

1 **Inhaltsverzeichnis**

2 1 Periphere Wahrnehmung im Sport..... 4

3 2 Herausforderungen an die Messmethodik 6

4 3 Empirische Überprüfung von Funktionalitäten 8

5 4 Konsequenzen für die Forschung..... 11

6 5 Zusammenfassung..... 15

7 Literaturverzeichnis 17

8

9

10 **Periphere Wahrnehmung im Sport: Von Funktionalitäten und** 11 **Herausforderungen**

12

13 Stichworte: Entscheidungsverhalten; Blickverhalten; Pivot; Anker; Spot

14 Key-words: decision-making; gaze behavior; pivot, anchor; spot

15

16 Anzahl Wörter: 4697

17

18 Zusammenfassung

19 Die periphere Wahrnehmung im Sport ist eine theoretische wie methodische
20 Herausforderung. Während die bisher in der Literatur diskutierten Funktionalitäten des
21 gleichzeitigen peripheren Monitorings mehrerer Objekte, der Detektion von peripheren
22 Bewegungsänderungen und der peripheren Preview-Funktion zur Planung von
23 Blicksprüngen gut begründet scheinen, fehlte bislang deren eindeutiger empirischer
24 Nachweis. Mit Hilfe des Multiple-Objekt-Tracking-Paradigmas konnten die beiden
25 erstgenannten Funktionalitäten empirisch untermauert und in diesem Zuge zu
26 berücksichtigende visuelle und aufmerksamkeitsbedingte Randbedingungen bestimmt
27 werden. In einem weiteren Schritt wurden die neu eingeführten Begriffe Anker, Pivot und
28 Spot mit den gefundenen Funktionalitäten in Beziehung gesetzt. Abschließend wurden
29 konkrete Vorhersagen für sportspezifische Untersuchungen formuliert, um die so
30 umschriebenen Funktionalitäten empirisch zu überprüfen. Die Ergebnisse solcher
31 Untersuchungen werden zeigen, inwieweit sich die grundlagenwissenschaftlichen Befunde
32 auf Belange des Sports transferieren lassen. Für die Sportpraxis könnte es dabei ein wichtiges

33 Ziel sein, ein funktional begründetes Blick- und Aufmerksamkeitstraining zu integrieren, um
34 das volle Potenzial der peripheren Wahrnehmung auszuschöpfen.

35

36 Abstract

37 Peripheral perception in sport is a theoretical and methodological challenge. Previous
38 research suggests three functionalities: the monitoring of multiple moving objects, the
39 detection of motion changes and the peripheral-preview function that is involved in the
40 planning of saccades. Empirical evidence supporting these functionalities was yet missing. In
41 a series of studies using the Multiple-Object-Tracking paradigm, the first two functionalities
42 could already be empirically supported. Furthermore, visual and attentional factors influencing
43 these functionalities could be determined. In a next step, the terms anchor, pivot and spot were
44 defined and specific predictions were derived for each of the functionalities that can now be
45 empirically tested in sport-specific investigations. The results of these investigations will show
46 the transferability of fundamental results into the field of sports. Sports practice could benefit
47 from science-based gaze- and attention training that can be integrated in training routines to
48 exploit the full potential of peripheral perception.

49

50

51

52 **1 Periphere Wahrnehmung im Sport**

53 Für Handlungsentscheidungen im Sport, wie auch im Alltag, spielt die visuelle
54 Informationsverarbeitung eine entscheidende Rolle, um in kritischen Situationen korrekte
55 Entscheidungen treffen zu können. Übersieht man zum Beispiel einen freien Mitspieler oder
56 eine freie Mitspielerin im Fußball oder, im Alltag, ein überholendes Auto im
57 Straßenverkehr, kann eine falsche Entscheidung höchst negative Konsequenzen haben. In
58 beiden Beispielen kommt es darauf an, den Fokus auf die relevanten Informationen zu
59 richten und diese so zu verarbeiten, dass angemessene Handlungen ausgeführt werden. Im
60 Fußballbeispiel wäre das der Pass auf den Mitspieler oder die Mitspielerin und im
61 Autofahrbeispiel das Abwarten eines überholenden Fahrzeuges. Aufgrund der Komplexität
62 der jeweils geschilderten Situation wird der peripheren Wahrnehmung – dem Wahrnehmen
63 von Informationen die nicht direkt angeschaut, sondern „aus dem Augenwinkel“ erkannt
64 werden – eine besondere Rolle zugewiesen, da das gleichzeitige Verarbeiten von
65 Informationen – also der Mitspieler / die Mitspielerin oder der Gegenspieler / die
66 Gegenspielerin im Fußball oder anderer Verkehrsteilnehmenden beim Autofahren – eine
67 zentrale Funktion der peripheren Wahrnehmung zu sein scheint. Dieser widmet sich ein
68 Forschungsprogramm am Institut für Sportwissenschaft der Universität Bern
69 (Arbeitsgruppe Hossner), in dessen Rahmen die von der asp gewürdigte Dissertation von
70 Christian Vater entstanden ist, die im zweiten Teil dargestellt wird.

71 Die Überprüfung der Funktionalität der peripheren Wahrnehmung ist insofern eine
72 Herausforderung, da der Ort der Aufmerksamkeit nicht mit dem Ort des Blickes
73 übereinstimmen muss. Diese Entkopplung scheint, auf Basis bisheriger empirischer Berichte,
74 vor allem in Spielsportarten wie Fußball oder Basketball relevant zu sein, da die
75 Aufmerksamkeit auf mehrere Objekte verteilt werden muss, um rechtzeitig die korrekte
76 Handlung initiieren zu können (Höner, 2005; Vater, Luginbühl & Magnaguagno, 2019b).

77 Wenn zum Beispiel der ballführende Spieler / die ballführende Spielerin im Fußball den Blick
78 auf den Ball fixiert, jedoch in der Lage ist, den Ball erfolgreich von dem Gegenspieler / der
79 Gegenspielerin abzuschirmen, ohne diese/n anzuschauen, dann kann man davon ausgehen,
80 dass dieser Spieler / diese Spielerin peripher wahrgenommen wird. Auf solchen in der
81 Sportpraxis zu beobachtenden Phänomenen und aufgrund des Aufbaus unserer Retina mit
82 vornehmlich bewegungssensitiven Rezeptoren (Stäbchen) im peripheren Bereich (Rosenholtz,
83 2016; Strasburger, Rentschler & Jüttner, 2011), basiert die Annahme, dass es insbesondere
84 Bewegungen sind, die sehr gut peripher wahrgenommen werden können sollten. Diese
85 Funktionalität klingt plausibel, da es in vielen Sportarten darauf ankommt, die Bewegungen
86 von Objekten (z.B. des Balles) oder Personen (z.B. der Mitspieler / die Mitspielerin)
87 wahrzunehmen. Eine weitere in der Literatur diskutierte Funktionalität der peripheren
88 Wahrnehmung betrifft die gleichzeitige Überwachung – das „Monitoren“ – mehrerer Objekte,
89 welches durch eine Verteilung der Aufmerksamkeit ermöglicht werden soll (Davids, 1984;
90 Vater, Klostermann, Kredel & Hossner, 2019a; Vater, Kredel & Hossner, 2017c). Auch diese
91 Funktionalität ist gut nachvollziehbar, da vor allem in den Sportsportarten eine große Anzahl
92 visueller Informationen relevant zu sein scheint, die unter Zeitdruck gleichzeitig verarbeitet
93 werden müssen. Eine dritte Funktionalität bezieht sich auf das Zusammenspiel von peripherer
94 und fovealer Wahrnehmung. Hier könnte es sein, dass eine sogenannte periphere „Vorschau-
95 Funktion“ zum Tragen kommt (Findlay & Gilchrist, 2001; Loschky & McConkie, 2002;
96 Nuthmann, 2014). Diese Funktion wird so erklärt, dass vermeintlich relevante Informationen
97 zunächst peripher aufgenommen werden, aber aufgrund der zu geringen visuellen Auflösung
98 in der Peripherie – physiologisch begründet durch die geringe Anzahl an Zapfen – nicht
99 verarbeitet werden können. Es folgt also nach dem peripheren „Preview“ ein Blicksprung
100 (Sakkade) auf diesen Reiz, um ihn anschließend mit hoher fovealer Auflösung verarbeiten zu
101 können. Die periphere Wahrnehmung hilft demnach bei der Planung von Blicksprüngen

102 (McPeck, Keller & Nakayama, 1999; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984). In allen drei
103 diskutierten Funktionalitäten geht man von einem Zusammenspiel von peripherem Sehen
104 (Blickverhalten) und Aufmerksamkeitsprozessen (Kognition) aus.

105 In einem aktuellen Review von Vater, Williams und Hossner (2019c) werden diese
106 Funktionalitäten ausführlich diskutiert, wobei gezeigt wird, dass in 86% der zu dieser
107 Thematik durchgeführten Studien nur das Blickverhalten und nicht der Ort der
108 Aufmerksamkeit gemessen wurde. Wird also beobachtet, dass der Blick eines Fußballtorhüters
109 beim Elfmeter zwischen Ball und Schussbein des Schützen verankert wird, so wird dies als
110 Hinweis darauf interpretiert, dass beide Orte peripher wahrgenommen wurden, da am Ort der
111 Fixation *keine* relevanten Informationen zu verarbeiten sind und der Torhüter sozusagen „ins
112 Leere“ schaut (Piras & Vickers, 2011). Als empirischer Nachweis der peripheren
113 Wahrnehmung reichen solche Interpretationen aber nicht aus, da die tatsächliche
114 Informationsverarbeitung und der Ort der Aufmerksamkeit während der Verankerung unklar
115 bleiben.

116 **2 Herausforderungen an die Messmethodik**

117 Aus dem bisher Gesagten ergibt sich die messmethodische Herausforderung, die
118 Funktionalität(en) peripherer Wahrnehmung direkt zu prüfen. Während für das foveale Sehen
119 Eye-Tracking-Methoden oftmals ausreichen – auch wenn auch hier nicht immer davon
120 ausgegangen werden sollte, dass die angeschauten Informationen auch tatsächlich verarbeitet
121 werden (s. inattentional blindness; Simons & Chabris, 1999) – bedarf es zusätzlicher
122 methodischer Hilfsmittel, um zu bestimmen, wann der Blick und die Aufmerksamkeit
123 entkoppelt werden. Ein solches Hilfsmittel könnte das „Moving-Mask / Window-Paradigma“
124 sein (Cañal-Bruland, Lotz, Hagemann, Schorer & Strauss, 2011; McConkie & Rayner, 1975;
125 Rienhoff, Baker, Fischer, Strauss & Schorer, 2012; Ryu, Abernethy, Mann, Poolton &
126 Gorman, 2013; Schorer, Rienhoff, Fischer & Baker, 2013). In diesem Paradigma kann durch

127 Computeralgorithmen ein künstliches „Blurring“ (Unschärfe) entweder auf den fovealen
128 und/oder den peripheren Bereich des Gesichtsfelds gelegt werden, sodass deren Klarheit
129 erheblich verschlechtert wird. Der Vorteil dieser Methode ist, dass das „Fenster“ bzw.
130 „Maske“ an den Blick gekoppelt wird und somit ein dynamisches Blickveralten erlaubt. Somit
131 kann garantiert werden, dass auch nach einem Blicksprung relevante Informationen selektiv
132 verschwommen dargestellt werden. Dabei wird angenommen, dass periphere Informationen
133 dann bedeutsam für Entscheidungen sind, wenn mit zunehmendem peripheren „Blur“ die
134 Entscheidungsleistung abnimmt, da dann die relevanten Informationen nicht mehr
135 aufzunehmen sind.

136 Ryu et al. (2013) sowie Ryu, Abernethy, Mann und Poolton (2015) nutzten dieses
137 Paradigma in einer Basketballaufgabe, bei der Videostimuli aus der Vogelperspektive
138 präsentiert wurden und Versuchsteilnehmer entscheiden sollten, welche Aktion der
139 passführende Spieler zum Zeitpunkt der Okklusion ausgeführt hätte. In beiden Studien fanden
140 die Autoren einen Einfluss des peripheren Blurs auf die Entscheidungsleistung. Da zudem
141 dieser negative Einfluss bei Experten grösser war als bei Novizen, wurde geschlossen, dass
142 Experten unter normalen Bedingungen ohne künstlichen Blur besser in der Lage sind,
143 periphere Informationen für ihre Entscheidungen zu nutzen. Zudem wurde beobachtet, dass
144 die Distanz der Blicksprünge in den Blur-Bedingungen abnahm, was als Störung der
145 peripheren Preview-Funktion interpretiert wurde. Eine mögliche Einschränkung der Moving-
146 Mask / Window-Methode ist, dass auch hier der Ort der Aufmerksamkeit nicht bekannt ist.
147 Darüber hinaus mögen attentionale Mechanismen, die in der natürlichen
148 Betrachtungsbedingung ohne peripherem Blur auftreten, nicht mit denen in der Blur-
149 Bedingung vergleichbar sein, da die manipulationsbedingte Einschränkung peripher sichtbarer
150 Stimuli schon auf retinaler Ebene eine Weiterverarbeitung erschweren, sodass eine

151 Aufmerksamkeitsverlagerung auf diese Region wohl eher negativ wäre (weitere methodische
152 Ansätze werden ausführlich diskutiert in Vater et al., 2019c).

153 Um die bisher diskutierten Funktionalitäten der peripheren Wahrnehmung überprüfen
154 zu können, bedarf es vor diesem Hintergrund einer Aufgabe, die das Monitoring mehrerer sich
155 bewegender Objekte und die Detektion von Bewegungsänderungen während dieses
156 Monitoring-Prozesses erlaubt. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass – anders als
157 beim Moving-Mask / Window-Paradigma – das natürliche Blickverhalten und die Sichtbarkeit
158 peripherer Ereignisse nicht beeinflusst werden. Um zu bestimmen, ob die periphere
159 Wahrnehmung für Monitoring und Detektion in einem solch neuen Paradigma genutzt wird,
160 muss zudem parallel das Blickverhalten erfasst werden. Ein peripheres Monitoring wäre dann
161 daran erkennbar, dass die zu verfolgenden Zielobjekte mehrheitlich nicht direkt angeschaut
162 werden, sondern der Blick zwischen den Objekten – also wie im Elfmeterbeispiel zuvor: im
163 freien Raum – positioniert wird. Eine periphere Detektion von Bewegungsänderungen
164 wäre erkennbar, wenn nach dem Eintreten der Veränderung eine korrekte Antwort (z.B.
165 Knopfdruck) gegeben werden kann, *ohne* dass der Blick *zuvor* auf die Veränderung gerichtet
166 worden ist.

167 **3 Empirische Überprüfung von Funktionalitäten**

168 Der Überprüfung der oben hergeleiteten Funktionalität der peripheren Wahrnehmung,
169 dass mehrere sich bewegende Objekte verfolgt und gleichzeitig auf kritische Ereignisse
170 reagiert werden kann, hat sich die Berner Arbeitsgruppe in einer Reihe von Studien
171 angenommen. Aufgrund der bereits vorhandenen empirischen Befunde aus der
172 experimentellen Psychologie (u.a. Cavanagh & Alvarez, 2005; Franconeri, Jonathan &
173 Scimeca, 2010; Oksama & Hyönä, 2004; Pylyshyn, 1989, 2001; Pylyshyn & Storm, 1988;
174 Yantis, 1992), wurde als methodischer Ansatz die Multiple-Object-Tracking-Aufgabe (MOT)
175 gewählt. Die Aufgabe besteht in der implementierten Variante darin, vier Targets für eine

176 gewisse Zeit (6 s) zu verfolgen, während diese sich zusammen mit sechs Distraktoren
177 bewegen, wobei es sich bei allen zehn Objekten um gleich aussehende Vierecke handelt.
178 Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass Targets mehrheitlich nicht einzeln fixiert werden,
179 sondern ein virtuelles Zentrum (der Target-Massenschwerpunkt und sogenannte „Centroid“)
180 fixiert wird und somit die Target-Bewegungen peripher wahrgenommen werden (Fehd &
181 Seiffert, 2008, 2010; Zelinsky & Neider, 2008).

182 Dieses Paradigma und die bereits vorliegenden Befunde dienten als Ausgangspunkt für
183 die Dissertation von Christian Vater, die während der Tagung der Arbeitsgemeinschaft für
184 Sportpsychologie 2019 mit dem Karl-Feige-Preis ausgezeichnet wurde und deren Inhalt im
185 Folgenden kurz zusammengefasst werden soll. In einer Serie von drei empirische Studien
186 wurde das MOT-Paradigma eingesetzt, wobei im ersten Experiment der ersten Studie die
187 Validität des Paradigmas in einem – im Vergleich zu Studien aus der experimentellen
188 Psychologie veränderten Setup mit großer Rückprojektionsleinwand statt kleinem
189 Computermonitor und bewegungsintegriertem statt stationärem Eye-Tracking – geprüft
190 wurde. Anschließend wurde in einem zweiten Experiment die Bewegungssensitivität des
191 peripheren Sehens mit einer Target-Stopp-Detektionsaufgabe getestet. In der zweiten Studie
192 wurde überprüft, ob sich diese Bewegungssensitivität auch in Mehrfachaufgaben (Monitoring
193 und Detektion) zeigt, um in Studie 3 abschließend zu untersuchen, wie sich erhöhte
194 Anforderungen an die Aufmerksamkeit auf der einen und an das visuelle System auf der
195 anderen Seite auf das Monitoring und die Detektionsleistung auswirken.

196 In der ersten Studie setzten Vater, Kredel und Hossner (2016) eine Großleinwand mit
197 motion-capture-integriertem Eye-Tracking ein, um zu überprüfen, ob zum Verfolgen der
198 Targets tatsächlich die periphere Wahrnehmung eingesetzt wird. Die Ergebnisse der Studie
199 zeigen, dass auch in diesem neuen – und für sportnähere Studien deutlich besser geeignetem
200 – Setting der „Centroid“ fixiert und somit die periphere Wahrnehmung genutzt wird. In einem

201 zweiten Experiment, in dem die Bewegungssensitivität des peripheren Sehens getestet und zu
202 diesem Zweck Detektionsleistungen von Target-Stopp-Veränderungen mit denen von Target-
203 Form-Veränderungen verglichen wurden, konnte nachgewiesen werden, dass die periphere
204 Wahrnehmung vor allem geeignet ist, um Bewegungsveränderungen zu erkennen.

205 In der zweiten Studie von Vater, Kredel und Hossner (2017a) sollten in einer MOT-
206 Mehrfachaufgabe Veränderungen detektiert und alle vier Targets am Ende eines
207 Einzelversuches wiedererkannt werden. Die Form- und Bewegungsveränderungen mussten
208 zudem auf unterschiedlichen Exzentrizitäten erkannt werden. Es konnte gezeigt werden, dass
209 besonders dann ein Vorteil für die Detektion von Bewegungsveränderungen gegenüber
210 Formveränderungen zu erkennen ist, wenn diese Veränderungen auf großen Exzentrizitäten
211 auftreten. Bei größeren Distanzen zwischen einem zu erkennenden Bewegungsreiz und der
212 aktuellen Blickposition ist die periphere Wahrnehmung daher besonders gut geeignet, um
213 Bewegungsveränderungen zu erkennen. Im zweiten Experiment dieser Studie wurde
214 kontrolliert, dass diese Bewegungssensitivität nicht hauptsächlich auf Salienz-Unterschiede
215 zwischen Form- und Bewegungsveränderungen zurückgeführt werden kann, was durch die
216 Ergebnisse belegt werden konnte.

217 In der dritten Studie wurde von Vater, Kredel und Hossner (2017b) der Einfluss
218 einerseits des Aufmerksamkeitssystems und andererseits des visuellen Systems auf die
219 Monitoring- und Detektionsleistung getestet. Ersteres geschah über die Manipulation von
220 Target-Kollisionen, während für Zweiteres der sogenannte „Crowding-Effekt“ genutzt und
221 deshalb die räumliche Nähe von Targets und Distraktoren manipuliert wurde. Hierbei konnte
222 festgestellt werden, dass Kollisionen den Ort der Aufmerksamkeit beeinflussen, da der Blick
223 bereits vor der eigentlichen Kollision „angezogen“ wird und zu einer Sakkade führt. Diese
224 antizipative Sakkade zeigt, dass die Aufmerksamkeit bereits vor der Kollision auf den Targets
225 lokalisiert sein musste (siehe auch Zelinsky & Todor, 2010). Zudem konnte in den Ergebnissen

226 zur Event-Detektion nachgewiesen werden, dass diese Sakkaden die Detektionsraten
227 reduzieren, wenn sie während des zu detektierenden Events stattfinden. „Crowding“ hatte
228 weniger einen Einfluss auf die Detektionsleistung als vielmehr auf die Blickposition im
229 Monitoring-Prozess. Befanden sich Targets und Distraktoren auf engem Raum, dann wurde
230 der Blick näher an diesen Target-Distraktor-Formationen und weiter entfernt vom „Centroid“
231 verankert. Es kann vermutet werden, dass hierdurch die geringe Auflösung der peripheren
232 Wahrnehmung kompensiert wird und die Targets in der Folge besser von den Distraktoren
233 unterschieden werden können.

234 Zusammenfassend zeigt sich, dass die Funktionalität der peripheren Wahrnehmung (a)
235 ein gleichzeitiges Monitoring mehrerer Objekte, (b) die gleichzeitige Detektion von
236 Bewegungsveränderungen und (c) das Vermeiden von sakkadenbedingten Kosten ermöglicht.
237 Diese Funktionalität wird jedoch durch Anforderungen an das visuelle System und das
238 Aufmerksamkeitssystem beeinflusst. Welche Bedeutung diesen experimentellen Befunden für
239 sportspezifische Situationen zukommt, wurde in einem abschließenden Beitrag der
240 Untersuchungsreihe thematisiert (Vater et al., 2017c), der zudem auf konkrete methodische
241 Vorschläge zur Überprüfung der peripheren Wahrnehmung im Sportkontext abzielte. Von
242 zentraler Bedeutung scheinen dabei zum einen die Funktionalität von Blickverankerungen in
243 komplexen Wahrnehmungssituationen und zum anderen die visuellen und
244 aufmerksamkeitsbedingten Randbedingungen dieser Verankerungen zu sein.

245 **4 Konsequenzen für die Forschung**

246 Mit den im vorangegangenen Abschnitt geschilderten Befunden konnten die zuvor
247 hergeleiteten Vermutungen zu den Funktionalitäten der peripheren Wahrnehmung im Sport
248 bestätigt werden. Ein direkter Transfer der erhaltenen Ergebnisse auf den Sport scheint jedoch
249 nur eingeschränkt möglich zu sein, da die verwendeten Stimuli sportunspezifisch sind und
250 daher vor allem Rückschlüsse auf die grundsätzlichen Möglichkeiten der peripheren

251 Wahrnehmung zulassen. Als erfolgversprechender erweist sich aus diesem Grunde ein
252 konzeptioneller Transfer der Laborbefunde auf die Belange des Sports. Mit Blick auf die
253 jeweils aufgedeckten Vor- und Nachteile läuft dies auf eine Kosten-Nutzen-Rechnung für
254 die periphere Wahrnehmung hinaus. Als Kosten können dabei die geringere visuelle
255 Auflösung und der negative Einfluss von „Crowding“ angesehen werden. Als Nutzen
256 können das Vermeiden von sakkadenbedingten Informationsverlusten, eine mögliche
257 Aufmerksamkeitsverteilung und damit verbunden das gleichzeitige Verfolgen von
258 mehreren Objekten sowie die Detektion von Bewegungsänderungen aufgeführt werden.

259 Genau diese Kosten-Nutzen-Abwägungen wurden von Vater et al. (2019c) auf die
260 bisher diskutierten sportspezifischen Funktionalitäten bezogen und dabei drei
261 randbedingungsabhängige Blickstrategien unterschieden. Ein „*gaze anchor*“ (Anker) wird
262 nun als Blickverankerung zwischen relevanten Informationsquellen definiert mit der
263 Funktion, Bewegungsänderungen peripher wahrzunehmen. Ein „*visual pivot*“ (Pivot) ist
264 so definiert, dass er auf oder zwischen mehreren Cues liegt und eine Blickstabilisierung auf
265 dem Pivot zur Unterstützung der Preview-Funktion genutzt wird. Diese Funktion
266 ermöglicht es, den nächsten Fixationsort zu bestimmen, damit nach der Sakkade eine
267 detaillierte foveale Verarbeitung von Informationen möglich wird. Neben den beiden – in
268 der Literatur auch zuvor verwendeten, aber unscharf definierten – Begriffen Anker und
269 Pivot wurde von Vater et al. (2019c) zusätzlich der Begriff des „*foveal spot*“ (Spot)
270 eingeführt. Hierbei handelt es sich um eine Blickstabilisierung, die nicht primär genutzt
271 wird, um periphere Informationen zu monitoren, sondern um foveale Informationen zu
272 verarbeiten und Sakkadenkosten zu vermeiden. Die periphere Wahrnehmung hat beim Spot
273 eine reine Detektionsfunktion und kann zum Beispiel genutzt werden, wenn ein Reiz
274 überraschend in der Peripherie auftaucht. Diese drei Funktionalitäten können – in
275 Abhängigkeit von den aktuellen situativen Randbedingungen der Aufgabe – dynamisch

276 ineinander übergehen, sodass beispielsweise aus einem Spot ein Anker werden kann, wenn
277 zusätzliche Spieler / Spielerinnen peripher verfolgt werden müssen, oder aus einem Spot
278 ein Pivot, wenn Detailinformationen von peripheren Spielern für die Entscheidung wichtig
279 sind. Basierend auf diesen vorgeschlagenen Funktionalitäten können Vorhersagen für
280 zukünftige wissenschaftliche Studien formuliert werden.

281 Bezogen auf den *Anker* sollte es vor allem in Sportarten mit hohen räumlich-zeitlichen
282 Anforderungen (z.B. Kampfsportarten) darum gehen, dass (Teil-)Bewegungen peripher
283 erkannt und Sakkadenkosten vermieden werden. Prädiziert werden daher lange
284 Fixationsdauern auf einen zum peripheren Monitoring funktionalen Ort und eine geringe
285 Anzahl von Sakkaden. Konkret kann demnach in einer Martial-Arts-Verteidigungssituation
286 davon ausgegangen werden, dass gegnerische Angriffe mit den Armen und Beinen mit Hilfe
287 der peripheren Wahrnehmung detektiert werden, indem mehrheitlich auf den Kopf und die
288 Brust fixiert wird (vgl. auch bereits Milazzo, Farrow, Ruffault & Fournier, 2016; Piras,
289 Pierantozzi & Squatrito, 2014; Williams & Elliott, 1999). Einer aktuellen Studie von
290 Hausegger, Vater und Hossner (2019) wurde daher die Hypothese zugrunde gelegt, dass die
291 Höhe der Verankerung – entweder eher auf der Brust oder den Kopf des Gegners – von den
292 zu erwartenden gegnerischen Angriffen abhängen sollte. Wird der Gegner mehrheitlich mit
293 den Füßen angreifen, wie es im Tae Kwon Do der Fall ist, sollte daher eine Blickverankerung
294 am gegnerischen Körper niedriger sein als beim Qwan Ki Do, bei dem auch Angriffe mit den
295 Händen oder Armen zu erwarten sind. Die Ergebnisse bestätigen nachdrücklich die Prädiktion
296 einer funktionalen Blickverankerung am gegnerischen Körper in Abhängigkeit von den
297 Randbedingungen der Aufgabe (Ort des zu erwartenden Angriffes).

298 Ein *Pivot* darf vornehmlich dann erwartet werden, wenn mehrere Objekte für
299 Entscheidungen relevant sind und die periphere Wahrnehmung zu ungenau ist, um
300 objektabhängig Entscheidungen zuverlässig zu begründen. Zur Überprüfung dieser

301 Erwartung könnten Situationen mit und ohne „Crowding“ oder Situationen mit
302 entscheidungsrelevanten Objekten auf unterschiedlichen Exzentrizitäten verglichen
303 werden. In beiden Fällen wäre die periphere Wahrnehmung allfällig zu fehlerhaft, sodass
304 eine höhere Anzahl an Sakkaden auf das periphere Objekt zu präzisieren wäre. Im
305 Basketball beispielsweise könnten solche Situationen auftreten, wenn sowohl Aktionen des
306 ballführenden Spielers / der ballführenden Spielerin als auch Aktionen der anderen Spieler
307 / Spielerinnen präzise wahrgenommen werden müssen (Ryu et al., 2013; Ryu et al., 2015).
308 Um herauszufinden, ob in diesem Fall der/die Ballführende einen geeigneten Pivot darstellt
309 und ob dann die periphere Wahrnehmung genutzt wird, um den nächsten Blicksprung
310 vorzubereiten, sollten die Spielsituationen so manipuliert werden, dass in einer Bedingung
311 Blicksprünge notwendig sind, um Detailinformationen zu verarbeiten (z.B. durch
312 „Crowding“ mit mehreren Spielern / Spielerinnen auf engem Raum), während in einer
313 anderen Bedingung kein Blicksprung notwendig ist (und somit die periphere Wahrnehmung
314 ausreicht, um Informationen anderer Spieler / Spielerinnen zu verarbeiten). Prädiziert
315 werden würde, dass in der „Crowding“-Bedingung mehr Blicksprünge auf die peripher
316 positionierten Spieler / Spielerinnen ausgeführt werden würden, in beiden Bedingungen der
317 Blick aber immer wieder zurück auf die ballführende Person als Pivot gerichtet werden
318 würde.

319 Ein *Spot* schließlich sollte insbesondere dann erwartet werden, wenn der Fixationsort
320 nicht gewechselt werden muss, um korrekte Entscheidungen zu treffen, sodass die
321 Aufmerksamkeit sozusagen an einen visuellen Cue gebunden wird. Im Fußball
322 beispielsweise könnte eine 1:1-Situation untersucht werden, in der zu entscheiden ist, ob
323 der gegnerische Spieler / die gegnerische Spielerin links oder rechts vorbeizuziehen
324 versucht. Da die „Enge“ des Aufmerksamkeitsfensters um diesen visuellen Cue variieren
325 kann (s. Hüttermann & Memmert, 2017), sollte in einem sportspezifischen Test die

326 Detektionsleistung von peripheren Ereignissen (z.B. das Auftauchen eines weiteren
327 Spielers / einer weiteren Spielerin) getestet werden, sodass aus der geschilderten 1:1-
328 Fussballsituation eine 2:1-Überzahlsituation entsteht. Je grösser dann die Exzentrizität ist,
329 auf der dieser zusätzliche Spieler / diese zusätzliche Spielerin detektiert werden muss, desto
330 grösser ist das Aufmerksamkeitsfenster des fovealen Spots, was empirisch bedeutet, dass bei
331 einem zu kleinen Aufmerksamkeitsfenster die peripheren Ereignisse eher verpasst und somit
332 falsche Entscheidungen getroffen werden.

333 Neben diesen zu testenden Vorhersagen der drei Funktionalitäten Anker, Pivot und
334 Spot könnten in zukünftigen Untersuchungen verschiedene Blickverankerungspunkte
335 miteinander verglichen werden, um deren Auswirkungen auf Entscheidungsleistungen zu
336 testen. Aus diesen Ergebnissen könnten dann optimierte Blickinstruktionen abgeleitet und
337 für Interventionsstudien eingesetzt werden. Darüber hinaus erscheint es angeraten zu sein,
338 Kosten von Sakkaden im Sportkontext näher zu untersuchen, da diesbezügliche
339 Empfehlungen allein auf grundlagenwissenschaftlichen Laborbefunden basieren. Durch die
340 verbesserten methodischen Möglichkeiten (u.a. bessere mobile Eye-Tracker mit höheren
341 Aufnahmefrequenzen) wird es zudem in Zukunft vermehrt und zuverlässiger möglich sein,
342 Untersuchungen nicht nur im Labor, sondern auch im Feld durchzuführen. Es gilt also auch
343 in dieser Hinsicht, den Blick zu „erweitern“, um das volle Potenzial der sportbezogenen
344 Forschung zur peripheren visuellen Wahrnehmung auszunutzen.

345 **5 Zusammenfassung**

346 In diesem Beitrag wurde veranschaulicht, dass die Überprüfung von Funktionalitäten
347 der peripheren Wahrnehmung im Sport eine theoretische wie methodische Herausforderung
348 darstellt. Während die bisher in der Literatur diskutierten Funktionalitäten des
349 gleichzeitigen peripheren Monitorings mehrerer Objekte, der Detektion von peripheren
350 Bewegungsänderungen und der peripheren Preview-Funktion zur Planung von

351 Blicksprüngen gut begründet scheinen, fehlte bislang deren eindeutiger empirischer
352 Nachweis. Mit Hilfe des Multiple-Objekt-Tracking-Paradigmas konnten im Rahmen des
353 vorgestellten Dissertationsprojektes die beiden erstgenannten Funktionalitäten empirisch
354 untermauert und in diesem Zuge zu berücksichtigende visuelle und
355 aufmerksamkeitsbedingte Randbedingungen bestimmt werden. In einem weiteren Schritt
356 wurden die neu definierten Begriffe Anker, Pivot und Spot mit den gefundenen
357 Funktionalitäten in Beziehung gesetzt. Abschliessend wurden konkrete Vorhersagen für
358 sportspezifische Untersuchungen formuliert, um die so umschriebenen Funktionalitäten
359 empirisch zu überprüfen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen werden zeigen, inwieweit
360 sich die grundlagenwissenschaftlichen Befunde auf Belange des Sports transferieren lassen.
361 Für die Sportpraxis könnte es dabei ein wichtiges Ziel sein, ein funktional begründetes
362 Blick- und Aufmerksamkeitstrainings zu integrieren, um das volle Potenzial der peripheren
363 Wahrnehmung auszuschöpfen.
364

365 **Literaturverzeichnis**

- 366 Cañal-Bruland, R., Lotz, S., Hagemann, N., Schorer, J. & Strauss, B. (2011). Visual span and
367 change detection in soccer: An expertise study. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(3),
368 302–310. <https://doi.org/10.1080/20445911.2011.496723>
- 369 Cavanagh, P. & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention.
370 *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.009>
- 371 Davids, K. (1984). The role of peripheral vision in ball games: Some theoretical and practical
372 notions. *Physical Education Review*, 7, 26–40.
- 373 Fehd, H. M. & Seiffert, A. E. (2008). Eye movements during multiple object tracking: Where
374 do participants look? *Cognition*, 108(1), 201–209.
375 <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.11.008>
- 376 Fehd, H. M. & Seiffert, A. E. (2010). Looking at the center of the targets helps multiple object
377 tracking. *Journal of Vision*, 10(4), 19. <https://doi.org/10.1167/10.4.19>
- 378 Findlay, J. M. & Gilchrist, I. D. (2001). Visual Attention: The Active Vision Perspective. In
379 M. Jenkin & L. Harris (Hrsg.), *Vision and attention* (S. 83–103). New York: Springer.
380 https://doi.org/10.1007/978-0-387-21591-4_5
- 381 Franconeri, S. L., Jonathan, S. V. & Scimeca, J. M. (2010). Tracking multiple objects is limited
382 only by object spacing, not by speed, time, or capacity. *Psychological Science*, 21(7), 920–
383 925. <https://doi.org/10.1177/0956797610373935>
- 384 Hausegger, T., Vater, C. & Hossner, E.-J. (2019). Peripheral vision in martial arts experts: The
385 costdependent anchoring of gaze. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 41(3), 137–
386 146. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0091>
- 387 Höner, O. (2005). *Entscheidungshandeln im Sportspiel Fußball. Eine Analyse im Lichte der*
388 *Rubikontheorie*. Schorndorf: Hofmann.

389 Hüttermann, S. & Memmert, D. (2017). The Attention Window: A Narrative Review of
390 Limitations and Opportunities Influencing the Focus of Attention. *Research Quarterly for*
391 *Exercise and Sport*, 88(2), 169–183. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1293228>

392 Loschky, L. C. & McConkie, G. W. (2002). Investigating spatial vision and dynamic
393 attentional selection using a gaze-contingent multiresolutional display. *Journal of*
394 *Experimental Psychology: Applied*, 8(2), 99–117. [https://doi.org/10.1037/1076-](https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.2.99)
395 898X.8.2.99

396 McConkie, G. W. & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation
397 in reading. *Perception & Psychophysics*, 17(6), 578–586.
398 <https://doi.org/10.3758/BF03203972>

399 McPeck, R. M., Keller, E. L. & Nakayama, K. (1999). Concurrent processing of saccades.
400 *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 691–692.
401 <https://doi.org/10.1017/S0140525X99402158>

402 Milazzo, N., Farrow, D., Ruffault, A. & Fournier, J. F. (2016). Do karate fighters use
403 situational probability information to improve decision-making performance during On-
404 Mat tasks? *Journal of Sports Sciences*, 34(16), 1547–1556.
405 <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122824>

406 Nuthmann, A. (2014). How do the regions of the visual field contribute to object search in
407 real-world scenes? Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology:*
408 *Human Perception and Performance*, 40(1), 342–360. <https://doi.org/10.1037/a0033854>

409 Oksama, L. & Hyönä, J. (2004). Is multiple object tracking carried out automatically by an
410 early vision mechanism independent of higher-order cognition? An individual difference
411 approach. *Visual Cognition*, 11(5), 631–671. <https://doi.org/10.1080/13506280344000473>

412 Piras, A., Pierantozzi, E. & Squatrito, S. (2014). Visual search strategy in judo fighters during
413 the execution of the first grip. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(1),
414 185–197. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.185>

415 Piras, A. & Vickers, J. N. (2011). The effect of fixation transitions on quiet eye duration and
416 performance in the soccer penalty kick: instep versus inside kicks. *Cognitive Processing*,
417 12(3), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0406-z>

418 Pollatsek, A., Rayner, K. & Collins, W. E. (1984). Integrating pictorial information across eye
419 movements. *Journal of Experimental Psychology. General*, 113(3), 426–442.

420 Pylyshyn, Z. W. (1989). The role of location indexes in spatial perception. A sketch of the
421 FINST spatial-index model. *Cognition*, 32(1), 65–97. [https://doi.org/10.1016/0010-](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90014-0)
422 [0277\(89\)90014-0](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90014-0)

423 Pylyshyn, Z. W. (2001). Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition*,
424 80(1-2), 127–158.

425 Pylyshyn, Z. W. & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets. Evidence for
426 a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 3(3), 179–197.
427 <https://doi.org/10.1163/156856888X00122>

428 Rienhoff, R., Baker, J., Fischer, L., Strauss, B. & Schorer, J. (2012). Field of Vision Influences
429 Sensory-Motor Control of Skilled and Less-Skilled Dart Players. *Journal of Sports Science*
430 *& Medicine*, 11(3), 542–550.

431 Rosenholtz, R. (2016). Capabilities and Limitations of Peripheral Vision. *Annual Review of*
432 *Vision Science*, 2, 437–457. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035733>

433 Ryu, D., Abernethy, B., Mann, D. L. & Poolton, J. M. (2015). The Contributions of Central
434 and Peripheral Vision to Expertise in Basketball. How Blur Helps to Provide a Clearer

435 Picture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(1),
436 167–185. <https://doi.org/10.1037/a0038306>

437 Ryu, D., Abernethy, B., Mann, D. L., Poolton, J. M. & Gorman, A. D. (2013). The role of
438 central and peripheral vision in expert decision making. *Perception*, 42(6), 591–607.
439 <https://doi.org/10.1068/p7487>

440 Schorer, J., Rienhoff, R., Fischer, L. & Baker, J. (2013). Foveal and Peripheral Fields of Vision
441 Influences Perceptual Skill in Anticipating Opponents' Attacking Position in Volleyball.
442 *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38(3), 185–192.
443 <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9224-7>

444 Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness
445 for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059–1074. <https://doi.org/10.1068/p281059>

446 Strasburger, H., Rentschler, I. & Jüttner, M. (2011). Peripheral vision and pattern recognition.
447 A review. *Journal of Vision*, 11(5). <https://doi.org/10.1167/11.5.13>

448 Vater, C., Klostermann, A., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2019a). The role of peripheral vision
449 in sports and everyday life. In A. M. Williams & R. C. Jackson. (Hrsg.), *Anticipation and*
450 *decision making in sport* (S. 79–98). Abingdon, Oxon: Routledge.

451 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2016). Detecting single-target changes in multiple
452 object tracking. The case of peripheral vision. *Attention, Perception, and Psychophysics*,
453 78(4), 1004–1019. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1078-7>

454 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017a). Detecting target changes in multiple object
455 tracking with peripheral vision. More pronounced eccentricity effects for changes in form
456 than in motion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,
457 43(5), 903–913. <https://doi.org/10.1037/xhp0000376>

458 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017b). Disentangling vision and attention in multiple-
459 object tracking. How crowding and collisions affect gaze anchoring and dual-task
460 performance. *Journal of Vision*, 17(5), 21. <https://doi.org/10.1167/17.5.21>

461 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017c). Examining the functionality of peripheral
462 vision: From fundamental understandings to applied sport science. *Current Issues in Sport
463 Science*, 2:010. https://doi.org/10.15203/CISS_2017.010

464 Vater, C., Luginbühl, S. P. & Magnaguagno, L. (2019b). Testing the functionality of
465 peripheral vision in a mixed-methods football field study. Advance online publication.
466 *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1664100>

467 Vater, C., Williams, A. M. & Hossner, E.-J. (2019c). What do we see out of the corner of our
468 eye? The role of visual pivots and gaze anchors in sport. *International Review of Sport and
469 Exercise Psychology*. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2019.1582082>

470 Williams, A. M. & Elliott, D. (1999). Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate.
471 *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362–375.
472 <https://doi.org/10.1123/jsep.21.4.362>

473 Yantis, S. (1992). Multielement visual tracking. Attention and perceptual organization.
474 *Cognitive Psychology*, 24(3), 295–340. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90010-Y](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90010-Y)

475 Zelinsky, G. J. & Neider, M. B. (2008). An eye movement analysis of multiple object tracking
476 in a realistic environment. *Visual Cognition*, 16(5), 553–566.
477 <https://doi.org/10.1080/13506280802000752>

478 Zelinsky, G. J. & Todor, A. (2010). The role of "rescue saccades" in tracking objects through
479 occlusions. *Journal of Vision*, 10(14). <https://doi.org/10.1167/10.14.29>

480