

## **Augmented Reality im Techniktraining – experimentelle Implementation einer neuen Technologie in den Leistungssport**

Thomas Schack<sup>1</sup> (Projektleiter), Till Bockemühl<sup>1</sup>, Christoph Schütz<sup>1</sup>  
& Helge Ritter<sup>2</sup>

Universität Bielefeld, <sup>1</sup>AB Neurokognition und Bewegung, <sup>2</sup>AG Neuroinformatik

### **Problem und Einleitung**

In den letzten Jahren wurden in Bereichen wie Robotik, Telemanipulation und Militär neue Technologien entwickelt, die als *Augmented Reality (Erweiterte Realität)* (Milgram et al., 1994) bezeichnet werden. Durch Augmented Reality wird die Leistungsfähigkeit der beteiligten Menschen nachweisbar unterstützt. Dabei wird die Realität eines Agenten computergestützt mit virtueller Information - auf visueller, akustischer oder taktile Basis - in Echtzeit überlagert (erweitert). Die wesentliche Eigenschaft von Augmented Reality ist also, dass eine zusätzliche Information in die reale Welt des Benutzers implementiert wird. Im Rahmen der Bewegungswissenschaften beziehen sich die mit Augmented Reality bezeichneten Techniken somit auf eine Online-Einbettung einer bewegungsrelevanten Information in die Realität der agierenden Person. Dabei ergeben sich aufgrund neuartiger technischer Entwicklungen (vgl. Abb. 1; Heidemann et al., 2004) auch neue Möglichkeiten zur Implementation solcher Informationen in die Lernsituation.

Im hier dargestellten Projekt werden zwei Themenkomplexe beleuchtet:

1. In der Sportwissenschaft wurden vereinzelt und in Pilotstudien bereits Head-mounted Displays angewandt (Büsch & Janssen, 1997; Schack, Heinen & Jaitner, 2006). Hier bekommen die Sportlerinnen und Sportler über eine Bildschirmbrille ihre Bewegungsausführung aus einer z. B. orthogonal versetzten Kameraperspektive rückgemeldet. Bisher bestanden diese Displays aus geschlossenen Brillen, d. h. es gehen Informationen über die Bewegungsausführung aus der eigenen Perspektive verloren und es ist unklar, inwieweit es sich bei einem solchen Ansatz tatsächlich um eine lernoptimale Augmented Reality handelt. Dieses Problem könnte durch den Einsatz von sogenannten See-Through-Displays umgangen werden, die es erlauben, Information zusätzlich zur normalen Perspektive einzublenden.
2. Sowohl Sollwert-Vorgaben als auch Istwert-Informationen können in Augmented Reality Scenarios online erfolgen und so in die gerade ablaufende Handlung eingebettet werden. Dies bedeutet, dass der Bewegungsausführende gleichzeitig sowohl zusätzliche Information über die momentanen Zustand seiner Bewegung erhält als auch Vorgaben, wie eine ideale Bewegung zu diesem Zeitpunkt auszusehen hat. Diese Möglichkeit wurde in der bisherigen Forschung in der Trainings- und Bewegungswissenschaft noch nicht genutzt.

Aufbauend auf diesen beiden Themenkomplexen lassen sich zunächst zwei Fragestellungen für das Projekt definieren, die experimentell überprüft werden.

1. Werden zusätzliche Lerneffekte im Bewegungslernen nachweisbar, wenn Sportlerinnen und Sportler zusätzliche Informationen über ihre Bewegung (aus einer 90 Grad versetzten Kameraperspektive) in ihre Lern-Realität implementiert bekommen? Technisch formuliert: Sind für die Präsentation online-basierter (visueller) Rückmeldungen über die eigene Bewegungsausführung (Istwerte) offene Headmounted Displays (HMDs) eher geeignet als geschlossene HMDs?
2. Werden zusätzliche Lerneffekte im Bewegungslernen durch eine zeitsynchrone Präsentation von Sollwert-Informationen stabil nachweisbar?

## Methode

Die hier beschriebenen Experimente basieren auf der Nutzung zweier unterschiedlicher HMDs. Zum einen kommt ein geschlossenes HMD zum Einsatz, das dem Träger visuelle Information unter gleichzeitiger Ausblendung der normalen Sehperspektive liefert (Cyberman, Fa. Auvisio). Zum anderen wird ein offenes (see-through) HMD verwendet (LE-750A, Fa. Liteye Systems, Inc.), durch das ein Videobild der normalen Sehperspektive eines Auges überlagert werden kann. Dadurch ist es möglich, dem Träger zusätzliche visuelle Information zu geben, ohne dass die normale Sicht behindert wird.

Während der Experimente werden die Versuchspersonen gebeten, eine Reihe von Unterhand-Parabelwürfen auf einen 2,40 m vor ihnen befindliches 50 cm großen Zielpunkt auszuführen. Dabei bekommen sie entweder (a) kein visuelles Feedback, (b) visuelles Feedback durch das geschlossene HMD oder (c) visuelles Feedback durch das offene HMD. Die Feedbackinformationen werden durch eine Kamera erzeugt, die die Versuchspersonen aus einem Abstand von 3 m während des Experiments von der rechten Seite aus aufnimmt und diese visuelle Information direkt an das HMD überträgt. Somit wird eine zusätzliche Perspektive geschaffen, aus der sich die Versuchspersonen sehen können. Die genaue Art der visuellen Information ist dem jeweiligen Experiment angepasst (siehe unten). Während einer Experimentalsitzung wird jede Versuchsperson in 3 Versuchsdurchgängen aufgefordert, 10 Unterhandparabelwürfe auf das Ziel auszuführen (insgesamte Anzahl von Würfeln pro Sitzung = 30). Die Experimentalsitzung wird nach ca. einer Woche wiederholt (Retentionstest.)

Die Versuchspersonen werden mit retroreflektierenden Markern versehen, die es erlauben, die Armbewegungen mittels einer Motion-Capture-Software aufzunehmen. Die Marker befinden sich am Knöchel des rechten Fußes, an der rechten Schulter, am rechten Ellbogen und am rechten Handgelenk. Aus der Position der Marker können dann für jeden Zeitpunkt der Bewegung die eingenommenen Gelenkwinkel und somit die Arm-Positur berechnet werden.



Abb.1: Augmented Reality im Bewegungenlernen: Untersuchungs-Set-up mit See-Through-Display; High-Speed-Infrarotkameras (VICON), High-Speed-Videokamera (Basler), Kraftmessplatten (AMTI) im Bielefelder Biomechaniklabor.

### **Experiment 1: Präsentation von Istwerten während eines Unterhand-Parabelwurfs**

In diesem Experiment werden den HMD-tragenden Versuchspersonen lediglich Istwerte rückgemeldet, d. h. sie sehen ein Videobild von sich selbst während sie die Bewegung ausführen. Die Versuchspersonen ( $n = 45$ ) sind in drei Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: kein Feedback, Gruppe 2: geschlossenes HMD, Gruppe 3: offenes HMD). Vor jedem Versuchsdurchgang wird der Versuchsperson anhand dreier Abbildungen verdeutlicht, welche Posituren sie während der Bewegungsausführung einnehmen soll. Gezeigt werden die Anfangspositur, die Positur, in der der rechte Arm seinen hinteren Umkehrpunkt erreicht hat, und die Abwurfpositur. Die Versuchspersonen werden gebeten, diese Posituren während der eigenen Bewegung möglichst genau zu replizieren.

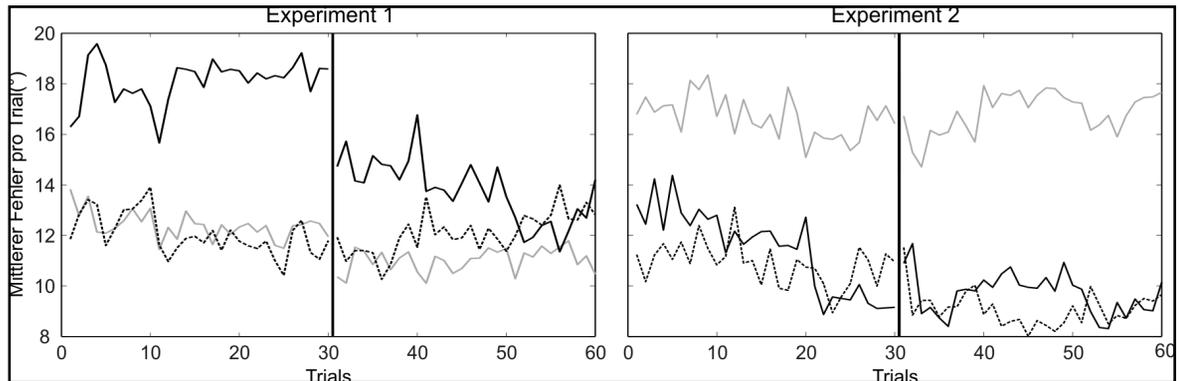
### **Experiment 2: Präsentation von online Ist- und Sollwerten während eines Unterhand-Parabelwurfs**

In diesem Experiment werden den HMD-tragenden Versuchspersonen sowohl Ist- als auch Sollwerte rückgemeldet, d. h. die Versuchspersonen sehen ein Videobild von sich selbst während sie die Bewegung ausführen und bekommen zusätzlich dazu weitere Informationen über die kinematische und zeitliche Struktur der Bewegung. Dies geschieht in Form einer grafischen Darstellung der während der Bewegung einzunehmenden Gelenkwinkel des rechten Armes. Durch farbige Balken, deren Höhe mit den an der Bewegung beteiligten Gelenkwinkeln korrespondiert, wird rückgemeldet, welche Positur die Versuchsperson zu einem gegebenen Zeitpunkt einnimmt (Istwerte). Weiterhin werden die Parameter einer idealen Bewegung in der gleichen Darstellungsweise eingespielt (Sollwerte). Die Versuchsperson hat somit zu jedem Zeitpunkt eine direkte Vergleichsmöglichkeit zwischen den beiden Informationen. Wieder werden die Versuchspersonen ( $n = 30$ ) in drei Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: kein Feedback, Gruppe 2: geschlossenes HMD, Gruppe 3: offenes HMD). Im Gegensatz zu Experiment 1 werden jedoch nur der ersten Grup-

pe die erläuternden Abbildungen gezeigt; die HMD-tragenden Gruppen bekommen die Information über die Bewegungsausführung durch die Sollwert-Einspielung.

Als Indikatoren für die Leistung werden in der nachfolgende Analyse die Abweichungen der gemessenen Armwinkel von den vorgegebenen Armwinkeln ermittelt. Die Messzeitpunkte sind die Anfangspositur, die Positur am hinteren Umkehrpunkt der Hand und die Positur zum Zeitpunkt des Abwurfes.

## Ergebnisse



**Abb. 2:** Ergebnisse der Experimente 1 und 2. Dargestellt sind die mittleren Fehler in Grad (°) der beiden Armwinkel über den Experimentalverlauf. Die jeweils ersten 30 Trials finden während Experimentalsitzung 1 statt, die Trials 31 bis 60 stellen den Retentionstest dar. Graue Graphen: Gruppe 1, gestrichelt Gruppe: 2, schwarz: Gruppe 3.

Für Experiment 1 zeigt sich, dass sowohl Gruppe 1 (kein Feedback) als auch Gruppe 2 (geschlossenes HMD) kaum Unterschiede in ihrer Leistung aufweist. Die Leistung der Gruppe 3 (offenes HMD) ist während der gesamten ersten Sitzung schlechter als die der beiden anderen Gruppen, nähert sich dieser zum Ende der zweiten Sitzung aber an. Dies ist in Experiment 1 die einzige Gruppe, die ihre Leistung während des gesamten Experiments verbessern kann. Interessanterweise wird diese Verbesserung erst im Retentionstest deutlich.

Die Ergebnisse für Experiment 2 zeigen zum einen, dass die Gruppen 2 und 3, bei denen ein HMD und Sollwert-Feedback zum Einsatz kommen, von Beginn des Experiments an bessere Leistung zeigen als Gruppe 1. Zum anderen können sich diese beiden Gruppen über den Verlauf des Experiments moderat verbessern. Gruppe 1, die keinerlei Feedback erhält, zeigt im Vergleich schlechtere Leistung und ist nicht in der Lage, ihre Leistung zu verbessern.

## Diskussion

Die hier durchgeführten Untersuchungen legen nahe, dass der Einsatz der verwendeten HMDs zur Schaffung einer Augmented Reality zu positiven Effekten beim Erlernen von einfachen Bewegungen führen kann. Dies ist zum Teil schon in Experiment 1 zu sehen (Gruppe 3), bei dem den Versuchspersonen eine zweite visuelle Perspektive angeboten wird. Besonders deutlich wird dies jedoch in Experiment 2 (Gruppen 2 und 3), bei dem durch Einspielung von Sollwert-Vorgaben sowohl die allgemeine Leistung verbessert als auch ein Lerneffekt hervorgerufen wird.

Interessanterweise unterscheiden sich in Experiment 1 die Gruppen 1 und 2 in ihrer Leistung nicht voneinander. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass beide Gruppen über lediglich eine Perspektive ihrer Bewegung verfügen (Gruppe 1: Ich-Perspektive, Gruppe 2: externe Perspektive). Für die Durchführung einer einfachen Aufgabe wie dem hier untersuchten Unterhand-Parabelwurf ist es denkbar, dass beide Perspektiven ausreichende Informationen liefern. Die anfänglich schlechten Leistungen der Gruppe 3 in Experiment 1 könnten dagegen auf den zunächst ungewohnten Zugriff auf zwei Informationen gleichzeitig zurückzuführen sein (sowohl Ich-Perspektive als auch externe Perspektive) und es ist denkbar, dass diese beiden Informationen zunächst interferieren. Untermuert wird diese Hypothese zusätzlich durch die Verbesserungen, die sich in der zweiten Experimentalsitzung zeigen. Die Versuchspersonen hatten Zeit, die durch das HMD zur Verfügung gestellte Perspektive in ihre normale Perspektive zu integrieren. Dies wird auch durch anekdotische Erfahrungsberichte der Versuchspersonen bestätigt.

Die Ergebnisse aus Experiment 2 zeigen deutlich, dass sowohl ein geschlossenes HMD (Gruppe 2) als auch ein offenes HMD (Gruppe 3) zur Verbesserung der Leistung genutzt werden kann. Zwischen diesen beiden Gruppen zeigen sich jedoch kaum Unterschiede. Eine mögliche Erklärung für diese fehlenden Unterschiede könnte die Reichhaltigkeit der im zweiten Experiment durch das HMD gebotenen Information sein. Diese beinhaltet prinzipiell die komplette Information über die auszuführende Bewegung, sowohl die Anforderungen an die einzunehmenden Positionen als auch die zeitliche Struktur der Bewegung. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Versuchspersonen einen Großteil ihrer Aufmerksamkeit auf die im HMD zur Verfügung stehenden Informationen gelegt haben und Versuchspersonen der Gruppe 3 faktisch ihre eigene Ich-Perspektive dabei weitestgehend ausgeblendet haben.

## Literatur

- Büsch, D. & Janssen, J.-P. (1997). Motorisches Modellernen mit einem Headmounted Display. In J. Perl (Hrsg.), *Sport und Informatik 5* (Bericht über den 5. Workshop Sport und Informatik der dvs- Sektion Sportinformatik vom 17.-19.06.1996 in Berlin, S. 161-170). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Heidemann, G., Bax, I., Bekel, H., Bauckhage, C., Wachsmuth, S., Fink, G., Pinz, A., Ritter, H. & Sagerer, G. (2004). Multimodal interaction in an augmented reality scenario. In R. Sharma, T. Darrell, M.P. Harper, G. Lazzari & M. Turk (Ed.), *6th International Conference on Multimodal Interfaces* (Proceedings of ICMI October 13<sup>th</sup>- 15<sup>th</sup> 2004 at State College PA, pp.53-60). USA: ACM
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. and Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *SPIE 2351-34 (Proceedings of telemanipulator and telepresence technologies*, pp. 282-292).
- Schack, T., Heinen, T. & Jaitner, T. (2006). *Integriertes Online-Feedback im Spitzensport – neue Wege eines medienbasierten Techniktrainings (Int-O-Feed)*. Unveröffentlichter Zwischenbericht. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.