
Entwicklung und Evaluation eines sonifikationsbasierten Gerätes zur Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung für den Sehgeschädigten-Leistungssport

Oliver Höner¹ (Projektleiter) & Thomas Hermann²

¹Universität Mainz, Institut für Sportwissenschaft

²Universität Bielefeld, Technische Fakultät

1 Problem

Die dominierende Bedeutung visueller Information im Sport im Allgemeinen und im Sportspiel im Besonderen führt dazu, dass Menschen mit Sehschädigungen einen besonderen Zugang zu den Sportspielen benötigen. Im internationalen Leistungssport kommt dem eigens für Sehgeschädigte konzipierten Sportspiel Goalball eine besondere Relevanz zu. In dem bedeutendsten paralympischen Mannschaftsspiel für Sehgeschädigte treten zwei Teams mit je drei Spielern gegeneinander an, um den klingelnden Goalball am Gegner vorbei über eine 9 m breite Torlinie zu rollen. Die Spieler tragen undurchsichtige Brillen und nehmen keine visuellen Informationen auf, so dass vor allem in Defensivaktionen die auditive Wahrnehmung des Rollverhaltens des Balls zur dominanten handlungsrelevanten Informationsquelle wird. In der Konsequenz bilden audiomotorische Fähigkeiten (v. a. hinsichtlich Antizipation, Reaktion und räumlicher Orientierung) zentrale sensomotorische Leistungskomponenten, für die jedoch – nach einer Befragung von 22 Nationaltrainern bei der Goalball-EM in Belgien 2005 – noch keine goalballspezifische Diagnostik existiert. Zudem erscheint ein Transfer einer entsprechenden Leistungsdiagnostik aus anderen Sportspielen nicht möglich, da sich die Sportspielforschung zum Antizipations- und Entscheidungsverhalten auf die Analyse der visuellen Informationsaufnahme konzentriert (z. B. Williams, Janelle & Davids, 2004).

In dem interdisziplinären Projekt wird unter Einbindung der Methode der interaktiven Sonifikation (Hermann & Hunt, 2005) ein neuer Weg für den Sehgeschädigten-Leistungssport beschritten, der mittlerweile vorhandene technische Möglichkeiten akustischer Datenpräsentation zur Entwicklung eines Leistungstests „TAMP“ (Test for audiomotor performance) im Goalball nutzt. Dabei wird weniger eine Unterstützung der Bewegungsvorstellung des Sportlers (im Sinne der „Bewegungs-Sonifikation“, vgl. Effenberg & Mechling, 1998), sondern vielmehr eine Unterstützung der Situationsvorstellung angestrebt, die über die auditive Darbietung von Umweltinformationen perspektivisch vielfältige Möglichkeiten der Interaktion mit der Umwelt ermöglicht. Die technische Basis für die Entwicklung von TAMP bildet ein interaktives System zur sonifikationsbasierten

Bewegungskontrolle („AcouMotion“; Hermann, Höner & Ritter, 2006), das als Entwicklungskomponente eines sonifikationsbasierten Leistungstests seine erste Anwendung im Sport findet. Nach der Entwicklung des TAMP wurde dieser in einem zweiten Schritt mit den Spieler/innen der deutschen Goalball-Nationalmannschaften empirisch validiert.

2 Methode

Testentwicklung: Zur Entwicklung des TAMP wurden goalballspezifische Anpassungen der Systemkomponenten von AcouMotion (Computersimulation, Bewegungssensorik und Sonifikation) vorgenommen. Hierbei liefert die *Computersimulation* eine virtuelle „Ballwurfmaschine“, mit der standardisiert goalballtypische Würfe simuliert und hinsichtlich zentraler Parameter (z. B. Geschwindigkeit) variiert werden können. Die Sonifikation stellt die spielrelevanten computersimulierten Daten über die Richtung und Geschwindigkeit der Ballbewegung auditiv dar. Dabei erfährt der Spieler über eine räumliche Verklanglichung des Ballwurfs rein auditive Informationen über das Rollverhalten des Balles, indem die Klingel- und Aufprallgeräusche des Goalballs als mehrdimensionaler Klangstrom dargestellt werden. Die Simulation realer akustischer Ausbreitung des Ballklangs zu den Ohren der Versuchsperson erfolgt durch Faltung des Signals mit sogenannten „Head-related Transfer Functions“ (HRTF). Damit entsteht für den Hörer ein weitgehend natürlicher und auf die eigene Kopfbewegung sinnvoll reagierender Klang, der die Ortung der bewegten Schallquelle erlaubt. Durch diesen Ansatz werden Distanzinformationen automatisch über Lautstärkeveränderungen und Richtungsinformationen über die räumliche Verteilung des Klangs kodiert. Die *Bewegungssensorik* wird über das Bewegungsanalysesystem Lukotronic AS 200™ mit einer Abtastrate von 100 Hz realisiert. Sie dient zum einen der für die HRTF notwendigen Erfassung der Kopfposition und -orientierung, die über eine mit aktiven Infrarotmarkern ausgestattete Sichtschutz-Brille realisiert wird. Zur Erfassung der Abwehrreaktion hält ein Spieler einen mit IR-Markern versehenen Holzgriff in der Hand. Die Bewegungssensorik liefert der Computersimulation online die Daten über die aktuelle Abwehrreaktion des Spielers. Diese Daten werden mit der aktuellen Ballposition verglichen und führen bei Passieren des Balls zu einem horizontalen Distanzmaß zwischen Ball und Hand (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: *Untersuchungssetting der Validierungsstudie des TAMP mit einer – nicht exakt maßstabgetreuen – Veranschaulichung eines virtuellen Ballwurfs auf die 3 m breite Torlinie sowie der Distanz von Schläger- und Ballposition (links); Darstellung der Markerbrille und des Schlägers (rechts).*

Validierung: Die empirische Validierung des Testsystems wurde mit 31 Probanden durchgeführt (Alter= 26.3 ± 7.1 Jahre). Als „Experten“ des Goalballs wurden sämtliche Nationalspieler untersucht, die an einem Lehrgang der Damen- bzw. Herren-Nationalmannschaft im März bzw. Mai 2006 teilgenommen haben (vier weibliche und sieben männliche Nationalspieler; aufgrund messtechnischer Probleme konnte ein Datensatz nicht ausgewertet werden). Des Weiteren wurden als „Novizen“ 20 goalballunerfahrene Versuchspersonen mit getestet (13 Studenten sowie sieben Menschen mit Sehschädigung).

Nach einer Einführung des Untersuchungssettings wurden die Probanden angewiesen, auf einem durch ertastbares Tapeband markierten Spielfeld (3 x 3 m) an der Mittelposition der Grundlinie (=Torlinie) Aufstellung zu nehmen. Sie wurden danach instruiert, einen virtuell zugespielten Ball mit dem Holzgriff auf der Torlinie abzuwehren. Hierzu erhielten die Probanden ausschließlich die per Kopfhörer vermittelte auditive Information über das Rollverhalten des Balles. Nach jedem Ballwurf lieferte TAMP dem Probanden eine automatisierte sprachliche Rückmeldung über die Qualität der Abwehrreaktion (z. B. „gut, aber zu weit links“ für eine Abwehr, die zwischen 30 und 60 cm zu weit links war).

Die Testdurchführung bestand aus fünf Subtests. Nach zwei einführenden Subtests T1 und T2 wurden die drei zentralen Subtests T3 bis T5 mit jeweils 20 Würfen der Ballwurfmaschine durchgeführt. Dabei wurden die Abwurfposition (nur von der Mitte in T3 bzw.

variable Positionen „links“, „Mitte“ oder „rechts“ in T4 und T5) und die Ballgeschwindigkeit (1 m/s in T3 und T4 bzw. 4 m/s in T5) variiert. Die Qualität der Abwehrreaktion diente als Indikator für das abhängige Merkmal „audiomotorische Fähigkeit“ und wurde über die gemittelte absolute Distanz zwischen Schläger- und Ballposition erhoben (vgl. Abb. 1).

Zusätzlich zum Experten-Novizen-Vergleich wurde als externes Validierungskriterium das Leistungsvermögen der Spieler im Defensivverhalten in der Goalballpraxis erhoben. Hierzu wurden Befragungen mit den Nationaltrainern durchgeführt und über Dominanzpaarvergleiche eine Rangliste der Spieler hinsichtlich ihres Defensivverhaltens erstellt.

3 Ergebnisse

Die Qualität der Abwehrreaktion konnte über den TAMP mit einer befriedigenden Reliabilität erhoben werden. Für die Subtests ergaben sich Testhalbierungsreliabilitäten (Spearman-Brown-Koeffizient mit odd-even-Methode) von $r_{T3}=.80$, $r_{T4}=.66$ bzw. $r_{T5}=.70$. Der 60 Würfe umfassende Gesamttest (T3 bis T5) wies eine Reliabilität von $r=.85$ auf.

Für die Analyse der Validität anhand der Testleistungen innerhalb der Experten ergab sich sowohl für die Herren- als auch für die Damen-Mannschaft eine deutliche Korrespondenz zwischen dem Außenkriterium der Trainerbeurteilung des Defensivverhaltens mit den TAMP-Werten der audiomotorischen Fähigkeit. Sowohl bei den Herren als auch bei den Damen zeigten jeweils die beiden aufgrund des Trainerratings besten Verteidiger auch in dem TAMP die besten Leistungen innerhalb ihrer Mannschaft. Die – aufgrund der niedrigen Fallzahl zurückhaltend zu interpretierenden – Rangkorrelationen zeigten mit $r_s(7)=.61$ für die Herren und mit $r_s(3)=.50$ für die Damen eine in Anbetracht der Komplexität des Merkmals zufriedenstellende Kriteriumsvalidität. Zusammengefasst über beide Nationalteams ergab sich eine signifikante Rangkorrelation von $r(10)=.59$ zwischen dem TAMP-Testwert und dem Außenkriterium der Trainerbeurteilung.

Die Validität des TAMP kann über den Experten-Novizen-Vergleich weiter gestützt werden. Die Experten zeigten mit $M_{T3}=0.31\pm 0.09$ m, $M_{T4}=0.31\pm 0.05$ m und $M_{T5}=0.57\pm 0.14$ m in jedem Subtest bessere Leistungen als die Novizen mit $M_{T3}=0.37\pm 0.13$ m, $M_{T4}=0.36\pm 0.10$ m und $M_{T5}=0.65 \pm 0.12$ m. Eine 3x2-MANOVA wies – bei insignifikanter Interaktion – den Expertisefaktor als signifikant aus ($F = 4.167$, $p_{\text{eins}}=.025$, $\eta^2=.13$). Des Weiteren zeigte sich ein hochsignifikanter Subtest-Faktor ($F=67.49$, $p<.001$, $\eta^2=.71$). Dabei besaß die Variation der Abwurfpositionen der Ballmaschine (Variation von T3 zu T4) keinen Einfluss auf die Abwehrleistung, während die Erhöhung der Ballgeschwindigkeit (Variation von T4 zu T5) erwartungsgemäß die Abwehrleistungen verschlechterte.

4 Diskussion und Ausblick

Die Validierungsstudie bietet als erste Anwendung des TAMP zufrieden stellende Ergebnisse hinsichtlich der Reliabilität und Validität des Testverfahrens. Zur weiteren Validierung und als Basis für zukünftige Optimierungen wurden nach der Testdurchführung mit jedem Nationalspieler auf Basis eines strukturierten Leitfadens qualitative Experteninterviews durchgeführt. Diese bieten zusammen mit den quantitativen Ergebnissen neben validierenden Expertenaussagen auch Hinweise für Optimierungen des TAMP, die sich u. a. auf die Auswahl optimaler Parameter der Ballwurfmaschine (Geschwindigkeit, Wurf-richtung), eine noch realitätsnähere Darstellung des Rollgeräusches des Goalballs oder eine Variation der motorischen Abwehrbewegung richten. Des Weiteren lassen sich anhand der nun vorliegenden Testerfahrungen Perspektiven zum Einsatz des TAMP für den Trainingsbetrieb aufzeigen, indem z. B. Wahrnehmungsschulungen durchgeführt werden und dabei Trainingseinheiten auf die spezifischen Wahrnehmungsdefizite der Leistungssportler angepasst werden könnten.

5 Literatur

- Effenberg, A. O. & Mechling, H. (1998). Bewegung hörbar machen – Warum? Zur Perspektive einer systematischen Umsetzung von Bewegung in Klänge. *Psychologie und Sport*, 1, 29–38.
- Hermann, T., Höner, O. & Ritter, H. (2006). AcouMotion – An Interactive Sonification System for Acoustic Motion Control. In S. Gibet, N. Courty & J.-F. Kamp (Eds.), *Lecture Notes in Artificial Intelligence 3881* (pp. 312–323). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hermann, T. & Hunt, A. (2005). An introduction to interactive sonification. *IEEE Multimedia*, 12 (2), 20–24.
- Williams, A. M., Janelle, C. & Davids, K. (2004). Constraints on the search for visual information in sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2, 301–318.

