahinter?

Timo Boll: Das kommt mit Sicherheit vom DTTB. Der Verband hat hier kompetente Partner gesucht. Meines Wissens sind die Augenchecks sogar Teil eines wissenschaftlichen Betreuungsprojekts*, gefördert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Bonn (BISp).

ZPA: Kann man im Bereich der Sehleistung eine Art „Anforderungskatalog“ für den Profitischtennispieler erstellen? Was zeichnet hier einen guten Spieler aus?

Timo Boll: Grundvoraussetzung eines leistungsorientierten Tischtennispielers ist sicher eine gute Sehschärfe, damit ihm nichts entgeht. Denn der Ball und der Werbeaufdruck sind verdammt klein. Um den Ball im richtigen Moment an der richtigen Stelle präzise treffen zu können, muss ich den Gegner, seine Bewegungen und den Ballflug richtig „lesen“. Dabei helfen mir eine gute Bewegungswahrnehmung und ein gutes räumliches Sehen, denn ich muss einschätzen, wo ich den Ball optimal treffe. Dafür müssen beide Augen leistungsstark sein und gut zusammenarbeiten.

ZPA: Welche der geforderten Fähigkeiten sind angeboren/unveränderlich, welche kann man durch Training verbessern?

* Dr. Gernot Jendrusch (Ruhr-Universität Bochum) und Prof. Dr. Bernd Lingelbach (Institut für Augenoptik Aalen) sowie ihre Mitarbeiter erstellen für jeden Spieler und jede Spielerin ein visuelles Leistungsprofil. Dabei prüfen sie, ob gegebenenfalls irgendeine Fehlsichtigkeit vorliegt: Sie untersuchen u. a. die Brechkraft der Augen (Refraktion), testen die Sehschärfe, das Kontrast- und Stereosehen, das Tiefensehvermögen, die Bewegungswahrnehmung, das Gesichtsfeld, die Augendominanz und auch das Farbsehvermögen. Wenn eine Fehlsichtigkeit oder Defizite in der Sehleistung festgestellt werden, verweisen die Wissenschaftler die Sportler an ausgewiesene – auch sportkompetente – Fachärzte und versierte Augenoptiker bzw. Kontaktlinsenspezialisten.

Timo Boll: Ich bin zwar kein Augenexperte, aber soweit ich weiß, ist eine Fehlsichtigkeit oft vererbt, aber ja meist ganz gut durch Kontaktlinsen oder eine Sportbrille kompensierbar. Das Bewegungssehen kann man trainieren und die Wahrnehmung insgesamt durch Üben schulen.

Timo Boll

- Geboren am 8. März 1981 in Erbach im Odenwald.
- Mit 4 Jahren kommt er zum Tischtennis.
- Ab 1986 spielt er auf Vereinebene,
- mit 8 Jahren wird er vom hessischen Landestrainer entdeckt und gefördert,
- mit 14 Jahren trägt er zusammen mit Frank Klitzsch den Titel des jüngsten Spielers der Bundesliga.
- Erfolge feiert Timo Boll bei den Schüler-Europameisterschaften in Den Haag 1995, bei denen er dreimal Gold gewinnt.
- Nach dem zweiten Platz in seiner ersten EM der Jugendklasse 1996, gewinnt er in den beiden folgenden Jahren den Titel im Einzel und weitere Medaillen im Doppel und mit der Mannschaft.
- Seinen ersten Erfolg in der Allgemeinen Klasse feiert Boll mit dem Halbfinaleinzug im Doppel der internationalen italienischen Meisterschaften 1997 zusammen mit Steffen Fetzner.
- Seinen ersten Wettkampf in Diensten der Deutschen Nationalmannschaft bestreitet er beim Europaliga-Match gegen Polen, in dem er sein Einzel und Doppel gewinnt.

In den folgenden Jahren arbeitet sich Boll in die absolute Weltspitze vor. Seither konnte er anhaltend zahlreiche Erfolge auf nationaler und internationaler Ebene verbuchen. In der aktuellen Weltrangliste steht er auf „Position 6“ (Stand Mai 2008). Timo Boll ist Linkshänder und spielt, wie für Europäer gewöhnlich, mit der Shakehand-Schlägerhaltung. Sein Spezialschlag ist der Vorhand-Topspin.

ZPA: Wer hat Ihnen den Tipp mit dem Werbeaufdruck gegeben oder war es einfach nur Intuition?

Timo Boll: Das war mehr eine Zufallserkenntnis. Irgendwann habe ich festgestellt, dass ich den Aufdruck und die Verschiebung der Schrift, wenn der Ball rotiert, gut erkenne. Wobei mir hier die Bälle meines Ausrüsters Butterfly durch den größeren Stempel entgegenkommen.

ZPA: China ist traditionell die Großmacht im Tischtennis. Wie viel Respekt flößen Ihnen die asiatischen Gegner ein? Welche Tricks haben die Chinesen auf Lager?

Timo Boll: Natürlich habe ich Respekt. Den habe ich aber auch vor meinen europäischen oder den anderen asiatischen Kontrahenten. Aber Angst habe ich keine. Nicht zuletzt bei meinem mehrwöchigen Chinaaufenthalt im Sommer 2006 habe ich erkannt, dass die Chinesen zwar sicherlich härter „arbeiten“, aber letztlich eben auch nur mit Wasser kochen.

ZPA: Haben Sie einen „Lieblingsgegner“ aus dem chinesischen Kader?

Timo Boll: Ma Lin ist es – wenn man sich das head-to-head anschaut – sicherlich nicht.

ZPA: Wer ist derzeit Ihr größter Konkurrent und welche Chancen rechnen Sie sich bei den bevorstehenden Olympischen Spielen aus?

Timo Boll: Mein größter Konkurrent bin ich selbst. Wenn ich bis zu den Olympischen Spielen topfit bleibe und gut trainieren kann, traue ich mir einiges zu. Ich schaue mehr auf mich selbst als auf andere.

ZPA: Wir wünschen für Peking und Ihre weiteren Ziele viel Erfolg!

ZPA



Leistungen des visuellen Systems im Sport

von G. Jendrusch

Bewegungshandlungen und Bewegungslernen werden maßgeblich durch Wahrnehmungs- und Sinnesleistungen beeinflusst. Ohne Wahrnehmung gäbe es weder situationsadäquate Orientierungs- und Entscheidungsgrundlagen noch Wissen über den Verlauf und das Ergebnis von Bewegungshandlungen. Von der Vielzahl der unter sinnesphysiologischem Aspekt relevanten Einflussfaktoren auf die Bewegungskoordination, das Bewegungslernen, die sportliche Leistung, aber auch deren Bewertung, kommt dem visuellen System im Sport ein besonderer Stellenwert zu. Die visuelle Wahrnehmung dient im Sport zur Orientierung im Raum, zum „vorausschauenden“ Erkennen z. B. von Gefahrensituationen und Fremdbewegung(en), zur Kontrolle der Eigenbewegung sowie zur Bewegungsbeobachtung und -beurteilung [13, 32]. Visuelle Teilleistungen wie Sehschärfe, peripheres Sehen, Bewegungssehen oder Tiefensehen sind isoliert messbar. Darauf aufbauend können multifaktorielle visuelle Anforderungs- und Leistungsprofile für einzelne Sportarten erstellt werden [12].

Zentrales versus peripheres Sehen

Zentrales und peripheres Sehen haben für die Aufgabenbewältigung im Sport eine große Bedeutung. So müssen in den Sportspielen über das „unscharfe“ periphere Sehen Mitspieler- bzw. Gegenspielerbewegungen „kontrolliert“ und mit Eigenbewegung(en) koordiniert werden, um z. B. einen Tempogegenstoß im Handball erfolgreich abschließen zu können. Detailinforma-

tionen, z. B. über die Griffhaltung des Tennisgegners, liefert das zentrale foveale Sehen, das durch eine hohe Auflösungsleistung gekennzeichnet ist [9, 24, 28]. Bei der Bewegungsbeurteilung, z. B. durch Kampfrichter oder Schiedsrichter, liegen häufig sog. synchronoptische Sehanforderungen vor [7, 8]. Das bedeutet, dass simultan an verschiedenen Orten im peripheren Gesichtsfeld dargebotene Einzelobjekte/-ereignisse auch gleichzeitig präzise erfasst werden sollten/müssen. Dies gilt z. B. für die Beurteilung der Regelkonformität eines Tennisaufschlages durch den Fußfahrlrichter: Fuß-Boden-Kontakt im Spielfeld erst nach Ballkontakt auf der Schlagfläche. V. Gralla konnte zeigen, dass im Mittel von Linienrichtern/Fußfahrlrichtern rund 30 % der in Feldstudien dargebotenen Aufschlagsituationen falsch beurteilt wurden, d. h., Fußfehler wurden entweder nicht erkannt oder regelkonforme Aufschläge als Fußfehler gewertet (Abbildung 1) [7].

Beurteilungsleistung:

Je kritischer die Entscheidungssituation, desto mehr Fehler werden gemacht

Die Beurteilungsleistung nahm mit steigender Anforderung, d. h. kürzerer Zeitdifferenz zwischen dem Ball-Schläger-Kontakt und dem Fuß-Boden-Kontakt, signifikant ab (Abbildung 1). Mit anderen Worten: Je „kritischer“ die dargebotene Entscheidungssituation, desto mehr Fehler wurden von den Linienrichtern gemacht. Die Fehlerquote lag bei Zeitdifferenzen von unter 20 ms im Mittel bei rund 45 % und damit im Bereich der „Ratewahrscheinlichkeit“. Die visuelle Leistungsfähigkeit – bzw. die Wahrnehmungsleistung insgesamt – stößt bei diesen (meist regelbedingten) synchronoptischen Sehanforderungen häufig an ihre Grenzen. So ist z. B. bei der Abseitsentscheidung im Fußball schon aufgrund der Beobachtungsperspektive des Schiedsrichterassistenten an der Seitenlinie und der daraus resultieren-

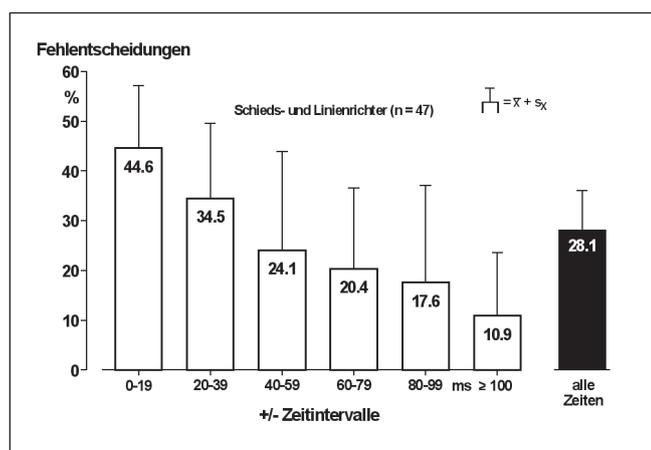


Abbildung 1: Beurteilungsleistung von Fußfahrlrichtern im Tennis (nach Gralla 2008; [7])



G. Jendrusch: Leistungen des visuellen Systems im Sport

den „verzerrten“ retinalen Projektion der zu beurteilenden (Regel-)Kriterien mit systematischen Beurteilungsfehlern zu rechnen [34]. Untersuchungen zur Beurteilung der Regelkonformität in ähnlichen Beurteilungssituationen, z. B. beim Handball-Sprungwurf (mit Bodenkontakt im Wurfkreis), zeigen,

dass Schiedsrichter aufgrund der Unmöglichkeit, beide Ereignisse gleichzeitig foveal und damit scharf zu erfassen, nur in rund 50-60% der Fälle richtig entscheiden [7, 17]. Für Blicksprünge (Sakkaden), d. h. den schnellen Transport der Fovea, ist bei derartigen Beurteilungsaufgaben aufgrund

des nahezu simultanen Ablaufes der zu beurteilenden Teilbewegungen/Kriterien keine Zeit. Dies geht schon aus den Latenzzeiten von (Initial-)Sakkaden hervor, die – in Abhängigkeit von der Exzentrizität des Fixationsziels – ca. 200-250 ms betragen. Bei Antizipierbarkeit (Vorhersagbarkeit) des Fixati-

Tabelle 1: Begriffsbestimmung/Definitionen/Messverfahren

Begriff	Definition	Messverfahren
Räumliches Auflösungsvermögen = (Statische) Sehschärfe Foveale Sehschärfe = Visus	Fähigkeit, zwei räumlich sehr nah benachbart präsentierte Reize noch als Einzelreize erkennen zu können	Sehprobentafel, Sehtestgerät, Sehzeichenprojektor, u. a. (Optotypen = Landolt-Ringe)
Zeitliches Auflösungsvermögen	Fähigkeit, kurz hintereinander auf der Retina eintreffende Reize auch als zeitlich unabhängig wahrzunehmen	z. B. Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF), d. h. der Frequenzschwelle, ab der intermittierend dargebotene Lichtreize nicht mehr als unterbrochen wahrgenommen werden, sondern der Eindruck eines kontinuierlich leuchtenden Lichtes entsteht
Räumliches Sehen/Tiefensehen		
■ Stereosehen (binokulares, beidäugiges Sehen)	Binokularer Seheindruck mit räumlicher Tiefenwahrnehmung auf Grundlage der Querdisparation	Haploskopische Testverfahren (z. B. TNO-Test, Titmus-Wirt-Test) sowie natürliche Testverfahren (Drei-Stäbchen-Test nach HELMHOLTZ), mit deren Hilfe der Stereogrenzwinkel (Tiefensehschärfewinkel) bestimmt wird
■ Monokulares (einäugiges) Tiefensehvermögen	Räumliche Tiefenwahrnehmung durch Nutzung von monokularen Tiefenkriterien (z. B. Bewegungsparallaxe, perspektivische Verkürzungen, Linienüberschneidungen, scheinbare Gegenstandsgröße)	
Bewegungssehen = dynamisches Sehen		
■ Afferentes Bewegungssehen	Retinale Bildwanderung, die ein sich bewegendes Objekt/Bild auf der Netzhaut erzeugt (=Perzeption)	Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (WIST-Test) [50]
■ Efferentes Bewegungssehen	Aktive Exploration und das „Einfangen“ und „Verfolgen“ sich bewegnender Objekte durch koordinierte Augen- und Kopf- wie auch Körperbewegungen, vor allem dann, wenn Details des sich bewegnenden Objektes identifiziert werden sollen.	Messapparatur zur Bestimmung der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit [12, 47]; Elektrookulographie (EOG)
Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (Kombination aus afferenten und efferenten Komponenten des Bewegungssehens)	Fähigkeit, ein Sehobjekt bestimmter Größe mit konstantem „kritischen Detail“ bei möglichst hohen Winkelgeschwindigkeiten korrekt zu „orten“ (die koordinative Leistungsfähigkeit der Augenmuskulatur – und nicht die räumliche Auflösungsleistung – steht im Vordergrund [12, 47]).	Messapparatur zur Bestimmung der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit [12, 47]



onsziels kann die Latenzzeit auf bis zu 80 ms verringert werden [28, 32, 40 u. a.]. Unabhängig von der situationsbezogen mehr oder weniger „optimalen“ Blickperspektive, stellt die unzureichende periphere Sehleistung schon aufgrund der gestellten Beurteilungsaufgabe (z. B. „Abseits“ als Simultankriterium; s. o.) eine weitere systematische wahrnehmungsphysiologische Fehlerquelle dar. H. Plessner und E. Schallies untersuchten die Beurteilungsleistung von Kampfrichtern im Kunstturnen bei der Bewertung von Winkelstellungen am Beispiel „Kreuzhang an den Ringen“ und belegen, dass selbst erfahrene Kampfrichter durch ungünstige Blickperspektiven in ihrer Beurteilungsleistung beeinträchtigt werden [37]. Kampfrichter- und Schiedsrichterurteile sind ferner immer auch soziale Urteile, bei denen Interaktionen zwischen Beurteilten und Beurteilern sowie weitere soziale Einflussfaktoren, z. B. der sogenannte Heimvorteil, aber auch die Interaktion mit Spielern, Trainern und Zuschauern, eine wichtige Rolle spielen [36, S. 134].

**Zeitliches Auflösungsvermögen:
Netzhautperipherie wird gegenüber der Fovea bei der Informationsverarbeitung bevorzugt behandelt**

Unterschiede zwischen zentralem und peripherem Sehen können am Beispiel der räumlichen und zeitlichen Auflösung aufgezeigt werden: Das räumliche Auflösungsvermögen (Sehschärfe) kennzeichnet die Fähigkeit, zwei räumlich sehr nah benachbart präsentierte Reize noch als Einzelreize erkennen zu können. Die Sehschärfe an der Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut, der Fovea centralis, wird als Visus bezeichnet. Außerhalb der Fovea verringert sich die Sehschärfe im Bereich der Gesichtsfeldperipherie aufgrund der abnehmenden Sensordichte (Zapfen), der Signalkonvergenz (größere rezept-

tive Felder) sowie der sphärischen Aberration etc. rapide.

Das zeitliche Auflösungsvermögen des visuellen Systems ist durch die Fähigkeit gekennzeichnet, kurz hintereinander auf der Retina eintreffende Reize auch als zeitlich unabhängig wahrzunehmen. Es kann z. B. durch Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) erfasst werden. Als Flimmerverschmelzungsfrequenz wird die Frequenzschwelle bezeichnet, ab der intermittierend dargebotene Lichtreize nicht mehr als unterbrochen wahrgenommen werden, sondern der Eindruck eines kontinuierlich leuchtenden Lichtes entsteht [33, 49].

Aufgrund der relativ geringen zeitlichen Auflösungsleistung des visuellen Systems können schnelle oder nur kurz dargebotene Ereignisse, wie z. B. der Ballkontakt auf der Schlagfläche oder der Ball-Bodenkontakt im Bereich der Linie im Tennis (beide Vorgänge vollziehen sich in weniger als 10 ms), nur „interpolierend“ wahrgenommen werden. Das heißt, die Ballbewegung wird zwar nur punktuell „abgetastet“, aber „kontinuierlich wahrgenommen“. Die Netzhautperipherie wird gegenüber der Fovea bei der Informationsverarbeitung bevorzugt behandelt – auch, weil das zeitliche Auflösungsvermögen in der Gesichtsfeldperipherie deutlich höher ist als zentral. Taucht z. B. in der Peripherie plötzlich ein Objekt oder eine Bewegung auf, wird die zentrale Wahrnehmung zugunsten der Informationen aus der Peripherie „unterdrückt“, und die Aufmerksamkeit wird auf das neue Objekt gelenkt. Dabei erfolgt reflektorisch eine Neuorientierung von Kopf und Augen (mit Hilfe der Augenbewegungen) auf das zu analysierende Objekt. Danach kann das bessere räumliche Auflösungsvermögen des zentralen Sehens zur Analyse der Situation genutzt werden. Der Wahrnehmende orientiert sich also nicht durch sukzessive Aufnahme fo-

vealer Informationen. Er bedient sich ständig der in der Gesichtsfeldperipherie aufgenommenen Informationen, um sich im Raum zu orientieren und selektiv (durch Aufmerksamkeitslenkung) und/oder reflektorisch neue Fixationsorte aufzusuchen.

Ein Fünftel der Spitzensportler wird als fehlsichtig eingestuft

Erhebungen in verschiedenen Sportarten zeigen, dass rund 30 % aller Sporttreibenden ihren Sport fehlsichtig, d. h. ohne eigentlich erforderliche Sehhilfe oder mit unzureichender Korrektur, ausüben. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für den Leistungssportbereich. So müssen rund 20 % der im Rahmen von visuellen Leistungsdiagnostiken untersuchten Spitzensportler(innen) als fehlsichtig eingestuft und in Folge mit einer adäquaten Korrektur ausgestattet werden [12, 15, 43]. Derartige Fehlsichtigkeiten entwickeln sich oft über Jahre hinweg und werden von den Betroffenen häufig erst sehr spät erkannt bzw. auch gerne verdrängt – Wahrnehmung ist eben subjektiv! Oft liegt der letzte Sehtest bzw. Augenarztbesuch Jahre zurück, weil die Bedeutung „Guten Sehens“ im Vergleich zu anderen Körperfunktionen, z. B. der des Herz-Kreislauf-Systems, unterschätzt wird. Und so werden vorhandene Defizite gar nicht erkannt bzw. oft erst spät diagnostiziert.

Erhebliche Visusminderungen führen aber selbst beim Vorliegen automatisierter Bewegungsabläufe zu koordinativen und damit technomotorischen Verschlechterungen [24, 30, 42].

Für den einzelnen Sportler sind möglichst hohe Sehschärfewerte zu fordern

Auf der anderen Seite zeigen zahlreiche Studien, dass künstlich herbeigeführte beidäugige Reduktionen der Sehschärfe unabhängig vom Leistungsniveau die

Präzision der Auge-Hand-(Schläger)-Koordination z. B. im Basketball, Tennis oder Tischtennis (Abbildung 2) nur unwesentlich beeinflussen [1, 12, 30]. Das heißt, die Ballflugkurve kann – zumindest in isolierten Spielsituationen bzw. bei Zuspiespiel des Balles mit einer Ballmaschine – trotz deutlicher Sehschärfeminderung noch so gut „gelesen“ werden, dass die Auge-Hand-(Schläger)-Koordination funktioniert (Abbildung 2). Da die Sehschärfe aber als Grundvoraussetzung auch andere visuelle Teilleistungen (z. B. das Tiefensehvermögen und die Dämmerungssehschärfe) beeinflusst, und in spiel/sporttypischen Situationen meist höhere Anforderungen an die Detailwahrnehmung gestellt werden – so kann z. B. das Erkennen der Ballnaht auf dem Tennisball oder der Schrift auf dem Tischtennisball und deren Verschiebung Rückschlüsse auf die Drallrichtung erlauben [12, 28] –, sind individuell dennoch möglichst hohe Sehschärfewerte zu fordern.

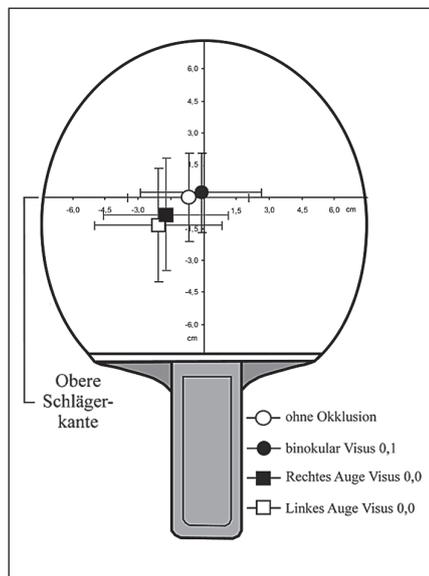


Abbildung 2: Treffpunkte auf der Schlagfläche beim Rückhand-Slice im Tischtennis mit artifiziellen Visusreduktionen [30]

V. Senner et al. zeigen zudem in Feldversuchen Reaktionszeitverlängerungen durch artifizielle Visusreduktionen in gefahrenrelevanten Situationen beim Skifahren auf und dokumentieren damit auch die unfallprophylaktische Bedeutung guten Sehens [44]. Konsequenz kann also nur sein, dass Sportler schon aus unfallprophylaktischen Gründen regelmäßig ihre Sehleistung beim Augenarzt oder Augenoptiker überprüfen lassen sollten, damit frühzeitig Defizite erkannt und ggf. mit (Sport-)Brille oder Kontaktlinsen korrigiert werden können.

Fazit:
Häufung extrem hoher Visuswerte und Tendenz zu besserem peripheren Sehen bei Spitzensportlern

Bei synoptischer Betrachtung vorliegender Untersuchungen zur Sehschärfe Sporttreibender werden im Trend und zum Teil auch signifikant höhere Visuswerte bei Sportlern im Vergleich zu „Nicht-Sportlern“ – bzw. Häufungen von extrem hohen Visuswerten (z. T. über Visus 3,0) bei Spitzensportler(inne)n – beschrieben [3, 12, 16, 21, 28, 32].

Eine neuere eigene Studie zeigt, dass Profifußballer mit einem mittleren Visus von $2,10 \pm 0,42$ eine signifikant bessere beidäugige Sehschärfe für die Ferne erreichen als (tieferklassige) Freizeitspieler ($1,86 \pm 0,39$; $2p = 0,028$) [16]. Hohe Visuswerte und interindividuelle Visusunterschiede sind aber nicht nur optisch (durch die Hornhautform etc.) begründet, sondern vielmehr auch durch Unterschiede in der Sensorendichte auf der (fovealen) Netzhaut sowie in der neuronalen Verarbeitung [9, 21].

Im Bereich des peripheren Sehens ist eine Tendenz zum größeren Gesichtsfeld des Athleten – besonders in Spilsportarten – im Vergleich zum Untrai-

nieren [45] bzw. zu einer verbesserten funktionellen Ausschöpfung bzw. Nutzung des Gesichtsfeldes erkennbar [7, 8, 25, 41]. Periphere Gesichtsfeldausfälle rufen im Sport Leistungseinbußen (z. B. bei der Gleichgewichtsregulation) hervor, die zudem stärker sind als bei vergleichbaren zentralen Ausfällen. In der Lernphase einer Bewegung/Fertigkeit eingetretene Gesichtsfeldausfälle wirken sich oft leistungsmindernd aus als solche nach Abschluss der Lernphase [24, 43]. Umweltreize und sensorische Informationen aus dem Körperinneren werden in der Lernphase bewusster verarbeitet als nach der „Automatisierung“ einer Bewegung. Je höher der Grad der „Automatisierung“, desto mehr kann auf bereits „neuronalvernetzte Informationen“ (und vorhandene „Bewegungsprogramme“) zurückgegriffen werden.

Der Einfluss des peripheren Sehens (sowie der Gesichtsfeldausdehnung bzw. des Gesichtsfeldes) auf die Qualität der Gleichgewichts- und Bewegungsregulation ist unstrittig [35, 46 u. a.].

Räumliches Sehen

Die Qualität des räumlichen Sehens (Tiefensehen) ist in vielen Sportarten leistungsbeeinflussend. Das gilt u. a. für das richtige Abschätzen von Entfernungen (Distanz zur Slalomstange oder zum Weitsprungbalken, „time-to-contact“-Information [vgl. 20]).

Das räumliche Sehen basiert auf einer Reihe von binokularen und monokularen Leistungen des visuellen Systems. Bis zu Entfernungen von rund 6–10 m ist die Beidäugigkeit für das räumliche Sehen von besonderer Bedeutung (Stereosehen). Aus geometrisch-optischen Gründen entsteht bei der Betrachtung dreidimensionaler Objekte im Raum eine horizontale Differenz zwischen den Abbildungen der



Objekte auf den Retinae des linken und rechten Auges (Querdisparation). Neben den Disparitätsanteilen werden zusätzlich Informationen z. B. aus Vergenzbewegungen und Akkommodationsvorgängen für das Tiefensehen mitverrechnet. Mit zunehmender Entfernung kommt, aufgrund der Verringerung der Querdisparation, den sogenannten monokularen Tiefenkriterien – z. B. Bewegungsparallaxe, perspektivische Verkürzungen, Linienüberschneidungen, scheinbare Gegenstandsgröße – situationsbedingt zunehmende Bedeutung zu. Die Fähigkeit zum Tiefensehen basiert also auf der Güte der optischen, sensorischen und motorischen Kooperation der Augen sowie der Funktionsfähigkeit der nachgeschalteten Verarbeitungsebenen.

Zusammenhänge zwischen der Tiefenwahrnehmung und der sportlichen Leistungsfähigkeit

Die Wichtigkeit des Tiefensehvermögens im Sport kann aufgezeigt werden, wenn künstlich die Beidäugigkeit aufgehoben wird (z. B. durch Abdecken eines Auges) oder aber die Sehschärfe eines Auges mit Hilfe von Okklusionsfolien stark reduziert und damit das räumliche Sehvermögen vor allem im Nahbereich beeinträchtigt wird. Untersuchungen im Tennis und Tischtennis zeigen, dass selbst Spitzenspieler aufgrund der auf diese Weise verschlechterten Tiefen-/Entfernungseinschätzung den Ball nur schlecht auf der Schlagfläche treffen und ihn unpräziser im gegnerischen Feld platzieren. Bei künstlich herbeigeführter funktioneller Einäugigkeit und damit ausgeschaltetem stereoskopischen Sehen sind entsprechend stärkere Leistungseinbußen zu verzeichnen (Abbildung 2) [12, 30]. Ferner konnten Zusammenhänge zwischen der Zielschlagpräzision im Tennis und der Qualität

des Stereosehens sowie der Sehschärfe nachgewiesen werden [28, S. 152ff.; 29, S. 232f.]. In Bezug auf mögliche Zusammenhänge zwischen der Tiefenwahrnehmung und der sportlichen Leistungsfähigkeit zeigt sich aber insgesamt ein heterogenes Bild: So finden R. McGee et al. in einer Studie mit 7-jährigen Kindern signifikante Zusammenhänge zwischen dem Tiefensehvermögen und der motorischen Leistungsfähigkeit in verschiedenen sportmotorischen Tests, z. B. Standweitsprung und Balancieren mit offenen bzw. geschlossenen Augen [26]. Auf der anderen Seite ergeben sich keine korrelativen Zusammenhänge z. B. zur (Frei-)Wurfleistung im Basketball [2] oder zur Spielstärke im Football [4]. Untersuchungen von H. Müller et al. [31] und G. Jendrusch et al. [18] zeigen, dass Volleyballspieler hohen Leistungsniveaus zumindest im Trend kleinere Stereogrenzwinkel (Tiefensehschärfewinkel) – und damit ein besseres Tiefensehvermögen – erzielen als Volleyballspieler niedrigeren Spielniveaus. Sportler mit fehlendem stereoskopischen Sehen sind in vielen Sportarten wie z. B. Tennis oder Badminton „gehandicapt“. Sportarten wie z. B. Boxen und Fechten sind für diese Sportler – schon aufgrund der potenziellen Unfall- und Verletzungsgefahr – eher ungeeignet. Ohne stereoskopisches Sehen ist es unmöglich, Entfernungen – speziell im Nahbereich – präzise einzuschätzen [12, 28, 30, 38].

Bewegungswahrnehmung – Bewegungssehen

Für den sportlichen Erfolg spielt das Bewegungssehen (Dynamisches Sehen) zweifellos eine bedeutende Rolle, insbesondere in den schnellen Sport- und Rückschlagspielen [5, 12, 16, 47]. Dynamisches Sehen beschreibt dabei zum einen die Leistungsfähigkeit des

Sehens bei konjugierten Augenbewegungen. Damit sich bewegende Objekte deutlich abgebildet werden können, müssen sie durch koordinierte Augen- und Kopfbewegungen im Bereich der Fovea centralis gehalten werden (efferentes Bewegungssehen; s. u.). Auslösender Reiz für das blickmotorische „Einfangen“ und „Verfolgen“ des sich bewegenden Objektes ist dagegen die retinale Bildwanderung, die das sich bewegende Objekt auf der Netzhaut erzeugt. Das über retinale Bildwanderung vermittelte afferente Bewegungssehen ist eine weitere, zur blickmotorischen Sehleistung hinzukommende Form des dynamischen Sehens [5, 12, 15].

Afferentes Bewegungssehen

Während das durch die Blickmotorik gestützte efferente Bewegungssehen bereits verschiedentlich im Kontext sportlicher Leistungen untersucht wurde, gilt dies weit weniger für das von der Blickmotorik unabhängige, afferente Bewegungssehen.

In einer ersten sportbezogenen Studie zum afferenten Bewegungssehen wurde die dynamische Sehleistung bei insgesamt 152 männlichen Hochleistungssportlern (29 Baseballspieler, 56 Fußballspieler und 67 Hockeyspieler; Mitglieder der deutschen Nationalmannschaft bzw. der 1. und 2. Bundesliga) mit WISTs Dynamischem Sehtest [50] bestimmt und mit altersentsprechenden Referenzwerten von Nicht- bzw. Freizeitsportlern verglichen [5].

Bei WISTs Dynamischem Sehtest wird das Sehzeichen, ein Landolt-Ring, PC-gestützt auf einem Bildschirm in einem Zufallspunktemuster für kurze Zeit dadurch sichtbar, dass sich die Bildpunkte innerhalb des Sehzeichens durch Bewegung kurzfristig vom ruhenden Umfeld abheben. Durch diese dynamische Figur-Grund-Abhebung entsteht

eine kinetische Figur („form from motion“) vergleichbar einer Enttarnung durch Bewegung (Beispiel: „Hase im Feld“). Wie beim herkömmlichen Landolt-Test besteht die Aufgabe darin, die jeweilige Öffnungsrichtung (links, rechts, oben, unten) des allerdings nur durch kontrastive Bewegung sichtbar werdenden Ringes anzugeben. Die Sehanforderungen werden durch die Anzahl der bewegten Bildpunkte von 100 % (leichteste) über 50 % und 30 % bis 20 % (schwierigste) Sehbedingung variiert [5, 50].

Dabei zeigte sich eine bessere afferente dynamische Sehleistung bei Baseball- und Hockeyspielern (mit 87,3 und 83,3% richtigen Antworten), während die Fußballspieler sich in ihrer Sehleistung nicht von der Bezugsgruppe (Referenz) unterschieden (81,7 bzw. 81,9%; Abbildung 3).

In Bezug auf die Referenzgruppe wie auch zu den Fußballern ergab sich für die Baseballspieler eine signifikant höhere afferente dynamische Sehleistung um 6,6% ($p < 0,05$), während sich keine Unterschiede hinsichtlich der parallel untersuchten statischen Seh-

schärfe ergaben (Visuswerte im Mittel zwischen 2,03 und 2,11; $p > 0,70$). Dieses Ergebnis belegt also einen Zusammenhang zwischen afferenter dynamischer Sehleistung und der Sportartzugehörigkeit und gibt somit einen ersten Anhaltspunkt für weitere spezifische Anwendungen und differenzierte Erhebungen dynamischer Sehfunktionen [5].

Bewegungssehen ist nicht gleich Bewegungssehen

Das Bewegungssehen dient wesentlich der Handlungssteuerung und benötigt, wie bereits oben erwähnt, neben Perception (afferentes Sehen) auch die aktive Exploration und das Verfolgen sich bewegender Objekte durch Augen- und Kopf- wie auch Körperbewegungen (efferentes Bewegungssehen), vor allem dann, wenn Details des sich bewegenden Objektes identifiziert werden sollen.

Die Blickmotorik ermöglicht, sich bewegende Objekte im Gesichtsfeld foveal zu erfassen und bei geringeren Objektgeschwindigkeiten bis rund 50-

100°/s kontinuierlich mit den Augen zu verfolgen (gleitende Augenfolgebewegungen). Die bei höheren Objektgeschwindigkeiten resultierende retinale Bildwanderung ist Grundlage für den Einsatz von Sakkaden, d. h. ruckartigen Blicksprüngen. Über den (blickamplitudenabhängig) bis zu 600-700°/s schnellen Blicksprung erfolgt wiederum eine möglichst präzise Annäherung an das sich bewegende Sehobjekt.

Während der sakkadischen Augenbewegung selbst ist die Informationsaufnahme beeinträchtigt (sakkadische Suppression). Informationen zur Detailwahrnehmung gehen erst wieder ein, wenn ein neuer Fixationspunkt anvisiert wird oder das sich bewegende Objekt mit Hilfe einer Augenfolgebewegung kontinuierlich „eingefangen“, foveanah abgebildet und „begleitet“ werden kann. Daher ist es wenig Erfolg versprechend, z. B. bei der Beurteilung eines Bewegungsablaufes durch den Trainer, möglichst viele Sakkaden einzusetzen, um alle relevanten Beobachtungsmerkmale abzutasten. Zur Minimierung der Sakkaden können antizipatorisch (also „voraus-

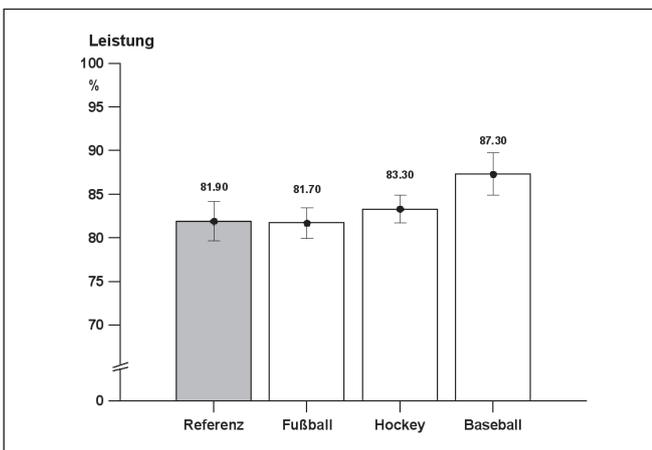


Abbildung 3: Dynamische (afferente) Sehleistung im spezifischen Zusammenhang zur jeweiligen Sportanforderung [5]

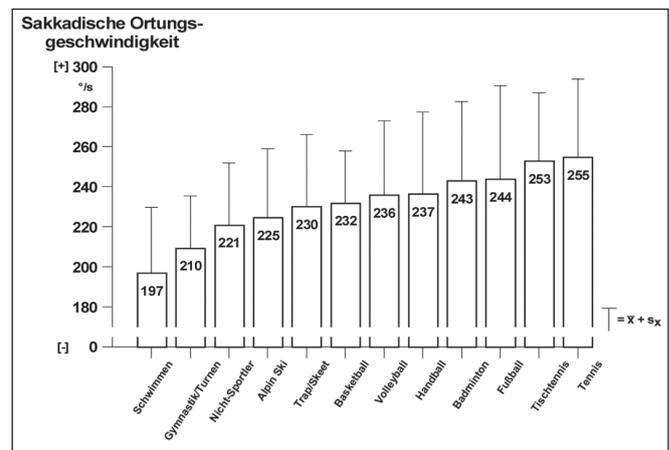


Abbildung 4: Dynamische Sehleistung als Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (efferente Bewegungswahrnehmung) im spezifischen Zusammenhang zur jeweiligen Sportanforderung [12, 14, 16, 18, 19 u. a.]



schauend“) festzulegende Blickstrategien hilfreich sein [47, S. 261], d. h. der Beobachter legt im Vorfeld der Bewegungsbeobachtung fest, welche Fixationsorte (und folglich Beobachtungsschwerpunkte) er in den einzelnen Phasen der Bewegung „visuell abtasten“ und im Anschluss beurteilen will.

Wichtig ist die Fähigkeit, Sehobjekte bei hohen Winkelgeschwindigkeiten korrekt zu „orten“

Ein Parameter für die Leistungsfähigkeit des efferenten Bewegungssehens ist die „dynamische Sehschärfe“: sie repräsentiert das räumliche Auflösungsvermögen des Auges (den Visus) für sich bewegende Objekte [23].

Sportnäher – vor allem in Bezug auf die hohen Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten in den schnellen Spielen – ist es jedoch, jene Fähigkeit des optischen Systems zu ermitteln, ein Sehobjekt bestimmter Größe mit konstantem „kritischen Detail“ bei möglichst hohen Winkelgeschwindigkeiten korrekt zu „orten“ (sakkadische Ortungsge-

schwindigkeit). Dabei steht also weniger das räumliche Auflösungsvermögen (die Sehschärfe) als vielmehr die koordinative Leistungsfähigkeit der Augenmuskulatur (die Blickmotorik) im Vordergrund [12, 47].

Zur Ermittlung der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit werden (bei fixiertem Kopf) Landolt-Ringe mit schrittweise gesteigerter Winkelgeschwindigkeit von links nach rechts über eine bogenförmige Leinwand bewegt. Unter standardisierten Beleuchtungsbedingungen und bei einer relativ geringen Visusanforderung der dargebotenen Sehzeichen (Visus 0,1) gilt schließlich diejenige Winkelgeschwindigkeit als Schwellenwert, bei der 80% der Sehzeichen noch korrekt erkannt werden [47].

Eigene Untersuchungen [12, 14, 16, 18, 19] an Spitzensportlern zeigen, dass Rückschlagspieler (z. B. Tennisspieler) eine deutlich höhere sakkadische Ortungsgeschwindigkeit als Sportler aus den Mannschafts-Sportspielen (z. B. Handball), den Individualsportarten (z. B. Alpin-Ski, Schwimmen) oder „Nicht-

Sportler“ erzielen (Abbildung 4). Dieser Befund wird durch zahlreiche Studien [10, 27, 39 u. a.] gestützt, wonach Volleyball-, Baseball-, Tennis- und Badmintonspieler – jeweils im Vergleich zu „Nicht-Sportlern“ – eine bessere blickmotorische Leistung (höhere Ortungsgeschwindigkeiten) erreichen.

Ballsportler:

Männliche Sportler erreichen deutlich höhere Ortungsgeschwindigkeiten als weibliche

Geschlechtsspezifische Differenzierung ergibt für männliche Sportler in den schnelleren Sportarten (z. B. Tennis, Handball oder Volleyball) deutlich höhere Ortungsgeschwindigkeiten als für weibliche, während bei „Nicht-Sportlern“ – aber auch bei Individualsportler(inne)n wie z. B. Wurfscheibenschütz(inn)en oder Skifahrer(inne)n [14, 19] – kaum Unterschiede auftreten. Diese Geschlechtsspezifität beruht vermutlich darauf, dass verglichen mit den Damen die Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten der genannten Sportarten im Herrenbereich deutlich höher sind und somit möglicherweise als adäquater Trainingsreiz für adaptive Prozesse im Bereich der Blickmotorik fungieren (Abbildung 5). Interessant – und die o. g. Ergebnisse untermauernd – sind auch hier aktuelle Ergebnisse zur blickmotorischen Leistungsfähigkeit von Fußballspielern: So ist spielpositionsbezogen die sakkadische Ortungsgeschwindigkeit von Bundesliga-Torhütern mit im Mittel $297,5^{\circ}/s$ ($\pm 60,2^{\circ}/s$) signifikant höher als die von Bundesliga-Feldspielern ($235,8^{\circ}/s \pm 39,4^{\circ}/s$; $2p = 0,011$; Profifußballer insgesamt: $244,0^{\circ}/s \pm 46,5^{\circ}/s$; Abbildung 4) [16]. Bei Freizeitspielern konnten diese spielpositionsbezogenen Leistungsdifferenzen nicht festgestellt werden (Torhüter: $226,7^{\circ}/s \pm 16,1^{\circ}/s$; Feldspieler: $248,7^{\circ}/s \pm 40,0^{\circ}/s$; $2p = 0,360$).

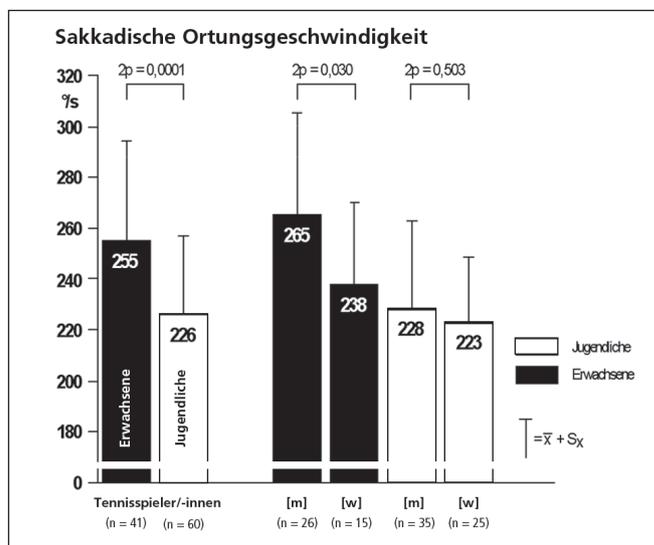


Abbildung 5: Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit von Kader-Tennisspieler(inne)n – geschlechtsspezifischer Vergleich [12, 19]

Die bessere blickmotorische Leistungsfähigkeit der Profi-Torhüter ist vermutlich ebenfalls beanspruchungsinduziert: Spielpositionsbezogen werden bei der Einschätzung der Ballflugwege in Tor(räum)nähe und bei der Abwehr von Torschüssen mit (meist) hoher Ballgeschwindigkeit im Bundesliga-Fußball an die Torhüter deutlich höhere Anforderungen an die Bewegungswahrnehmung und das efferente Bewegungsehen gestellt, als z.B. an Mittelfeldspieler.

Entwicklungs- und anforderungsinduzierte Verbesserung blickmotorischer Leistung

Längsschnittstudien bestätigen ferner eine entwicklungs- und anforderungsinduzierte Verbesserung der blickmotorischen Leistung von der Vorpubertät bis zur Adoleszenz [11, 19]. Die Leistungsentwicklung der Ortungsgeschwindigkeit im Altersgang ist neben der allgemeinen koordinativen Entwicklung sicherlich auch auf beanspruchungsinduzierte Anpassungseffekte, d. h. Training, zurückzuführen. Dafür spricht auch die Tatsache, dass signifikante Geschlechtsunterschiede in der Ortungsgeschwindigkeit erst deutlich nach der Pubertät – also zu einem Zeitpunkt, an dem die Kraftentwicklung bei den männlichen Jugendlichen in höhere Ballgeschwindigkeiten umgesetzt wird – auftreten (Abbil-

dung 5). Die Tatsache, dass in Einzelfällen auch schon in der Altersklasse der 10- bis 12-jährigen Ortungsgeschwindigkeiten von über 300°/s erzielt werden, zeigt, dass auch genetische Ursachen (Talent; das „schnelle Auge“ von Natur aus) anzunehmen sind.

Als Konsequenz vor allem für Sportarten mit hohen visuell-dynamischen Anforderungen gilt es, vorhandene Adaptationsreserven im Bereich der Blickmotorik durch gezieltes (sportartspezifisches) Training zu erschließen [5, 12, 47].

Fazit und Perspektiven

Aus den dargestellten Ergebnissen empirischer Sinnesphysiologie z. B. im Bereich der Bewegungsbeobachtung und -beurteilung können auf direktem Wege praktische Folgerungen gezogen werden, z. B.:

- Anpassung der Regelwerke an die sinnesphysiologisch limitierten Möglichkeiten und Grenzen (z. B. Position von Schieds- und Linienrichtern, Einsatz technischer Hilfsmittel),
- Entwicklung von Blickstrategien für die Bewegungsbeobachtung und -beurteilung,
- Integration von systematischer sportartspezifischer Wahrnehmungsschulung und „Sensoriktraining“ in die Trainingspraxis.

Die Effektivität einzelner Maßnahmen muss durch experimentelle Untersuchungen (Evaluation und Vergleichsexperiment) sichergestellt werden [15]. Aus methodologischer Perspektive fällt auf, dass ohne interdisziplinäre Herangehensweise viele Fragestellungen der empirischen Sinnesphysiologie kaum lösbar sind. So sollten z.B. Aspekte der Farbwahrnehmung/-wirkung im Sport aus der Perspektive der Physik (Veränderungen von Farbton/-kontrast durch farbige Filter z.B. in Sportbrillen), der Sinnesphysiologie (z.B. farbabhängige Gesichtsfeldausdehnung), der Wahrnehmungspsychologie (farbpsychologische Wirkungen, z.B. der Trikotfarbe), aber auch der Trainingswissenschaft (z.B. Farbmarkierungen zur Ausbildung von situationsadäquaten Blickstrategien) betrachtet werden [15, 22]. Hohe, zum Teil grenzwertige Anforderungen an die Sinnessysteme und die Wahrnehmungsleistung machen den Sport zu einem innovativen und interessanten Arbeits- und Experimentierfeld [15]. Ein Grund mehr, Sinnesleistungen im Sport erhöhte wissenschaftliche Aufmerksamkeit entgegenzubringen, wie es bereits mehrfach gefordert wurde [12, 15, 28, 32, 47] auch schon von H. de Marées, einem der Wegbereiter der Sinnesphysiologie im Sport in Deutschland. zPA

Literatur

1. Applegate R A, Applegate R A (1992) Set shot shooting performance and visual acuity in basketball. *Optom Vis Sci* 69: 765-768
2. Beals R P, Mayyasi A, Templeton A E, Johnston W L (1971) The relationship between basketball shooting performance and certain visual attributes. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 48: 585-590
3. Blundell N L A (1982) A multivariate analysis of the visual-perceptual attributes of male and female tennis players of varying ability levels. *Psychology of Motor Behavior and Sport*, Abstracts. North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, University of Maryland
4. Deshaies P, Pargman D (1976) Selected visual abilities of college football players. *Percept Mot Skills* 43: 904-906
5. Ehrenstein W H, Jendrusch G (2008) Dynamisches Sehen im Sport. *DOZ* 63: 10-13
6. Ford G G, Goodwin F, Richardson J W (1995) Perceptual factors affecting the accuracy of ball and strike judgments from the traditional American league and national league umpiring perspectives. *Int J Sport Psychol* 27: 50-58
7. Gralla V (2008) Peripheres Sehen im Sport – Möglichkeiten und Grenzen dargestellt am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung. Dissertationsschrift, Ruhr-Universität Bochum, Bochum
8. Gralla V et al (1999) Zur Trainierbarkeit des peripheren Sehens am Beispiel der synchronoptischen Wahrnehmung. In: *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik* (Hrsg Krug J, Hartmann C) S 219-224. Academia, Sankt Augustin
9. Grüsser O-J et al (2000) *Physiologie des Menschen*. S 278-315. Springer, Berlin
10. Ishigaki H, Miyao M (1993) Differences in dynamic visual acuity between athletes and non-athletes. *Percept Mot Skills* 77: 835-839
11. Ishigaki H, Miyao M (1994) Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex. *Percept Mot Skills* 78: 363-369



12. Jendrusch G (1995) Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n. Sportverlag Strauß, Köln
13. Jendrusch G (2002) Probleme bei der Bewegungsbeobachtung und -beurteilung durch Kampf-, Schieds- und Linienrichter. Psych Sport 9: 133-144 (Schwerpunktheft: Urteilen und Entscheiden im Sport; Gasteditoren: Raab M, Plessner H)
14. Jendrusch G, Bornemann R, Froschauer M, Heck H (2002) Visual performance profile of top skiers. Knee Surgery, Sports Traumatology & Arthroscopy 10: 388-389
15. Jendrusch G, Brach M (2003) Sinnesleistungen im Sport. In: Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre. (Hrsg Mechling H, Munzert J) S 175-196. Karl Hofmann, Schorndorf
16. Jendrusch G, Kaczmarek L, Lange P, Lingelbach B, Platen P (2006) Visual requirements and visual performance profile in soccer. Med Sci Sports Exerc 38: 446
17. Jendrusch G, Schmidt O, Wilke G, de Marées H (1993) Zur visuellen Leistungsfähigkeit von Handball-Schiedsrichtern. In: An der RUB – Sportpraxis nachgedacht. Band 1: Bewegungen lesen und antworten (Hrsg Voigt H-F) S 73-87. Czwalina, Ahrensburg
18. Jendrusch G, Wache C, Voigt H-F, Heck H (1995) Zum visuellen Leistungsprofil von Volleyballspieler(inne)n – Konsequenzen für die Sport- und Trainingspraxis. In: Neue Aspekte des Volleyballspiels. 20. Symposium des Deutschen Volleyball-Verbandes in Albstadt-Tailfingen (Hrsg Dannemann F) S 121-153. Czwalina, Hamburg
19. Jendrusch G, Wenzel V, Heck H (1999) Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede in der blickmotorischen Leistungsfähigkeit. In: Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik (Hrsg Krug J, Hartmann C) S 100-105. Academia, Sankt Augustin
20. Lee D N (1980) Visuomotor coordination in spacetime. In: Tutorials in motor behavior. (Hrsg Stelmach G E, Requin J) S 281-295. North-Holland, Amsterdam
21. Lingelbach B, Deinhoven P, Jendrusch G, Platen P (2006) Shape of the cornea and visual acuity of athletes. Med Sci Sports Exerc 38: 446
22. Lingelbach B, Jendrusch G (2005) Contrast enhancing filters in ski sports. J ASTM Int 2: 1-8
23. Ludvig E J, Miller J W (1953) A study of dynamic visual acuity (Joint Project NM001. 075.01.01). Kresge Eye Institute and United States School of Aviation Medicine, Pensacola
24. de Marées H (2003) Sportphysiologie. Sport und Buch Strauß, Köln
25. Matos R, Godinho M (2007) Influence of sports practice in the useful field of vision in a simulated driving test. In: AIESEP 2005 Lisbon World Congress Proceedings: Active lifestyles: The impact of education and sport. (Hrsg Alves Diniz L J, Carreiro da Costa F, Onofre M) S 262. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana
26. McGee R, Williams S, Simpson A, Silva P (1987) A Stereoscopic vision and motor ability in a large sample of seven-year-old children. J Hum Movement Stud 13: 343-351
27. Melcher M H, Lund D R (1992) Sports vision and the high school student athlete. J Am Optom Assoc 63: 467-474
28. Mester J (1988) Diagnostik von Wahrnehmung und Koordination im Sport. Karl Hofmann, Schorndorf
29. Mester J (2000) Movement control and balance in earthbound movements. In: Biomechanics and biology of movement (Hrsg Nigg B M, Macintosh B R, Mester J) S 223-239. Human Kinetics, Champaign
30. Möllenberg O, Jendrusch G, Heck H (2001) Table tennis specific eyehand (bat) coordination and visual depth perception. In: Perspectives and Profiles. 6th Annual Congress of the European College of Sport Science, 15th Congress of the German Society of Sport Science, Cologne 24-28 July 2001. (Hrsg Mester J et al) S 1249. Sportverlag Strauß, Köln
31. Müller H, Römhild H (1990) Tiefensehschärfe bei Volleyballspielern. Klin Monatsbl Augenheilkd 197: 80-81
32. Neumaier A (1988) Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Sport. Academia, Sankt Augustin
33. Olivier N, Wiemeyer J, Daus R, Zipf K E, Büsch D (1989) Zur Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz im Sport. Leistungssport 19: 32-38
34. Oudejans R R D, Verheijen R et al (2000) Errors in judging 'offside' in football. Nature 404: 33
35. Perrin P, Perrot C, Deviterne D, Ragaru B, Kingma H (2000) Dizziness in discus throwers is related to motion sickness generated while spinning. Acta otolaryngol 120: 390-395
36. Plessner H, Raab M (1999) Kampf- und Schiedsrichterurteile als Produkte sozialer Informationsverarbeitung. Psychol Sport 6: 130-145
37. Plessner H, Schallies E (2001) Wahrnehmung und Bewertung von Winkelstellungen im Sport: der Kreuzhang an den Ringen. Poster, 43. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Regensburg
38. Römhild H (1978) Beurteilung der Sportfähigkeit und körperlicher Belastbarkeit bei Störungen des beidäugigen Sehens. Med Sport 18: 337-340
39. Rouse M W, Deland P, Christian R, Hawley J (1988) A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. J Am Optom Assoc 59: 946-950
40. Sanabria J et al (1998) Oculomotor movements and football's Law 11. Lancet 351: 268
41. Schlack A, Jendrusch G, Heck H (1999) Zur Trainierbarkeit der Auge-Hand-Koordination am AcuVision 1000-Gerät. In: Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik (Hrsg Krug J, Hartmann C) S 260-265. Academia, Sankt Augustin
42. Schnell D (1982) Die Bedeutung des Sehens bei sportlicher Betätigung in verschiedenen Lebensaltern. Dtsch Z Sportmed 33: 77-87; 118-127
43. Schnell D (1996) Sehorgan und Sport. In: Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées. (Hrsg Bartmus U et al) S 175-240. Sportverlag Strauß, Köln
44. Senner V, Jendrusch G, Schaff P, Heck H (1999) Vision – An essential factor for safety in skiing: perception, reaction and motion control aspects. In: Skiing trauma and safety. Twelfth volume. ASTM STP 1345, (Hrsg Johnson R J) S 11-22. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA
45. Stine C D, Arterburn M R, Stern N S (1982) Vision and sports: a review of the literature. J Am Optom Assoc 53: 627-633
46. Straube A (1996) Visuelle, vestibuläre und somatosensorische Interaktion in der Gleichgewichtsregulation und Raumperception. In: Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées. (Hrsg Bartmus U et al) S 343-361. Sportverlag Strauß, Köln
47. Tidow G (1996) Zur Optimierung des Bewegungsehens im Sport. In: Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées. (Hrsg Bartmus U et al) S 241-286. Sportverlag Strauß, Köln
48. Ungerleider L G, Pasternak T (2004) Ventral and dorsal cortical processing streams. In: The Visual Neurosciences. (Hrsg Chalupa L M, Werner J S) S 541-562. MIT Press, Cambridge
49. Wiemeyer J (1990) Zentralnervöse Aktivierung und sportliche Leistung. Sportverlag Strauß, Köln
50. 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. J Neurosci Meth 80: 41-47

Korrespondenzadresse:
 Dr. rer. nat. G. Jendrusch
 Lehrstuhl für Sportmedizin
 und Sporternährung
 Ruhr-Universität Bochum
 Overbergstraße 19, 44780 Bochum

E-Mail:
 gernet.jendrusch@ruhr-uni-bochum.de
 Internet: www.sehensport.de

