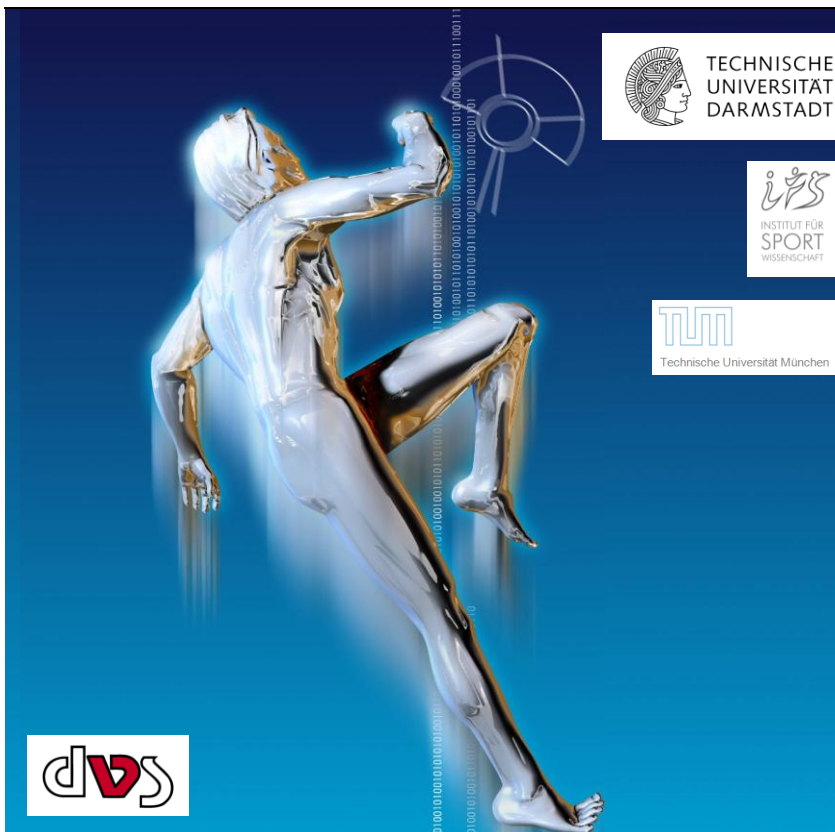
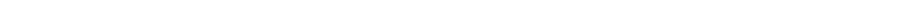


Sportinformatik trifft Sport- technologie

Tagung der dvs-Sektion Sportinformatik und der deutschen
interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie
vom 15.–17. September in Darmstadt

J. Wiemeyer, D. Link, R. Angert, B. Holler, A. Kliem,
N. Roznawski, D. Schöberl & M. Stroß (Hrsg.)





J. Wiemeyer, D. Link, R. Angert, B. Holler, A. Kliem, N. Roznawski,
D. Schöberl & M. Stroß (Hrsg.)

Sportinformatik trifft Sporttechnologie
**Abstractband zur Tagung der dvs-Sektion Sportinformatik und der
deutschen interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie**





Tagung der dvs-Sektion Sportinformatik und der deutschen
interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie
vom 15.–17. September in Darmstadt

Sportmotorik trifft Sporttechnologie

Abstractband

Herausgegeben von

Josef Wiemeyer

Daniel Link

Regine Angert

Bettina Holler

Annika Kliem

Nina Roznawski

Dietbert Schöberl

Markus Stroß



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Technische Universität München

Sportinformatik trifft Sporttechnologie. Abstractband zur Tagung der dvs-Sektion Sportinformatik und der deutschen interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie von J. Wiemeyer, D. Link, R. Angert, B. Holler, A. Kliem, N. Roznawski, D. Schöberl & M. Stroß (Hrsg.) – Darmstadt: Institut für Sportwissenschaft der Technischen Universität Darmstadt, 2010.

ISBN tba

Druck

Hamburg, Druckerei der Techniker Krankenkasse

Inhaltsverzeichnis

Grußwort der Veranstalter	6
Spender und Sponsoren	7
Tagungsort und Lagepläne	8
Verpflegung.....	10
Rahmenprogramm	10
Mitgliederversammlung der Sektion Sportinformatik	11
Hinweise für Arbeitskreisleiter und Referenten	12
Programmübersicht	13
Hauptvorträge	15
Arbeitskreis 1.1: Mess- & Informationssysteme I - Messen und Feedback	16
Arbeitskreis 1.2: Modelle & Soft-Computing	32
Arbeitskreis 2.1: Robotik	48
Arbeitskreis 2.2: Leistungsdiagnostik & Trainingssteuerung	64
Arbeitskreis 3.1: Elektronisches & virtuelles Lernen.....	79
Arbeitskreis 3.2: Mess- & Informationssysteme II - Varia.....	100
Arbeitskreis 4.1: Spielanalyse.....	119
Arbeitskreis 4.2: Sensornetzwerke	134
Poster	150
Wissenschaftliches Komitee	181
Autorenverzeichnis	182

Grußwort der Veranstalter

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

wir freuen uns sehr, Sie zum Symposium der Sektion Sportinformatik der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs) und der deutschen interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie in Darmstadt begrüßen zu dürfen.

Sportinformatik und Sporttechnologie haben traditionell ein enges Verhältnis. Als technologiebezogene Teildisziplinen der Sportwissenschaft stehen sie nicht nur in inhaltlicher Nähe, sondern kennzeichnen sich auch durch gemeinsame Forschungsthemen, die sich nur mit Expertise auf beiden Gebieten bearbeiten lassen. Beispiele hierfür sind die Konstruktion und Optimierung von Sport- und Trainingsgeräten, die Entwicklung von Mess- und Diagnosesystemen sowie die Modellierung und Simulationen von sportbezogenen Prozessen.

Ziel des Symposiums ist es, Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus beiden Bereichen zu einem Austausch über den aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand zusammenzubringen. Neben Arbeitskreisen zu ausgewählten Themen der Sportinformatik bzw. Sporttechnologie erwartet Sie eine Podiumsdiskussion in der verbindende und distinguierende Momente der beiden Fächer identifiziert und Fragen der nationalen und internationalen Ausrichtung von Sportinformatik und Sporttechnologie diskutiert werden.

Die Anmeldung von fast 60 Beiträgen dokumentiert eindrucksvoll das große Interesse an dieser Tagung.

Wir wünschen Ihnen einen angenehmen Aufenthalt in Darmstadt sowie konstruktive Gespräche und Begegnungen.

Prof. Dr. Josef Wiemeyer

Dr. Daniel Link

Spender und Sponsoren



Techniker Krankenkasse
Gesund in die Zukunft.



**Carlo und Karin
Giersch-Stiftung**



Graduiertenkolleg Technische Universität Darmstadt



**Bundesinstitut
für Sportwissenschaft**

Tagungsort und Lagepläne

Der Hauptveranstaltungsort der Tagung ist das *Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung*, Fraunhoferstraße 5, 64283 Darmstadt

Website: www.igd.fraunhofer.de.

Die Vorträge finden in folgenden Räumen statt:

- Raum 072
- Raum 074

Tagungsbüro

Das Tagungsbüro befindet sich im Foyer des IGD. Es ist zu folgenden Zeiten geöffnet:

Tag	Öffnungszeit
Mittwoch, 15. September 2010	12.00 – 18.00 Uhr
Donnerstag, 16. September 2010	08.00 – 18.00 Uhr
Freitag, 17. September 2010	08.00 – 14.00 Uhr

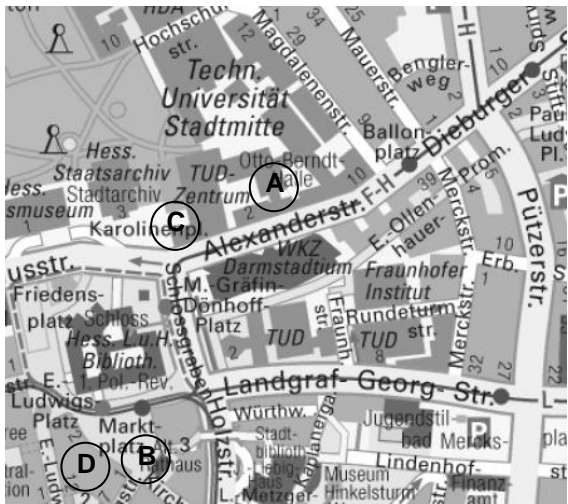
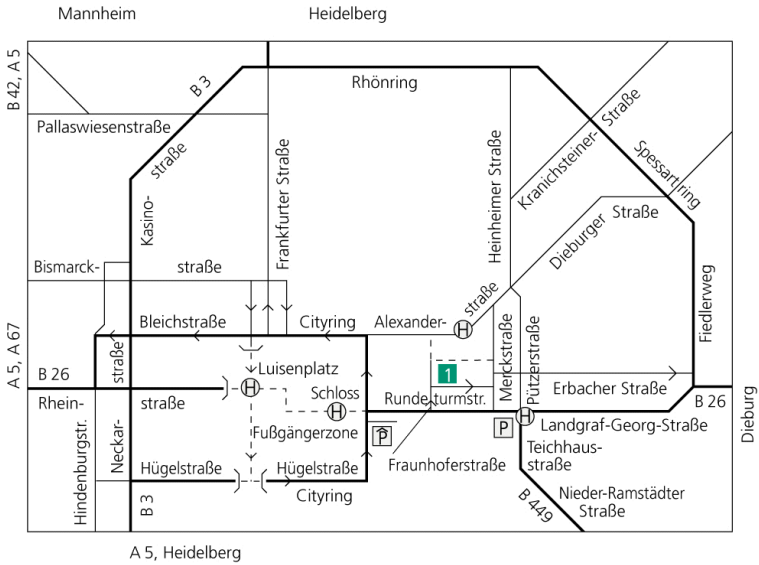
Während der Öffnungszeiten ist das Tagungsbüro unter folgender Telefonnummer zu erreichen:

0163 / 23 88 885

Lageplan und Anfahrtsweg IGD

Adresse: Fraunhofer IGD, Fraunhoferstraße 5, D-64283 Darmstadt

Lageplan Innenstadt



- A: Mensa Stadtmitte
- B: Ratskeller
- C: Welcome Hotel
- D: Hotel Bockshaut

Verpflegung

Im Foyer des *IGD* wird es an allen Tagen einen Kaffee- und Getränkeauschank geben. Es besteht die Möglichkeit, in der nur zwei Gehminuten entfernt liegenden *Mensa Stadtmittle* oder im IGD-Bistro zu Mittag zu essen.

Weiterhin befinden sich im näheren Umkreis des Tagungsortes eine Reihe verschiedenster Restaurants.

Fragen Sie hierzu auch unser Tagungsteam!

Rahmenprogramm

Im Rahmen der Tagung ist sowohl ein Come together am ersten Veranstaltungsabend als auch ein festlicher Empfang am Donnerstagabend geplant.

Come together

Am Mittwochabend haben wir ab 19.30 Uhr Plätze in der Gaststätte und Privatbrauerei *Ratskeller* für Sie reserviert. Der Ratskeller gehört zu den historischen Kneipen Darmstadts und bietet neben selbst gebrauten Bierspezialitäten traditionelle deutsche Küche. Er befindet sich in der Innenstadt ca. fünf Gehminuten vom Tagungsort entfernt (s. Lageplan Innenstadt *B*).

Festlicher Empfang

Am Donnerstagabend findet um 18.45 Uhr ein Empfang auf der *Burg Frankenstein*. Die Teilnehmer treffen sich daher um 18.15 Uhr vor dem Haupteingang des *darmstadtiums* und fahren gemeinsam zur *Burg*.

Die Rückfahrt erfolgt über Bustransfer (ca. 23.00 Uhr) oder individuell.

Hinweis: Einlass nur gegen Vorlage des Vouchers (s. Tagungsmappe).

Mitgliederversammlung der Sektion Sportinformatik

Die Mitgliederversammlung der Sektion Sportinformatik findet am Mittwoch, den 15. September 2010, um 18.00 Uhr im Raum 074 statt.

Hinweise für Arbeitskreisleiter und Referenten

In jedem Tagungsraum steht Ihnen ein Betreuer der Medien zur Verfügung. Wir bitten alle Referenten ihre Präsentationen frühzeitig beim entsprechenden Betreuer im Vortragsraum abzugeben um zu prüfen, ob diese einwandfrei abgespielt werden können. Sie können auch Ihr eigenes Notebook etc. anschließen (VGA-Anschluss).

Dem Programm können Sie entnehmen, wie viel Zeit für Vortrag und Diskussion zur Verfügung steht. Bitte halten Sie die Ihnen zur Verfügung stehende Vortragszeit unbedingt ein. Je nach Auslastung des Arbeitskreises stehen Ihnen unterschiedliche Vortrags- und Diskussionszeiten zur Verfügung.

Wir bitten die Arbeitskreisleiter darauf zu achten, dass die einzelnen Referate im Arbeitskreis zum jeweils angegebenen Zeitpunkt beginnen und enden, damit die Teilnehmer der Tagung die Möglichkeit haben zwischen den Arbeitskreisen zu wechseln.

Für die Poster stehen Ihnen Stellwände (1,20 m x 1,50 m) im Foyer zur Verfügung.

Die Stellwände werden am Freitag gegen 14.00 Uhr abgebaut.

14.00-15.00 Uhr	3. Hauptvortrag	
	M. Masuch, Trier	
	<i>Computerspiele - neue Technologien, neues Lernen?</i>	
	Raum 074	
15.00-15.30 Uhr	Postersession und Kaffeepause	
15.30-18.00 Uhr	Arbeitskreis 3.1	Arbeitskreis 3.2
	<i>Elektronisches & virtuelles Lernen</i>	<i>Mess- & Informationssysteme II - Varia</i>
	Raum 074	Raum 072
ab 18.45 Uhr	Empfang auf Burg Frankenstein	

Freitag, 17. September 2010

09.00-10.00 Uhr	4. Hauptvortrag	
	K.-N. Schulz, Cairos AG	
	<i>Kommerzielle Spielbeobachtung im Fußball</i>	
	Raum 074	
10.00-10.30 Uhr	Kaffeepause	
10.30-12.30 Uhr	Arbeitskreis 4.1	Arbeitskreis 4.2
	<i>Spielanalyse</i>	<i>Sensornetzwerke</i>
	Raum 074	Raum 072
12.30-14.00 Uhr	Podiumsdiskussion: Sportinformatik – Sporttechnologie – Zukunftsfragen	
	Raum 074	
14.00 Uhr	Verabschiedung	

Hauptvorträge

Hauptreferat 1, Mittwoch, 15. September 2010 um 14.30 Uhr

Mobile Motion Tracking Services - Schein & Wirklichkeit

Prof Dr. Veit Senner, Technische Universität München, Fachgebiet für Sportgeräte und Materialien

Hauptreferat 2, Donnerstag, 16. September 2010 um 9.00 Uhr

Modellierung menschlicher Bewegungen - Möglichkeiten und Visionen für den Sport

Dr. André Seyfarth , Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Sportwissenschaft, Lauflabor

Hauptreferat 3, Donnerstag, 16. September 2010 um 14.00 Uhr

Computerspiele - neue Technologien, neues Lernen?

Prof. Dr. Maic Masuch, Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Medieninformatik und Entertainment Computing

Hauptreferat 4, Freitag, 17. September 2010 um 9.00 Uhr

Kommerzielle Spielbeobachtung im Fußball

Kai-Norman Schulz, Cairos technologies AG Karlsbad

Arbeitskreis 1.1: Mess- & Informationssysteme – Messen und Feedback

Mittwoch, 15. September 2010 – 16:00 bis 18:00 Uhr, Raum 074

Leitung: Regine Angert & Markus Stross

16.00 Uhr Sebastian Campe, Thomas Latton, Andreas Krüger, Nico Ganter & Kerstin Witte

Vergleich eines Ganzkörper-Inertialmesssystems mit einem optoelektronischen Messsystem

16.20 Uhr Sebastian Bichler & Wolfgang Pachatz

Entwicklung eines stabilitätsprüfendes System zur funktionellen Messung der Gelenke der HWS

16.40 Uhr Klaus Mattes & Nina Schaffert

Entwicklung eines Mess- und Analysesystems zur Optimierung der Bootsbewegung im Wassertraining und Ruderrennen

17.00 Uhr Nina Schaffert & Klaus Mattes

Entwicklung eines akustischen Feedbacksystems als ruder-spezifisches Trainingsgerät

17.20 Uhr Daniel Link, Peggy Burger & Jürgen Edelmann-Nusser

Computergestütztes Feedbacktraining im Windkanal

Vergleich eines Ganzkörper-Inertialmesssystems mit einem optoelektronischen Messsystem

Sebastian Campe, Thomas Latton, Andreas Krüger, Nico Ganter & Kerstin Witte

Universität Magdeburg

Einleitung

Mit dem zunehmenden Fortschritt in der Entwicklung von Sensoren und der damit verbundenen Miniaturisierung werden mittlerweile immer häufiger Inertialsensoren für biomechanische Untersuchungen eingesetzt (O'Donovan et al, 2007; Takeda et al., 2009). Die Gründe sind zum Einen in einem geringeren materiellen und finanziellen Aufwand zu sehen, aber vor allem sind Inertialsensoren ortsunabhängig nutzbar und nicht an einen Einsatz im Labor gebunden. Inertialsensoren kombinieren die Daten von Beschleunigungssensoren, Gyroskopen und Magnetfeldsensoren, um so die Bewegungen einzelner (Körper)-Segmente und auch von Sportgeräten (z.B. Ski) zu erfassen.

3D-Infrarotbewegungsanalyse-Systeme (z.B. Vicon) dagegen werden im Vergleich zu Inertialsensoren schon seit mehreren Jahrzehnten für biomechanische Untersuchungen eingesetzt und stellen in gewisser Weise den Standard dar (Davis et al., 1991; Ferber et al., 2003). Solche Systeme sind jedoch auf Grund einer gewissen Lichtempfindlichkeit und ihrer Komplexität überwiegend an einen Einsatz im Labor gebunden. Auf Grund der vergleichsweise geringen Erfahrung bei der Verwendung von Inertialsensoren für biomechanische Fragestellungen soll deren Eignung für die Ganganalyse untersucht werden. Daher wurde ein Systemvergleich zwischen dem Moven Ganzkörper-Inertialmesssystem (Xsens Technologies B.V., Enschede, NL) und dem Vicon Infrarotbewegungsanalyse-System (VICON, Oxford Metrics, Oxford, UK) durchgeführt. Es soll festgestellt werden inwieweit Unterschiede hinsichtlich der Kinematik von Hüft-, Knie- und Sprunggelenk im Vergleich beider Systeme auftreten.

Methodik

Für den Systemvergleich wurden ein Gang und isolierte Bewegungen des Hüftgelenks (Flexion/Extension) für einen männlichen Probanden (26 Jahre, 1,69m, 61kg) aufgenommen. Für den Gang wurden drei Schritte und für die isolierten Bewegungen im Hüftgelenk jeweils fünf Wiederholungen ausgeführt und durch das Vicon- sowie das Moven-System zeitgleich mit einer Aufnahme Frequenz von 120 Hz erfasst. Die Synchronisation der Daten des Acht-Kamera Vicon-Systems und des Inertialmesssystems erfolgte durch einen Sprung des Probanden (KSP-Verlauf) jeweils am Beginn der Datenaufzeichnung. Zur Berechnung der kinematischen Parameter wurde für das Vicon-System das Plug-in-Gait Marker-Set (VICON, Oxford Metrics, Oxford, UK) verwendet. Für das Inertialmesssystem lag ein biomechanisches Modell mit 23 Segmenten zugrunde (Xsens Technologies B.V., Enschede, NL). Für den Vergleich beider Systeme wurden aus den berechneten Winkel-Zeit-Verläufen (Sagittalebene) diskrete Werte extrahiert (Maxima, Minima und deren zeitliches Auftreten) sowie die Bewegungsspannweite aus der Differenz der auftretenden Maxima und Minima berechnet. Eine Überprüfung der Winkel-Zeit-Verläufe hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit erfolgte mit der Korrelation nach Pearson.

Ergebnisse

Für den Gang beträgt der Unterschied zwischen beiden Systemen bei der maximalen Flexion im Hüftgelenk 30 Grad und bei der maximalen Extension 27 Grad. Die Unterschiede bei der Bewegungsspannweite dagegen fallen mit vier Grad deutlich geringer aus. Beim Knie- (< 17 Grad) und Sprunggelenk (< 10 Grad) sind generell geringere Unterschiede zu beobachten im Vergleich zum Hüftgelenk. Die Ähnlichkeitsanalyse der Kurvenverläufe zeigte jeweils eine hohe Korrelation für das Hüft- ($R=0,99$), Knie- ($R=0,97$) und für das Sprunggelenk ($R=0,93$). Die Unterschiede bei den isolierten Flexions- und Extensionsbewegungen im Hüftgelenk sind ebenso groß wie die beim Gang.

Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse aus dem Vergleich des Vicon Plug-in-Gait Marker-Sets und dem Moven Inertialmesssystem zeigen, dass der Bewegungsverlauf beim Gehen und den isolierten Bewegungen des Hüftgelenks in der Sagittalebene mit beiden Systemen gleichermaßen bestimmt werden kann. Deutliche Unterschiede sind jedoch bei den Maxima und Minima im Winkel-Zeit-Verlauf zu beobachten. Die Winkel-Zeit-Verläufe erscheinen besonders beim Kniegelenk unrealistisch, da die berechneten Gelenkwinkel des Inertialmesssystems auf eine deutliche Überstreckung im Kniegelenk hinweisen welche anatomisch nicht möglich ist. Die Bewegungsspannweiten können trotz der deutlichen Unterschiede bei den Maxima und Minima besonders beim Hüftgelenkwinkel mit beiden Systemen mit lediglich geringen Abweichungen (< 4 Grad) bestimmt werden. Die großen Unterschiede bei den Absolutwerten sind möglicherweise auf die unterschiedlich definierten Segmentkoordinatensysteme zurückzuführen.

Literatur

- Davis, R.B., Ounpuu, S., Tyburski, D. & Gage, J.R. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Science* 10 (5), 575-587
- Ferber, R., McClay Davis, I. & Williams, D.S. (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical Biomechanics* 18, 350-357
- Takeda, R., Tadano, S., Todoh, M., Morikawa, M., Nakayasu, M. & Yoshinari, S. (2009). Gait analysis using gravitational acceleration measured by wearable sensors. *Journal of Biomechanics*, 42, 223-233
- O' Donovan, K.J., Kamnik, R., O' Keefe, D.T. & Lyons, G.M. (2007). An inertial and magnetic sensor based technique for joint angle measurement. *Journal of Biomechanics*, 40, 2604-2611

Entwicklung eines stabilitätsprüfendes System zur funktionellen Messung der Gelenke der HWS

Sebastian Bichler & Wolfgang Pachatz

Universität Wien

Einleitung

Die im Rahmen diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen durchgeführte Beurteilung der Bewegung der Nacken- und Kopfgelenke mit der konventionellen Handmessung beschränkt sich auf die Messung von Winkeln, insbesondere des Bewegungsumfanges (ROM). Objektivität ist nicht gegeben, da die Messung von der Erfahrung der Messenden abhängig ist. Die Zentrierungsfähigkeit (Center of Stability, COS) kann mit der Handmessung nicht bestimmt werden. Auch andere Verfahren wie die Projektion eines Laserpunktes auf an der Wand fixierten Skalen eignen sich nur unzureichend zur Evaluation einer gezielten Intervention.

Der kostengünstige 3D Visor Z800 der Firma eMagin birgt grundsätzlich Potential zur Lösung dieser Aufgabe, da er Winkel, deren Beschleunigung und die Position der durch ihn gesteuerten Mausbewegung zur Verfügung stellt. Laut Hersteller beträgt die Genauigkeit 1° (ohne Angabe weiterer Bedingungen). Als „Head Mounted Display“ eignet er sich auch als audiovisuelles Feedbacksystem (Morris, 2009) für den Einsatz in der Prävention und Rehabilitation im Bereich der Halswirbelsäule (Heller, 2009).

Um Therapie- und Trainingsmaßnahmen zu evaluieren, sind Messverfahren notwendig, die den testtheoretischen Gütekriterien entsprechen. Damit soll der Qualitätsstandard in der Medizin und Sportwissenschaft sicher gestellt werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einsatz des 3D Visors auf Erfüllung der Gütekriterien zu überprüfen und einen Vergleich zur konventionellen Handmessung anzustellen.

Methodik

Das Gerät wurde an einem selbstgefertigten Kopfmodell mit definierten Endwinkelstellungen von -50° und $+50^\circ$ angebracht und mit relativ gleichförmiger Geschwindigkeit (ca. $100^\circ/\text{s}$) um die Längsachse betrieben (Test A, Prüfung der Reliabilität). Im Test B vermaßen 8 TherapeutInnen einen Klienten (Prüfung der Objektivität: Handmessung, Z800), im Test C bestimmte 1 Therapeut an 29 Klienten den ROM (Prüfung der Validität). Weiterhin wurde dabei auch ein neuromuskulären Trainingsprogramms evaluiert, welches nach einer Irritationsphase des Kopfes, das Aufsuchen der subjektiven Mitte (COS) forderte.

Die Ergebnisse des Z800 wurden mit dem Referenzsystems XSens (XM-B-XB3) verglichen. Dieses System verwendet Inertialsensoren, welche „driftfrei“ die 3D-Orientierung als auch kinematische 3D-Daten liefern.

Eine Abweichung kleiner als 5° für ROM und COS zum XSens-System wurde als akzeptabel eingestuft.

Ergebnisse

Die Ergebnisse beziehen sich auf die Rotationsbewegung (Längsachse).

A (Reliabilität, $n=22$): Am Modell beträgt die mittlere Abweichung des Z800 zu XSens $4,6^\circ \pm 3,25^\circ$. XSens weicht im Mittel vom vorgegebenen ROM (100°) signifikant um 1° , der Z800 dahingegen im Mittel um $5,6^\circ$ ab.

B (Objektivität, $n=8$): Z800 unterscheidet sich von XSens im Mittel um $9,3^\circ \pm 3,9^\circ$. Die Handmessung hat als mittlere Abweichung vom XSens $17^\circ \pm 8$ (ICC: $-0,078$). Im Vergleich zu den computergestützten Messmethoden wies die Handmessung die höchste Standardabweichung von $12,7^\circ$ auf (XSens: $9,6^\circ$; Z800: $11,1^\circ$).

C (Validität, $n=29$): Die mittlere Abweichung zwischen XSens und Z800 für ROM ist $7,6^\circ \pm 6,8^\circ$ (ICC: $0,7$) und für COS $9,4^\circ \pm 2,4^\circ$. Die mittlere Abweichung zwischen XSens und der Handmessung ist $13,2^\circ \pm 9,6^\circ$ (ICC: $-0,2$).

Der 3D Visor ist in der Lage den ROM mit einer höheren Genauigkeit als die Handmessung zu bestimmen. Findet die Rotation ausschließlich nur um die Längsachse statt, ist die Abweichung akzeptabel. Die Messung Zentrierungsfähigkeit mit dem Z800 ist außerhalb der Toleranz.

Diskussion und Ausblick

Die Schwierigkeit besteht darin, ein genaues Referenzsystem zu finden, an dem die Reliabilität des Systems getestet werden kann. Die Abweichungen, insbesondere zwischen XSens und dem vorgegebenen ROM (Test A), können auf Unzulänglichkeiten des mechanischen Modells zurückgeführt werden. Test B zeigt, dass die Reproduzierbarkeit der Winkelstellungen bei einem menschlichen Probanden nicht möglich ist. Das Driftverhalten stellt die noch zu überwindende Hürde dar. Da in Zukunft Hardware- und Softwareverbesserungen zu erwarten sind, bergen z.B. Analysen der Winkel- und Beschleunigungsverläufe die Möglichkeit, therapeutische Merkmale von Bewegungsmustern zu entdecken.

Literatur

- Heller, M. et al. (2009). Entwicklung eines audio-visuellen Feedbacksystems für den Einsatz in der Prävention und Rehabilitation im Bereich der Halswirbelsäule. In Lames et. al (Hrsg.). Gegenstand und Anwendungsfelder der Sportinformatik. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik vom 22.-24.05.2008 in Augsburg.
- Morris, LD. et al. (2009). Feasibility and potential effect of a low-cost virtual reality system on reducing pain and anxiety in adult burn injury patients during physiotherapy in a developing country. Burns, doi: 10.1016/j.burns.2009.09.005

Entwicklung eines Mess- und Analysesystems zur Optimierung der Bootsbewegung im Wassertraining und Ruderverrennen

Klaus Mattes & Nina Schaffert
Universität Hamburg

Einleitung

Die biomechanische Diagnostik der Ruderleistung und Rudertechnik im Rennboot wird seit mehreren Jahren im Deutschen Ruderverband (DRV) durch die Universität Hamburg mittels des mobilen Messsystems praktiziert (Böhmert & Mattes, 2003), das die Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett, die Ruder- und Rollsitzebewegung sowie die Boots-geschwindigkeit und – beschleunigung erfasst. Auf dieser Grundlage entstanden klare Vorstellungen zur zweckmäßigen Rudertechnik und deren Ansteuerung im Wassertraining sowie zur mechanisch- und bio-logisch-energetisch zweckmäßigen Renngestaltung (Mattes, 2007). Die Nachteile der eingesetzten Geräte liegen im hohen zeitlichen sowie personellen Aufwand. Für die äußere Belastungsanalyse im Wasser-training und im Ruderverrennen wurde *Accrow* (**Acceleration in rowing**) in Kooperation zwischen der BeSB GmbH Berlin und der Universität Hamburg als einfach zu bedienendes Mess- und Analysesystem entwickelt. Das Neue an *Accrow* ist die vollständige Erfassung der äußeren Belastungsmerkmale Intensität (Boots-geschwindigkeit, Schlag-frequenz und Vortrieb), Umfang (gefahrene Strecke, Anzahl Ruderzyklen, Zeitdauer) sowie deren Relationen zueinander.

Methode

Accrow misst und speichert die kinematischen Parameter der Boots-bewegung in Vortriebsrichtung: Bootsbeschleunigung mittels Beschleunigungssensor (50Hz Abtastfrequenz) und den Bootsweg mittels GPS (4Hz). Die Messdaten werden auf einer SD-Karte gespeichert und können per WLAN nachträglich ausgelesen sowie online auf ein Note-book oder PDA übertragen werden. Die zugehörige Auswertesoftware *Regatta* analy-

siert die Messdaten ruderspezifisch für drei Standard-auswertungen: die Belastungsanalyse im Wassertraining, die Rennana-lyse (für wahlweise 2000m, 1000m oder 500m) sowie die Startanalyse (1.-15. Ruderschlag). Die Software erkennt anhand des Beschleuni-gungsverlaufes jeden einzel-nen Ruderschlag und berechnet die Boots-geschwindigkeit, Schlagfre-quenz, den Vortrieb pro Schlag, die gefah-rene Strecke und dafür benö-tigten Zeiten. Die Ausgabe der Daten er-folgt in Tabellenform und als Grafi-ken im Excelformat.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse verschiedener Belastungsintensitäten innerhalb der Trai-ningseinheit erfolgt optional gesteuert über die Zeit, den zurück-gelegten Bootsweg oder die Anzahl an absolvierten Ruderschlägen. Die Beschrei-bung der kinematischen Struktur des Ruderrennens wird strecken- und rennphasenbezogen als Absolut- und Relativwerte vor-genommen. Die Startanalyse wird über die ersten fünfzehn Ruderzyklen durchgeführt, wo-bei die Daten für drei Startbereiche ausgegeben werden: 1.-5. Ruderschlag (max. Startbeschleunigung aus der Ruhe), 6.-10. Ruderschlag (Pick-up Beschleunigung des Bootes auf maximale Geschwindigkeit) und 11.-15. Ruderschlag (maximale Bootsgeschwin-digkeit). Der Einsatz des Geräts zur Analyse der Rudertechnik hat sich im Training der Kaderathleten des DRV und während der Vorläufe für die Weltmeisterschaften 2009 bewährt (Mattes & Schaffert, 2010).

Das neue Mess- und Analysesystem *Accrow* ermöglicht die präzise Pla-nung, Kontrolle und Steuerung des Wassertrainings sowie die um-fassende Analyse des 2000-m-Rennprofils (und dessen Hauptphasen) durch Be-schreibung der kinematischen Struktur des Rennens. Die Er-gebnisdaten unterstützen das geschwindigkeits-, schlagfrequenz- und vortriebsorientier-te Training, den Soll-Ist-Vergleich mit der Trai-ningsplanung zur frühzeiti-gen Erkennung von Abweichungen, die Ver-laufsanalyse der tatsächlichen Leistungsentwicklung (Steigerung der Bootsgeschwindigkeit, Veränderung der Relation Schlagfrequenz/Vor-trieb) und damit die Wirkungsanalyse des Wassertrainings auf die Bootsgeschwindigkeit. Notwendige Informationen

zur Beurteilung des Gesamtrennens (Fahrzeit, Teilzeiten, mittlere Bootsgeschwindigkeit, Schlagfrequenz, Vortrieb und deren Relationen) der realisierten Renn-taktik (Plan-Ist-Vergleich), Anteiligkeit der charakteristischen Rennphasen (Startbeschleunigung, max. Bootsgeschwindigkeit, Übergang, Strecke und Endspurt) sowie die Überprüfung der Startvariante aus biomechanisch-rudertechnischer Sicht.

Zur Optimierung des Wassertrainings und Analyse des Ruderrennens sollte *Accrow* regelmäßig eingesetzt werden. Dabei empfiehlt es sich, die Daten von *Accrow* mit der inneren Beanspruchung (Herzfrequenz und Laktat) in Beziehung zu setzen.

Literatur

- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In Fritsch, W. (Hrsg.), *Rudern - erfahren, erkunden, erforschen*. (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Mattes, K. (2007). Rudertechnik. In Altenburg, D. Mattes, K. Stein-acker, J.M. (Hrsg.), *Handbuch Rennrudern*. Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2010) A new measuring and on water coaching device for rowing. In J. Hum. *Sport Exerc.* 5 (2). 226-239.
www.accrow.de

Entwicklung eines akustischen Feedbacksystems als ruder-spezifisches Trainingsgerät

Nina Schaffert & Klaus Mattes

Universität Hamburg

Einleitung

Der regelmäßige Einsatz biomechanisch gestützter Mess- und Feedbacksysteme zur Steuerung des Techniktrainings im Rennrudern ist im Deutschen Ruderverband (DRV) bereits seit Jahren etabliert (Mobiles Mess- und Trainingssystem 2000 und PCS-Sportler des Institut FES und der Universität Hamburg). Die Informationspräsentation erfolgt als visuelle Synchroninformation auf ein Grafikdisplay. Nachteile entstehen durch die prinzipiellen Grenzen der visuellen Informationsaufnahme, die bei hohen Bewegungsgeschwindigkeiten (Schlagfrequenzen >30 Schläge pro Minute) zunehmend eingeschränkt wird. Zur Ergänzung bestehender Systeme wurde das Trainingsgerät *Sofirow* (**Sonification in rowing**) als akustisches online Feedbacksystem in Kooperation zwischen der BeSB GmbH Berlin und der Universität Hamburg entwickelt. Die Sonifikation (Vertonung) über den komplexen kinematischen Parameter des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufs ermöglicht eine differenzierte Abbildung qualitativer Änderungen der Bootsbewegung im Online-Verfahren mit einer hohen zeitlichen Auflösung der einzelnen Bewegungsmerkmale. Bei der Geräteentwicklung stand die Vertonung der Bootsbeschleunigung in Klangsequenzen, deren Online-Präsentation sowie deren empfundene Funktionalität und Ästhetik im Vordergrund.

Methode

Messdaten: *Sofirow* misst und speichert die kinematischen Parameter der Bootsbewegung in Vortriebsrichtung während der Ruderfahrt: Bootsbeschleunigung mittels 3D MEMS-Beschleunigungssensor (mikro-elektromechanisches System)(konfigurierbar bis 125Hz) und den Bootsweg mit GPS (4Hz). Der Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf wird online (max. Ver-

zögerung 100ms) vertont und den Athleten im Rennboot und Trainern im Motorboot wahlweise über Kopfhörer oder Lautsprecher präsentiert.

Klangdesign: Die Umwandlung der Messwerte in Töne erfolgte mit dem Verfahren der Parameter-Mapping-Sonifikation (Hermann, 2008) als direkte Klangmodulation. Durch algorithmische Transformation entstanden zeitabhängige bewegungsdefinierte Klangsequenzen. Dabei wurde jeder Beschleunigungswert einem Ton auf der MIDI-Skala zugeordnet, bei der immer eine ganze Zahl einem bestimmten Halbton entsprach. Die Tonhöhe des akustischen Resultats änderte sich als Funktion der Beschleunigung und machte Veränderungen in der Boots-bewegung unmittelbar hör-bar. Die gespeicherten Beschleunigungsdaten können nachträglich sonifiziert und mit der Auswertesoftware *Regatta* analysiert werden. Der Datentransfer erfolgt über WLAN.

Ergebnisse und Diskussion

Der Einsatz von *Sofirow* bei der DRV-Juniorennationalmannschaft erreichte eine hohe Akzeptanz (standardisierte Athleten- und Trainerbefragung) (Schaffert, Mattes & Effenberg, 2009). Die Funktionalität der Klangsequenz hat sich in der Trainingspraxis gegenüber der Ästhetik bewährt (Schaffert et al., 2009). Für die Präsentation wurden Lautsprecher eingesetzt, um das akustische Feedback nicht von den natürlichen Rudergeräuschen zu isolieren. Die Ergebnisse der Messfahrten zeigten signifikante Verbesserungen in der mittleren Boots-geschwindigkeit unmittelbar nach Zuschalten der Sonifikation.

Das Trainingsgerät *Sofirow* bildet die rhythmische Boots-bewegung über den Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf in unterschiedlichen Intensitätsstufen und Bootsklassen akustisch differenziert ab und präsentiert die Klangsequenz zeitunkritisch für die Bewegungsregulation (Birklbauer, 2005). Dadurch wird eine vom Auge unabhängige Vermittlung von Bewegungsmustern ermöglicht sowie deren unmittelbare Ansteuerung durch die direkte Kopplung der Tonhöhe an Änderungen in der Bootsbeschleunigung über ein intuitives Verständnis der Klangsequenz. Damit steht mit *Sofirow* ein Trainingsgerät zur Verfügung, das in Ergänzung zu bestehenden Sys-

temen, den Ansteuerungsprozess des zweck-mäßigen Beschleunigungs-Zeit-Verlaufs durch Rückmeldung über das Gehör unterstützt. Als neuer Ansatz im Techniktraining eröffnet es weitere Möglichkeiten für die Rhyth-musschulung, die systematische An-steuerung der Boots-bewegung im Wassertraining und zur akustischen Schulung von Trainings- und Rennab-schnitten (Start, 2000-m-Rennpro-fil). Die gespeicherten Klangsequenzen können nachträglich zur men-talen Trainings- und Wettkampfvorbereitung genutzt werden. Offen ist die grundsätzliche Durchführung des Feedback-trainings zur Ansteuerung und zum Behalten (Anzahl, Zeitstruktur, Häufig-keit) der Trainingsein-heiten mit und ohne Sonifikation) für den Lernprozess.

Literatur

- Hermann, T. (2008). *“Taxonomy and Definitions for Sonification and Auditory Display”*. In Proc. 14th Int. Conference on Auditory Display (ICAD), Paris, France.
- Schaffert, N., Mattes, K. & Effenberg, A.O. (2009). Akzeptanz von akustischem Feedback im Rennrudern. In Krüger, M., Neuber, N., Brach, M. & Reinhardt, K. (Hrsg.). *Bildungspotenziale im Sport. 19. Sportwiss. Hochschultag der dvs in Münster* (S. 375). Czwalina Verlag: Hamburg.
- Schaffert, N., Mattes, K., Barrass, S. & Effenberg, A.O. (2009). Exploring function and aesthetics in sonifications for elite sports. In *Proc 2nd Int. Conf. on Music Communication Science (ICoMCS2)* (p. 83-86). University of Western Sydney. ISBN 978-1-74108-203-6.

Computergestütztes Feedbacktraining im Windkanal

Daniel Link¹, Peggy Burger² & Jürgen Edelmann-Nusser²

¹TU München, ²Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Der Strömungswiderstand des Rodel-Fahrer-Systems ist ein wesentlicher Faktor in der Leistungsstruktur des Rennrodels. Bereits kleine Winkelveränderungen an den Extremitäten führen zu Veränderungen der Widerstandskräfte (Burger et al.), die angesichts der Renngeschwindigkeiten von über 140km/h einen merklichen Geschwindigkeitsverlust bewirken können. Die Bedeutung einer individuell optimalen Körperposition für Sieg oder Niederlage wird insbesondere dann deutlich wenn man berücksichtigt, dass zwischen den vorderen Wettkampfrängen häufig weniger als eine zehntel Sekunde pro Lauf liegt.

Um die Abfahrtsposition von Athleten gezielt zu verbessern, bietet sich ein Training im Windkanal an. Durch die Erprobung verschiedener Positionen lässt sich hier die individuell günstigste Abfahrtsposition feststellen und dem Athleten vermitteln. Hierfür wurde auf Basis der Infrastruktur des Windkanals der Technischen Universität Darmstadt ein Messplatz entwickelt und in Zusammenarbeit mit dem Bob- und Schlittenverband für Deutschland e.V. zur Optimierung der Fahrposition von Nachwuchsathleten eingesetzt. Im Rahmen des Beitrages sollen auf der Tagung Details der Entwicklung aus sporttechnologischer bzw. sportinformatischer Perspektive sowie erste Ergebnisse dargestellt werden.

Funktionsumfang des Messplatzes

Der entwickelte Messplatz weist zwei wesentliche Funktionen auf. Erstens beinhaltet er ein Prognosemodell, das eine Abschätzung der Auswirkungen von kurzen Veränderungen der Körperposition auf die Fahrzeit erlaubt. Hiermit kann beispielsweise der Frage nachgegangen werden, welchen Zeitverlust ein kurzes Anheben des Kopfes bewirkt und bis zu welchem Grad dieses bspw. vor dem Hintergrund einer besseren Sicht vor einer Kurveneinfahrt in Kauf genommen werden kann. Dieses Modell ist an die Auswertungssoftware des Windkanals gekoppelt und kann unmittelbar

während der Messung die Leistungsrelevanz bestimmter Positionsmerkmale verdeutlichen.

Um dem Athleten aerodynamisch günstige und weniger günstige Körperhaltungen besser vermitteln zu können, wurden zum zweiten verschiedene Feedbackverfahren in den Messplatz integriert. Dieses ermöglichen es, den Strömungswiderstandskoeffizienten (Cw-Wert) sowohl grafisch, als akustisch per Sonifikation darzustellen und dem Athleten in Echtzeit zuzuspielen. Der Einsatz von Audio-Feedback geschieht unter der Erwartung, dass die direkte Kopplung von Bewegungen an ein akustisches Signal ein besseres motorisches Lernen ermöglicht (Effenberg, 2005). Die Athleten können sich quasi in die günstigste Position „hinein hören“.

Sporttechnologische und sportinformatische Entwicklungsaspekte

Zur Befestigung des Schlittens im Windkanal wurde eine Vorrichtung konstruiert, auf der Schlitten mit unterschiedlichem Kufenabstand angebracht werden können. Diese wurde kraftschlüssig mit einer Kistler-Kraftmessplatte verbunden, die wiederum über Holme mit einer Stahlkonstruktion unter der Bodenplatte des Windkanals verschraubt wurde. Die Ansteuerung der Kraftmessplatte erfolgte über eine von der Fa. Kistler zur Verfügung gestellte Softwarekomponente.

Die Steuerungssoftware berechnet den Cw-Wert als Quotient der in Strömungsrichtung wirkenden Kraft und des Staudrucks im Windkanal (die Anströmfläche wird auf 1m² konstant gesetzt). Die Umsetzung des Cw-Wertes in ein Feedback-Signal erfolgt auf Basis der Differenz zu einer Baseline, die zu Beginn jedes Trainingsdurchgangs ermittelt wird. Für die Feedbackgabe stehen eine numerische Anzeige, ein Balkendiagramm sowie drei Arten von Tönen (Sinuston, Pulston, Midi-Instrumente) zur Verfügung, bei denen die Tonparameter (Frequenz, Pulsdauer oder Klang) je nach gewählter Sensitivität moduliert werden. Die Tonübertragung erfolgte per handelsüblichem Bluetooth-Headset.

Zur Prognose wurde auf das einfache Modell der Schiefen-Ebene zurückgegriffen, wobei die Kurvenproblematik zunächst ausgeblendet wurde. Die

Fahrzeitberechnung erfolgte auf Basis des Streckenprofils der Rodelbahn in Winterberg, welches vorher per GPS vermessen wurde.

Erste Erfahrungen

Der Messplatz wurde mit Nachwuchsathleten des Olympiastützpunktes in Winterberg prototypisch eingesetzt. Trainer und Athleten bewerteten den Ansatz als prinzipiell vielversprechend. Problematisch war die Feedbackgabe per Audiosignal, da der Windkanal im Betrieb erhebliche Lautstärkepegel erreicht, die das Feedbacksignal übertönen. Hier ist zukünftig nach Möglichkeiten zu suchen, eine qualitativ höherwertige Tonübertragung in den Helm zu gewährleisten.

Literatur

- Bürger, P., Kühne, A., Krüger, A., Ganter, N., Link, D. & Edelmann-Nusser, J. (2008). *Aerodynamics in Luge - Measurement and Modelling. World Congress of Performance Analysis of Sport VIII.*
- Effenberg, A.O. (2005). Movement Sonification: Effects on Perception and Action. *IEEE Multimedia, Special Issue on Interactive Sonification, 12 (2), 53-59.*

Arbeitskreis 1.2: Modelle und Soft-Computing

Mittwoch, 15. September 2010 – 16:00 bis 18:00 Uhr, Raum 072

Leitung: Jürgen Perl, Universität Mainz

16.00 Uhr Peter Lamb, Roger Bartlett & Anthony Robins

Artificial Neural Network Analysis of Coordination Between Different Types of Shoe Orthotics

16.20 Uhr Benjamin Haar & Wilfried W. Alt

Multivariate Zeitreihenmodellierung von Trainingswirkungen mit neuronalen Netzen

16.40 Uhr Thomas Jaitner, Ankang Le & Thomas Bang

Steuerung des Gruppentrainings im Radsport mittels nichtlinearer Regelungsalgorithmen

17.00 Uhr Peter Lamb, Roger Bartlett & Anthony Robins

Assessing Coordination Stability By Means Of A Second SOM

17.20 Uhr Thorsten Dahmen

Kalibrierung eines Leistungs-Geschwindigkeits-Modells für Rennradfahrten mit realen Leistungs- und Höhendaten

Artificial Neural Network Analysis of Coordination Between Different Types of Shoe Orthotics

Peter Lamb¹, Roger Bartlett² & Anthony Robins²,

¹TU München, ²University of Otago

The popularity of running as a form of exercise makes any health benefits or consequences a relevant topic for the public. The repetitive loads associated with running can cause discomfort, pain and lead to overuse injuries. Foot orthotics are implants in the shoe intended to help alleviate these symptoms (see Razeghi and Batt (2000) for a review).

This study used a dataset collected at the University of Calgary which consists of kinematic and kinetic measures for gait in three orthotic conditions as well as a control. The purpose of this study was to complement the findings of the original analyses performed on the dataset, which were analyses of discrete variables (Mündermann, Nigg, Humble, & Stefanyshyn, 2003). The current analysis used Kohonen Self-Organizing Map (SOM) techniques to compare the multi-dimensional time-series data, used to construct the discrete variables in the original analyses, to compare differences in coordination between different types of shoe orthotics. The three types of orthotics studied were: Posted orthotics, Molded orthotics and Posted and Molded orthotics.

Methods

Markers were placed on the appropriate landmarks of the lower body and a joint coordinate system was constructed from a standing trial according to Cole et al. (1993). Kinematic and kinetic data were calculated using Kin-Trak software (The University of Calgary, Canada). For each trial, data were normalized to 101 data points starting at heel-strike and ending at toe-off with 20 data points before and after heel-strike and toe-off, respectively. The ten kinetic and kinematic variables used for training were: foot eversion, ankle plantar flexion, internal tibia rotation, knee adduction, knee internal rotation, knee flexion, ankle flexion moment, knee flexion moment, vertical ground reaction force and vertical loading rate.

Many studies using SOMs have used best-matching node trajectories to visualize the simulation data (Bauer & Schöllhorn, 1997; Perl, 2004). Because of the large size of the dataset, trajectory paths clouded the details of the visualization. For this reason a U-matrix overlay visualization was developed which combines the traditional U-matrix and a node hits matrix. The overlay visualization is given context by comparing it with component planes diagrams which identify the contribution of each variable to the SOM grouping.

Results and Discussion

We report three prototypical participants, which were considered representative of the broadest range of changes in coordination, to illustrate the SOM techniques. Results of the SOM analysis were, in general, consistent with the results of the original analysis (Mündermann et al., 2003). While the original analysis used discrete variables, the SOM analysis provided useful information concerning coordination throughout the time-series.

The most easily recognized differences between orthotic conditions, as shown on the component planes diagrams, were foot inversion-eversion, ankle flexion and tibia rotation angles. Posted orthotics were shown to reduce foot eversion and internal tibia rotation in early stance and foot inversion and external tibia rotation in late stance. In general, the Posted orthotics reduced ankle mobility.

Molded orthotics, on the other hand, increased ankle mobility. Foot eversion and internal tibia rotation were increased in early stance and foot inversion and external tibia rotation were increased in late stance.

The effects of the Posted and Molded orthotic condition showed that when combining posted orthotics with molded orthotics, the effects of the molded orthotics tended to over-ride the effects of posting and enhance the effects of molding. Accordingly, the Posted and Molded condition increased ankle mobility further compared to the Molded condition.

This study provided further validation for SOMs as an analysis technique for high-dimensional biomechanical data by supporting the findings of the original analysis (Mündermann, 2003). The SOM analysis also highlighted

relationships within the data that were not reported in the original analysis, this suggests that SOMs can be used to complement more conventional analysis techniques. Finally, this study showed SOMs to be useful for the analysis of time-series data, which tends to represent an obstacle for most biomechanical studies.

Literatur

- Cole, G., Nigg, B. M., Ronsky, J., & Yeadon, M. (1993). Application of the joint coordinate system to three-dimensional joint attitude and movement applications: A standardized proposal. *Journal of Biomechanical Engineering*, *115*, 344–349.
- Mündermann, A., Nigg, B. M., Humble, R. N., & Stefanyshyn, D. J. (2003). Foot orthotics affect lower extremity kinematics and kinetics during running. *Clinical Biomechanics*, *18*, 254–262.
- Perl, J. (2004). A neural network approach to movement pattern analysis. *Human Movement Science*, *23*, 605-620.
- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2000). Biomechanical analysis of the effect of orthotic shoe inserts: A review of the literature. *Sports Medicine*, *29* (6), 425–438.

Multivariate Zeitreihenmodellierung von Trainingswirkungen mit neuronalen Netzen

Benjamin Haar & Wilfried W. Alt

Universität Stuttgart

Einleitung

„There is a large consensus that modelling training-performance relations provides pertinent information concerning interindividual differences enabling highly individualised training programmes“ (Hellard et al., 2006, S. 510). Einige mathematische (Banister et al., 1975; Mester & Perl, 2000) und ein non-parametrisches Modell auf der Basis künstlicher neuronaler Netze (KNN) (Edelmann-Nusser et al., 2001) mit guter Abbildungs- und Vorhersageleistung wurden bisher für die Modellierung von Trainingswirkungen entwickelt. Die mathematischen Modelle sind jedoch nur in der Lage, einen bivariaten Zusammenhang zwischen einer globalen Input- und einer globalen Outputvariable herzustellen. Auf der anderen Seite kann das KNN-Modelle einen multivariaten Input verarbeiten. Restriktionen ergeben sich bei diesem Modell dadurch, dass es nicht den Charakter eines Zeitreihenmodells hat und als Black-Box-Modell nichts über kausale Zusammenhänge zwischen In- und Output ausgesagt werden kann.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Restriktionen der vorhandenen Modelle zu umgehen und neuronale Netze für die multivariate Zeitreihenmodellierung von Trainingswirkungen einzusetzen.

Methoden

Drei hochtrainierte Triathleten nahmen an dieser Studie über die Dauer von 3 Monaten teil (2 männlich, 1 weiblich; mittlere VO₂max = 3,77 l/min). Die Trainingsbelastungen wurden täglich in vier Kategorien (Laufen, Radfahren, Schwimmen und Krafttraining) über die mittlere Herzfrequenz und den zeitlichen Umfang erfasst. Die Erholungs-Beanspruchungsbilanz der Athleten wurde alle drei Tage erfasst (EBF-Sport, Kellmann & Kallus, 2000). Die

maximale Sauerstoffaufnahme wurde als Leistungoutput ebenfalls alle drei Tage mit einer Rad-Ergospirometrie bestimmt.

Ein Backpropagation-Netz wurde für die multivariate Zeitreihenanalyse eingesetzt (Zhang et al., 1998) und für jeden Athleten trainiert. Aufeinanderfolgende Werte t_2 and t_1 des Leistungsverlaufs gingen als autoregressive Daten in die Modellierung zur Vorhersage der Leistungsfähigkeit zum Zeitpunkt t_0 ein. Die Trainingsbelastung und die psychologische Variablen stellen exogene Inputdaten dar. Das künstliche neuronale Netz soll den Netzoutput auf der Basis einer bestimmten Anzahl vorhergehender Werte vorhersagen.

Ergebnisse

24 Datensätze jedes Athleten wurden für das individuelle Netztraining eingesetzt. Die Abbildungsleistung des Modells wurde durch ein Pretraining des Netzes mit den Datensätzen aller Athleten verbessert. Eine sehr gute Modellanpassung wurde für alle drei Athleten erreicht (mittlerer Korrelationskoeffizient $r=0.94$; $P<0.001$). 4 Datensätze wurden nicht für das Netztraining sondern für die Vorhersage der Leistungsfähigkeit über 12 Tage eingesetzt. Bei einem Athleten konnte eine sehr gute Vorhersage der Leistungsfähigkeit erreicht werden (RMSE = 0,06 l/min). Die mittlere quadrierte Abweichung betrug für die beiden anderen Athleten 0,13 l/min bzw. 0,39 l/min.

Diskussion

KNN sind geeignete Modelle für die Analyse und Prognose komplexer nichtlinearer Zeitreihen (Zhang et al., 1998). Die Modellierung der dynamischen Relation zwischen Trainingsinput und Leistungoutput mit KNN scheint daher eine leistungsfähige Methode zu sein. Das Modell kann seine Eigenschaften zum einen anhand einer autoregressiven Komponente erlernen. Zum anderen ist es zum ersten Mal bei einem Zeitreihenmodell möglich, unterschiedliche Faktoren zu berücksichtigen, die einen Einfluss auf die Entwicklung der Leistungsfähigkeit haben. Damit wird eine Komplexitätssteigerung bei der Modellierung von Trainingswirkungen erreicht, die bessere Ergebnisse erwarten lässt (Busso & Thomas, 2006). Da KNN ihre

Modelleigenschaften aus den Eingabedaten lernen, bleibt vorerst die Forschungsfrage offen, ob der gewählte Ansatz auch in der Lage ist, unerwartete, schwankende Prozesse abzubilden.

Literatur

- Banister, E.W., Calvert, T.W., Savage, M.V. und Bach, A. (1975). A systems Model of Training for Athletic Performance. *Australian Journal of Sports Medicine* 7 (3), 57-61.
- Busso, T. & Thomas, L. (2006). Using Mathematical Modeling in Training Planning. *International Journal of Sports Physiology and Performance* (1), 400-405.
- Edelmann-Nusser, J., Hohmann, A. und Henneberg, B. (2001). Prognose der olympischen Wettkampfleistung im Schwimmen. *Leistungssport* 30 (3), 20-23.
- Hellard, P., Avalos, M., Lacoste, L., Barale, F., Chatard, J.C. and G.P. Millet (2006). Assessing the limitations of the Banister model in monitoring training. *Journal of Sports Science* 24 (5), 509-520.
- Kellmann, M. und Kallus K.W. (2000). *EBF-Sport. Erholungs-Belastungsfragebogen für Sportler*. Frankfurt: Swets & Zeitlinger.
- Mester, J. und Perl, J. (2000). Grenzen der Anpassungs- und Leistungsfähigkeit des Menschen aus systemischer Sicht. *Leistungssport* 29 (1), 43-51.
- Zhang, G, Patuwo, B.E. and Hu, M.Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting* 14, 35-62.

Steuerung des Gruppentrainings im Radsport mittels nichtlinearer Regelungsalgorithmen

Thomas Jaitner¹, Anhang Le² & Thomas Bang²

¹Universität Augsburg, ²TU Kaiserslautern

Einleitung

Die Steuerung der Trainingsintensität ist ein wesentlicher Faktor im Radsport, um die Leistung eines Sportlers zu verbessern und Übertraining zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für das Gruppentraining, da hier die Beanspruchung des einzelnen Fahrers von der Position in der Gruppe und bedingt u. a. durch Führungswechsel vom Leistungszustand der gesamten Mannschaft ab. Durch Windschatteneffekt der Luftwiderstand je nach Position um bis zu 38% verringert und somit die aufzubringende Leistung stark minimiert wird (Neumann, 2000). Für eine optimierte Trainingssteuerung des einzelnen Athleten sowie der gesamten Gruppe müssen dementsprechend leistungsdiagnostische Kennwerte sowie aktuelle Messwerte aller Radsportler berücksichtigt werden. Zur Optimierung des Gruppentrainings wurde ein sensorbasiertes Trainingssystem entwickelt, das auf einem kommerziellen Leistungsmesssystem basiert und über eine funkbasierte Kommunikation alle Fahrer miteinander verbindet (Jaitner & Trapp, 2008a). Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der Implementierung und Evaluation eines nichtlinearen Regelungsalgorithmus zur Steuerung der Wechselreihenfolgen und Trainingsintensität.

Methode

Vier Rennräder wurden mit Ultra Mobile PCs (UMPC) ausgestattet, die über eine serielle Schnittstelle mit einem Leistungsmesssystem (Ergomo) verbunden sind und miteinander via WLAN kommunizieren. Als Parameter der Trainingsteuerung werden die Tretleistung, die Geschwindigkeit sowie die Herzfrequenz erfasst und auf dem Display angezeigt. Zudem kann jeder einzelne Fahrer Informationen über die Position in der Gruppe sowie Trainingsanweisungen ablesen. Die Datenerfassung und -verarbeitung er-

folgt mittels einer dienst-orientierte Software-Architektur basierend auf einer OSGI-Plattform (Jaitner & Trapp, 2008b), auf der der Algorithmus der Trainingssteuerung als Dienstkomponente implementiert ist. Der Regelungsalgorithmus basiert auf einem biomechanischen Radleistungsmodell und einem physiologischen Fahrermodell. Das biomechanische Modell prognostiziert die Belastung des Sportlers zu jedem Zeitpunkt unter Berücksichtigung der äußeren Bedingungen, z.B. Streckenprofil, Gegenwind, Geschwindigkeit und Position in der Gruppe. Die daraus resultierende Beanspruchung wird unter Verwendung eines individuell angepassten dynamischen physiologischen Modells eines jeden Radsportlers berechnet, dass die Herzfrequenz in Abhängigkeit der bereits absolvierten Belastungen und der individuellen Leistungsfähigkeit prädiziert. Mittels einer Kostenfunktion wird dann das Gruppentraining unter Berücksichtigung der Modellprädiktionen für jeden Sportler der Gruppe durch Positionswechsel und Geschwindigkeitsanpassung gesteuert (Le et al., 2009).

Ergebnisse und Diskussion

	Δ Soll-Ist (HF) [bpm]	STD (HF) [bpm]	v [km/h]	Positions- wechsel [n/min]	Geschw.- änderung [n/min]
SBA	1.08	4.93	29.2	0.6	7.1
MPC	0.48	2.90	30.5	1.1	0.9

Tabelle 1: Vergleich zwischen einer Modell-prädiktiven Regelung und einer herzfrequenzschwellenbasierten Regelung

Erste Felduntersuchungen zeigen für den Modell-prädiktiven Regelungsalgorithmus (MPC) eine bis zu 40% geringere Abweichungen von der vorgegebenen Herzfrequenz bei höherer Durchschnitts-geschwindigkeit gegenüber der herzfrequenzschwellenbasierten Steuerung (SBA). Der MPC kommt dabei mit einer deutlich geringeren Anzahl von Geschwindigkeits-änderungen aus, während die Positionen jedoch häufiger gewechselt werden. Entsprechend der ersten Ergebnisse erscheint die Modell-prädiktive

Regelung als eine effektive Unterstützung zur Optimierung des Gruppentrainings im Radsport. Gegenwärtig laufen weitere Untersuchungen mit Nachwuchsleistungssportlern unter realen Trainingsbedingungen.

Literatur

- Jaitner, T. & Trapp, M. (2008) An Ambient Intelligence System to support Team Training in Cycling, *E-Journal Bewegung und Training*
- Le A., Jaitner, T. & Litz, L. (2009) Model Predictive Control for Sensor-based Group Training Optimization in Professional cycling. *Proceedings of the European Control Conference 2009* (S. 1305-1310).
- Neumann, G. (2000) Physiologische Grundlagen des Radsports. *Dt. Zeitschrift f. Sportmedizin*, 5, 169-175.

Assessing Coordination Stability By Means Of A Second SOM

Peter Lamb¹, Roger Bartlett² & Anthony Robins²

¹TU München Universität, ²University of Otago

Understanding how individuals coordinate the movements of many different body parts to produce functional outcomes is important for researchers, clinicians, movement analysts and educators. Since the biomechanical degrees of freedom associated with any multi-limb movement outnumber that of the environment, the movement system must inherently possess redundancy. The task of compressing redundant information into useful low-dimensional information represents a significant challenge to studies of coordination. Researchers have looked to theories of complex physical systems (Haken, 1977; Kelso, 1995) for answers to the emergence of ordered behaviour. Such theories, generally, treat the human motor system as a system composed of interacting parts that, as a whole, exhibit properties not obvious from the properties of the individual components.

Experimentally, studies of coordination are complicated by the high-dimensional input space of multiple time-series data that represent the movements. Furthermore, the large amount of data collected using modern biomechanical equipment compound the problem of identifying the important information that underlies coordination. Kohonen Self-Organizing Maps (SOMs), a specific type of artificial neural network, seem to be an attractive tool for biomechanical studies because they: a) require large datasets, b) compress redundant high-dimensional information to a low-dimensional mapping and c) preserve non-linear topological relationships in the data. This programme of study sets out to achieve the validity of SOMs as an analysis technique for studies of multi-dimensional coordination in humans.

Methods

The golf chip shot was used as a movement model because a starting point for research, from a system's perspective, on the stability of the movement at different distances has been established (Lames, 1992). The current

study looked to expand on the Lames (1992) study by including high-dimensional time-series data to represent coordination. Four participants performed chip shots to distances between 4 m and 24 m and all distances between at 2 m intervals. The sampling rate was 100 Hz. Angular displacement and velocity of the following variables were measured and used as input for the neural network: hip rotation, shoulder rotation, spine angle, right and left upper-arm ab-adduction and the angle created between the left fore-arm and club shaft. Additionally, linear displacement and velocity of the player's head and the club head were used as input.

Results und Discussion

We opted for a multi-phase analysis of the data. In the first phase we looked at the SOM mapping visualized on a U-matrix and superimposed trajectories of consecutive best-matching nodes for the chosen simulation data (Lamb et al., 2008). For all four players there was an obvious change in coordination between shots of different distances upon visual analysis of the SOM trajectories. The SOM mappings in this phase represent a classification of coordination at different phases in the movement.

The next phase of the analysis looked to classify the whole movement. To do this a second SOM was trained on the output of the SOM used in the first phase of the analysis (similar to Perl (2004) and Barton (1999)). Several techniques for expressing the information from the first SOM to second SOM were trialed (node indexes, k-means clustering, etc.). We chose to represent the first SOM using the coordinates in weight space of the consecutive best-matching nodes, for each trial, as input for the second SOM. Whereas the first SOM was two-dimensional, the second SOM was a one-dimensional string of nodes. We then used the frequencies of node hits (incorporating a neighbourhood function) to represent stability. The frequently hit nodes could then be plotted in a way similar to attractor diagrams often used in studies of motor control (Haken et al., 1985). The resulting diagrams showed that for three of the players there were stable coordination patterns recruited at long and short distances which were separated by distances from which relatively unstable coordination was recruited. These

behaviours are quite similar to the non-equilibrium phase transitions identified by, for example, Haken et al. (1985).

This study has introduced attractor diagrams generated from SOM outputs which can be used as a means of analyzing coordination stability for complex movements. The methods used in this study may offer a solution to research from a systems perspective that has been limited to low-dimensional analysis.

References

- Barton, G. (1999). Interpretation of gait data using Kohonen neural networks. *Gait & Posture, 10*, 85-86.
- Haken, H. (1997). *Synergetics*. Berlin: Springer-Verlag.
- Haken, H., Kelso, J. A. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics, 51*, 347-356.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic Patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lamb, P., Bartlett, R. M., Robins, A., & Kennedy, G. (2008). Self-organizing maps as a tool to analyze movement variability. *International Journal of Computer Science in Sport, 7*, 28-39.
- Lames, M. (1992). Synergetik als Konzept in der Sportmotorik. *Sportpsychologie, 3*, 12-18.
- Perl, J. (2004). A neural network approach to movement pattern analysis. *Human Movement Science, 23*, 605-620.

Kalibrierung eines Leistungs-Geschwindigkeits-Modells für Rennradfahrten mit realen Leistungs- und Höhendaten

Thorsten Dahmen

Universität Konstanz

Im Rahmen des Powerbike-Projekts wird an der Universität Konstanz ein Rennradsimulator zur Analyse und optimalen Steuerung von Leistungsparametern (Wolf et al., 2010) für reale Rennradstrecken entwickelt.

Zur Regelung des Simulatorwiderstands und zur Vorhersage der Fahrgeschwindigkeit bei gegebener Trittleistung wird ein mathematisches Modell (Martin et al., 1998) verwendet. Das Gleichgewicht der Pedalkraft, Gravitationskraft, Windwiderstandskraft, Rollreibungskraft, Lagerreibungskraft, Kettenreibungskraft sowie der Trägheitskraft führt zu einem Zusammenhang zwischen Pedalleistung und Fahrgeschwindigkeit in Form einer Differentialgleichung.

Diese enthält das Steigungsprofil und 13 physikalische Parameter, von denen sieben bekannt oder leicht messbar sind. Die übrigen sechs sind zwar konstant, können aber nur mit großem technischen Aufwand ermittelt werden: Kettenwirkungsgrad, Formfaktor und Querschnitts-fläche für den Luftwiderstands, Koeffizienten für den Lagerreibungs-widerstand (2) und für den Rollwiderstand (1). Alle Parameter sind spezifisch für den Fahrer, das Rad oder die Rennstrecke.

Um ein möglichst genaues, spezifisches Modell zu bestimmen, werden in dieser Arbeit Höhenprofile mit einem Differential-GPS Gerät (Leica GPS 900) gemessen, und es wird untersucht, inwieweit die sechs unbekannt Parameter aus gemessenen Leistungs- und Geschwindigkeitsdaten, geschätzt werden können (Kalibrierung).

GPS-Datenerfassung und Leistungsmessung

Wir erfassen die Koordinaten der Fahrlinie auf einer flachen, geradlinigen Asphaltstraße (Eichstrecke) in Abständen von ca. 1m. Die Geräteangabe für die horizontale Koordinatenqualität ist für alle Punkte besser als 1,5cm und in der Höhe besser als 1,8cm.

Ein Fahrer fährt bei Windstille mit einem Rennrad entlang der Fahrlinie je vier Mal in beide Richtungen. Dabei deckt er das mögliche Geschwindigkeitsspektrum gut ab, ohne seine Körperhaltung zu verändern. Die Pedalleistung wird mit einem SRM-Leistungsmessgerät gemessen.

In gleicher Weise wird eine Fahrlinie auf einer etwas hügeligeren Teststrecke mit vergleichbarem Fahrbelag gemessen und befahren.

Bestimmung des Steigungsprofils und Kalibrierung des Modells

Das Steigungsprofil der Fahrlinie ermitteln wir aus den Koordinaten durch einen Savitzky-Golay-Ableitungsfilter.

Die sechs gesuchten Modellparameter treten in der Kräftegleichung in vier Widerstandstermen auf, die eine unterschiedliche Abhängigkeit von der Leistung und der Geschwindigkeit aufweisen: (a) unabhängig, (b) proportional zur Leistung, (c) zur Geschwindigkeit oder (d) zur quadrierten Geschwindigkeit. Daher können aus realen Messdaten nur vier Koeffizienten geschätzt werden, zu denen die sechs physikalischen Parameter zusammengefasst werden müssen.

Zur Schätzung der vier Koeffizienten wird das Wegintegral der quadrierten Differenz zwischen gemessener Geschwindigkeit und vom Modell vorhergesagter Geschwindigkeit mit Hilfe der Matlab-Funktion „lsqcurvefit“ minimiert. Dabei untersuchen wir auch, wie sensibel die vier Lösungskoeffizienten auf Leistungs- und Geschwindigkeitsmessfehler reagieren.

Mit den Lösungskoeffizienten berechnen wir eine Modellvorhersage für die Geschwindigkeit bei den Fahrten auf der Teststrecke und vergleichen diese mit der dort gemessenen Geschwindigkeit.

Ergebnisse und Fazit

Der Koeffizient (b), der ausschließlich die i. A. geringen Kettenreibungsverluste modelliert, hat erwartungsgemäß nur einen geringen Einfluss auf die Geschwindigkeitsvorhersage und kann daher nicht mit guter Genauigkeit aus den Messdaten geschätzt werden.

Die übrigen Koeffizienten (a), (c) und (d) sind einflussreicher und ihre Schätzung damit robuster gegenüber Messfehlern. Werden diese Koeffizienten durch Einsetzen von Literaturwerten für die physikalischen Para-

meter bestimmt, ergeben sich deutliche Abweichungen: Zum einen sind die Literaturwerte nicht fahrer-, rad- und streckenspezifisch; zum anderen wurde das Modell durch starke Vereinfachungen der Art der Abhängigkeit der Widerstandskomponenten von der Geschwindigkeit gewonnen.

Die Vorhersage der Geschwindigkeit auf der Teststrecke ist im Durchschnitt 0,06 km/h geringer als die gemessene. Bei Verwendung der Literaturwerte liegt sie 0,58 km/h darüber. Gleichzeitig verbessert die Kalibrierung die Korrelation von 0,93 auf 0,97.

Eine Kalibrierung des Leistungs-Geschwindigkeits-Modells für Rennradfahrten mit realen Leistungs- und Höhendaten bewirkt somit eine genauere Modellvorhersage. Die gewonnenen Parameter lassen sich jedoch nicht mehr physikalisch interpretieren.

Literatur

- Wolf, S. & Dahmen, T. (2010). Optimierung der Geschwindigkeitssteuerung bei Zeitfahrten im Radsport. *Abstract, Sportinformatik Darmstadt*.
- Martin, J.C.; D.L. Milliken, D.L., Cobb, J.E.; McFadden, K.L. & Coggan, A.R. (1998). Validation of a mathematical model for road cycling power. *Journal of Applied Biomechanics* 14 ,276-291.
- Dahmen, T.; Byshko, R.; Röder, M.; Mantler, S. & Saupe, D. (2009). Modeling, simulation and validation of cycling time trials on real tracks. *IACSS*, Canberra.

Arbeitskreis 2.1: Robotik

Donnerstag, 16. September 2010 – 10.30 bis 12.30 Uhr, Raum 074

Leitung: Thorsten Stein, Hermann Schwameder, KIT

10.30 Uhr Andreas Fischer, Martin Do, Rüdiger Dillmann & Hermann Schwameder

Personenerkennung beim Gehen– Ein Vergleich von Künstlichen neuronalen Netzen und Support Vector Machines

10.50 Uhr Dirk Gehrig, Hildegard Kühne & Tanja Schultz

Erkennung von menschlichen Bewegungen mit Hidden Markov Modellen

11.10 Uhr Christoph Amma, Andreas Fischer, Thorsten Stein, Hermann Schwameder & Tanja Schultz

Erkennung von Emotionen auf der Basis von Gangmustern

11.30 Uhr Christian Simonidis, Thorsten Stein, Fabian Bauer, Hermann Schwameder & Wolfgang Seemann

Modellierung und Simulation menschlicher und humanoider Bewegungen – Werkzeuge in der Biomechanik und Robotik

11.50 Uhr Thorsten Stein, Christian Simonidis, Wolfgang Seemann & Hermann Schwameder

Optimierungsprinzipien in der Bewegungskontrolle

Personenerkennung beim Gehen – Ein Vergleich von Künstlichen Neuronalen Netzen und Support Vector Machines

Andreas Fischer, Martin Do, Rüdiger Dillmann & Hermann Schwameder
Karlsruher Institut für Technologie

Einleitung

Die Modellierung der vielschichtigen Zusammenhänge bei der Analyse menschlicher Gang- und Laufmuster wurde in der Sportwissenschaft in den vergangenen Jahren mit Methoden des Soft-Computing erfolgreich praktiziert (Perl, 2007; Schöllhorn et al., 2002). Bei der Analyse von Prozessmustern, die im zeitlich-räumlichen Kontext dynamischen Änderungen unterliegen kamen hierbei vor allem Künstliche Neuronale Netze zum Einsatz. Diese modellieren aktuelle und künftige Systemzustände unter Berücksichtigung der Systemhistorie und beurteilen Zustände im Kontext der multidimensionalen Systemdynamik. Im Hinblick auf eine Unterscheidung von individuellen Bewegungsmustern lassen optimierte Modellansätze zur Musteranalyse bessere Ergebnisse bei der Differenzierung erwarten, als herkömmliche Künstliche Neuronale Netze. In der vorgestellten Arbeit wird die Analyse von individuellen Bewegungsmustern am Beispiel einer Laufanalyse mit Support Vector Machines (Schölkopf & Smola, 2002) untersucht und deren Eignung zur Klassifizierung von Mustern im Vergleich zu Künstlichen Neuronalen Netzen diskutiert.

Methode

Die Datenerhebung für das Training und die Erkennung zum Vergleich der Modelle erfolgte mit 10 Infrarot-Kameras bei einer Abtastfrequenz von 250Hz. Acht Probanden wurden auf einem Laufband bei Geschwindigkeiten von 1,2 m/s, 3,0 m/s und 4,0 m/s kinematisch vermessen. Jeder Proband musste bei jeder Geschwindigkeit drei Versuche absolvieren, wobei der erste Versuch als Einlaufphase nicht in die Analyse mit einbezogen wurde. Die verbleibenden Versuche wurden für das Training und die Er-

kennung verwendet. Die Messintervalle wurden so gewählt, dass von jedem Probanden für jede Geschwindigkeit Daten von mindestens 24 Doppelschrittzyklen erfasst werden konnten. Das Training und die Erkennung erfolgte auf Daten aus unterschiedlichen Versuchen. Um Klassifikationsmodelle für Gehbewegungen mit Künstlichen Neuronalen Netzen (KNN) wie auch Support Vector Machines (SVM) einlernen zu können, wurden Gelenkwinkelstellungen aus den segmentierten Bewegungssequenzen extrahiert, die charakteristische Geschwindigkeitsveränderungen repräsentieren und zu einer Trainingsdatenmenge für jeden der vier Segmenttypen zusammengefasst. Für das Vorgehen mit den KNN wurde die frei verfügbare Bibliothek FANN (Nissen, 2003) integriert, welche eine effiziente Konstruktion und ein schnelles Training des KNN für die binäre Klassifikation ermöglicht. Zur Realisation eines Multiklassen-Klassifikators wurden daher 1-gegen-alle-Modelle trainiert und miteinander gekoppelt. Bezüglich der SVM wurde eine Multiklassen-SVM implementiert. Um eine Bewegung bestehend aus vier Segmenten zu klassifizieren, wurde für jeden Segmenttyp ein Modell trainiert, wobei die Klassifikationsergebnisse der einzelnen Modelle durch ein Mehrheitsvotum zusammengeführt wurden. Zur Ermittlung der allgemeinen Klassifikationsgüte beider Verfahren wurden vier Trainingsdatenmengen von ca. 885 Segmenten für jeden Segmenttyp aus einer Menge von insgesamt 1331 Gehbewegungen (ca. 222 Bewegungen für jeden Probanden) mit drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten generiert. Die verbleibende Datenmenge wurde als Testmenge zur Evaluation eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Während durch den Einsatz der KNN in Abhängigkeit der getesteten Geschwindigkeit zwischen 94% und 95,5% der Personen erkannt werden konnten, konnte mit der SVM über alle Geschwindigkeiten eine Klassifikationsrate von 100% erreicht werden. Bei der Erkennung des individuellen Musters bei einer Geschwindigkeit von 4m/s mit Modellen, die mit den Geschwindigkeiten von 1,2 m/s und 3 m/s trainiert wurden erreichte die SVM eine Erkennungsrate bezüglich der Person von 98,6% im Gegensatz zu

94% Erkennungsrate durch KNN. Durch eine kontinuierliche Reduktion der Trainingsdatenmenge konnte weiterhin gezeigt werden, dass bei KNN ab einer Trainingsmenge von 96 Instanzen und bei SVM ab einer Menge von 128 Instanzen keine signifikante Verbesserung der Güte der Modelle mehr stattfindet. Neben der Erkennung von Personen wurde auch evaluiert, ob die Laufgeschwindigkeit des Probanden erkannt werden kann. Bezüglich dieses Testszenarios ergab die Auswertung der KNN eine Rate von 90,2% und der SVM eine Rate von 95 %. Während KNN eine Tendenz zum Overfitting aufweisen, besitzen SVM eine höhere Generalisierungsfähigkeit. Aufgrund einer durchgeführten Optimierung wird sichergestellt, dass stets eine optimale Lösung für die Trennung von Datenmengen mittels Hyperebenen gefunden wird. Dieses führt zu einer höheren Klassifikationsrate bei unbekanntem Daten.

Literatur

- Nissen, S. (2003) *Implementation of a fast artificial neural network library (FANN)*. Report. Department of Computer Science, University of Copenhagen (DIKU)
- Perl, J. (2007). Qualitative Analyse von Prozessen im Sport mit Hilfe von Methoden des Soft Computing. *Bewegung und Training*, 1, 65-73. Zugriff am 02. November 2009 unter <http://www.sportwissenschaft.de/fileadmin/pdf/BuT/perl.pdf>
- Schölkopf, B. & Smola, A. J. (2002). *Learning with Kernels*. Cambridge: MIT Press.
- Schöllhorn, W., Nigg, B., Stefanyshyn, D. & Liu, W. (2002). Identification of individual walking patterns using time discrete and time continuous data sets. *Gait & Posture*, 15 (2). 180-186.

Erkennung von menschlichen Bewegungen mit Hidden Markov Modellen

Dirk Gehrig, Hildegard Kühne & Tanja Schultz

Karlsruher Institut für Technologie

Ein wichtiges und ständig wachsendes Forschungsgebiet innerhalb der Robotik sind Humanoide Roboter. Diese sollten ein menschenähnliches Aussehen haben und sich menschlich verhalten. Dazu ist es notwendig, dass sie menschliche Tätigkeiten und menschliches Verhalten erkennen können. Dabei spielt die Erkennung menschlicher Bewegungen eine wesentliche Rolle.

Ein Standardverfahren zur Modellierung von menschlichen Bewegungen für die Bewegungserkennung sind Hidden Markov Modelle (HMMs) (Rabiner, 1989). Sie eignen sich sehr gut für die Modellierung und Erkennung von Zeitreihen, wie z.B. Trajektorien menschlicher Bewegungen, oder deren Eigenschaften (Fischer, 2009). Dabei sind sie flexibel was die variierende Dauer von Bewegungsausführungen angeht. Dies ermöglicht die Erkennung menschlicher Bewegungen ohne vorherige Normierung der Bewegungsdauer. Durch die Kombination von HMMs einzelner Bewegungsphasen können sowohl komplexe Bewegungen als auch Bewegungssequenzen, die sich aus einer Folge von Bewegungsphasen zusammensetzen, erkannt werden.

Die Grundidee bei der Modellierung einer Bewegungsphase durch ein HMM besteht darin, dass die Bewegungsphase in einzelne Zustände unterteilt werden kann, die zeitlich nacheinander folgen. Dabei kann der Zustand nicht direkt beobachtet werden, sondern nur die vom Zustand emittierten Bewegungsmerkmale. Eine solche Unterteilung der Bewegung in Zustände könnte für eine Handbewegung von einem Punkt im Raum zu einem anderen, z. B. um ein Objekt von A nach B zu stellen aus folgenden Teilen bestehen. Der erste Zustand könnte die Beschleunigungsphase der Bewegung sein, der zweite eine nahezu gleichförmige Bewegung als Mittelteil der Bewegung und am Ende ein dritter Zustand, der die Abbremsphase modelliert. Bei der Modellierung der Bewegungserkennung werden die Zu-

stände allerdings in der Regel nicht explizit modelliert. Übergangswahrscheinlichkeiten geben die Wahrscheinlichkeit eines Zustandswechsels von einem Zeitpunkt zum nächsten an. Die optimale Anzahl an Zustände, d.h. die Länge der Bewegungsphase, wird z.B. anhand der Erkennungsergebnisse einer Kreuzvalidierung bestimmt. Jeder der Zustände modelliert (emittiert) die Merkmale, z.B. Gelenkstellungen oder deren Winkelgeschwindigkeiten, die für den entsprechenden Teil der Bewegung typisch sind. Die Beobachtungswahrscheinlichkeiten, d.h. die statistische Verteilung der Merkmale innerhalb eines HMM-Zustandes, wird dabei häufig mit Gaußmischverteilungen (GMM) modelliert. Die Anzahl der Gaußglocken für die Mischverteilung wird für die zur Verfügung stehende Datenmenge und die Bewegungskategorie optimiert. Diese werden mit Hilfe von EM-Training anhand von Trainingsdaten iterativ so geschätzt, dass sie die Trainingsdaten optimal modellieren. Um eine Erkennung einer Bewegungstrajektorie durchzuführen, wird eine Dekodierung durchgeführt, die Folge an HMMs, welche die Bewegungstrajektorie am besten beschreiben, wird gesucht und als die erkannte Folge von Bewegungsphasen ausgegeben.

Im Sonderforschungsbereich 588 „Humanoide Roboter“, werden HMMs verwendet, um menschliche Bewegungen in einer Küchenumgebung zu erkennen. Auf dem humanoiden Roboter müssen diese Bewegungen anhand von unpräzisen und oft verrauschten Videodaten erkannt werden. Für die Entwicklung eines komplexen Erkennungssystems wurden deshalb Experimente auf der Basis eines markerbasierten IR-Trackings durchgeführt. Für das Erkennungssystem wurden die Oberkörperbewegungen von 100 Bewegungssequenzen mit Vicon-Kameras sowie mit einer Videokamera als Teil eines Roboterkopfes aufgenommen (Gehrig, 2009). Dazu stand ein Proband vor einem Tisch, auf dem typische Küchenutensilien wie ein Messer, eine Schüssel usw. an vordefinierten Positionen lagen. Der Proband wurde aufgefordert typischen Küchenbewegungssequenzen durchzuführen. Teil jeder Bewegungssequenz war das Positionieren der Objekte vor dem Probanden, das Verwenden der Objekte und das Zurücklegen an die Ausgangsposition. Insgesamt wurden die 5 folgenden Bewegungssequenzen jeweils 20 Mal aufgenommen: Einschenken, Apfel Reiben, Rühren, Ap-

fel Schneiden und Stampfen. Die Bewegungssequenzen bestehen aus insgesamt 24 verschiedenen Bewegungsphasen.

Die vom Vicon-System gelieferten Markerpositionen wurden auf ein biomechanisches Menschmodell zur Berechnung der inversen Kinematik abgebildet. Für das Training der HMMs wurden aus den Gelenkwinkeln durch Subtraktion aufeinanderfolgender Gelenkstellungen Winkelgeschwindigkeiten berechnet und deren Mittelwert und Varianz normiert. Anschließend wurden die HMMs auf den Trajektorien von Merkmalsvektoren trainiert. Es wurden Experimente durchgeführt, bei denen die Anzahl der Gaußglocken pro Zustand sowie die Anzahl der Zustände pro Bewegungsphase auf Entwicklungsdaten individuell für jede Bewegungsphase bestimmt wurden. Das beste Erkennungssystem lieferte lediglich einen Fehler von 4,2% bei der Erkennung der Bewegungsphasen.

Dieselben Experimente wurden mit den unpräzisen Video-Daten des Roboterkopfes durchgeführt, um die guten Ergebnisse der Vicon-Daten auf den Roboter zu übertragen. Als Vorverarbeitung wurden markante Punkte im Bild gesucht und über die Zeit verfolgt. Über die Bewegungsrichtungen aller Punkte in einem Bild wurde ein 30-dimensionales Histogramm berechnet. Für diese Merkmalsvektoren wurden wie auch bei den Vicon-Daten der Mittelwert und die Varianz normalisiert. Die beste Phasenfehlerrate lag hierbei bei 6,9%.

Sowohl mit Vicon als auch mit Video wurden sehr gute Ergebnisse in der Erkennung von menschlichen Bewegungsphasen erzielt. Vicon lieferte dabei etwas bessere Ergebnisse als die Videodaten. Als ersten Schritt wurden die Videoaufnahmen für die Erkennungsexperimente jeweils von derselben Position durchgeführt.

Literatur

- Rabiner, L. (1989). *A tutorial on HMM and selected applications in speech recognition*. Proceedings of the IEEE.
- Gehrig, D. et al. (2009). *HMM-based Human Motion Recognition with Optical Flow Data*. Humanoids 2009.
- Fischer, A. et al. (2009). *Training und Erkennung mit Hidden Markov Modellen bei unterschiedlichen Geh-/Laufgeschwindigkeiten*. Biomechanik, DVS 2009.

Erkennung von Emotionen auf der Basis von Gangmustern

Christoph Amma, Andreas Fischer, Thorsten Stein, Hermann Schwameder & Tanja Schultz

Karlsruhe Institut für Technologie

Einleitung

Zwischenmenschliche Kommunikation ist ein vielschichtiger Prozess, bei dem Informationen auf unterschiedlichen Ebenen und durch verschiedene Modalitäten ausgetauscht werden. Es werden sowohl faktische als auch emotionale Inhalte übermittelt. Dies geschieht sowohl verbal, als auch non-verbal. Menschen erfassen den emotionalen Zustand ihres Partners und passen ihr Verhalten entsprechend an. Verglichen hierzu ist die Kommunikation zwischen Menschen und technischen Systemen auf aktive Eingaben durch den Menschen und statische Reaktionen des Systems reduziert. Um Menschen eine möglichst natürliche und intuitive Kommunikation mit technischen Systemen zu ermöglichen, müssen diese auch nonverbale Kommunikationsinhalte erkennen und interpretieren können. Menschen sind beispielsweise in der Lage, durch die Beobachtung von Gang und Körperhaltung anderer Menschen, Rückschlüsse auf deren emotionalen Zustand zu ziehen und ihr Verhalten entsprechend anzupassen. Unsere Arbeit stellt einen ersten Schritt in Richtung der Nachbildung dieser Fähigkeit in technischen Systemen dar. Das Ziel der vorliegenden Studie besteht in der Identifikation von Bewegungsmerkmalen auf deren Basis emotionale Zustände beim Menschen automatisch erkannt werden können.

Methode

An der Studie nahmen 10 Studierende (5 Frauen u. 5 Männer) des Karlsruher Instituts für Technologie im Alter von 21-25 Jahren ($22,3 \pm 1,3$) freiwillig teil. Alle Probanden mussten auf einem Laufband bei einer selbst gewählten Geschwindigkeit gehen während ihnen Bildfolgen und Töne zur Induktion verschiedener emotionaler Zustände präsentiert wurden. Die Bilder wurden aus dem validierten International Affective Picture Set (Lang et

al., 2008) und die Töne aus dem validierten International Affective Digital Sounds System (Bradley et al., 1999) gewählt. Die Bilder und Töne sind jeweils nach den beiden emotionalen Dimensionen „Erregung“ und „Valenz“ klassifiziert. Es wurden insgesamt drei jeweils extreme Ausprägungen in beiden Dimensionen gewählt und entsprechende Blöcke von Bildern und Tönen zusammengestellt (Block 1: max. Valenz + min. Erregung, Block 2: max. Valenz + max. Erregung, Block 3: min. Valenz + max. Erregung). Von jedem Block wurden zwei unterschiedliche Versionen erstellt, wobei jeder der insgesamt 6 Blöcke 45 Sekunden lang war. Die Blöcke wurden den Probanden auf eine Tafel in ihrem Sichtfeld direkt vor dem Laufband projiziert und die Geräusche über einen Kopfhörer vorgespielt. Zwischen den Blöcken wurde jeweils für 90 Sekunden ein weißer Bildschirm ohne Ton als neutraler Reiz präsentiert. Nach dem Versuch füllten alle Probanden einen Fragebogen aus, indem sie selbst beurteilten, wie sie die Bilderfolgen der einzelnen Blöcke empfunden haben. Hierfür wurde die etablierte 9-stufige SAM Skala verwendet, die auch bei den oben erwähnten Validierungsstudien eingesetzt wurde. Um mögliche Veränderungen durch die Emotionsinduktion im Gangbild der Probanden identifizieren zu können, wurde eine instrumentelle Ganganalyse durchgeführt. Während des Versuchs wurde die Kinematik der Bewegung mit einem Vicon IR-Tracking System (200Hz) und die Druckverteilung beim Gehen mit Messsohlen mit kapazitiven Kraftaufnehmern (Pedar-System) erfasst. Darüber hinaus wurde mit einem telemetrischen 16 Kanal EMG-System die Muskelaktivität sowie die Herzfrequenz (HF) und der Hautleitwert (EDA) aufgezeichnet. Die Größen EDA und HF dienen als Referenz für eine physiologische Reaktion auf die präsentierten Reize. Für die automatische Erkennung der verschiedenen emotionalen Zustände werden Hidden Markov Modelle (HMM) eingesetzt (Rabiner, 1989). HMMs sind stochastische Modelle zur Beschreibung sequentieller Daten. Die Daten werden hierzu in einzelne Gangzyklen zerlegt und für jeden der drei induzierten emotionalen Zustände sowie den neutralen Zustand wird ein Modell des Ganges trainiert. Anschließend wird auf bisher nicht benutzten Daten evaluiert, ob mittels der trainierten Modelle die emotionalen Zustände erkannt werden können.

Resultate und Ausblick

Die deskriptive Statistik (Mittelwert und Standardabweichung) der Selbstbeurteilung (N=20) der Probanden auf der Basis der neunstufigen SAM-Skala (1=minimal, 9=maximal) ergab: Block 1 (max. Valenz + min. Erregung): Valenz 7.1 ± 0.8 und Erregung 2.9 ± 1.2 ; Block 2 (max. Valenz + max. Erregung): Valenz 7.9 ± 1.1 und Erregung 5.6 ± 2.3 ; Block 3 (min. Valenz + max. Erregung): Valenz 1.8 ± 0.9 und Erregung 8.1 ± 0.8 . Die Befunde der Selbstbeurteilung der dargebotenen Inhalte über die gesamte Gruppe zeigen, dass die gewählte Methode der Emotionsinduktion die gewünschten Effekte tendenziell erzielt hat. Derzeit werden die Größen EDA und HF ausgewertet und mit der Selbstbeurteilung korreliert sowie die biomechanischen Messwerte aufbereitet und die Modelle für die Erkennung mit den Messwerten trainiert.

Literatur

- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1999). *International affective digitized sounds (IADS): Stimuli, instruction manual and affective ratings* (Tech. Rep. No. B-2). University of Florida.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (2008). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual*. Technical Report A-8. University of Florida
- Rabiner, L. (1989). A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77, 257–286.

Modellierung und Simulation menschlicher und humanoider Bewegungen – Werkzeuge in der Biomechanik und Robotik

Christian Simonidis, Thorsten Stein, Fabian Bauer, Hermann Schwameder & Wolfgang Seemann

Karlsruher Institut für Technologie

Einleitung

Gegenstand heutiger Robotik ist es unter anderem, anthropomorphe Systeme zu entwickeln, die dem Menschen in seinen Fähigkeiten sehr nahe kommen und in seiner direkten Umgebung operieren können. An der Universität Karlsruhe wurde im Jahr 2001 der Sonderforschungsbereich 588 "Humanoide Roboter - Lernende und kooperierende multimodale Roboter" eingerichtet, der am Beispiel eines Haushalts-Serviceroboters humanoide Fähigkeiten unter anderem aus den Bereichen taktile Interaktion, Mensch-Maschine-Kooperation, interaktives Lernen erforscht und neue mechatronische Konzepte zum Bau eines Humanoiden entwickelt. Menschliche Bewegung spielt hierbei in allen Bereichen eine Rolle, insbesondere zur Auslegung der Maschine und zur Aktion in der menschlichen Umgebung, aber auch in der Intentionserkennung und Benutzerakzeptanz. Im Teilprojekt M5 im SFB 588 werden daher Werkzeuge mathematisch-naturwissenschaftlicher Art zur Untersuchung menschlicher Bewegungen entwickelt. Das Ziel dieses Beitrags besteht in der Vorstellung der entwickelten Werkzeuge.

Methoden

Globale Bewegungen, d.h. Ganzkörperbewegungen mehrsegmentiger Systeme, werden in der Biomechanik und der Robotik mit Mehrkörpersystemen modelliert. Dabei wird das physikalische Zusammenspiel von dreidimensionaler Bewegung und Kräften mathematisch abgebildet. Neben dem Einsatz kommerzieller Mehrkörperalgorithmen kommt ein eigens entwickelter MKS-Algorithmus zum Einsatz, der neben der Vorwärtsanalyse insbesondere die inverse Systemanalyse zulässt und dessen Quellcode zur

weiteren Methodenentwicklung offengelegt ist (Stelzner, 2009). Die Werkzeuge werden auf den physikalisch motivierten MKS-Algorithmen aufgebaut und lassen sich insbesondere in drei Gruppen gliedern: Methoden zur Objektivierung und Analyse der mittels Motion Capture Verfahren aufgezeichneten Bewegungen; Methoden zur Synthese von Bewegungen; Methoden zur Übertragung, Simulation und Regelung menschlicher Bewegungen auf dem realen Roboter.

Die Übertragung aufgezeichneter Bewegungsdaten, z.B. mit markerbasierten Systemen, auf ein Modell des menschlichen Körpers und damit verbunden die Rekonstruktion kinematischer und dynamischer Modellgrößen ist aktuell Gegenstand der Forschung, insbesondere die Reduktion von Hautverschiebungsartefakten und die Nachbildung von Schwabbelmassenbewegungen, aber auch die Rekonstruktion von Muskelkräften und Muskelaktivierungen. Hierfür kommen nichtlineare Optimierungsverfahren mit Zwangsbedingungen zum Einsatz. Neben Messdaten des kinematischen Verlaufs einer Bewegung werden Messschriebe weiterer Größen, wie Bodenreaktionen und äußere Kräfte mit den Modelldaten fusioniert, um eine hohe Modellgenauigkeit zu gewährleisten (Simonidis, 2010). Unter der Synthese versteht man die Erzeugung menschlicher Bewegungen in beliebigen Situationen. Dabei steht insbesondere die Frage im Vordergrund, wie der Mensch eine typische Bewegung aus der Vielzahl des ihm möglichen Bewegungsspielraumes wählt. Die Vielfalt besteht im Gegensatz zum Roboter dabei nicht nur auf kinematischer und dynamischer Ebene, wobei verschiedene Bewegungsbahnen in unterschiedlicher Zeitdauer möglich sind, sondern auch auf muskulärer und neuronaler Ebene. Das Problem ist in der Bewegungsforschung als Bernsteinproblem bekannt (Bernstein, 1967) und wird häufig mit Optimalität verknüpft. Die Untersuchung von Bewegungsoptimalität ist verbunden mit Kostenkriterien, welche es im Bezug auf menschliche Bewegungen zu untersuchen gilt. Hierzu werden Werkzeuge aus der Optimierungs- und Steuerungstheorie in Verbindung mit den MKS-Modellen entwickelt, um aufgezeichnete Bewegungen auf ihre Optimalität und Kosten hin zu untersuchen. Für die Untersuchung von open-loop Bewegungen werden Verfahren aus der Theorie op-

timaler Steuerungen einbezogen. Für closed-loop Bewegungen, d.h. Bewegungen, die mittels Feedback durch Sehen und Tasten geregelt werden, kommen zustandsbasierte Regelalgorithmen zum Einsatz. Die Abbildung der Variabilität in der menschlichen Bewegungsausführung wird mithilfe stochastischer Optimierungsverfahren untersucht (Todorov, 2004).

Der Roboter selbst ist ein technisches System und dessen Entwicklung und Betrieb bedingt die Lösung typischer Ingenieursprobleme. Modellbasierte Regelalgorithmen werden zur Berücksichtigung von Coriolis- und Zentrifugalkräften sowie von Reibungseinflüssen konzipiert und auf die Ausführung menschlicher Bewegungen maßgeschneidert.

Literatur

Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.

Simonidis, G. (2010). *Methoden zur Analyse und Synthese menschlicher Bewegungen unter Anwendung von Mehrkörpersystemen und Optimierungsverfahren*. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie: Institut für Technische Mechanik.

Stelzner, G. (2009). *Zur Modellierung und Simulation biomechanischer Mehrkörpersysteme*. Dissertation. Universität Karlsruhe (TH): Institut für Technische Mechanik.

Todorov, E. (2004). Optimality principles in sensorimotor control. *Nature Neuroscience*, 9, 907-915.

Optimierungsprinzipien in der Bewegungskontrolle

Thorsten Stein, Christian Simonidis, Wolfgang Seemann & Hermann Schwameder

Karlsruher Institut für Technologie

Einleitung

Das redundante Design des menschlichen Bewegungssystems ermöglicht es dem Menschen Bewegungsaufgaben auf höchst vielfältige Arten zu lösen (Bernstein, 1967). Auch moderne Roboter, wie sie beispielsweise im DFG Sonderforschungsbereich 588 „Humanoide Roboter“ entwickelt werden, verfügen über mehr Bewegungsfreiheitsgrade, als sie zur Lösung von Alltagsaufgaben benötigen. Um die Integration der Maschinen in den menschlichen Alltag zu erleichtern, sollen diese ein menschenähnliches Bewegungsverhalten aufweisen (Khatib et al., 2004). Wie das menschliche Zentralnervensystem (ZNS) die Redundanz bei der Erzeugung von willkürlichen Bewegungen überwindet, ist bislang im Detail noch nicht verstanden. In der Computational Neuroscience geht man davon aus, dass Menschen Bewegungen ausführen, um lohnende Zustände zu erreichen. Empfindet der Mensch Durst, greift er nach einem vor ihm stehenden Glas Wasser. Das Trinken des Wassers ist dabei der lohnende Zustand und die Greifbewegung ist die Aktion, die uns erlaubt den lohnenden Zustand zu erfahren. Demzufolge erscheint es plausibel, dass Menschen lernen Bewegungen zu produzieren, die das Bewegungsverhalten dahingehend optimieren, dass die angestrebten lohnenden Zustände mit großer Wahrscheinlichkeit erfahren werden (Diedrichsen et al., 2010). Die Optimierung des Bewegungsverhaltens kann formal durch Kostenfunktionen modelliert werden. In der Fachliteratur werden diverse Kostenfunktionen diskutiert, wobei ein quantitativer Vergleich für mehr-gelenkige Oberkörperbewegungen im 3D-Raum fast völlig fehlt. Daher besteht das Ziel der vorliegenden Untersuchung darin zu prüfen, ob ein minimum hand jerk (MHJ), ein minimum angle jerk (MAJ) oder ein minimum torque change (MTC) Kriterium menschliche Zeigegeesten am besten reproduzieren kann.

Methoden

Acht Probanden zeigten fünfmal auf zwei Ziele. Die Bewegungen waren in normaler Geschwindigkeit und Präzision durchzuführen. Mit einem IR-Tracking-System wurde der ganze Körper der Probanden abgetastet. Die Marker wurden mit Hilfe der Vicon Workstation Software 3D-rekonstruiert und mit quintischen Splines geglättet. Die Markertrajektorien bilden die Grundlage für die biomechanische Modellierung. Dabei wird auf ein selbstentwickeltes biomechanisches Mehrkörpermodell mit 44 Freiheitsgraden zurückgegriffen (Simonidis, 2010). Auf der Grundlage der experimentell gemessenen Daten werden für feste Start- und Endposen sowie vorgegebene Bewegungszeiten auf der Basis der oben genannten Kriterien Bewegungen für fünf Bewegungsfreiheitsgrade synthetisiert. Hierzu wird auf einen direkten Optimierungsansatz (Simonidis, 2010) zur Lösung des optimalen Steuerungsproblems in Verbindung mit den bereits vorhandenen dynamischen Modellgleichungen zurückgegriffen. Auf der Basis orthogonaler Referenzfunktionen (Schöllhorn, 1998) wurde die Ähnlichkeit synthetisierter und gemessener Bewegungen verglichen. Die berechneten Ähnlichkeitskoeffizienten können als Korrelationskoeffizienten interpretiert werden. Auf der Basis der Ähnlichkeitskoeffizienten wurden Determinationskoeffizienten bestimmt.

Ergebnisse

Für das Ziel 2 weist das MAJ-Prinzip gemittelt über 40 Versuche die höchste Varianzaufklärung im extrinsischen (Handtrajektorien: MHJ=.99, MAJ=.99, MTC=.98; Tangentiale Handgeschwindigkeiten: MHJ=.92, MAJ=.95; MTC=.80) und intrinsischen Koordinatenraum (Winkel: MAJ=.82, MTC=.34; Winkelgeschwindigkeiten: MAJ=.47, MTC=.13) auf. Insgesamt ist die Varianzaufklärung in extrinsischen Koordinaten höher als in intrinsischen Koordinaten. Darüber hinaus sind die Differenzen in der Varianzaufklärung zwischen den einzelnen Kriterien in extrinsischen Koordination geringer als in intrinsischen Koordinaten.

Diskussion

Aus biologischer Perspektive ist zu fragen, warum das menschliche Gehirn bei Zeigebewegungen ein MAJ-Kriterium bevorzugen sollte. Diese Frage kann auf der Grundlage der durchgeführten Simulationen nicht beantwortet werden. Daher sind in zukünftigen Untersuchungen physiologisch plausible Prinzipien sowie Kombinationen von Prinzipien bei einfachen Bewegungen zu untersuchen. Aus Sicht der Robotik bietet das MAJ-Kriterium eine Möglichkeit menschenähnliche Bewegungen auf einer Roboterplattform zu erzeugen. Darüber hinaus hätte man das Problem der inversen Kinematik im Rahmen der Bahnplanung umgangen.

Literatur

- Bernstein, N. (1967). *The Co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.
- Diedrichsen, J., Shadmehr, R. & Ivry, R. (2010). The coordination of movement: optimal feedback control and beyond. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 31-39.
- Khatib, O., Sentis, L., Park, J. & Warren, J. (2004). Whole body dynamic behaviour and control of human-like robots. *International Journal of Humanoid Robotics*, 1, 29–43.
- Schöllhorn, W. (1998). *Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozess*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Simonidis, C. (2010). *Methoden zur Analyse und Synthese menschlicher Bewegungen unter Anwendung von Mehrkörpersystemen und Optimierungsverfahren*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie.

Arbeitskreis 2.2: Leistungsdiagnostik & Trainingssteuerung

Donnerstag, 16. September 2010 – 10.30 bis 12.30 Uhr, Raum 072

Leitung: Martin Lames, TU München

10.30 Uhr Ronald Burger, Johann Krozca, Martin Steiner, Gwenda Rüsing, Andrea Hiller & Thomas Schoeppe

Real-Time-Steuerung der Wettkampfleistung über die Heart-Rate-Variability in Outdoorsportarten

10.50 Uhr Markus Stroß & Josef Wiemeyer

Informations- und Kommunikationstechnologien in Training und Wettkampf – Eine Untersuchung im Kanuslalom

11.10 Uhr Steffen Kerner

Der Einsatz von Beschleunigungssensoren zur Identifikation von charakteristischen Bewegungsparametern

11.30 Uhr Andreas Grunz, Jürgen Perl, Daniel Memmert & Stefan Endler

Klassifizierung taktischer Muster im Fußball mit hierarchischen Neuronalen Netzen

11.50 Uhr Andrea Schmidt, Martin Jedrusiak-Jung, Marco Dietzel, Wolfgang Potthast, Daniel Memmert, Gert-Peter Brüggemann & Jürgen Perl

Fertigkeitsanalyse durch Mustererkennung mittels Künstlicher Neuronaler Netze

Real-Time-Steuerung der Wettkampfleistung über die Heart-Rate-Variability in Outdoorsportarten

Ronald Burger¹, Johann Krozca², Martin Steiner², Gwenda Rüsing³, Andrea Hiller⁴ & Thomas Schoeppe³

¹Universität Mainz, ² Fa. knowledge park, Wien, ³Fa. knowledge park, Frankfurt, ⁴Fa. Moooove, Weilheim

Einleitung

In der letzten Zeit werden immer effektivere Hard- und Softwaresysteme entwickelt, deren Haupteigenschaften darauf basieren, dass die Speicherungs- und Verarbeitungsmöglichkeiten nicht mehr auf dem Benutzer direkt zugänglichen System abgelegt sind, sondern dass sowohl Bestandteile der verarbeitenden Software als auch die Daten bzw. deren Speicherung über ein Konstrukt, dem Cloud Computing auch von anderen Applikationen, Nutzern und Systemen verwendet und dem User zur weiteren Nutzung zurückgegeben werden können. Vor allem in Outdoorsportarten ist das Coaching während des Wettkampfs besonders schwierig. Wird dies in den Nordischen Skisportarten dadurch gelöst, dass über Funkkontakt zu verschiedenen Coaches an markanten Stellen auf der Wettkampfstrecke eine umfassende Betreuung gewährleistet wird, erscheint dies in Sportarten unmöglich, die nicht auf wiederholenden Runden ihre Wettkampfstrecke absolvieren. Im Straßenradsport, bei sogenannten Mehrtages- oder Etappenrennen, wird dieser Umstand dadurch gelöst, dass über eine Telefonstandleitung und einem dem Peloton folgenden Auto mit dem Coach, eine modellhafte Situation der realen Wettkampfsituation hergestellt wird. Im Mountainbikesport sind jedoch die Wettkampfstrecken gut gewählt oder gelten als anspruchsvoll, wenn kein Auto auf der Rennstrecke fahren kann. Damit erscheint der MTB-Sport prädestiniert für eine Lösung auf der Basis von Modulen über das Konstrukt Cloud Computing.

Technische Voraussetzungen

Am Sportler und seinem Sportgerät befindet sich ein Modul mit einem Messwertaufnehmer für verschiedene Biosignale (Herzfrequenz, Blutdruck,

Beschleunigung, Lage), GPS-Sensor, inkl. Prozessor und GSM-Modul. Ein weiterer Faktor der die Anwendung begünstigt, ist die einfache Zugänglichkeit von standardisierten Übertragungs- und Messprotokollen (ANT-Protokoll). Auf Hardware Seite, ist in erster Linie der Grad der Rückwirkung entscheidend. Ein Gerät mit hohem Gewicht beeinflusst die auszuführende Bewegung stärker als ein Gerät mit geringem Gewicht. Durch den niedrigen Energieverbrauch des mobilen Datenloggers kann hier entscheidend zur Rückwirkungsfreiheit beigetragen werden. Die auf dem Kleinstrechner installierte Software sendet die Daten in die Cloud. In der speziellen Anwendung wird die Applikation auf der PaaS Microsoft Azure aufgesetzt. Der Vorteil des Azur-Konstrukts liegt darin, dass der Entwickler seine Nutzer-Software auf einer bestimmten Softwareplattform programmiert. Daraus resultiert, dass der Entwickler/Anbieter sich nicht um Hardware, sowie Installation und Administration von Betriebssystem und Anwendungen kümmern muss. Auf einem mobilen Rechner, in der geografischen Nähe zur aktuellen Wettkampfsituation, werden die Daten von dem Trainer aus der Cloud geholt und einer Analyse mit einer speziellen Software unterzogen. Die Begutachtung der Daten erfolgt durch den Trainer, der daraufhin auf den Meldungsbildschirm des Fahrradmoduls die anzusteuern den physiologischen und mechanischen Parameter für den Sportler sendet.

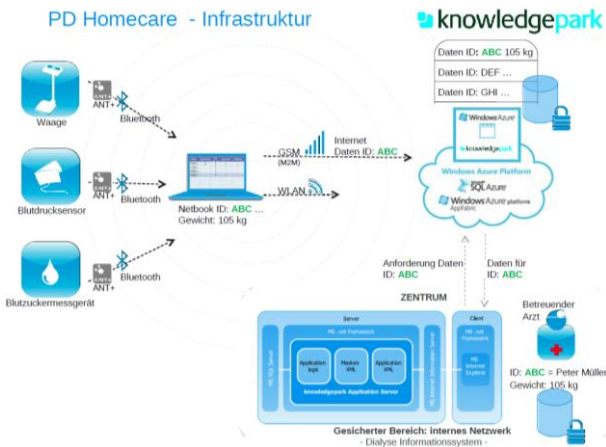


Abb. 1: Skizzierte Infrastruktur der Cloud Anwendung Black Tusk

Leistungsdiagnostische Umsetzung

Die Herzratenvariabilität (HRV) wird verstärkt zur Analyse des physiologischen Leistungszustandes von Sportlern herangezogen (Böhm, Hottenrott & Sommer, 2002). Mit Hilfe der entwickelten Software Black Tusk können eine Vielzahl von Parametern in Verhältnis gesetzt werden. So können in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit, Steigung bzw. allgemeiner Geländebewertung über GPS Koordinaten, die HRV, ihr Frequenzspektrum, LF/HF-Ratio und weitere Parameter beurteilt werden. Besonders die spezifische Sortierung nach Bereichen mit geringer, mittlerer und hoher Steigung lässt eine differenzierte Beurteilung des Wettkampfverhaltens zu.

Literatur

Böhm, U., Hottenrott, K., Sommer, H.-M. (2002). Bestimmbarkeit individueller Trainingszonen auf der Basis der Herzfrequenzvariabilität. In: K. Hottenrott, K. (Hrsg.). *Herzfrequenzvariabilität im Sport. Prävention - Rehabilitation - Training Symposium am 8. Dezember 2001 in Marburg* (1. Aufl.). Feldhaus.

Informations- und Kommunikationstechnologien in Training und Wettkampf – Eine Untersuchung im Kanuslalom

Markus Stroß & Josef Wiemeyer

TU Darmstadt

Einleitung

Im Spitzensport sind Informations- und Kommunikationstechnologien (luK-T), d. h. elektronische Artefakte, die zu Informations- und Kommunikationszwecken in Training und Wettkampf eingesetzt werden, mittlerweile unverzichtbar. Dies gilt zum einen für den administrativen Tätigkeitsbereich, zum anderen für die Trainings-/ Wettkampfanalyse und –steuerung. Speziell im Technik- und Taktiktraining werden luK-T als ein Faktor mit beträchtlichem Potenzial zur Leistungssteigerung eingeschätzt (Daug, 2000). Trotz der großen prinzipiellen Bedeutung von luK-T ergeben sich eine Reihe von Problemen und Fragen. Einerseits decken Liebermann, Katz und Sorrentino (2005) in einer Untersuchung einen interessanten Widerspruch zwischen Einstellung und Verhalten auf: Während alle befragten erfahrenen Trainer luK-T eine hohe Bedeutung im Sport zuschreiben, verwenden nur 50% der Befragten diese regelmäßig. Andererseits weisen Olivier und Müller (2002, S. 271) in Bezug auf das videogestützte Bewegungslernen auf die Gefahr der Technikabhängigkeit bei unterschiedlicher Nutzung in Training und Wettkampf hin. Im Hinblick auf die große Bedeutung von luK-T in Training und Wettkampf und der ungenügenden Forschungslage ist es das Ziel dieser Arbeit die Nutzung von luK-T in Training und Wettkampf, mögliche Auswirkungen sowie Copingstrategien quantitativ zu explorieren.

Methode

In der Sportart Kanuslalom nahmen 17 Trainer (Alter: M = 40.7 Jahre; SD = 12.1; Niveau der trainierten Sportler: A-Kader = 2; B-Kader = 3; C-Kader = 5; D-Kader = 6; ohne Angabe = 1) und 24 Sportler (Alter: M = 21.7 Jahre; SD = 3.6; Kaderzugehörigkeit: A-Kader = 5; B-Kader = 2; C-Kader = 9; D-Kader = 5; ohne Angabe = 3) an der explorativen Studie teil.

Die Teilnehmer füllten einen Fragebogen aus, der auf der Basis qualitativer Interviews erstellt wurde. Die Trainerversion des Fragebogens besteht aus acht Abschnitten: 1. Persönliche Angaben; 2. IuK-T im Jahresverlauf; 3. IuK-T im Training (IuK-T: Z. B. physiologische, biomechanische und Kommunikationsverfahren, akustische, visuelle und audiovisuelle Präsentationsmedien, Videoanalyse; Ziele/Zwecke: Z. B. Technik-, Taktik-, Konditionstraining, Feedback, Dokumentation); 4. IuK-T im Wettkampf (siehe 3.); 5. Gründe für einen unterschiedlichen Einsatz; 6. Auswirkungen und Gegenmaßnahmen; 7. Einstellung; 8. Trainerausbildung. Die Sportlerversion umfasst sechs Abschnitte (Abschnitte 1 bis 4 und 6 bis 7).

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass der Umfang des IuK-T Einsatzes von der Trainingsperiode ($F_{(2, 78)} = 9.17$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .19$), dem Trainingsinhalt ($F_{(2, 70)} = 26.08$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .40$) und deren Interaktion ($F_{(4, 151)} = 12.11$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .237$) abhängt. Trainer und Sportler unterscheiden sich hinsichtlich der Angaben zum Umfang des IuK-T Einsatzes ($F_{(1, 39)} = 4.421$; $p = .042$; $\eta^2_{\text{part}} = .10$). Die Nutzung von IuK-T in Training und Wettkampf hängt vom Verwendungszweck ($F_{(7, 161)} = 17.98$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .43$) und der Interaktion mit dem Kontext (Training, Wettkampf) ($F_{(7, 166)} = 5.36$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .18$) ab. Die Anwendungshäufigkeit von IuK-T im Training und Wettkampf hängt von der jeweiligen IuK-T ab (Training: $F_{(5, 118)} = 11.75$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .34$; Wettkampf: $F_{(5, 159)} = 11.16$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .27$), im Training zusätzlich von der Interaktion zwischen der verwendeten IuK-T und der Trainingsperiode ($F_{(5, 107)} = 4.92$; $p < .001$; $\eta^2_{\text{part}} = .18$). Die Befragten verwenden die folgenden Verfahren im Wettkampf häufiger als im Training: Videoanalyse ($n = 35$; $\text{Chi}^2 = 26.88$; $\text{df} = 2$; $p < .001$), Datenvisualisierung ($n = 35$; $\text{Chi}^2 = 6.42$; $\text{df} = 2$; $p = .04$) und Kommunikationsverfahren ($n = 33$; $\text{Chi}^2 = 12.00$; $\text{df} = 2$; $p = .002$). Akustische Präsentationsmedien ($n = 32$; $\text{Chi}^2 = 9.24$; $\text{df} = 2$; $p = .01$) und physiologische Verfahren ($n = 34$; $\text{Chi}^2 = 48.51$; $\text{df} = 2$; $p < .001$) werden häufiger im Training als im Wettkampf eingesetzt. Die Befragten erwarten keine negativen Auswirkungen eines unterschiedlichen Technikeinsatzes in Trai-

ning und Wettkampf. Der unterschiedliche Einsatz wird hauptsächlich durch Zusatzinformationen von Trainern/ Betreuern ausgeglichen.

Diskussion

Die Befunde belegen die unterschiedliche Verwendung von luK-T in Training und Wettkampf. Bezüglich der Trainingsperioden ist dies durch die unterschiedliche Zielsetzung dieser Perioden zu erklären, die spezielle Trainingsinhalte beinhalten, die wiederum den Einsatz spezieller luK-T erfordern. Die Nutzung von luK-T wird ebenfalls durch die Verwendungszwecke in Training und Wettkampf beeinflusst. Die Unterschiede zwischen Trainern und Sportlern in der Wahrnehmung, in Bezug auf die luK-T-Nutzung, können darauf zurückgeführt werden, dass diese unterschiedliche Rollen in Training und Wettkampf ausfüllen. In Zukunft ist weitere Forschung nötig um generalisierbare Resultate zu erlangen. Zusätzlich sollten experimentelle Studien die Effekte einer unterschiedlichen Anwendung von luK-T in Training und Wettkampf untersuchen.

Literatur

- Daug's, R. (2000). *Evaluation sportmotorischen Messplatztrainings im Spitzensport* (1. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Liebermann, D. G., Katz, L. & Sorrentino, R. M. (2005). Experienced Coaches' Attitudes Towards Science and Technology. *IJCSS*, 4 (1), 21-28. Verfügbar unter: www.iacss.org.
- Olivier, N. & Müller, H. (2002). Sporttechnisches Bildschirmtraining im Spiegel des "motor approach" der Motorikforschung. In H. Altenberger (Hrsg.), *Medien im Sport* (S. 261–285). Schorndorf: Hofmann.

Der Einsatz von Beschleunigungssensoren im sportlichen Gehen zur Identifikation von charakteristischen Bewegungsparametern

Steffen Kerner

IAT Leipzig

Einleitung

In den letzten Jahren setzte eine rasante Entwicklung im Bereich der Beschleunigungssensoren ein. Heutige Sensoren sind bedeutend kleiner, leichter und durch die einsetzende Massenproduktion auch preisgünstiger geworden. Somit besteht die Aufgabe, diese neuen Untersuchungsmöglichkeiten für den Leistungssport zu erschließen. Ein Anwendungsfall stellt das sportliche Gehen dar.

In dieser Sportart fordern die Wettkampfbestimmungen den ständigen Bodenkontakt eines Fußes und die Kniestreckung vom Fußaufsatz bis zum Erreichen der Vertikalposition (vgl. IAAF, 2006, S. 125). Gerade bei hohen Gehgeschwindigkeiten nimmt die Dauer von auftretenden Flugphasen zu und es kann zur Disqualifikation der Sportler kommen. Diese Bewertung unterliegt bestimmten Einschränkungen, die sich vor allem aus der relativ ungenauen Beobachtung der vorgegebenen Kriterien durch das menschliche Auge ergeben. Darunter leidet die Attraktivität der Disziplin. Eine Erhöhung der Messgenauigkeit lässt sich durch den Einsatz von Sensoren erreichen, die bisher lediglich unter Messplatzbedingungen einsetzbar waren. Das Ziel besteht in der Erfassung von Strukturparametern wie Stütz-, Schwung- und Flugzeiten sowie Schrittlängen und Schrittfrequenzen, um die Sportler leistungsdiagnostisch besser zu unterstützen.

Daraus leitet sich die Fragestellung ab, ob sich charakteristische Schrittstrukturparameter aus dem Beschleunigungsverlauf mit ausreichender Genauigkeit erfassen lassen, welche Veränderungen im Beschleunigungssignal und der ermittelten Bewegungsparameter bei einer Geschwindigkeitssteigerung auftreten und ob sich daraus Rückschlüsse für die Trainingspraxis ableiten lassen.

Methoden

Bei den Untersuchungen führten deutsche Kadersportler des Leichtathletikverbandes (D/C-Kader, $n = 8$) einen Mobilisationstest am flachen Laufband des IAT durch. Alle 30 s wurde die Laufbandgeschwindigkeit von 2,6 m/s um 0,2 m/s bis zum Abbruch erhöht. Zum Einsatz kamen dabei zwei 50 g Beschleunigungssensoren, welche auf dem Spann befestigt wurden. Als Vergleichsmethoden standen eine 2-D-Videoanalyse und die Kraftverläufe zweier unter dem Laufband befindlicher dynamometrischer Plattformen zur Verfügung (Gohlitz & Neumann, 2007). Nach der Aufzeichnung wurden die Zeitpunkte Aufsatz und Lösen des Fußes bei allen drei Untersuchungsmethoden detektiert und die Schrittstrukturparameter berechnet. Die Bearbeitung und Auswertung der Datenverläufe erfolgte in Origin 8.0 und die statistische Aufbereitung wurde in SPSS 14.0 durchgeführt.

Ergebnisse

Aus dem charakteristischen Beschleunigungsverlauf der resultierenden Beschleunigung lassen sich die Zeitpunkte Aufsatz und Lösen des Fußes sehr exakt bestimmen. Die daraus ermittelten Schrittfrequenzen unterscheiden sich zwischen den drei Untersuchungsmethoden nicht. Es stellt sich aber ein Zeitversatz in der Reihenfolge der Erfassung von Aufsatz und Lösen des Fußes ein. Im Vergleich zum Kraftsignal wird der Aufsatz im Beschleunigungsverlauf um $16,1 \pm 1,2$ ms früher und das Lösen um $7,96 \pm 2,08$ ms später erfasst. Die Videoauswertung ist sehr kritisch zu betrachten, da die Aufnahmefrequenz nur 50 Hz betrug. Der erfasste Aufsatzzeitpunkt der Videoauswertung liegt $5,4 \pm 5,2$ ms und das Lösen $0,4 \pm 5,7$ ms vor dem jeweiligen Zeitpunkt im Beschleunigungsverlauf. Im Vergleich zum Kraftsignal werden die Flugphasen aus dem Beschleunigungssignal um 7,24 ms kürzer und aus dem Video um 6,82 ms länger berechnet. Die Differenz zwischen Kraft- und Videosignal werden durch Untersuchungen von Gohlitz & Neumann (2007) bestätigt.

Die Erhöhung der Laufbandgeschwindigkeit führt zu einer deutlichen Veränderung der Schrittstrukturparameter. Mit steigender Laufband-

geschwindigkeit (von 2,6 m/s bis 4,8 m/s) nimmt die Schrittfrequenz im Durchschnitt von 2,75 Hz auf 3,58 Hz zu. Dies ist eine Steigerung um 30 %. Die Zunahme der Schrittlänge beträgt 40 %, also rund 0,39 m. Diese Veränderungen sind notwendig, um die Geschwindigkeitssteigerung zu realisieren. Es konnte festgestellt werden, dass sich die Flugphasen annähernd linear zur Gehgeschwindigkeit verhalten. Der lineare Verlauf macht es nun möglich, die Geschwindigkeitsstufe, ab welcher reale Flugzeiten auftreten, recht exakt vorausszusagen. Die Abweichung beträgt nur -0,061 m/s. Somit lässt bereits die Entwicklung der Flugzeiten im GA-Bereich Rückschlüsse auf kritische Geschwindigkeiten zu.

Der typische Verlauf bleibt trotz der Geschwindigkeitssteigerung erhalten, was auf die zyklische Bewegungsstruktur zurückzuführen ist. Veränderungen zeigen sich lediglich in erhöhten Amplituden.

Diskussion

Zusammenfassend lassen sich die Strukturparameter Stütz- und Flugzeiten, Schrittfrequenzen und Schrittlängen im sportlichen Gehen über den gesamten Geschwindigkeitsbereich aus den Beschleunigungsverläufen bestimmen. Eine Fortführung des Einsatzes der Sensoren im sportlichen Gehen sollte angestrebt werden, um zusätzliche Informationen über die stützlose Phase und einen möglichen Einsatz im Feedbacktraining zu gewinnen.

Literatur

- Gohlitz, D. & Neumann, H. F. (2007). Methoden zur Kraft und Technik-analyse im sportlichen Gehen in der komplexen Leistungsdiagnostik. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaften*. 14 (2/07), 24-38. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- IAAF (2006). *Competitions Rules 2006-2007*. Monaco: Imprimerie Multiprint.

Klassifizierung taktischer Muster im Fußball mit hierarchischen Neuronalen Netzen

Andreas Grunz¹, Jürgen Perl², Daniel Memmert¹ & Stefan Endler¹

¹Deutsche Sporthochschule Köln, ²Universität Mainz

Einleitung

Nachdem der Bottleneck der Datenerfassung durch die technische Entwicklung (weitgehend) behoben ist, ist es inzwischen möglich, die Positionsdaten der Spieler und des Ball aus dem Fußballspiel (nahezu) automatisch zu erfassen. Sollen aus diesem Datenstrom taktische Muster automatisch extrahiert werden, stellen sich verschiedene Probleme: Für jede taktische Handlung sind der Beginn und das Ende im gesamten Datenstrom festzulegen. Darüber hinaus muss die taktische Handlung einer Klasse zugeordnet werden. Das verwendete Verfahren muss in der Lage sein, verschiedene taktische Muster und Variationen in einem Muster zu erkennen.

Methode

Im Folgenden wird ein hierarchisches Neuronales Netz vorgestellt, um kurze und lange Spieleröffnungen in einem Fußballspiel zu erkennen. Durch ein Postprocessing werden Beginn und Ende einer taktischen Handlung festgelegt.

Ergebnis

Die Positionsdaten des WM Finalspiels 2006 wurden zum einen manuell durch einen Experten und zum anderen automatisch durch die hierarchischen Neuronalen Netze klassifiziert. Das automatische Verfahren erreicht im Vergleich zur manuellen Klassifizierung eine sehr gute Erkennungsrate.

Diskussion

Eine genauere Analyse der Ergebnisse zeigt, dass beim Postprocessing Klassifizierungsfehler gemacht werden. Durch eine verbesserte Festlegung von Beginn und Ende einer taktischen Handlung ist eine weitere Steige-

zung der Erkennungsraten zu erwarten. Hier ist weitere Forschungsarbeit nötig.

Literatur

- Grunz, A., Memmert, D., & Perl, J. (2009). Analysis and Simulation of Actions in Games by Means of Special Self-Organizing Maps. *International Journal of Computer Science in Sport*, 8, 22-36.
- Memmert, D. & Perl, J. (2009). Analysis and Simulation of Creativity Learning by Means of Artificial Neural Networks. *Human Movement Science*, 28, 263–282.
- Perl, J. (2004). A Neural Network approach to movement pattern analysis. *Human Movement Science*, 23, 605-620.

Fertigkeitsanalyse durch Mustererkennung mittels Künstlicher Neuronaler Netze

Andrea Schmidt¹, Martin Jedrusiak-Jung¹, Marco Dietzel¹, Wolfgang Potthast¹, Daniel Memmert¹, Gert-Peter Brüggemann¹ & Jürgen Perl²

¹Deutsche Sporthochschule Köln, ²Universität Mainz

Bei der Analyse von sportmotorischen Bewegungen ist es häufig nicht angezeigt isolierte Merkmale zu fokussieren. Wenn Aspekte wie Impulsübertragung, kompensatorische Wirkweisen, schließlich funktionale Variabilität und die individuelle Organisation der Bewegung interessieren, muss der Erhalt der die komplexe Gesamtbewegung konstituierenden Wirkungszusammenhänge im Analyseausschnitt gewährleistet bleiben. Nichtlineare Mustererkennungsverfahren, wie sie bereits in verschiedenen Studien der Bewegungsanalyse zum Einsatz kommen (z.B. Ganganalyse: Schöllhorn & Bauer, 1998; Schöllhorn & Perl, 2002; Rudern: Perl & Baca, 2003; Basketball-Freiwurf: Schmidt, 2010), eignen sich dazu auch komplexe Bewegungsprozesse zu untersuchen.

Zielsetzung der laufenden Studie ist es, genügend Freiwurfmuster zu klassifizieren, um weitere Implikationen für die Praxis ableiten und ein Instrumentarium zur Bewegungsmustererkennung beim Basketball-Freiwurf erstellen zu können.

Methoden

Die Freiwurfbewegungen von 27 Basketballspielern (Experten der Freiwurfbewegung verschiedener Spielklassen bis 1. BL) sind mit acht Infrarot-Kameras erfasst worden. In einer kinematischen Analyse mit Vicon-Nexus sind die Winkel- und Winkelgeschwindigkeiten der kinematischen Kette der Wurfarmseite berechnet worden. Der zeitliche Verlauf der Bewegung wird somit durch eine Folge von zwölfdimensionalen Vektoren abgebildet. Die Winkel- und Winkelgeschwindigkeiten werden dabei als Eingabewerte für das Training eines *Dynamically Controlled Networks* (DyCoN) verwandt. DyCoN ist ein spezielles künstliches Neuronales Netz auf Basis einer Kohonen Feature Map (siehe bspw. Perl, 2004; Memmert & Perl, 2009).

Die hierarchische Anordnung mehrerer DyCoNs erlaubt nun eine komplexe Musteranalyse zu realisieren.

Mit den Netzanalysen wird Folgendes geleistet:

- Identifikation von Verlaufsmerkmalen eines Prozess (hier Bewegungsphasen des Basketball Freiwurfs)
- Klassifikationen komplexer Bewegungsmuster
- Darstellung von identifizierten Mustern in einem komplexen Merkmal
- Überprüfung der Stabilität der angewandten Bewegungsmuster

Die Netzanalysen werden auf quantitativer Datenbasis (kinematischen Daten) durchgeführt. In Anlehnung an die Methodentriangulation bei Schmidt (2010) wird das Bewegungsmuster darüber hinaus auch qualitativ über ein Expertenrating (Basketballtrainer beurteilen die Qualität der Bewegung) operationalisiert.

Ergebnis

Es zeigen sich individuelle und allgemeine Merkmale funktionaler Bewegungsorganisation. Individuelle Lösungen der Bewegungsorganisation stehen übergreifenden biomechanischen Evidenzen gegenüber.

Diskussion

Mit den durchgeführten DyCoN-Analysen konnten diverse funktionale Zusammenhänge ähnlicher und unterschiedlicher Bewegungsausführungen aufgezeigt werden. Unklar ist noch, ob die bisher klassifizierten Freiwurfmuster ausreichen, um ein Instrumentarium zu erstellen.

Literatur

- Memmert, D. & Perl, J. (2009). Analysis and Simulation of Creativity Learning by Means of Artificial Neural Networks. *Human Movement Science*, 28, 263–282.
- Perl, J. (2004). A neural network approach to movement pattern analysis. *Human Movement Science*, 23, 605–620.
- Perl, J. & Baca, A. (2003). Application of Neural Networks to Analyze Performance in Sports. http://www.informatik.uni-mainz.de/dycon/ABS_2003__Perl_Baca_Appl_NN.pdf
- Schmidt, A. (2010). *Bewegungsmustererkennung anhand des Basketball Freiwurfs. Eine empirische Untersuchung aus systemdynamischer Perspektive.*

Schriften der deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 199. Hamburg: Czwalina.

Schöllhorn, W.I. & Bauer, H.U. (1998). Erkennung von individuellen Laufmustern mit Hilfe von Neuronalen Netzen. In J. Mester & J. Perl. *Informatik im Sport* (S. 169-176). Köln: Sport & Buch Strauß.

Schöllhorn, W. & Perl, J. (2002). Prozessanalysen in der Bewegungs- und Sportspielforschung. *Spectrum der Sportwissenschaft*, 14 (1), 30–52.

Arbeitskreis 3.1: Elektronisches und virtuelles Lernen

Donnerstag, 16. September 2010 – 15.30 bis 18.00 Uhr, Raum 074

Leitung: Bettina Holler, Josef Wiemeyer, TU Darmstadt

- 15.30 Uhr Nina Roznawski & Josef Wiemeyer
Interaktives E-Learning – eine experimentelle Untersuchung im Rahmen des HeLPS-Projektes
- 15.50 Uhr Armin Kibele
eLearning Modul zur Biomechanischen Bewegungsanalyse im Sport
- 16.10 Uhr Golo Faßbeck, Hannah Bartsch & Bernd Gröben
eLearning als Alternative für die Lehrerbildung – Effekte neuer Medien und Möglichkeiten der Implementierung
- 16.30 Uhr Sobhi Ata & Ahmed Hossen
Problems of E-learning and Using Internet For students of Faculty of Physical Education - Mansoura University
- 16.50 Uhr Nico Nitzsche, Cornelia Frohberg & Henry Schulz
Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung beim Spielen des Moduls Training Plus der Wii Fit Plus
- 17.10 Uhr Steffen Schiedek
Bewegungslernen mit der Spielkonsole – die Nintendo Wii als „serious game“ am Beispiel von Rückschlagspielen
- 17.30 Uhr Viktor Wendel
Adaption und Personalisierung von Exergames

Interaktives E-Learning – eine experimentelle Untersuchung im Rahmen des HeLPS-Projektes

Nina Roznawski & Josef Wiemeyer

TU Darmstadt

Einleitung

Eine besondere Eigenschaft multimedialer Lernangebote ist die Interaktivität. Mit dem Einsatz von interaktiven Elementen in E-Learning-Systemen (z.B. Selbsttestaufgaben, Feedback, Auswahl-, Hilfs- und Unterstützungsoptionen) werden verschiedene Mehrwerte, wie z.B. eine Aktivierung und Motivierung der Lernenden (vgl. Strzebkowski & Kleeberg, 2002) und somit eine positive Beeinflussung der Lernleistung in Verbindung gebracht. Im Rahmen des HeLPS-Projektes wurden interaktive E-Learning-Kurse entwickelt, die sich inhaltlich mit den Bewegungsanalysekonzepten von Meinel und Schnabel (1998), Göhner (1979) und Kassat (1995) beschäftigen. Nach einer Pilotstudie (durchgeführt WS 2008/09) wurde in einer Hauptuntersuchung getestet, inwieweit sich verschiedene Interaktivitätsabstufungen auf die Lernleistung und Einstellung/Motivation von Studierenden auswirken.

Methode

Die Hauptuntersuchung fand im SoSe 2009 und WS 2009/10 im Seminar „Wie funktionieren Bewegungen?“ statt. An der Untersuchung nahmen 39 Studierende teil. Das Wissen der Studierenden zu den Bewegungsanalysekonzepten sowie die Einstellung und Motivation wurde zu 5 verschiedenen Messzeitpunkten (Pre, dreimal online, post) durch Wissenstests und Fragebögen erfasst. Basierend auf den Pretestergebnissen erfolgte die Zuordnung zu den Experimentalgruppen (Gruppe 1/Gruppe 2). In insgesamt 3 Onlinephasen bearbeiteten beide Gruppen Lernkurse mit gleichen Lerninhalten, aber unterschiedlichen Interaktivitätsabstufungen. Folgende Abstufungen wurden getestet: interaktive und nicht interaktive Lernkurse(I/NI) sowie aktive und nicht aktive Lernkurse(A/NA). Interaktive Lern-

kurse enthielten Rückmeldungen und Hilfen des Systems, während in nicht-interaktiven Lernkursen keine Hilfen oder Rückmeldungen durch das System angeboten wurden. Die aktiven Lernkurse enthielten Fragen und Aufgaben, die eine aktive Beschäftigung mit den Lerninhalten ermöglichten, während nicht aktive Lernkurse keine Fragen und Aufgaben enthielten und Lerninhalte beispielsweise nur in Text- oder Tabellenform vorlagen. Die Experimentalgruppen lernten jeweils für eine Woche online nach folgendem Schema: Gruppe 1 – interaktiv (Konzept Meinel und Schnabel), nicht aktiv (Konzept Göhner) und aktiv (Konzept Kassat); Gruppe 2 – nicht interaktiv (Konzept Meinel und Schnabel), aktiv (Konzept Göhner) und nicht aktiv (Konzept Kassat). Um die Lernleistung zu erfassen, erfolgte am Ende jeder Onlinephase ein Wissenstest zu dem jeweiligen Konzept. Ein Posttest (Gesamttest) erfasste die Lernleistung am Ende des Seminars.

Ergebnisse

Es werden die Ergebnisse der Wissenstests berichtet. Eine 2(Gruppen) x 2(Tests)ANOVA mit Messwiederholung zeigte einen signifikanten Wissenszuwachs von Pretest zu Posttest ($F(1,37) = 414,97, p < .001$). Es konnte kein Unterschied zwischen den Gruppen ($F(1,37) = 0,05, p = .83$) und kein Interaktionseffekt ($F(1,37) = 1,40, p = .24$) festgestellt werden. Die Analyse des Grundlagenwissens in Pretest, online-Wissenstest und Posttest für die 3 Bewegungsanalysekonzepte mit einer 3(Konzepte) x 2(Gruppen) x 3(Tests)ANOVA mit Messwiederholung zeigte signifikante Effekte für die Faktoren Konzepte ($F(2,74) = 9,46, p < .001$) und Tests ($F(1,67,61,87) = 312,15, p < .001$). Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant ($F(1,37) = 0,001, p = .98$). Der Wilcoxon Test zeigte bei allen 3 Konzepten für alle Versuchsgruppen einen signifikanten Wissenszuwachs vom Pretest zum online-Wissenstest. Eine signifikante Verschlechterung vom online-Test zum Posttest zeigte sich für das Konzept von Göhner. Das schwierigste Konzept ist das Konzept von Kassat. Weiterhin zeigten sich Interaktionseffekte für Konzepte x Tests ($F(4,148) = 4,03, p < .01$) und Konzepte x Tests x Gruppen ($F(4,148) = 2,80, p < .05$), die sich nicht im Sinne eines Vorteils der aktivierenden Lernformen interpretieren lassen.

Diskussion

Es zeigte sich ein Wissenszuwachs von Pre- zu Posttest. Weitere Wissenszuwächse, die auf das Lernen mit den Lernkursen zurückzuführen sind, ergaben sich für alle Konzepte vom Pretest zum online-Test. Keine signifikanten Verbesserungen vom online-Test zum Posttest gab es für die Konzepte von Kassat und Meinel und Schnabel, für das Konzept von Göhner lag eine Verschlechterung vor. Dies kann auf einen zu hohen Schwierigkeitsgrad im Posttest oder einen zu einfachen online-Test zurückzuführen sein. Für die Gruppen zeigte sich keine positive Beeinflussung der Lernleistung durch verschiedene Interaktivitätsabstufungen. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass bereits vielfältige multimediale Elemente in der Lernumgebung vorhanden waren und sich ein höheres Maß an Interaktivität nicht weiter auf die Lernleistung ausgewirkt hat.

Literatur

- Göhner, U. (1979). *Bewegungsanalyse im Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Kassat, G. (1995). *Verborgene Bewegungsstrukturen*. Rödinghausen: fcv.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1998). *Bewegungslehre – Sportmotorik* (9. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Strzebkowski, R. & Kleeberg, N. (2002). Interaktivität und Präsentation als Komponenten multimedialer Lernanwendungen. In L.J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (S. 229-236). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

eLearning Modul zur Biomechanischen Bewegungsanalyse im Sport

Armin Kibele

Universität Kassel

Für die Vermittlung von Bewegungsabläufen spielt neben der praktischen Erfahrung insbesondere die Einsicht in deren strukturellen Aufbau und Kenntnisse zu deren biophysikalischen Grundlagen eine maßgebliche Rolle. Der Analyse von Bewegungsabläufen kommt daher in der sportwissenschaftlichen Universitätsausbildung eine wichtige Funktion zu. Biomechanische Bewegungsanalysen stellen hier besondere Anforderungen an die universitäre Lehre, da in Hinblick auf die erforderlichen Lernvoraussetzungen seitens der Studierenden z.T. markante Defizite im naturwissenschaftlichen Grundwissen zu beobachten sind. Diesen besonderen Anforderungen kann die Lehre mit besonderen Vermittlungswegen und der Bereitstellung von hybriden Lernumgebungen (Stichwort: „blended learning“) begegnen.

Mit dem vorliegenden Beitrag soll ein Lehr-Lernmodul zur „Biomechanischen Bewegungsanalyse im Sport“ vorgestellt werden, in dem multimedial ausgestaltete Lernumgebungen im Rahmen von thematisch ausgerichteten Fragestellungen mit theoretischen Grundlagen verflochten werden. Diese Lernumgebungen sollen gegenüber herkömmlichen Lernumgebungen ein vergessensresistenteres Lernen zu bewirken. Tatsächlich zeigen zahlreiche Befunde aus der Gedächtnispsychologie, dass eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff effektivere Behaltensleistungen bewirkt (Tulving & Thomson, 1973; Craik & Lockhart, 1972). Folgerichtig sollte das Anliegen einer effektiven Lehre (nicht nur in der Biomechanik des Sports) darauf abzielen, ein situiertes Lernen in annähernd authentischen Lernumgebungen zu ermöglichen und darin eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff einzubetten. Durch die Verflechtung einer medienunterstützten Präsenzlehre mit Online-Phasen eines selbstgesteuerten Lernens nebst kleineren praktischen Projekten soll dieses Ziel realisiert und dabei

den bekannten Einschränkungen eines ausschließlichen eLearnings entgegengewirkt werden.

Das Lehr-Lern-Modul zur Biomechanischen Bewegungsanalyse im Sport wurde in den Jahren 2007 bis 2009 am Institut für Sport und Sportwissenschaft in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Physikdidaktik (Prof. Dr. Wodzinski) an der Universität Kassel entwickelt und in menügesteuerte Flash-Filme umgesetzt. Den Kern des Lehr-Lernmoduls bilden menügesteuerte Flash-Filme, die nach dem Web-Geo Design durch ausgewählte Themenfelder führen und dabei neben Textblöcken und dokumentierenden Videopräsentationen auch Interaktionen und Animationen einbeziehen. Die angesprochenen Themenfelder betreffen dabei die Grundfertigkeiten Gehen, Werfen, Drehen und Springen, die in sich wiederum in verschiedene Unterthemen gegliedert sind.

Auf allen Flash-Seiten der vier Themenfelder lassen sich in einer parallelen Menü-Ebene multimediale Karteikarten mit umfangreichen Hinweisen zu den physikalischen Grundlagen aufrufen, deren Inhalte zumeist auf sportliche Fragestellungen bezogen sind. Der Nutzer kann somit sowohl über die physikalischen Grundlagen als auch über die zur Verfügung stehenden Problemformulierungen aus dem Sport einen Zugang in die biomechanische Bewegungsanalyse wählen. Mit der Durchführung kleinerer Untersuchungsprojekte wird in den praktischen Umgang mit einfachen biomechanischen Messmöglichkeiten eingeführt, wobei durch eine eigene Datenerhebung eine größere Verbindlichkeit mit dem Lerngegenstand erlebt werden soll. Die Flash-Filme sind so ausgelegt, dass sie sich sowohl als Ergänzung in der Präsenzlehre als auch zum Selbststudium am PC einsetzen lassen.

Literatur

- Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Tulving, E. & Thomson, D.M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.

eLearning als Alternative für die Lehrerbildung – Effekte neuer Medien und Möglichkeiten der Implementierung

Golo Faßbeck¹, Hannah Bartsch¹ & Bernd Gröben²

¹Uni Frankfurt, ²Uni Bielefeld

Multimediales Lernen bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, die bisherige Präsenzlehre der Universitäten zu bereichern und damit die Chance auf „potenzielle Mehrwerte [für Lehrende und Lernende], die adäquat erschlossen werden können und müssen“ (Wiemeyer 2007, S. 22). Die neuen technischen Mittel bei der Aufbereitung von Inhalten stellen insofern eine große Herausforderung für die (Hochschul-) Didaktik dar. Der Beitrag möchte diesen Aspekt des Lernens mit Multimedia näher beleuchten, indem Möglichkeiten der praktischen Umsetzung der medial unterstützten Lehre vorgestellt werden.

Es ist nicht verwunderlich, dass die Potenziale des eLearning bereits vor längerem erkannt wurden und deshalb seit Mitte der 1990er Jahre eLearning-Projekte von der Europäischen Union, der Bundesregierung, den Ländern und auch den einzelnen Universitäten gefördert werden (vgl. Weidenmann, 2001). Um diese Potenziale auch für die Sportwissenschaft zu nutzen, hat das Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes Hessen 2005 das Projekt HeLPS (Hessische eLearning Projekte in der Sportwissenschaft) ins Leben gerufen, welches „die Ziele verfolgt, sportwissenschaftliches Fachwissen multimedial aufzubereiten, es Studierenden in einem flexibel konfigurierbaren, webbasierten Lernsystem in einem einheitlichen Design anzubieten und Lehrenden Materialien für den Unterricht zur Verfügung zu stellen“ (vgl. HeLPS, 2009). Im Wintersemester 2008/09 wurde am Institut für Sportwissenschaften (IfS) ein Seminar zum Thema „good practice im Sportunterricht“ angeboten und evaluiert. Ziel dieses neuen Veranstaltungsformats ist es, bereits in der ersten Ausbildungsphase Praxisnähe i. S. situierten Lernens mit fundierten Theoriekenntnissen zu verknüpfen und so die professionsspezifischen Kernkompetenzen künftiger Sportlehrkräfte zu stärken. Dieser Intention entspricht der Blended-

Learning-Ansatz der Pilotveranstaltung, deren Lernwirksamkeit überprüft wurde. In den „Blended“-Gruppen (2 Seminare; n = 70) wurden 4 Präsenz- und 9 Onlinesitzungen angeboten, in den Präsenz-Gruppen (2 Seminare; n = 60) wurden 14 Präsenzsitzungen durchgeführt. Um die Wirksamkeit des Seminars abschätzen zu können, wurden zu Beginn und zum Abschluss ein identischer Wissenstest durchgeführt und durch eine Posterpräsentation ergänzt. Mit dem Wissenstest wurde die rezeptive Lernleistung im Bewegungsfeld „Bewegen an und mit Geräten“, mit den Postern die Transferkompetenz des erworbenen lehrmethodischen Wissens auf ein anderes Bewegungsfeld überprüft. Darüber hinaus wurden Daten zur Werthaltung gegenüber dem Seminarverlauf sowie zu individuellen Lernstrategien, zu motivationalen Variablen und zu Teamkompetenzen erhoben. Folgende Ergebnisse wurden bislang gesichert (vgl. Faßbeck, 2010; Prohl & Gröben, 2010):

In der rezeptiven Lernleistung (Wissenstest) wurden in den Blended-Learning-Gruppen deutliche Vorteile beobachtet ($p < .01$).

Diesem Befund entsprechen bessere Eigenbewertungen in den Blended-Learning-Gruppen, die mittels des zentralen Evaluations-Fragebogens der Universität erhoben wurden ($p < .01$ und $.05$).

Demgegenüber fallen die Ergebnisse des Transfertests weniger deutlich aus. Zwar wurden auch hier leichte Vorteile zu Gunsten der Blended-Learning-Gruppen gemessen. Diese werden jedoch lediglich tendenziell signifikant ($p < .10$).

Über weitere Ergebnisse wird berichtet.

Ausgehend von den positiven Befunden der Evaluation sollen abschließend die daraus resultierenden Aktivitäten zur Erweiterung und Optimierung des Contents und der Seminare sowie zur Implementierung neuer Medien in der Lehre am IfS vorgestellt werden.

Literatur

Faßbeck, G. (2010). Vermittlung von „Good-Practice“-Methoden eines erziehenden Sportunterrichts im Rahmen des Lehramtsstudiums Sport – Evaluation eines Blended-Learning-Seminars. In P. Frei & S. Körner (Hrsg.) *Ungewissheit – Sportpädagogische Felder im Wandel*. Hamburg: Feldhaus Verlag.

-
- HeLPS (2009). *HeLPS - eLearning in der Sportwissenschaft an den Hessischen Universitäten*. Zugriff am 18. März 2009 unter <http://www.helps-hessen.de/>
- Prohl, R. & Gröben, B. (2010). Good-practice-Methoden des erziehenden Sportunterrichts – Kooperatives Lernen. In J. Wiemeyer & J. Hansen (Hrsg.), *E-Learning in der Sportwissenschaft. Das hessische Verbundprojekt „HeLPS“*. Köln: Strauss.
- Weidenmann, B. (2001). Lernen mit Medien. In A. Krapp & B. Weidenmann, *Pädagogische Psychologie*, (4. vollständig überarbeitete Aufl.) Weinheim: Verlagsgruppe Beltz.
- Wiemeyer, J. (2007). Lehren und Lernen mit Multimedia in der Sportwissenschaft. In M. Danisch, J. Schwier & G. Friedrich (Hrsg.). *E-Learning in der Sportpraxis*. Köln: Strauß.

Problems of E-learning and Using Internet For students of Faculty of Physical Education - Mansoura University

Sobhi Ata & Ahmed Hossen

Mansoura University

Computer has become an integral part of the life of modern societies. Information Technology which built around computer plays an important role in changing various aspects of life at a short time. Internet has shown a significant change in access to information, as the distance between the information and man become near to the distance which separate him from the computer's key. Time to access to information has become in minutes and seconds. Every society that wishes to catch up with the era of Information must teach his generations to use computer and prepare them to cope with rapid changes in this era. Therefore, educational institutions tend towards the development of IT strategy and plans, including making computer and the Internet an essential element in the curriculum.

The Egyptian universities gave great attention to using e-learning in solving the problems of traditional education of increasing numbers of students and supporting access to information quickly any time and anywhere in order to achieve the targeted learning outcomes.

Mansoura University has achieved great development in this regard of management of electronic education integrated the beginning of the provision of equipment, laboratories , digital libraries , electronic information sources and design of e-courses and the way to assess students for the decisions for the aim of supporting contact between students, teachers and the development of the educational process and research. A unit of e-learning had been built at the university and sub-units of e-learning at faculties, which contribute to the preparation of electronic courses, developing and providing them to the students.

The Faculty of Physical Education had prepared some e-courses in the academic year 2009-2010 and had been established college computer labs connected to the Internet to support the benefit of these decisions and to

facilitate access to diverse sources of information and support contact between students and faculty members.

The researchers had noted low turnout of students to use e-courses despite the availability on the Internet in a simple and easy ways, and supporting the process of self-learning through the reports of the units of e-learning, which showed that the rate of use of e-courses by the students were ranging between 8% to 40% of the sample Therefore went the researchers to identify the most important problems facing students in the use of e-courses. a questionnaire were designed to identify these problems, were divided into particular problems with physical logistics, problems of communications, problems for the using computer programs, problems on the culture of e-learning and self learning and finally problems linked to the geographical scope of the students. The questionnaire were applied to the (980) students from the Faculty of Physical Education-Mansoura University. The results showed that problems which face students in dealing with e-courses and Using Internet is that (25%) of sample do not have a computer and that (10 %) of students who own computers do not have an Internet connection, and that (17%) of students can not deal with the applications of computer and web browsers, and the results showed that there were differences between boys and girls in computer use for the boys and that was due to cultural heritage also the geographical distribution has a role as more than urban students to own a computer connected to the Internet on villages students.

The researchers recommended that the faculty should adopt a project to provide a computer for each student at suitable price with the help of one of the community institutions which support these projects and support its internet connection through universities, making training courses for students to use computer's software and internet at computer labs at the university for free, spreading the culture of e-learning between students and teachers, attention to the education of girls to use computers without regard to any cultural heritage is outdated.

Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung beim Spielen des Moduls Training Plus der Wii Fit Plus

Nico Nitzsche, Cornelia Froberg & Henry Schulz

TU Chemnitz

Einleitung und Problemstellung

Der Einsatz und die Wirkung digitaler Spiele und ihr Zusammenhang mit dem Sport rücken zunehmend in den Fokus des körperlichen Trainings (vgl. Wiemeyer, 2009). Es liegt die Annahme zugrunde, dass Videospiele positiven Einfluss auf motorische Fähigkeiten besitzen (vgl. Fery & Ponserre, 2001; Korsten et al., 2009). Auch wird postuliert, dass Transferwirkungen im Hinblick auf diversen Kompetenzebenen möglich sind (vgl. Gebel et al., 2005). Wenn der Frage nachgegangen werden soll, inwiefern ein Einsatz digitaler Sportspiele im Sinne eines moderaten körperlichen Trainings in der Prävention und Rehabilitation eine Rolle spielen kann, muss neben der physiologischen Akutreaktion auch nach der Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung gefragt werden (vgl. Rech & Ferrauti, 2009). Ziel war es anhand bekannter Parameter (HF, Laktat, Sauerstoffaufnahme) die physiologische Beanspruchung und Reliabilität zu bestimmen sowie eine Beurteilung zur Eignung zum körperlichen Training vorzunehmen.

Methodik

Dazu wurden zehn männliche Probanden ($21,9 \pm 2,9$ Jahre, $62,7 \pm 6,4$ kg, $165 \pm 7,8$ cm) dreimal an verschiedenen Tagen untersucht. Mittels Laufbandstufentest wurde die maximale Leistungsfähigkeit als Referenz ermittelt. Zwischen den Untersuchungen lagen jeweils 5 Tage. Die Spiele wurden in randomisierter Reihenfolge den Probanden zugeteilt (Lose ohne Zurücklegen). Während des fünfminütigen Übens wurden die Herzfrequenz (Polar RS 400), Sauerstoffaufnahme (Cortex Metamax 3b), Laktat, subjektives Belastungsempfinden (RPE 6-20) und Spaßempfinden (Fun Skala 6-20) ermittelt. Neben deskriptiven Daten (MW, SD, Min, Max) wurden der ICC und der RMSE berechnet (Bland & Altman, 1996). Signifikanter Unter-

schiede der 15 Spiele untereinander wurden mittels Friedman-Test und Wilcoxon-Test geprüft. Zusammenhänge wurden mittels Pearson-Korrelation überprüft.

Ergebnisse

Spiel	MW	SD	Min	Max	MW%	SD%	ICC	CoR
Schneeballschlacht	7	0,46	6	11	19,6	1,2	0,79	1,8
Rhythmus Kung Fu	10	1,10	5	16	25,0	2,8	0,74	3,7
Kugelballett Plus	7	0,65	5	11	19,3	1,7	0,69	2,3
Abschlagtraining	10	1,05	7	14	26,2	2,7	0,68	3,1
Skateboard Arena	11	0,99	8	15	29,7	2,6	0,63	3,0
Spielmanszug	11	1,02	9	18	29,5	2,6	0,58	3,8
Neigestadt	7	0,53	5	11	18,9	1,4	0,57	2,2
Hindernisparcours	16	1,37	12	21	41,1	3,6	0,56	4,2
Jogging Plus	14	1,10	10	18	37,8	2,9	0,52	3,5
Jongliermeister	7	0,76	5	11	19,2	1,9	0,5	2,9
Kunstflug	10	0,72	8	13	26,8	1,8	0,46	2,7
Hüftrechen	9	0,84	7	11	23,9	2,3	0,4	2,9
Fahrradinsel	14	0,99	12	17	36,1	2,5	0,36	3,2
Segway-Parcours	8	0,76	7	11	21,1	2,0	0,36	2,3
Flusskugel Plus	7	0,56	6	9	18,6	1,5	0,23	2,0

Tabelle 1: exemplarische Darstellung der relativen VO_2 (ml/min/kg) während fünfminütigem Spielens und deren prozentualem Anteil (MW%) an der VO_{2max} sowie dessen Reliabilität über die einzelnen Spiele. Die Angabe der kritischen Differenz CoR (Coefficient of Repeatability) basiert auf dem $RMSE*2,77$. Die Werte sind nach dem ICC absteigend geordnet.

Die Mehrzahl der Spiele unterscheiden sich signifikant hinsichtlich ihrer Sauerstoffaufnahme (Range: 7 ml/min/kg-16 ml/min/kg, $p<0,05$). Der Anteil an der maximalen Sauerstoffaufnahme rangiert von $18,6\pm 1,5\%$ bis $41,2\pm 3,6\%$. Alle Spiele zeigten in ihren Konzentrationen Werte im Bereich des Ruhelaktats. Es bestehen dabei signifikante Unterschiede zwischen den Spielen ($0,93$ mmol/l - $1,34$ mmol/l, $p<0,05$). Die Herzfrequenz lag zwischen $103,9\pm 13,6$ und $128,4\pm 16,5$ Hf/min bzw. $52,7\%\pm 5,9\%$ und $65,1\%\pm 7,0\%$ der maximalen Herzfrequenz. Das durchschnittliche Belas-

tungsempfinden lag zwischen $9,1 \pm 1,3$ und $13,3 \pm 1,5$. Jogging Plus ($13,3 \pm 1,5$) und Hindernissparcour ($13,2 \pm 1,5$) haben die größte subjektive Beanspruchung (RPE). Der ICC lag über alle Spiele von 0,23 bis 0,79. Betrachten man den CoR (RMSE*2,77) schwanken die Werte von 1,8 ml/min/kg bis 4,2 ml/min/kg. Die Korrelation zwischen der mittleren VO_2 und CoR lag bei $>0,8$ ($p < 0,001$).

Diskussion

Die Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung anhand der Sauerstoffaufnahme war nicht bei allen Spielen zu generieren. Somit ist davon auszugehen, dass die körperliche Beanspruchung einzelner Spiele in höherem Maße von zufälligen Ereignissen im Spiel beeinflusst wird. Es liegt nahe, dass mit höherer physiologischer Reaktion die Generierbarkeit der Beanspruchung sinkt. Bei Spielen mit eher koordinativen Aufgaben war die physiologische Reaktion besser vorhersagbar. Alle Spiele zeigten eine aerobe Beanspruchung. Die Mehrzahl der Spiele des Bereichs Training Plus scheinen jedoch für ein Training der Ausdauerfähigkeit nur in sehr geringem Maße geeignet zu sein, da die mittlere prozentuale Sauerstoffaufnahme generell unterhalb der für ein GA 1 Training notwendigen 70% lag. Lediglich die Spiele Hindernissparcours, Jogging Plus und Fahrradinsel könnten in der Lage sein, Effekte auf die Ausdauerleistungsfähigkeit zu erzielen. Die Ergebnisse der physiologischen Reaktion stehen im Einklang mit vergangenen Untersuchungen (Völker et al., 2009; Rech et al., 2009). Es sollte von technischer Seite mehr raumgreifende Bewegung über geeignete Sensoren generiert und Bewegungsfrequenzen erfasst werden. Es wäre notwendig anhand einer physiologischen Sofortinformation (z.B.:Hf) eine Belastungssteuerung vorzunehmen und interaktiv mit dem Programm zu verschalten. Die Spielgeschwindigkeit und Spielregel sollten sich im Spielverlauf an die jeweilige Körperreaktion anpassen. Dabei könnten physiologischen Reaktionen kontrolliert und adaptiert werden. Unter trainingsphysiologischen Gesichtspunkten motiviertes Spielen könnte dabei ein hohe Motivation und Spaß erleben erzeugen.

Literatur

- Bland, JM, Altman, DG (1996). *Measurement error. BMJ* (313) 744.
- Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101 (15), 1016-1021.
- Cordes, M., Lerch, C., Reinecke, K., Schubert, M., Weiß, M. & Baumeister, J. (2009) Virtuuell interaktives Putten (Nintendo Wii) im Golf: Unterschiede in der kortikalen Aktivität im Vergleich zum realen Putt. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60 (7-8), 241.
- Fery, Y.A. & Ponserre, S. (2001). Enhancing the control of force in putting by video game training. *Ergonomics*, 44 (12), 1025-1037.
- Gebel C., Gurt M., Wagner U. (2005). Kompetenzfördernde Potentiale populärer Computerspiele. In Arbeitsgemeinschaft betriebliche Weiterbildungsforschung (Hrsg.), *E-Learning: Hybride Lernformen, Online Communities, Spiele*, 92 (241-376).
- Korsten, K., Mornieux, G., Korsten-Reck, U. & Gollhofer, A. (2009). Die sensomotorische Wirksamkeit des Nintendo Wii-Fit Balance Board im Vergleich zu einem Sensomotorischen Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60 (7-8), 177.
- Löllgen, H (2004). Das Anstrengungsempfinden (RPE, Borg-Skala). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 55 (11) , 299-300.
- Rech, A.R. & Ferrauti, A.F. (2009). Nintendo Wii – Respiratorische und metabolische Beanspruchung beim Spielen im Kindesalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60 (7-8), 228.
- Wiemeyer, J. (2009). Digitale Spiele – (K)ein Thema für die Sportwissenschaft?! *Sportwissenschaft* 39, 120-128.
- Völker, K., Bongartz, E., Spielmann, A., Fromme, A., Uhlenbrock, K., Thorwesten, L. (2009). Nintendo-Wii Sportspiele – nur ein Computerspiel, oder ein effektiver Trainingsanreiz? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60 (7-8), 231

Bewegungslernen mit der Spielkonsole – die Nintendo Wii als „serious game“ am Beispiel von Rückschlagspielen

Steffen Schiedek

Universität Hannover

Digitale Spiele sind aus der heutigen technisierten Freizeitwelt nicht mehr wegzudenken. Die neuartige Sensortechnik („Wii Motion Plus“) der Nintendo Wii Spielkonsole provoziert dabei im virtuellen Spiel Bewegungen, die den realen sportlichen Bewegungen sehr nahe kommen können. Somit sind durch die Spielkonsole spezifische positive Transfereffekte auf sensomotorischer und auf motorischer Ebene zu erhoffen (Heinen et al., 2009; Wiemeyer, 2009). Dabei können digitale Spiele – in der Regel ja zur reinen Unterhaltung konzipiert – die reale Bewegung nicht ersetzen. Dies liegt auch daran, dass in der virtuellen Umgebung die realen Bedingungen bzw. die Komplexität des Zielspielles vereinfacht werden, z.B. durch ein Aufweiten der Bewegungspräzision oder des Zeitdrucks. Diese Vereinfachung motiviert ebenfalls, Bewegungslernen durch den begleitenden Einsatz der Nintendo Wii Spielkonsole zu unterstützen. Die genaue Erforschung dieser Effekte sowie der Bedingungen, die durch das Ziel des Bewegungslernens die Wii zum „serious game“ werden lassen, ist nötig. Zwischenergebnisse zweier laufender Studien bestätigen positive Effekte auf zwei Ebenen:

Gleichgewicht von Bewegungsähnlichkeit und Vereinfachung

Durch die Wii Motion Plus Sensortechnik wird eine noch genauere Erfassung der Bewegungen des Konsolenspielers ermöglicht. Momentan nutzen die Tennisimulation „EA Sports Grand Slam Tennis“ und das Tischtennis-Spiel innerhalb der Software „Nintendo Wii Sports Resort“ dieses Potential in besonderem Maße. Bei beiden werden die aktuelle Schlägerhaltung und –bewegung sehr exakt nachgebildet. So erkennen die Sensoren neben Richtung und Zeitpunkt der Schlagbewegung auch die genaue Schlägerausrichtung im Raum. Dadurch werden sowohl die Schlagplatzierung als auch die Rotation des geschlagenen Balles realitätsnah simuliert. Gleich-

zeitig ist aber das Treffen des Balles (durch vereinfachtes Timing und durch automatische Beinarbeit zur Unterstützung der erkannten Schlagtechnik) vereinfacht. Diese Eigenschaften stützen zum einen Transfereffekte auf der motorischen Ebene. Zum anderen können Lernende aber trotz einer vorgegebenen Technik motivierende Erfolgserlebnisse erlangen.

In einer laufenden Studie mit Schülern und Sportstudierenden ohne Tischtenniserfahrung wird die Spielkonsole verwendet, um das Erlernen des Topspins im Tischtennis zu unterstützen und zu beschleunigen. Dabei wird die Nintendo Wii zunächst zur Kognitivierung und zur Simulation genutzt: Die wesentlichen Bewegungsmerkmale, die zur Vorwärtsrotation des geschlagenen Balles führen, lassen sich an der Wii zunächst "erforschen" und anschließend – ergänzt durch reale Tischtennis-Stationen – unter den vereinfachten Bedingungen der Konsole üben. Die Konsole als eine von mehreren Stationen ermöglicht dabei einerseits abwechslungsreiche Übungsvariationen zur Topspin-Technik. Andererseits ist sie aber auch eine motivierende Differenzierungsstation: Vor allem Lernende mit Schwierigkeiten nutzen die Wii häufiger (wiederkehrend), um die Zieltechnik hier unter vereinfachten Bedingungen – ohne den Druck des realen Gegners – erfolgreich anzuwenden. Fortgeschrittene Lernende beschränken sich dagegen schneller auf das reale Spiel.

Erste Zwischenergebnisse lassen vermuten, dass eine Kombination von realen Tischtennis-Stationen mit angeleiteten Aufgaben an der Wii Spielkonsole im Vergleich zu ausschließlich realen Stationen zu einem schnelleren und qualitativ hochwertigeren Erlernen des Vorhand-Topspins führt.

Kontralateraler Transfer - erfolgreich(er) mit der Wii?

Die Transferproblematik – nicht nur in Richtung vom virtuellen aufs reale Sporttreiben - ist alles andere als trivial (Wiemeyer, 2009). Zur Optimierung von Lernprozessen wird auch für die Rückschlagspiele zusätzlich ein Provozieren des kontralateralen Transfers von der schwachen zur starken Hand empfohlen (Krug & Stöckel, 2010). Übungen mit der schwachen Hand geraten für Anfänger wie für Fortgeschrittene jedoch häufig eher zu

einem Training in Frustrationstoleranz, welches die erwünschte Konzentration auf die Wahrnehmung und Ansteuerung der Zielbewegung erschwert. Die zweite laufende Studie an Schülern und Studierenden ohne Rückschlagspielerfahrung setzt hier die Wii ein, um das Spiel mit der schwachen Hand durch Phasen an der Spielkonsole zu ergänzen – mit der Hoffnung, dass die vereinfachten Bedingungen des virtuellen Spiels die Konzentration auf die Schlagbewegung und damit den kontralateralen Transfer erleichtern.

Erste Zwischenergebnisse zeigen zwar keine Leistungsunterschiede zwischen der Gruppe „traditionelle Arbeit mit der schwachen Hand“ und der Gruppe, die Übungen mit der Wii und reale Spielsituationen mit der schwachen Hand kombiniert. Die Wii-Gruppe zeigt aber zumindest eine signifikante Erhöhung ihrer Motivation.

Literatur

- Heinen, T.; Velentzas, K.; Walther, M. & Goebel, R. (2009). (Video-) Spielend Bewegungen lernen?! Einsatz und Erforschung der Effekte digitaler Sportspiele. In: *f.i.t.* 2/2009, 4-7.
- Krug, J. & Stöckel, T. (2010). Reihenfolgeeffekte beim Fertigkeitlernen – Einfluss des kontralateralen Lerntransfers auf die Wahl der anfänglichen Trainingsseite. In *BISp-Jahrbuch – Forschungsförderung 2008/09*, 181-187.
- Wiemeyer, J. (2009). Digitale Spiele – (K)ein Thema für die Sportwissenschaft?! In *Sportwissenschaft* 39 (2), 120-128.

Adaption und Personalisierung von Exergames

Viktor Wendel

TU Darmstadt

Seit einigen Jahren erfreuen sich sogenannte Exergames zunehmender Popularität. Diese Spiele dienen dem Zweck, sportliche Aktivitäten spielerisch aufzubereiten und dadurch zum Sport zu motivieren. Wenngleich eine Vielzahl von kommerziellen Exergames (Wii Sports, Eyetoy) inzwischen verfügbar ist, so werden diese doch hauptsächlich von einer jüngeren Zielgruppe genutzt, die eher gelegentlich und zum Spass damit Sport treibt. Wissenschaftliche Arbeiten von unter anderem Baranowski (Baranowski et al., 2008) haben den positiven Effekt auf das Gesundheitsbewusstsein mit Hilfe von spielerischen Ansätzen belegt. So haben Exergames durchaus das Potential, jenseits dieser Casual Gamer Gruppe sinnvoll eingesetzt zu werden, zum Beispiel zur Rehabilitation oder um Senioren zur sportlichen Aktivität zu motivieren. Um diese Zielgruppen zu adressieren, ist es jedoch nötig, wissenschaftlich fundierten Nutzen von Exergames nachzuweisen. Dazu wiederum muss es einerseits möglich sein, individuelle Trainingspläne für Exergames zu erstellen und andererseits auch, dass diese Spiele auf die Nutzer personalisiert werden können und sich an deren Fitness- und Gesundheitszustand adaptieren, denn nur so können für den einzelnen Spieler sinnvolle Trainingseinheiten in Exergames verpackt werden. Dabei gilt es, verschiedenste Übungen bezüglich Dauer und Intensität auf die SpielerInnen abzustimmen. Ein weiterer wichtiger Faktor bei Exergames ist die Langzeitmotivation. Viele sportliche Übungen sollten wiederholt eingesetzt werden um Wirkung zu erzielen, sowohl in der Rehabilitation als auch zu Fitnesszwecken. Hier gilt es zu vermeiden, dass die SpielerInnen Wiederholungen der Spiele als einseitig empfinden (vgl. Wiemeyer, 2010). Eine Möglichkeit, ein Exergame für einen bestimmten Spieler/Patienten zu personalisieren ist eine Unterstützung durch ein Autorenwerkzeug wie das StoryTec-Autorensystem (Mehm, 2010), mit dessen Hilfe ein Arzt/Trainer einen personalisierten Trainingsplan festlegen kann (vgl. hierzu Poster „Authoring-Tools für die Erstellung von Exergames“). Bei dem an der TU

Darmstadt entwickelten Exergame „Taubenflug“, bei dem die SpielerInnen die Flughöhe einer horizontal fliegenden Taube durch die Trittggeschwindigkeit eines Ergometers steuern und dabei versuchen Briefe einzusammeln, könnte der Trainer durch das Trittggeschwindigkeits-Intervall, das die Flughöhe bestimmt die Intensität des Spiels einstellen. Somit kann jeder Spieler bzw. jede Spielerin in dem für ihn/sie besten Geschwindigkeitsintervall fahren. Diese Funktionsweise wird im Rahmen des Projekts Motivotion60+ evaluiert.

Eine solche Personalisierung würde jedoch stets vor dem eigentlichen Spiel geschehen und den aktuellen Fitnesszustand des Spielers / der Spielerin ausser acht lassen. Daher empfiehlt es sich, auch zur Laufzeit Adaptationen vorzunehmen. Dazu ist es nötig, Vitalparameter wie Puls oder Blutdruck zu messen und abhängig von diesen die Geschwindigkeit und Intensität des Spiels zu adaptieren. Bei den an der TU Darmstadt entwickelten Ergo-Games (Göbel et al., 2010) wird beispielsweise über Ohrclips der Puls gemessen und der Trittwiderstand des Rades angepasst, falls dieser zu hoch oder niedrig ist. In welcher Form dies geschehen soll kann wiederum ein Arzt/Trainer über ein Autorenwerkzeug vorher festlegen. Dies kann so weit gehen, dass kritische Vitalwerte erkannt werden und das Exergame entsprechend reagiert. So können über die Pulsmessung auch Unregelmäßigkeiten im Herzschlag oder zu hohe/niedrige Herzfrequenzvariabilität erkannt werden. Gegebenenfalls könnte das Spiel dann sofort abgebrochen werden und darüber hinaus direkt Daten an einen zuständigen Arzt versandt werden, wie dies in Motivotion60+ (Nacke et al., 2010) umgesetzt werden soll.

Eine Erhöhung der Langzeitmotivation könnte beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Schwierigkeitsgrad sich automatisch an den Fitnesszustand der SpielerInnen anpasst, so dass diese nie überfordert werden, das Spiel aber auch nicht mit zunehmendem Training zu einfach und damit langweilig wird. Dazu muss die Leistung der SpielerInnen protokolliert und geeignet verarbeitet werden. Beispielsweise kann aus den letzten x Spielergebnissen anhand der Ergebnisse errechnet werden, ob die SpielerInnen über- und unterfordert waren. Daraus kann der Schwierigkeitsgrad

für die kommende Übung entsprechend adaptiert werden. Die protokollierten Daten können darüber hinaus auch für eine längerfristige Auswertung der Trainingserfolge verwendet werden.

Eine solche Adaption und Personalisierung benötigt allerdings einen Zugriff auf eine Vielzahl von Sensoren, wie die zur Messung der Vitalparameter der SpielerInnen. Außerdem werden Daten des verbundenen Sportgerätes wie Geschwindigkeit und Tritt Widerstand bei einem Ergometer oder Video-tracking-Daten zur Erkennung von bestimmten Bewegungen oder aber Beschleunigungs- oder Lagesensoren benötigt. Das an der TU Darmstadt entwickelte „SunSports Go“, ein Biathlon-ähnliches Exergame kann beispielsweise mit Hilfe von Java SunSpots erkennen, ob die SpielerInnen gehen, laufen oder liegen und diese Daten im Spiel verwenden. Bei diesem Exergame, wird jedem Spieler bzw. jeder Spielerin an beiden Fussgelenken ein Java SunSpot Sensorknoten befestigt, der die Lage des Fusses über Beschleunigungssensoren misst und daraus eine Bewegung errechnet. Damit können die SpielerInnen um die Wette laufen und die Bewegungsdaten können in das Biathlonspiel eingebracht werden.

Literatur

- Baranowski, T., Buday, R., Thompson, D. & Baranowski, J. (2008). Playing for Real - Video Games and Stories for Health-Related Behavior Change. *American journal of preventive medicine* 34 (1).
- Wiemeyer, J. (2010). *Serious Games – The Challenges for Computer Science in Sport*. Proceedings of Game Days 2010
- Mehm, F. (2010). *Authoring Serious Games*. Proceedings of Foundations of Digital Games 2010. New York: ACM
- Göbel, S., Hardy, S., Wendel, V., Mehm, F. & Steinmetz, R. (2010). *Serious Games for Health – Personalized Exergames*. Eingereicht zu ACM Multimedia 2010
- Nacke L., Drachen, A. & Göbel, S. (2010). Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. Proceedings of the GameDays 2010 – Serious Games for Sports and Health, Darmstadt, 91-103.

Arbeitskreis 3.2: Mess- und Informationssysteme II – Varia

Donnerstag, 16. September 2010 – 15.30 bis 18.00 Uhr, Raum 072

Leitung: Veit Senner, TU München

- 15.30 Uhr Juan Carlos Quintana Duque
Kompression menschlicher Bewegungsdaten: Eine Übersicht
- 15.50 Uhr Georg Rauter, Kilian Baur, Roland Sigrist, Robert Riener & Peter Wolf
Robotergestütztes Bewegungslernen mit dem M³-Trainer: Vorstellung des Konzepts
- 16.10 Uhr Gregor Kuntze, Lawrence Cheng, Tony Austin, David Nguyen, Dipak Kalra, David G. Kerwin & Stephen Hailes
Electronic coaching and training records in athletics
- 16.30 Uhr Roman Byshko
Exploration and Visualization of Race Biking Performance
- 16.50 Uhr Kerstin Witte, Peter Emmermacher & Christine Stucke
Instrumentarium zur Erfassung und zum Training von Antizipationsfähigkeit im Kampfsport
- 17.10 Uhr Thomas Jaitner & Stefan Weinz
Ein Messsystem zur Erfassung des Griffdrucks am Badmintonschläger

Kompression menschlicher Bewegungsdaten: Eine Übersicht

Juan Carlos Quintana Duque

Universität Konstanz

Bewegungserfassungstechnologien verzeichnen in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte, die im Bereich der Erzeugung spezieller 3D Effekte in Videos, der Analyse und Modellierung von menschlichen Bewegungen, sowie der Bewegungssimulation und des Biofeedbacks zur Verbesserung der Leistung in Sport angewendet werden. Die Kosten der Bewegungserfassungsgeräte sinken und das Methodenspektrum zur Verarbeitung von Bewegungsdaten wird immer größer. Außerdem sind Datenbanken menschlicher Bewegungssequenzen im Internet zugänglich.

Bewegungsdaten werden von Bewegungserfassungsgeräten durch Marker erfasst, die an einer sich bewegenden Person befestigt werden. Bewegungsdaten sind in konstanten Zeitintervallen abgetastete Signale, die 3D Informationen der Position und bei manchen Geräten die globale Orientierung jedes Markers enthalten. Jede Koordinate der so genannten Bewegungskurve besteht aus einem eindimensionalen Signal. Diese Information kann mit Hilfe eines virtuellen Skelettes abgespielt werden, um eine unmittelbare oder spätere Analyse und Wiedergabe durchzuführen.

Eine direkte Nutzung der Messdaten ist unpraktisch und aufwändig. Insbesondere bei hoher Abtastrate und großer Anzahl der Marker ist der Bedarf an Speicher und Bandbreite sehr groß. Um die relevante Information kompakt und schnell zugänglich zu machen, ist Kompression notwendig. Dafür nutzt man die räumliche und zeitliche Kohärenz der Bewegungsdaten aus. Dabei muss man darauf achten, dass bei Interaktionen mit der Umgebung, z.B. bei dem Aufsetzen von den Füßen auf dem Boden, Hochfrequenzanteile auftreten, die von der Kompressionstechnik erhalten werden müssen, (Arikan).

Kompressionstechniken werden auch bei der Bewegungsanalyse, Bewegungsklassifikation und Retrieval von Bewegungen angewendet,

(Faloutsos, Hodgins und Pollard), um räumliche und zeitliche Strukturen der Bewegung zu extrahieren.

Die entwickelten Kompressionstechniken für menschliche Bewegungsdaten können in drei Kategorien klassifiziert werden: Raum-basierte Kompression, Zeit-basierte Kompression und Semantik-basierte Kompression.

Räumliche Kompressionsverfahren reduzieren die Dimension der Daten durch die Projektion der Datenpunkte in einen kleinen Unterraum, der einen möglichst großen Anteil der Information enthalten soll. Diese Verfahren basieren auf statistischen Analysemethoden, zu denen u.a. PCA („Principal Component Analysis“), CPCA („Cluster PCA“), KPCA („Kernel PCA“) und ICA („Independent Component Analysis“), gehören.

Zeitliche Kompressionsverfahren können in fünf Subkategorien unterteilt werden: Kompression im Frequenzbereich durch Koeffizientenauswahl nach einer Transformation z. B. durch Wavelets oder DCT („Discrete Cosine Transform“), Kompression durch Kurvenbeschreibung wie z.B. Bezierkurven, Kompression durch Abtastung an so genannten „Key-frames“ und Interpolation dazwischen, Kompression mit Hilfe eines Wörterbuches aus Bewegungsmustern und Kompression durch Hidden Markov Modelle.

Semantische Kompressionsverfahren benutzen die Klassifikation der segmentierten Bewegungskurven in primitive Abschnitte, die anschließend in semantisch relevante Gruppen zusammengefasst werden. Für die Bewegungsgruppen werden die charakteristischen Variablen genauer, sowie unwichtige Variablen gröber quantisiert. Die Semantik lässt sich nicht direkt von menschlichen Bewegungsdaten ablesen. Aus diesem Grund müssen Verfahren der künstlichen Intelligenz wie selbst-organisierende Netze angewendet werden, (Gu, Peng, Deng), um die Klassifikation durchzuführen.

Um eine hohe Kompressionsrate zu erreichen, wird eine geeignete Vorverarbeitung der Daten eingesetzt (Eliminierung von Ausreißern, merkmalerhaltende Rauschunterdrückung, Interpolation zum Auffüllen von Messlücken, u.s.w.). Ferner kann man die zu komprimierende bekannte Struktur des menschlichen Körpers ausnutzen, z. B. dass die Körpergröße und die Längen der Extremitäten bekannt und konstant sind. Weiterhin wird

am Ende der Kompressionspipeline eine verlustfreie Kompression (Huffman-Kodierung, arithmetische Kodierung) angeschlossen.

Ein aktuelles Forschungsthema ist die Entwicklung adäquater Bewertungsmaße der Kompressionsverfahren für Bewegungsdaten, (Liu). Vorge-schlagene Bewertungsmaße basieren auf objektiven Kriterien (u.a. Komp-ressionsrate und mittlerer quadratischer Fehler) und subjektiven Beurtei-lungen (u.a. Natürlichkeit und visuelle Qualität).

Dieser Beitrag liefert eine Zusammenfassung und Taxonomie der aktuellen Kompressionstechniken von menschlichen Bewegungsdaten.

Literatur

- Arikan, O. (2006). „Compression of motion capture databases“. *ACM SIGGRAPH 2006 Papers*, 890—897. New York: ACM.
- Faloutsos, C., Hodgins, J. & Pollard, N. (2007). „Database techniques with motion capture“. In *ACM SIGGRAPH 2007 Courses 21*(1). New York: ACM.
- Gu, Q., Peng, J. & Deng, Z. (2009). „Compression of Human Motion Capture Data Using Motion Pattern Indexing“. *Comput. Graph. Forum* 28, 1-12. Oxford : Blackwell.
- Liu, R. (2006). „*Statistical analysis of natural human motion for animation*“. Ph.D. Thesis. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Robotergestütztes Bewegungslernen mit dem M³-Trainer: Vorstellung des Konzepts

Georg Rauter, Kilian Baur, Roland Sigrist, Robert Riener & Peter Wolf
ETH Zurich

Ziel eines jeden Trainers ist es seinen Athleten optimales, individuelles Training zu bieten, um dessen Erfolgschancen zu maximieren. Um ein optimales, individuelles Training realisieren zu können, muss der Trainer wissen, was die Idealbewegung charakterisiert und wie er dieses Wissen effektiv vermitteln kann. Er muss die individuellen Fähigkeiten seiner Athleten kennen und seine Trainingsstrategien auf die aktuelle Stimmung und Leistungsfähigkeit der Athleten ausrichten. Dem Trainer sind jedoch natürliche Grenzen gesetzt: Es ist für ihn schwierig, seine Aufmerksamkeit konstant aufrecht zu erhalten, mehrere Athleten gleichzeitig zu beobachten, einen Athleten gleichzeitig von verschiedenen Seiten zu betrachten sowie Bewegungen in Echtzeit und in hoher Präzision quantitativ zu messen, zu analysieren und das Resultat der Analyse dem Athleten gleichzeitig mitzuteilen. Dementsprechend kann der menschliche Trainer extrinsisches Echtzeitfeedback über spezifische Bewegungsvariablen in Bezug auf eine Idealbewegung während des Bewegungsablaufes nur eingeschränkt geben.

Um die von Natur aus gegebenen Einschränkungen eines menschlichen Trainers zu überwinden und effektives, extrinsisches Echtzeitfeedback über komplexe Bewegungen zu geben, wird am Labor für Sensomotorische Systeme der ETH Zürich und Universität Zürich ein Konzept für robotergestütztes Bewegungslernen entwickelt. Dieses Konzept beinhaltet einen virtuellen Trainer, den M³-Trainer. Dieser M³-Trainer gibt dem jeweiligen Athleten individuell angepasstes Echtzeitfeedback über die haptische, akustische und visuelle Modalität. Als erste Anwendung wird der M³-Trainer für robotergestütztes Bewegungslernen im Rudern eingesetzt. Dem M³-Trainer dient dabei ein Rudersimulator als Setup.

In diesem Beitrag wollen wir die prinzipielle Funktionsweise des Konzepts für robotergestütztes Bewegungslernen erklären. Im Speziellen wollen wir darauf eingehen, wie der M³-Trainer in dieses Konzept eingebettet ist und

wie er das bereits von Huang et al. (2006) angesprochene Problem der Sensorfusion für anwendungsorientiertes Feedback löst, in unserem Fall bezogen auf das Erkennen typischer Fehlerbilder beim Rudern.

Idee und prinzipielle Funktionsweise des Konzepts

In unserem Konzept bildet der M³-Trainer gemeinsam mit dem Athleten eine Art iterativen Kreislauf für Bewegungslernen, angelehnt an die übliche Interaktion zwischen Athlet und menschlichem Trainer. Der M³-Trainer übernimmt hierbei die Funktion eines menschlichen Trainers, der die Bewegungen seines Athleten analysiert und diesem entsprechendes Feedback gibt. Durch das Feedback kann der Athlet wiederum seine Bewegungen verbessern und somit ist der iterative Kreislauf für Bewegungslernen geschlossen. Im Gegensatz zu ersten Ideen für robotergestützte Lernkonzepte, welche häufig im Bereich Verhaltenslernen angesiedelt sind (Lopez-Garate, 2008), soll der M³-Trainer für Bewegungslernen eingesetzt werden und in der Lage sein, visuelles, auditorisches und vor allem auch haptisches Echtzeitfeedback zur aktuell ausgeführten Bewegung geben zu können.

Der M³-Trainer erkennt typische Fehler der Athleten

Der menschliche Trainer vergleicht die von ihm aktuell wahrgenommene Bewegung des Athleten mit den Eindrücken aus seiner jahrelangen Trainingserfahrung. Er weiss dabei, welche Informationen relevant und welche überflüssig sind und er erkennt daraus den Fehlergehalt des Bewegungsablaufs. Ebenso soll auch der sich in Entwicklung befindliche M³-Trainer typischer Fehlerbilder beim Rudern in Echtzeit erkennen können. Hierfür werden alle Messvariablen jedes Ruderzyklus zunächst über FFT (Fast Fourier Transformation) in ihre Frequenzkomponenten zerlegt, danach über PCA (Principle Component Analyse) auf die relevanten Daten reduziert und schließlich können die Fehlerbilder und deren Ausprägung über SVMs (Support Vector Machines) klassifiziert werden. Entsprechend der Klassifikation soll dem Athleten dann individuelles, multimodales Echtzeitfeedback gegeben werden.

Das vorgestellte Prinzip der Fehlererkennung wurde bereits in einer ersten Pilotstudie erfolgreich an Hobbyruderern getestet.

Der M³-Trainer gibt dem Athleten individuelles Feedback

Der M³-Trainer verwendet das Wissen, um die zuvor ermittelte Fehlerart und deren Ausprägung in einem Ruderschlag, um eine passende Feedbackstrategie und die entsprechende Feedbackmodalität auszuwählen. Das multimodale Feedback selbst kann im Rudersimulator Setup über ein Wellenfeldsynthese Sound-System in Form von z.B. Fehlervertönung, über drei in U-Form um den Athleten angeordnete Leinwände mit Stereoprojektion in Form von z.B. zusätzlichem Einblenden eines Ruders zur Anzeige der Sollposition und über einen Seilroboter in Form von z.B. Führung in einem virtuellen Tunnel mit elastischen Wänden auf den Athleten einwirken. Die einzelnen Feedbackstrategien sind bereits im Rudersimulator implementiert.

Durch dieses technische Konzept soll der M³-Trainer menschliches Bewegungslernen gezielt und quantifizierbar durch den Einsatz der optimalen Feedbackstrategie und Modalität oder deren Kombination beeinflussen und verbessern können.

Literatur

Huang, H. (2006). *J Neuroeng Rehabil* 3:11.

Lopez-Garate, M. (2008). *Proc of Int Joint Conf Auton Agents Multi-Agent Systems*, 1635-1638.

Electronic coaching and training records in athletics

Gregor Kuntze¹, Lawrence Cheng², Tony Austin², David Nguyen², Dipak Kalra², David G. Kerwin¹ & Stephen Hailes²

¹University of Wales Institute Cardiff, ²University College London

Introduction

Technology assisted performance monitoring affords novel opportunities for tracking and guiding training programs and the development of elite as well as recreational athletes. Comprehensive training diaries are kept by athletes and coaches and coaching records are forming a prerequisite for funding allocation by for example, track and field athletics in the United Kingdom (uk sport, 2009). Sprinting is a highly technical discipline involving multiple parameters that may be recorded for athlete monitoring and the task of longitudinal record keeping becomes ever more complex. Automation of this process, currently witnessed for example in the medical field, is a useful tool for managing data and relieving the coach and athlete from some record keeping tasks.

As part of the SESAME project (Sensing for Sport and Managed Exercise, <http://www.sesame.ucl.ac.uk/>) an integrated system has been developed with the aim of providing fine grained athlete performance information including split times, step frequency, step length, etc. A series of interviews with leading sprints coaches (Thompson, Bezodis, & Jones, 2009) revealed the importance of accurate and sport specific performance data, where longitudinal records may provide reliable assessments of athlete development and coaching practices, using specific historical points of reference. PLG (Pisa Light Gates) is a novel multi-lane light gate system (Cheng et al., 2010), providing accurate 10 m split time and velocity readings for 5 lanes of a 60 m indoor running track, and forms the backbone of the integrated system. PLG is operated wirelessly, requires no equipment setup and allows multiple athletes to be tracked simultaneously at the press of a button. Following a run, all data are displayed in real-time on a WiFi device (iPod Touch, Apple Inc.) and importantly all data are logged automatically

and stored on a remote server permanently for interrogation by the coach after a training session. In this abstract we cover the development and application of an automated performance parameter databasing system which is fully integrated with PLG. This system has been developed with continuous feedback from coaches and athletes and is being used by athletics coaches on a daily basis at an indoor athletics centre.

Methods

The PLG system uses a tiny Linux computer (i.e. a gumstix) to collect data from 30 light sensors. Furthermore, the use of a WiFi system controller, allows for entry of a number of task specific metadata – such as athlete names, lane number and training type (e.g. sprint start, maximal velocity run). Metadata were specifically chosen, following coach focus groups, to reflect the demands of athletics coaching and are essential for relating quantitative timing information to the corresponding training strategies when interrogating the data within the web-based data repository (SES-AME Athlete Training Portal).

Split times and associated metadata for each repetition ('rep') are recorded and uploaded from the gumstix, via a local Linux-based PC to a remote, off-site PostgreSQL server (via a VPN). The upload is done as soon as a 'rep.' is completed. The local PC – which sits between the gumstix-based PLG system and the public Internet - provides essential security, such as firewalls, to protect the PLG system. The PostgreSQL server runs on an Xserve machine, which is equipped with Postgres and JBoss, and provides a facility for long-term data storage and a user-friendly web interface for data retrieval. To accommodate potential disruption to the Internet connectivity, a second upload attempt is scheduled to automatically start before mid-night of each day should the first attempt fail. A third, manual approach is also provided in case the Internet connection is down for a sufficiently long time. A PostgreSQL database was chosen because it is suitable for access using any typical connector technology but from the PLG system Java was used, in particular the bundled JDBC interface to relational data-

base management systems. It should be noted that the upload process is completely transparent and seamless to the coaches.

Discussion

Automated monitoring and databasing of individual athlete and group data have been shown to be achievable using an integrated systems approach. The speed of any one athlete varies over the duration of a run, performance is affected by the current training phase and the purpose of training may vary (e.g. performing sprint starts only or focusing on maximum speed). Thus, performance monitoring in training is a non-trivial exercise requiring training specific search criteria to allow for historical comparisons to be made. The system presented here provides a range of task specific metadata that enable the coach to easily interrogate the available information and review this information in a meaningful and understandable manner. Having developed a fully functional and integrated performance monitoring and data repository system, it is the aim of future developments to integrate further data streams to add to the coaching record. Systems currently in development include an automatic step information monitoring system (Kuntze et al. 2010), with physiological sensors scheduled to be included in the future. It is anticipated that automated performance parameter databasing will contribute greatly to the daily activities of the coach and athlete and may ultimately contribute to enhanced performance through optimised training programs for individual athletes.

Literatur

- Cheng, L., Tan, H., Kuntze, G., Bezodis, I.N., Hailes, S., Kerwin, D.G. & Wilson, A. (2010). A low-cost, accurate speed tracking system for supporting sprint coaching. *Journal of Sports Engineering and Technology*, 224 (P2), 167-179.
- Thompson, A., Bezodis, I.N. & Jones, R.L. (2009). An in-depth assessment of expert sprint coaches' technical knowledge. *Journal of Sports Sciences*, 27, 855-861.
- uk sport (2009). World class programme performance athlete agreement (template) - implementation guide. www.uk sport.gov.uk/performance management, uk sport.

Kuntze, G., Cheng, L., Tan, H., Kerwin, D.G., Hailes, S. & Wilson, A. (2010). Towards an automated feedback coaching support system for sprint performance monitoring. *28th International Conference on Biomechanics in Sports (ISBS)*. Northern Michigan University, Marquette, Michigan, USA.

Exploration and Visualization of Race Biking Performance

Roman Byshko

Universität Konstanz

Introduction

We develop methods and tools for visual analytics to help analysing performance parameters in race biking. The work described in this paper is done as a part of the Powerbike (Dahmen et al., 2009) project at the University of Konstanz, the goal of which is to provide methods to model, analyze, visualize, and improve the performance of athletes during the training and in competition in cycling. In a laboratory, the measurements combined from a series of devices, including conventional bike computers, GPS-recorders, and power meters are processed. The data is recorded by different devices and synchronized and fused beforehand, yielding a collection of time series (with sampling rate of 1Hz) for the various performance parameters. Paper addresses the problem to present all this data on one screen for the trainer or cyclist so they can quickly grasp the main trends in it to be able to make decisions about further training.

Overview of the existing visualization tools

Although we did not find any scientific study on the visualization problem, there are commercial products for which visual tools with only basic functionality are provided. We discuss drawbacks of the visualizations provided by CompuTrainer (www.racermateinc.com), Tacx (www.tacx.com), and SRM (www.srm.de).

CompuTrainer provides professional bicycle simulator. USA Triathlon and USA Cycling teams rely on CompuTrainer to test and train their performance.

Tacx sells three types of ergometers: VR Trainer and Ergotrainer for professional athletes and Cycletrainer for hobbyists.

SRM is a training system developed to measure power of the cyclist while riding. In the software SRMWin basic visualization tools are supplied.

All the visualizations that come with these products depict raw time series. This kind of visualization suffers from cluttering making it difficult to extract the essential information from it. Moreover the user cannot adjust the level of detail of the visualization. Our proposed visualization technique overcomes these shortcomings.

Proposed visualization technique

The Powerbike project spans a range of research for cycling, requiring different visualization tasks to be solved. These can be grouped in three categories:

- visualization of the course, rider's performance and more for the simulation in the laboratory;
- visualization as feedback in the field to the cyclist;
- visualization for the analysis of the performance.

In this paper we focus on developing visual analytic tools for the analysis of performance after completing particular course by cyclist either in a lab or field.

To solve this problem we follow the paradigm: “Analyze First - Show the Important – Zoom, Filter and Analyze Further – Details on Demand” (Keim et al., 2006). We aggregate all the data recorded during the course in one graph. The principal axes for the data display are speed and distance. So called information chunks are depicted on the curve that describes the speed of the cyclist. Information chunks show additional data; e.g., power, heart rate, and cadence. We propose automatic and manual methods for defining the initial number and positions of chunks. The advantages and disadvantages of each of the methods are discussed. The number of chunks can be adjusted by the user interactively setting the level of detail. With this technique the user can quickly grasp the main trends in the performance. This can be easily done setting the low level of detail. After that regions of interest can be examined more thoroughly. On demand user can explore the data completely, switching to another view.

Literatur

Dahmen, T., Byshko R., Roeder, M., Mantler, S., & Saupe, D. (2009). Paper. *Modeling, simulation and validation of cycling time trials on real tracks. In of the 7th International Symposium on Computer Science in Sport.*

Keim, D. A., Mansmann F., Schneidewind, J., & Ziegler, H. (2006). Paper. *Challenges in Visual Data Analysis. IEEE Computer Society.*

<http://www.racermateinc.com/computrainer.asp>

<http://www.tacx.com/>

<http://www.srm.de/>

Instrumentarium zur Erfassung und zum Training von Antizipationsfähigkeit im Kampfsport

Kerstin Witte, Peter Emmermacher & Christine Stucke

Universität Magdeburg

Einleitung und Zielstellung

Unter Antizipation wird in der Sportwissenschaft die Vorwegnahme einer Handlung, eines Handlungseffektes oder äußerer, sich dynamisch verändernder Umweltbedingungen verstanden (vgl. Munzert, 2003, S. 45). Diese hat insbesondere auch im Kampfsport große Bedeutung, da der Sportler vielfältige Aktionen seines Gegners vorwegnehmen muss, um unter Zeitdruck adäquat reagieren zu können. So ist anzunehmen, dass Experten in der Lage sind, aus der aktuellen Körperhaltung des Gegners auf dessen angestrebte Aktion zu schließen. Gleichzeitig möchte der Sportler bspw. mittels Täuschungshandlungen die Antizipation des Gegners erschweren bzw. verhindern (z.B. Finten im Boxen, s. Hussein, 2004). Es konnte festgestellt werden, dass ein sportspezifisches, videobasiertes taktisches Wahrnehmungstraining zu deutlichen Verbesserungen in den Reaktionszeiten führte, ohne dass die Fehlerrate zunahm (vgl. Cañal-Bruland, Hagemann & Strauß, 2005). Ziel dieses Beitrages ist es ein videobasiertes Testinstrumentarium vorzustellen, mit dem es möglich ist sowohl relativ praxisnah als auch im Rahmen eines PC-Programms Antizipationsleistungen zu quantifizieren und zu trainieren. Dargestellt wird das Verfahren am Beispiel des Karate-Kumite. Es ist davon auszugehen, dass es im Kumite-Wettkampf von besonderer Bedeutung ist, auf Angriffstechniken des Gegners zeitlich optimal mit adäquaten Abwehr- und Kontertechniken bzw. deren Kombinationen zu reagieren.

Methodik

Aus einer Videodatenbank muss der Trainer die für ihn bzw. den Athleten relevante Angriffstechniken wählen und zusammenstellen. Dabei ist auch die Verwendung eigener Aufnahmen möglich. Im sogenannten Praxistest

werden diese Videos dem Athleten in Lebensgröße vorgespielt. Er wird aufgefordert, adäquat mit geeigneten Karatetechniken zu reagieren. Das gesamte Szenario wird mit einer Videokamera aufgezeichnet. Die gleichen Videos mit den Angriffstechniken werden dem Athleten in einem PC-Test (Sportler-Modus) in Echtzeit als auch in Slow-Motion gezeigt. Der Sportler hat jeweils durch Tastendruck zu reagieren. Außerdem wird abgefragt, an welchen körperlichen Anzeichen (Veränderung der Haltung, Bewegung einzelner Körpersegmente) er den Angriff erkannt zu haben glaubt. Zusätzlich wird ein Einfachreaktionszeit-Test durchgeführt. Alle Daten werden in einer Datenbank abgespeichert und stehen dem Trainer zur Verfügung. Dieser hat im Trainermodus des PC-Programms nun die Möglichkeit, sowohl den Praxis-Test als auch den PC-Test zu bewerten.

Ergebnisse

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde das Gesamtinstrumentarium geprüft. Hierfür standen 35 männliche und weibliche Karatekas mit nationaler und internationaler Wettkampferfahrung zur Verfügung. Folgende Angriffstechniken wurden vom Trainer gewählt: Gyaku-Zuki (links und rechts), Gyaku-Zuki überlaufen, Mawashi-Geri, Ura-Mawashi-Geri, Kizami-Zuki / Mawashi-Geri. Zusätzlich wurden Fragebögen für die Athleten und Trainer entwickelt, um ein besseres Einschätzen der Verwendbarkeit dieses Testinstrumentariums in der Trainingspraxis zu ermöglichen.

Vom Trainer wurden die Zeitpunkte der Reaktionen mit Hilfe einer Rangskala (von -3 bis +3) bewertet. Dabei bedeutet -3 keinerlei Reaktion und +3 optimaler Zeitpunkt der Reaktion. Weiterhin wurden für den Praxis- als auch für den PC-Test eingeschätzt, ob die Reaktion angemessen ist. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe von Netzdiagrammen dargestellt. So war eine individuelle als auch eine gruppenspezifische Auswertung möglich. Generell konnte festgestellt werden, dass die Mehrheit der Probanden die größten Probleme beim Praxistest hatte. Hier waren nur für wenige Angriffstechniken optimale Ergebnisse zu verzeichnen. Bessere Ergebnisse wurden beim PC-Test, insbesondere bei Darbietung in Slow-Motion, erzielt. Große Schwierigkeiten traten bei der Beschreibung durch die Athleten auf,

die Merkmale zu benennen, an denen Sie Zeitpunkt und Angriffstechnik erkannten.

Diskussion und Schlussfolgerung

Das vorgestellte Testinstrumentarium scheint geeignet zu sein, Antizipationsfähigkeit im Kampfsport zu untersuchen. Optimierungsmöglichkeiten in der Software als auch am Messplatz können für weitere Untersuchungen realisiert werden. Nach Aussagen der Trainer ist es geeignet den Athleten Angriffe in Wettkampfsituationen besonders bewusst zu machen und Reaktionen auf diese gezielt zu trainieren. Dem Wunsch nach objektiven Bewertungskriterien für die Trainer soll in zukünftigen Studien nachgegangen werden.

Literatur

- Cañal-Bruland, R., Hagemann, N. & Strauß, B. (2005). Aufmerksamkeitsbasiertes Wahrnehmungstraining zur taktischen Entscheidungsschulung im Fußball. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (2), 39-47
- Hussein, A.R.H. (2004). *Die Finten im Boxen. Eine Untersuchung am Beispiel der Olympischen Spiele Sydney 2000*. Dissertation, Universität Göttingen.
- Munzert, J. (2003). *Antizipation*. In P. Röthig und R. Prohl (Hrsg.), Sportwissenschaftliches Lexikon. Schorndorf: Hofmann

Ein Messsystem zur Erfassung des Griffdrucks am Badmintonschläger

Thomas Jaitner¹ & Stefan Weinz²

¹Universität Augsburg, ²TU Kaiserslautern

Einleitung

Badminton zählt in Bezug auf die Ballfluggeschwindigkeit zu den schnellsten Ballsportspiele und bezieht seine besondere Faszination nicht zuletzt aus den rasanten Wechsel zwischen harten Schlägen aus dem Hinterfeld und kurzen, schnellen Aktionen am Netz. EMG-Messungen (Sakurai & Ohtsuki, 2000) im Badminton stützen qualitative Analysen, wonach insbesondere bei Netzaktionen der Schläger in der finalen Phase des Schlags durch kurzes, festes Zupacken des vorher entspannt gehaltenen Griffs und eine schnellkräftige Extension des Unterarms beschleunigt wird (Poste & Hasse, 2002). Speziell bei harten Schlägen wird davon ausgegangen, dass Experten höhere Maximaldrücke in kürzerer Zeit auf den Schlägergriff aktivieren können und dadurch die Elastizität des Schlägers optimal ausnutzen. Speziell zur Analyse hochdynamischer Schlagbewegungen in Badminton wurde ein mobiles Messsystem auf der Basis der Accelerometrie entwickelt und zur Leistungsdiagnostik mit Kaderathleten über mehrere Jahre eingesetzt (Jaitner & Gawin, im Druck). In dem laufenden Forschungsprojekt wurde das bestehende Messsystem durch einen Messschläger erweitert, der mittels Druckmessung am Schlägergriff detailliert Aufschluss über die Koordination der Schlagbewegungen geben und mittels Biofeedback eine direkte Ansteuerung der Bewegungstechniken ermöglichen soll.

Methode

In einer speziell konstruierten Griffschale, die in Gewicht, Gewichtsverteilung sowie Größe einem regulären Badmintonschläger entspricht, wurden zwei FSR-Drucksensoren (Ø: 18,3 mm) so integriert, dass der über die Gesamtlänge ausgeübte Druck auf die Sensoren übertragen wird. Weiterhin gewährleistet die Konstruktion eine gleichbleibende Kraftaufnahme bei un-

terschiedlichen Griffhaltungen. Die Signale der beiden Sensoren werden aufsummiert und durch einen analogen Operationsverstärker intensiviert. Zusätzlich wird die Beschleunigung des Schlägers mit einem am Schlägerschaft befestigten 2D-Inertialsensor (Biovision) erfasst. Alle Messwerte werden in einem ersten Schritt über Kabel und eine A/D-Wandlerkarte an einen PDA übertragen, der auf dem Rücken des Probanden angebracht ist. Mittels W-LAN werden die Daten synchron übertragen und auf einem externen PC dargestellt. In einem zweiten Schritt soll der Messschläger mit einem Funkmodul ausgestattet werden, der eine unabhängige Datenübertragung per Telemetrie ermöglicht.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Messergebnisse mit dem Messschläger an Probanden unterschiedlichen Leistungsniveaus (nationale, regionales Niveau sowie Anfänger) zeigen expertiseabhängige Charakteristika in den Druckverläufen. Der Experte zeichnet sich hier insbesondere bei Rückhandschlägen durch einen frühzeitigen und stärkeren Anstieg des Griffdrucks sowie maximale Schlägerbeschleunigung aus. In laufenden Untersuchungen werden diese Aspekte zur Zeit detaillierter untersucht.

Literatur

- Jaitner, T. & Gawin, W. (im Druck). *A mobile measure device for the analysis of highly dynamic movement techniques*. Procedia Engineering
- Poste, D. & Hasse, H. (2002). *Badminton Schlagtechnik*. Köln.
- Sakurai, S. & Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practise. *Journal of Sports Sciences*, 18, 901-914.

Arbeitskreis 4.1: Spielanalyse

Freitag, 17. September 2010 – 10.30 bis 12.30 Uhr, Raum 074

Leitung: Daniel Link, TU München

- 10.30 Uhr Malte Siegle, Francisco Siles, Michael Beetz & Martin Lames
Analysis of Attacking Episodes in Soccer
- 10.50 Uhr Ole Cordes & Martin Lames
Kopplung von Mannschaften, Mannschaftsteilen und Spielern im Fußball – Berechnung mit Hilfe der relativen Phase
- 11.10 Uhr Murat Durus & Michael Beetz
Ball Tracking and Ball Action Recognition in Football Games
- 11.30 Uhr Michaela Gawrilowicz, Michaela Haßmann,
Bettina Ponleitner, Daniel Link & Martin Lames
Modellierung von Sportspielen mittels Random Walk am Beispiel der Rückschlagsportart Badminton
- 11.50 Uhr Michael Stöckl & Martin Lames
Isopare als Werkzeug zur leistungsdiagnostischen Analyse im Golf

Analysis of Attacking Episodes in Soccer

Malte Siegle, Francisco Siles, Michael Beetz & Martin Lames

TU München

Introcutdion

Using computer vision and image processing techniques, the DFG-project ASpoGAMo produces positional data from soccer players, referees and the ball (Beetz, et al., 2005 & 2009). Finding useful and important ways to use these data is province to sports science. One of these ways is to analyze ball possessions of teams, so called “episodes”, in order to gain information about different tactics and the character of the game.

Method

Based on the structure of soccer and its rules, a temporal model of the game can be defined. In this model the match is split into stages and phases. On any game there are two stages namely *dynamic stage* and *static stage*. The *dynamic stage* (on-play) consists of the set of time instants where the game is being played, the ball is rolling and no interruptions have happened. The *static stage* (off-play) consists of the set of time instances were an interruption such as fouls, player interchange, and others have occurred. Going deeply into the dynamic stage (which is the interesting in sport science), it is possible to classify it into *offensive phase* and *defensive phase*. Each of these phases can be described in terms of which team is in control of the ball at a given time, that is to said: a team is in an offensive phase (attacking) if it has the ball and in a defensive phase otherwise.

When a team is in an offensive phase, it performs a series of actions, such as: passes, dribbling, shots, etc. in order to approach the opponent's goal and to score. We call such sequences of actions “episodes”. Based on the above described time model of the game, and using the positional data of all the players, referees and the ball during the whole duration of the game, that were obtained using the ASpoGAMo system (Beetz et al, 2009), it is possible to segment the episodes and classify its component actions as de-

tailed described in (Siles et al., 2010). Basically, all the times when a player gets in contact with the ball are automatically annotated, and used to form sequences of continuous players' contacts of the same team. Afterwards, features of the episodes are obtained, such as ball velocity, ball direction, number of players around, etc., and with them, an automatic supervised learning approach is applied to segment the remaining component actions: passes, dribblings, shots, etc.

Results

A game between two German First division teams was analyzed. The episodes of the match were extracted, and for each episode a game-sheet was generated. A game-sheet is a diagram that describes the actions performed by the players during the execution of the episode. A game-sheet shows for example: passes, dribblings and shots that were done by the players. These game-sheets are used by trainers while analyzing the tactics of a game.

Also statistical analyses of interesting features such as average players per episode or average passes per episode were obtained. The average players per episode for the home and away teams are respectively: 2.08 (229/110) and 2.10 (214/102), and for the second period: 2.15 (241/112) and 2.23 (261/117). The average passes per episode for the home and away teams are respectively: 1.45 (160/110) and 1.5 (153/102), and for the second period: 1.65 (185/112) and 1.63 (191/117).

Discussion

“Episodes” have great potential in analyzing and understanding soccer and the tactical structures of the game. Mean number of passes, players involved in one episode or probabilities for different results of an episode are just some of the information that can be gained from this new method. But there are still some parts that have to be taken into account. Especially in a next study the situational context has to be analyzed e.g. game status or quality of opponent.

References

- Beetz, M., Kirchlechner, B. & Lames, M. (2005). Computerized Real-Time Analysis of Football Games. *IEEE Pervasive Computing*, 4 (3), 33-39.
- Beetz, M., Hoyningen-Huene, N., Kirchlechner, B., Gedikli, S., Siles, F., Durus, M. & Lames, M. (2009). ASpoGAMo: Automated Sports Game Analysis Models. *International Journal of Computer Science in Sport*.
- Siles, F., Siegle M., Beetz, M. & Lames, M. (2010). *Automatic Extraction of Attacking Episodes in Association Football (Soccer)*. To appear.

Kopplung von Mannschaften, Mannschaftsteilen und Spielern im Fußball – Berechnung mit Hilfe der relativen Phase

Ole Cordes & Martin Lames

TU München

Problem

In Rückschlagspielen wie Tennis oder Squash wurden die verschiedenen räumlichen Interaktionen der Spieler bereits erfolgreich mit Hilfe der relativen Phase berechnet und verglichen (Walter, Lames & McGarry, 2007). Die Ergebnisse zeigen, dass die Spieler sich in Rückschlagspielen in Anti-phase zueinander bewegen. Aus sportwissenschaftlicher und sportpraktischer Sicht stellt sich die Frage, ob sich die Interaktionen der Teams und Spieler in Mannschaftssportarten - speziell im Fußball - ebenfalls mit Hilfe der relativen Phase beschreiben lassen und welche Rückschlüsse auf das taktische Verhalten daraus gezogen werden können.

Methode

Mit Hilfe der Bilderkennung (Beetz, Kirchlechner, & Lames, 2005) werden die Positionsdaten der Spieler, Schiedsrichter und des Balles des WM-Finales 2006 und ausgewählter Spiele der Bundesliga-Saison 2009/10 über 90 Minuten 25 mal in der Sekunde zur Verfügung gestellt. Zur Berechnung der relativen Phase werden die Schwerpunkte und Spannweiten (Differenz zwischen hinterster und vorderster Position der Spieler ohne Torwart) für das Team, für die einzelnen Mannschaftsteile und für die Spieler in x- und y-Richtung berechnet. Um anschließend die relative Phase bestimmen zu können, wird die Hilbert- Transformation (Matlab) durchgeführt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Schwerpunkte und Spannweiten des letzten WM-Finales 2006 zeigen eine enge Kopplung der beiden Teams. Betrachtet man einzelne Mannschaftsteile (z. B. das Mittelfeld) wird deutlich, dass die

Verzahnung der beiden gegnerischen Mannschaften hier im Vergleich deutlich enger ist.

In x-Richtung (Spielfeldlängsachse) bewegen sich die beiden Mannschaften in "in-phase" mit einem fast konstanten Abstand von 8,4m mit einer Standardabweichung von 2,6m über das Spielfeld. Die relative Phase zeigt nur wenige Perturbationen, die sich auf bestimmte Spielereignisse zurückführen lassen (Foulunterbrechungen). Im Vergleich zum gesamten Team zeigt das Mittelfeld der Mannschaften eine engere Kopplung. Hier beträgt der Abstand der beiden Mannschaftsteile 4,1m (sd=3,1m). Für die Ergebnisse der relativen Phase der Angreifer und Verteidiger zeigt sich die engste Kopplung. Hier beträgt die Differenz 3,7m (sd=4,0m).

In y-Richtung (Spielfeldbreite) zeigt die relative Phase auch eine gewisse Kopplung, aber dieses Verhalten ist bisher noch nicht komplett verstanden.

Diskussion

Bei der Analyse von Mannschaftssportarten war eine enge „in-phase“ Kopplung zu erwarten. Während des Spiels ist eine solche Verzahnung für eine erfolgreiche Offensive und Defensive zwingend erforderlich. Anhand der vorgestellten Berechnungen können zukünftig auch taktisch relevante Ereignisse im Spiel (z. B. Konter) automatisch mit Hilfe der relativen Phase erkannt werden. Bei der Analyse verschiedener Leistungsniveaus (Nationalmannschaften männlich vs. weiblich, Bundesliga 1. vs. 2.) erwarten wir Unterschiede in den taktischen Verhaltensweisen, die mit Hilfe der relativen Phase automatisch erkannt und genauer verstanden werden können.

Eine Nutzung dieser Methode erlaubt es bereits im Jugendalter das taktische Verständnis zu Schulen. So ist es z.B. denkbar, das Verhalten in Kleingruppen (Abwehr, Mittelfeld, Sturm) oder Kleinstgruppen (z. B. Innenverteidiger, zentrales Mittelfeld) besser aufeinander abzustimmen. Dazu kann das eigene Spiel mit dem Spielsystem internationaler Spitzenteams verglichen werden. Einen weiteren Nutzen dieser Methode sehen die Verfasser in der Vorbereitung auf das nächste Spiel. Es können mit Hilfe der relativen Phase Schwächen des kommenden Gegners aufgezeigt werden, die dann in der eigenen Strategie einfließen könnten.

Insgesamt erlauben die durch Berechnung der relativen Phase gewonnenen Ergebnisse der Positionsdaten neue Einblicke in die taktischen Strukturen und Verhaltensweisen im Fußball und ermöglichen sowohl in der Wissenschaft, als auch in der Praxis neue Erkenntnisse.

Literatur

- Walter, F., Lames, M. & McGarry, T. (2007). Analysis of Sports Performance as a Dynamical System by Means of the Relative Phase. *IJCSS*, 6, Vol. 2, 35-41
- Beetz, M., Kirchlechner, B. & Lames, M. (2005). Computerized Real-Time Analysis of Football Games. *IEEE Pervasive Computing*, 4 (3), 33-39.

Ball Tracking and Ball Action Recognition in Football Games

Murat Durus & Michael Beetz

TU München

Abstract

Tracking of the ball and the players is the necessary step for the higher level analysis of the soccer games. Ball is the focus of the game and most of the important actions are happening around it. Understanding the movement of the ball is essential for analysis of the match. In this work the tracking of the ball as well as the actions are studied as part of the ASPO-GAMO project (Beetz et al, 2009).

Introduction

Providing effective support for the interpretation and analysis of sport games requires the systematic and comprehensive observation of games and the abstraction of the observed behavior. Images showing the ball paths have become indispensable for analyzing scenes since they tell about the tactical situation on the field. In order to get more comprehensive assessment of the games the interaction between ball actions, game situations and the effect of ball actions are required. Those more comprehensive methods give the opportunity to the sport scientists to create new opportunities in sport to get insights into the process instead of comparing the final results only after the end of the game. The real time tracking of the ball and detection of the ball actions also give the opportunity for online analysis of the game.

Methods

The system can be analyzed in offline and online phases. Only the generation of the ball template is run offline. All the other processes mentioned below are run online. The input to the system is the broadcasted video sequence. After the frame has been grabbed from the source video ball de-

tection is run in order to generate the templates automatically. For the results presented in this work only two ball templates are used.

Ball detection is usually very difficult to achieve since the cameras are moving and the settings are being changed. Other than that the main issue is that the ball is always very small in size regarding the other objects within the frame and it is mostly occluded by players during the game since during the most time of the game the ball is at the foot of the players. Another issue is also that when the ball is kicked high in the air it is out of the field of view of the camera. Ball is usually moving with high speed and confused with the parts of players and line markings. This rapid and unpredictable acceleration also makes the detection more difficult. In this work, the standard deviation of gray values is used in association with the color and shape constraints. During the extraction of the ball candidate regions form factor, size and spatial context information are used along with the circularity. Simultaneously players are detected in the same manner for the current frame by using the deviation of the gray values and filtered by using the size constraints. Then players within the current frame are detected without classifying their teams.

The tracking of the ball is implemented in every frame for each camera following the particle filter framework (Arulampalam et al, 2002). Particles stand for hypothetical ball states including position, velocity and acceleration. The current state is updated according to the ball dynamics supposing a constant velocity motion model. The weights assigned to each particle are updated according to the template matching score and filtering and sample set are sampled from the previous sample set with the corresponding weights. The weight histogram defined in the current frame is used as the reference data in the subsequent frame. The observation phase employed the template matching and trajectory filtering.

Also by using the positional information of the ball and the players detected the following events are extracted, namely out of the field, pass, possession.

Results

The algorithm has been tested on 8000 frames from a broadcasted video data of the World Cup 2006 final between France and Italy. There with a rate of 0.82 the ball position is successfully tracked and within 0.18 of the whole frames the ball is not able to be tracked. Here the recognition success rate means the match between the ground truth data and the tracked positions of the ball.

Discussion

In this work the tracking of the ball in soccer games are presented and some higher level events are determined based on the positional information of the ball and the detected players. Here our aim was to robustly track the ball during the game. For the future work the classification of passes (rolling-flying, long-short, successful-fail etc.) will be added and higher level analysis of transition states of the ball will be studied.

References

- Beetz, M., v. Hoyningen-Huene, N., Kirchlechner, B., Gedikli, S., Siles, F., Durus, M. & Lames, M. (2009). ASpoGAMo: Automated Sports Game Analysis Models. *International Journal of Computer Science in Sport*.
- Arulampalam, S., Maskell, S., Gordon, N. & Clapp, T. (2002). A tutorial on particle filters for on-line non-linear/non-gaussian bayesian tracking. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50 (2)174– 188.

Modellierung von Sportspielen mittels Random Walk am Beispiel der Rückschlagsportart Badminton

Michaela Gawrilowicz¹, Michaela Haßmann¹, Bettina Ponleitner¹, Daniel Link² & Martin Lames²

¹Universität Wien, ²TU München

Sportspiele lassen sich als Interaktionsprozesse zwischen zwei Parteien auffassen, bei der jede Partei versucht ihr Spielziel zu erreichen und zu verhindern, dass die Gegenpartei das Ihrige erreicht (Lames, 1991). Um Sportspiele adäquat beschreiben zu können, müssen Modellierungsansätze somit insbesondere den prozessualen und interaktiven Charakter der Auseinandersetzung abbilden. Ein mögliches Verfahren hierfür ist die Beschreibung des Punkterzielungsprozesses in Sportspielen mittels Random-Walk-Modellen (vgl. Lames, 2006).

Der Beitrag beschäftigt sich mit einer Anwendung dieser Methode in der Rückschlagsportart Badminton. Es wird ein Ansatz vorgeschlagen, um die Dynamik des Spiels (z. B. Führungswechsel, Reaktionen auf Führung oder Rückstand oder konditionelle Schwankungen) auf Basis von Veränderungen der Punkterfolgsraten der beiden Spieler und ihrer Korrelation über die Spieldauer zu modellieren. Es handelt sich um eine explorative Pilotstudie, die primär zur Prüfung der Eignung des Verfahrens für die theoretische und praktische Leistungsdiagnostik dient.

Methode

Es wurden 10 Hauptrunden- bzw. Final-Spiele der Weltspitze im Männer-Einzel aus den Jahren 2005 bis 2009 analysiert. Bei sämtlichen Spielen kam der Topspieler LIN Dan (CHN) zum Einsatz. Es ist zu beachten, dass per 06.05.2006 die neue Rallypoint-Zählweise eingeführt wurde, bei der Punkte unabhängig vom Aufschlagrecht erzielt werden können; nach der alten Zählweise konnte ein Punkt nur bei eigenem Aufschlagrecht erreicht werden. Insgesamt wurden sechs Spiele nach der alten und vier Spiele nach der neuen Zählweise betrachtet.

Pro Ballwechsel wurden Spielstand, Aufschlag und Resultat mit den Merkmalsstufen Punkte A, Punkte B, Aufschlag A/B und Punktgewinn/-verlust (1/0) bei eigenem Aufschlag erfasst werden. Untersucht wurden der Punktverlauf über die einzelnen Ballwechsel, die Verläufe der Punkterfolgsraten sowie - zur Beschreibung der Wechselwirkung zwischen den Spielern - die gleitende Korrelation der Punkterfolgsraten über die Spieldauer.

Die Punkterfolgsrate wurde für jeden Spieler als doppelter gleitender Durchschnitt der Länge 4 für die Folge der Resultatwerte berechnet. Zur Festlegung einer geeigneten Länge für die gleitenden Korrelationen wurden Fensterlängen von $L = 10, 15, 20, 25$ und 30 Werten getestet und die Länge $L=20$ als am erfolgversprechendsten eingeschätzt (vgl. Lames, 2006). Ebenfalls wurden Signifikanzbänder berechnet, die den prozentualen Anteil von Zeitpunkten mit signifikant positiven/negativen Zusammenhängen zwischen den Punkterfolgsraten der beiden Spieler über ein Spiel beschreiben (signifikant positiv/negativ sind Koeffizienten im Intervall $[\pm 0,444; \pm 1]$, neutral jene zwischen $[-0,1; 0,1]$). Diese Signifikanzbänder lassen sich als eine Art Fingerabdruck der Spieldynamik auffassen.

Ergebnisse

Die Anzahl der Ballwechsel pro Satz war nach der alten Zählweise mit 46 ± 9 höher als nach der neuen Zählweise mit 34 ± 4 . Die alte Zählweise bedingte oft längere Phasen von Aufschlagwechsel ohne Veränderung des Punktestandes. Die momentane Punkterfolgsrate und deren Korrelation variierten stärker und es fanden mehr Führungswechsel statt.

Betrachtet man den Verlauf der Punkterfolgsraten, so können funktionsanalytisch Zeitpunkte identifiziert werden, an denen der Spielverlauf augenscheinlich „kippte“. Diese Zeitpunkte lassen sich vielfach Schlüsselergebnissen im Spiel zuordnen (z. B. Satzwechsel).

Die Korrelationsbänder zeigten weder deutliche Gemeinsamkeiten noch Unterschiede zwischen den Zählweisen. In der qualitativen Betrachtung der Korrelationsbänder bei mehreren Spielen gegen gleiche Gegner wurden keine Übereinstimmungen deutlich.

Diskussion und Schlussfolgerung

Die verwendeten Methoden konnten ihr Potential für eine High-Level Beschreibung der Spieldynamik und der Interaktion andeuten. Die Darstellung des Punktestandes über den Spielverlauf zeigt die Dynamik des Sportspieles, die beiden momentanen Punkterfolgsraten und deren Korrelation die Interaktion der beiden Spieler. Zu überprüfen bleibt, wie viel Aussagekraft die momentane Punkterfolgsrate in der vorliegenden Berechnungskonfiguration hat.

Die Hypothese, von invarianten Korrelationsbändern bei Spielen eines Spielers bzw. bei Begegnungen gegen den gleichen Spieler konnte nicht bestätigt werden. Das Profil der Spieldynamik scheint sich diesbezüglich bei jedem Spiel anders zu entwickeln. Allerdings basiert diese Beobachtung auf einer geringen Stichprobe und muss durch weitere Studien untermauert werden.

Literatur

- Lames, M. (1991). *Leistungsdiagnostik durch Computersimulation: Ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele am Beispiel Tennis*. Frankfurt, Thun: HarryDeutsch.
- Lames, M. (2006). Modelling the interaction in game sports – Relative phase and moving correlations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, S. 556-560.

Isopare als Werkzeug zur leistungsdiagnostischen Analyse im Golf

Michael Stöckl & Martin Lames

TU München

Problem

Zur Beschreibung der Qualität eines Golfschlages werden zumeist Erwartungswerte für das Abschneiden herangezogen, die auf der kategorial erfassten verbleibenden Entfernung bis zum Loch basieren. Aus leistungsdiagnostischer Sicht sind diese Indikatoren nur eingeschränkt nutzbar, da sie keinerlei äußere Einflüsse oder taktische Entscheidungen einbeziehen und damit die Spielsituation und Schwierigkeit eines Schlages nicht ausreichend widerspiegeln. Ziel und Idee dieses Projektes ist es, die Topologie eines Golfplatzes und die Qualität eines Schlages über sogenannte ISOPAR-Werte zu beschreiben. ISOPAR-Werte können dabei in ISOPAR Maps als ISOPAR-Linien dargestellt werden, die analog zu den aus der Meteorologie bekannten Isobaren Linien von Positionen gleicher durchschnittlicher Schlaganzahl bis zum Loch beschreiben.

Methode

Bei den BGV Jugendmeisterschaften 2009 in Burgwalden wurde ein Green geographisch vermessen und eine Datenbasis in Form von Ballpositionen (x,y,n) erhoben. Dabei gibt das Paar (x,y) die Koordinaten der Ballposition auf dem Green an. Der Wert n steht für die Anzahl von Putts, die der jeweilige Golfer von dieser Ballposition aus noch benötigt hat, bis er den Ball eingelocht hat. Basierend auf diesen Ballpositionen werden ISOPAR-Werte berechnet. Dazu wird auf verschiedene mathematische Algorithmen zurückgegriffen, u.a. eine modifizierte Anwendung des aus Zeitreihenanalysen bekannten Exponential Smoothing Algorithmus und die Spline Interpolation.

Ergebnisse

Durch diese Methode werden ISOPAR-Werte für das gesamte Green und eine daraus resultierende ISOPAR Map, eine topographische Karte des Greens, mit ISOPAR-Linien berechnet.

Diskussion

Mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse ergeben sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Zum einen kann die Qualität eines Schlages eines Spielers im Vergleich zu allen anderen Schlägen an diesem Loch gemessen werden. Zum anderen ist es möglich, die Charakteristik der Schwierigkeit eines Greens/Lochs/Platzes auf Basis empirischer Daten zu visualisieren.

Literatur

- Fahrmeir, L., Kneib, T. & Lang, S. (2009). *Regression*. Berlin: Springer.
- Hamilton, J.D. (1994). *Time series analysis*. Princeton: Princeton University Press.
- James, N. (2009). Performance analysis of golf: Reflections on the past and a vision in future. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 9, 188-209.

Arbeitskreis 4.2: Sensornetzwerke

Freitag, 17. September 2010 – 10.30 bis 12.30 Uhr, Raum 072

Leitung: Arnold Baca, Universität Wien

10.30 Uhr Martin Böcskör

WiBiFe – Ein drahtloses Feedbacksystem zur Optimierung der Schussleistung im Biathlon

10.50 Uhr Holger Harms

ETHOS sensing platform

11.10 Uhr Andreas Krüger, Paul McAlpine & Jürgen Edelmann-Nusser

Validierung eines Fußdruckmesssystems in einer realen Snowboardumgebung

11.30 Uhr Thomas Holleccek, Alex Rüegg, Holger Harms & Gerhard Tröster

Pressure Measurements with Sensor-Equipped Snowboard Bindings

Drahtlose Sensornetzwerke im Sport

Arnold Baca

Universität Wien

Drahtlose Sensornetzwerke bestehen aus räumlich verteilten autonomen Sensorknoten, die kooperativ unterschiedliche Messwerte an Personen (z. B. physiologische Parameterwerte) oder aus der Umgebung (z. B. Raumtemperatur) erfassen, (vor-)verarbeiten und mit anderen Sensorknoten austauschen. Jeder Knoten in einem Sensornetzwerk ist typischerweise mit einem oder mehreren Sensoren, einem Microcontroller, einer Kommunikationseinheit zum drahtlosen Datenaustausch und einer Energieversorgung ausgestattet.

Durch die Möglichkeit der Miniaturisierung von Sensorknoten eignen sich Sensornetzwerke hervorragend für die rückwirkungsfreie Erfassung von (biophysikalischen, physiologischen, etc.) Parameterwerten während sportlicher Aktivitäten.

Für den Leistungssport werden Systeme, die solche Parameterwerte – insbesondere unter ökologisch validen Bedingungen – während des Trainings erfassen, entwickelt und beispielsweise im Feedbacktraining eingesetzt (z. B. Baca & Kornfeind, 2007, 2009). Dabei ist eine Tendenz in Richtung von Systemen, die automatisiert individuelle Empfehlungen geben können, erkennbar.

Für den Breitensport sind Systeme interessant, die entweder Rückschlüsse über die aktuelle Belastung (vgl. Eskofier et al., 2008) bzw. Bewegungsausführung zulassen, oder sogar in der Lage sind, die Eigenschaften des Sportgeräts (z.B. des Sportschuhs) in Abhängigkeit erfasster Parameterwerte (z.B. von Kraft- oder Druckwerten) während der sportlichen Aktivität intelligent zu verändern (vgl. Eskofier, Oleson, Dibenedetto & Hornegger, 2009). Auch wird angestrebt, mobile Methoden technisch so zu realisieren und anzuwenden, dass NutzerInnen zur Bewegungsaktivität angeregt sowie gleichzeitig betreut und beraten werden können (vgl. Stevens, Wulf, Rohde & Zimmermann, 2006).

Darüber hinaus werden drahtlose Sensornetzwerke auch im präventiven und rehabilitativen Sport eingesetzt.

Im Arbeitskreis „Drahtlose Sensornetzwerke im Sport“ werden nach einer Einführung zum Thema, in der grundlegende technologische Aspekte und Einsatzbereiche referiert werden, zwei Anwendungsszenarien vorgestellt. Darüber hinaus werden am Beispiel der Sportart Snowboard Einsatzmöglichkeiten von Sensorsystemen unter komplexen realen Umgebungsbedingungen gezeigt.

Der „ETHOS wearable sport assistant“ wird von Harms, Kusserow, Strohrmann und Tröster, ETH Zürich, präsentiert.

Böckskör, Universität Wien, stellt „WiBiFe – Ein drahtloses Feedbacksystem zur Optimierung der Schussleistung im Biathlon“ vor.

Im Fokus des Beitrags von Krüger, McAlpine, The University of Auckland und Edelman-Nusser, Universität Magdeburg, steht die „Validierung eines Fußdruckmesssystems in einer realen Snowboardumgebung“.

Zuletzt referieren Holleczeck, Rüegg, Harms und Tröster, ETH Zürich, über „Pressure Measurements with Sensor-Equipped Snowboard Bindings“.

Durch die vorgestellten exemplarischen Anwendungen soll ein Eindruck über das hohe Potential innovativer Sensortechnologie und drahtloser Sensornetzwerke für Einsatzszenarien in Sportwissenschaft und Sportpraxis vermittelt werden.

Literatur

- Baca, A., Kornfeind, P. (2007). Mobile Coaching in Sports. In J.E. Bardram et al. (Eds.), *Adjunct Proceedings of UbiComp 2007* (pp. 172-179).
- Baca, A. & Kornfeind, P. (2009). Mobile Coaching im Sport. In M. Lames, C. Augste, O. Cordes, C. Dreckmann, K. Görsdorf & M. Siegle (Hrsg.). *Gegenstand und Anwendungsfelder der Sportinformatik* (S. 97-101) Hamburg:Czwalina.
- Eskofier, B. M., Hartmann, E., Kühner, P., Griffin, J., Schlarb, H., Schmitt, M. & Hornegger, J. (2008). Real time surveying and monitoring of athletes using mobile phones and GPS. *International Journal of Computer Science in Sport*, 7 (1), 18-27.
- Eskofier, B. M., Oleson, M., Dibenedetto, C. & Hornegger, J. (2009). Embedded surface classification in digital sports. *Pattern Recognition Letters*, 30, 1448-1456.

Stevens, G., Wulf, V., Rohde, M., & Zimmermann, A. (2006). Ubiquitous Fitness Support Starts in Everyday's Context. In E.F. Moritz, & S.Haake (Eds.), *The Engineering of Sport 6*, vol. 3, 191-196. New York: Springer.

WiBiFe – Ein drahtloses Feedbacksystem zur Optimierung der Schussleistung im Biathlon

Martin Böcskör

Universität Wien

Einleitung

Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologien ermöglichen es, drahtlose Mess- und Feedbacksysteme im Bereich des Sports zu schaffen. Die notwendige Messelektronik wird zunehmend kleiner und leistungsfähiger, die Protokolle zur Datenübertragung arbeiten effizienter. Negative Einflüsse von Faktoren wie Kabelgebundenheit oder das Gewicht eines Mess- bzw. Feedbacksystems auf sportliche Techniken und Bewegungsausführungen können aufgrund der oben genannten Entwicklungen minimiert werden. Damit wird es möglich, solche Systeme transportabel zu gestalten, um diese losgelöst von der Laborumgebung im Feld, also unter wettkampfnahen Bedingungen einzusetzen. Die Erhebung des aktuellen Istwert-Zustandes im Feld eröffnet neue Perspektiven in der Planung und Realisierung von Teilzielen in laufenden Trainingsprozessen und kann für die Steigerung der jeweiligen Wettkampfleistung von großer Bedeutung sein.

Zielsetzung

Besondere Herausforderung stellt das Design von Systemen für die Erfassung sportartspezifisch relevanter biomechanische Kenngrößen dar, welche eine hohe Messgenauigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht und kleinen räumlichen Dimensionen der Messapparatur liefern sollen.

Ein solches System sollte für die Erfassung des Kraft-Zeit-Verlaufes am Abzugsbügel des Gewehres im Biathlon entwickelt werden (WiBiFe, Wireless Biathlon Feedbacksystem; vgl. Böcskör, 2009).

Anforderungen waren dabei das Gewicht der Waffe nicht oder nur geringfügig zu verändern und Manipulationen am Abzugsbügel zu minimieren. Die Athletin / der Athlet darf in seiner Bewegungsausführung durch die Ei-

enschaften des Systems nicht gestört werden. Die Rückwirkungsfreiheit muss gewährleistet sein, um es in der Sportpraxis erfolgreich einsetzen zu können (Baca, 2008).

Methodik

Die Datenerfassung und die drahtlose Datenübertragung basieren auf der ANT SensRcore Technologie und dem ANT Protokoll. SensRcore als Entwicklungsplattform vereinfacht das Erstellen drahtloser Messlösungen. Kern dieser Technologie ist ein konfigurierbarer Microcontroller, welcher Signale abtasten, verarbeiten und übertragen (ANT Protokoll) kann (ANT Wireless, 2008).

Zur Erfassung der Druckkraft am Abzugsbügel wird eine flexible, dünne Druckmessfolie (Tekscan®) verwendet. Diese Druckmessfolie basieret auf dem piezoresistiven Effekt. Je mehr Druck auf dem Sensor angebracht wird, desto geringer ist der Widerstand des Schaltelements. Tekscan® Flexiforce Sensoren weisen dabei eine annähernd lineare Spannung/Kraft Kurve auf (Tekscan, 2007).

Als Entwicklungsumgebung zur Erstellung der Software wurde Visual Studio (C++) sowie LabVIEW verwendet. Die Hauptaufgaben des entwickelten Programms liegen in der echtzeitnahen Aufnahme, audiovisuellen Darstellung bzw. Wiedergabe und Speicherung des Kraft/Zeit Verlaufs, der durch den Schützen am Abzugsbügel angebracht wird.

Ergebnisse

Derzeit befindet sich das System im Prototypenstadium. Eine initiale Überprüfung der Useability und des Funktionsumfangs der Applikation wurden anhand von, im Designprozess definierten Usecases durchgeführt. Entsprechend den Ergebnissen wurde die Software angepasst. Nach weiterer Evaluierung und Testung von Hard- und Software soll das System im Spitzensport eingesetzt und mit Hilfe von Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainern des Österreichischen Biathlonverbandes weiter entwickelt und optimiert werden.

Ausblick

Neben dem Einsatz von WiBiFe als Trainingsmittel im Bereich des Schießtrainings ist es angedacht, weitere Sensoren in das System zu integrieren. Das ANT Protokoll erlaubt den gleichzeitigen Zugriff auf eine Vielzahl sportrelevanter sensorischer Informationen. Es erscheint möglich, in naher Zukunft ein umfassendes Bild über das Zusammenwirken physiologischer und biomechanischer Kenngrößen, wie z. B. Atemrhythmus und Herzfrequenz, der Druckkraft am Abzugsbügel der Waffe und dem Schussergebnis unter Feldbedingungen zu erhalten. Diese Informationen können Trainerinnen und Trainer bei der Beurteilung der Bewegungsausführung beim Zielvorgang im Biathlonschießen unterstützen.

Literatur

- ANT Wireless. (2008). *Technology*. Zugriff am 10. Juni 2010 unter <http://www.thisisant.com/technology>
- Baca, A. (2008). Feedback systems. In P. Dabinicki & A. Baca (Hrsg.), *Computers in Sport* (S.43-65).Southampton: WIT Press.
- Böcskör, M. (2009). *Die Integration des ANT Protokolls in LabVIEW zur Erstellung drahtloser Messsysteme im Sport, dargestellt am Beispiel eines Feedbacksystems zur Optimierung des Zielverhaltens im Biathlonsport*. Magisterarbeit, Universität Wien.
- Tekscan. (2007). *Flexiforce Sensors*. Zugriff am 10. Juni 2010 unter <http://www.tekscan.com/flexiforce/flexiforce.html>

ETHOS sensing platform

Holger Harms, Martin Kusserow, Christina Strohrmann & Gerhard Tröster
ETH Zürich

Wearable technology enables new assistive solutions for numerous sport disciplines. Especially monitoring of body-segment orientation and trajectories allows an analysis of exercises and to infer viable information about execution quality. A systematic training feedback can be derived from sensed data for improvement of technique and performance, but also minimization of injury risks.

Video-based systems are the gold standard for motion analysis in sports. While these systems are used for a precise tracking of body segment orientation and position, they remain restricted to laboratory environments. Contrariwise, on-body sensors permit equivalent motion capturing in unrestricted measurements. Literature has shown that systems like the XSens MTx units (www.xsens.com) constitute reliable tools for precise recordings and motion analysis. However, their bulky form factor, need for external recording hardware, and short-term operation restrict the athletes and make them impractical for unobtrusive monitoring.

ETHOS sensing platform

We are in the progress of implementing a wearable sensor platform called ETHOS that is optimized for long-term monitoring and analysis of orientation in sport exercises. Key aspects of ETHOS are:

Flexibility ETHOS comprises tri-axial accelerometer, earth magnetic field-, and gyroscope sensors. An internal temperature sensor, used for compensation of sensor drifts, can be interfaced, too. Gathered data can be stored in a raw format, or fused by an on-board DSP to an orientation in an Euler-angle representation. In both cases, data can be transmitted via wired (USB) or wireless interface (ANT) for real-time display, and stored on internal non-volatile memory for offline analysis after the recording.

Comfort Advances in MEMS technology allowed a miniaturization of the PCB dimensions to 16x6x42mm³ (WxHxL). In a stacked housing version,

ETHOS meets a dimension of 18x14x45mm³ (WxHxL). While we included a battery, a wireless transceiver and memory, we still gained a volumetric shrinking factor of four compared to MTx units. An alternative housing version for ETHOS was designed for an unobtrusive attachment of the unit to body limbs. The sensor PCB and battery are aligned side by side and form a half-shell that is worn like a bracelet with a height of less than 10mm.

Long-term operation ETHOS was pushed on hardware- and algorithmic levels to achieve a maximum system runtime. Estimations predict an operation of more than 8 hours, if orientation is computed with a frequency of 128Hz and a miniature 300mAh battery pack is used. However, sampling- and transmission frequency are configurable to meet a practicable compromise between battery runtime and required information density.

Scalability An integrated ANT+ connectivity allows for the formation of scalable body-area-network (BAN). The BAN can include other ETHOS units and/or every ANT+ compatible hardware, including heart-rate belts, pedometer, or GPS modules. Synchronization is guaranteed by real-time-clock (RTC) information.

Assessment of movement efficiency in long-distance running

Movement efficiency is a key factor influencing the performance of athletes in long-distance running. On one hand, the efficiency defines the energy consumption and which portion is deployed as a propelling force. On the other hand, a continuous execution of detrimental running technique can dramatically increase the probability of injuries in the musculoskeletal system. However, biomechanical studies found ideal trajectories and spatiotemporal rules to optimize energy efficiency and prevent injuries (Romanov, 2002).

ETHOS constitutes a valuable tool for monitoring of athlete's motion over an extended period of time, without hindering, or affecting the athlete's performance. Moreover, it can be configured and used without any external supervision or special knowledge.

We initiated a pilot study to monitor and assess athletes of different training levels. Multiple ETHOS units are attached at body limbs for simultaneous

recordings of their corresponding trajectories. Consequently, we are enabled to evaluate distinct biomechanical aspects and provide a systematic feedback regarding potential improvements. The incorporation of the athlete's heart rate, pace, and position provide us additional information for an assessment of the exhaustion level and energy expenditure.

Our ultimate goal is to improve running performance of athletes. Longitudinal analysis will indicate to which extent the performance, in terms of energy efficiency and exhaustion level, can be refined by a systematic analysis and feedback.

First results of our preliminary study will be available and presented at the workshop.

Literature

Xsens. 3D Motion Tracking. www.xsens.com/ (accessed 06/15/10)

Romanov, N. (2002), Pose method of running. *PoseTech Press*.

Validierung eines Fußdruckmesssystems in einer realen Snowboardumgebung

Andreas Krüger¹, Paul McAlpine² & Jürgen Edelmann-Nusser¹

¹Universität Magdeburg, ²University of Auckland

Einleitung

Ausgehend von der aktuellen Verletzungssituation im Snowboardsport und der Forderung nach verbesserter Snowboardausrüstung wurde an der Otto-v.-Guericke-Universität Magdeburg eine neuartige Snowboardbindung entwickelt (Krüger et al., 2010). In einer anschließenden Evaluationsphase des Funktionsprototyps wurden u.a. biomechanische Feldtests unter Anwendungen eines Fußdruckmesssystems (Fa. T&T Medilogic) durchgeführt. Aufgrund geringer Rückwirkungen von Fußdruckmesssystemen auf den Sportler und aufgrund der Tatsache, dass die eigene Ski – bzw. Snowboardausrüstung genutzt werden kann, ist die Verwendung von Fußdruckmesssystemen im Ski- und Snowboardsport verbreitet (Schaff et al., 1989; Krüger et al., 2007 & 2009; Stricker et al., 2010). Allerdings ist die Genauigkeit solcher Systeme eingeschränkt. Entsprechend sind zur Einschätzung der Genauigkeit Validierungsmessungen mit Referenzsystemen erforderlich.

Eine Validierung des für die Evaluation des Prototyps genutzten Fußdruckmesssystems in einer realen Snowboardumgebung wurde bisher nicht vorgenommen. Tests im Labor zeigen einen mittleren RMSE von 28% ($\pm 6,6\%$) im Vergleich zu einer Kraftmessplatte (Kistler)(Krüger, Edelmann-Nusser, 2009). Allerdings kann angenommen werden, dass die Genauigkeit bei Feldmessungen aufgrund schwieriger Bedingungen (Müller, 2008) variiert. Davon ausgehend ist das Ziel dieser Studie die Validierung des verwendeten Fußdruckmesssystems in einer realen Snowboardumgebung.

Methodik

Zur Bestimmung der Genauigkeit des Fußdruckmesssystems für den Einsatz im Feld wurden Vergleichsmessungen mit einem Referenzmesssys-

tem in einer realen Snowboardumgebung durchgeführt. Als Referenzsystem wurde ein speziell für die Anwendung im Snowboardsport entwickeltes 3D-Kraftmesssystem (McAlpine et al., 2009) genutzt. Zwei 3D-Kraftmessplatten wurden zwischen die Bindungen und das Snowboard montiert. Die Fußdruckmesssohlen wurden in die Snowboardschuhe eingelegt. Ein erfahrener Snowboarder absolvierte mehrere Messfahrten mit beiden Systemen. Die Messfrequenz betrug 300 Hz für das Fußdruckmesssystem bzw. 1200 Hz für das 3D-Kraftmesssystem. Parallel wurden die Messfahrten mit einer Videokamera aufgezeichnet. Zur Synchronisation der Systeme absolvierte der Proband einen Sprung zu Beginn sowie am Ende jeder Messung.

Es wurden die Normalkräfte aus beiden Systemen sowie der Kraftangriffspunkt des 3D-Kraftmesssystems und der Verlauf des Druckmittelpunktes des Fußdruckmesssystems berechnet. Die Daten des Kraftmesssystems wurden auf eine Messfrequenz von 300 Hz heruntergerechnet. Beide Datensätze wurden mit einem 4 Hz Butterworth Tiefpassfilter gefiltert. Für die Quantifizierung des Messfehlers wurden der prozentuale RMSE und der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet.

Ergebnisse

An der Auswertung der Daten wird momentan gearbeitet. Erste Ergebnisse zeigen einen mittleren prozentualen RMSE von 24,6% ($\pm 3\%$) bzgl. der berechneten Kraftwerte des linken (vorderen) Beines. Es konnte dafür ein Korrelationskoeffizient von 0,63 ($\pm 0,1$) berechnet werden. Die Auswertung des Kraftangriffspunktes und des Druckmittelpunktes verdeutlicht sehr abweichende Ergebnisse. Allerdings zeigt sich für den Verlauf in der Sagittal-ebene eine Korrelation von 0,7 ($\pm 0,17$).

Literatur

- Krüger, A. & Edelmann-Nusser, J. (2009). Biomechanical analysis in freestyle snowboarding: Application of a full-body inertial measurement system and a bilateral insole measurement system. *Sports Technology*, 1-2, 17-23.
- Krüger, A., Edelmann-Nusser, J., Krinowsky, S., Fuchs, B., Oppel, T.K., Wagner, F., Zander, K. & Trott, M. (2010). *Safety binding for a snowboard*. Eingereichte Patentschrift, Aktenzeichen WO 2010043206.

-
- Krüger, A., Edelmann-Nusser, J., Spitzenpfeil, P., Huber, A., Waibel, C. & K. Witte (2007). Zum Einsatz eines Fußdruck- und Inertialmesssystems im alpinen Skirennenlauf. *Leistungssport*, 37 (5), 44-47.
- McAlpine, P., Determan, J., Kuipers, N. & Watt, S. (2009). Kinetic analysis of snowboard jump landings. In: V. Senner, V. Fastenbauer & H. Böhm (Hrsg.). *ISSS Congress 2009 - Book of Abstracts*. S. 61.
- Müller, E. (2008). Challenges in biomechanical field studies in winter sports. *Proceedings of the 20th congress of the Japanese Society of Biomechanics*. S. 27-34.
- Schaff, P.S., Schattner, R., Kulot, M. & Hauser, W. (1989). Influences on the foot pressure pattern in ski boots. In: R.J. Johnson, C.D. Mote & M.H. Binet (Hrsg.). *Skiing trauma and safety*. Philadelphia: ASTM, S. 137-145.
- Stricker, G., Scheiber, P., Lindenhofer, E. & Müller, E. (2010). Determination of forces in alpine skiing and snowboarding: Validation of a mobile data acquisition system. *European Journal of Sport Science*, 10 (1), S.31-41.

Pressure Measurements with Sensor-Equipped Snowboard Bindings

Thomas Holleczek, Alex Rüegg, Holger Harms & Gerhard Tröster
ETH Zürich

Motivation

Snowboarding is one of the fastest growing sports in the world. Requiring complex motion sequences and perfect balance, it is, however, difficult to learn and improving one's snowboarding skills is often only possible through expensive lessons given by an experienced teacher (in Switzerland currently around 100 US\$ per hour). Yet even this approach has its limitations, as snowboarding instructors might not notice all mistakes, such as a wrong weight distribution inside the boots. We have therefore been developing a wearable assistant, which is capable of supporting snowboarders in improving their riding style.

Problem Statement

Usually, wearable sports assistants are built upon sensor systems recognizing the activities performed by its users. In the snowboarding domain, traditional activity recognition approaches make use of insoles with integrated force-sensitive resistors (FSRs), with the help of which turns of snowboarders and the riding edge of the board can be detected. However, the use of pressure insoles entails several disadvantages. Test subjects regularly complain that extra pairs of insoles in the already tight snowboarding boots are uncomfortable to wear. Moreover, pressure insoles require long setup times due to user-specific calibrations and cannot be adjusted to different shoe sizes. We have thus been investigating the integration of FSRs into the bindings of snowboards to overcome these downsides.

Approach

FSRs inside the bindings of a snowboard are exposed to extreme temperatures, forces and humidity. We therefore developed a special protective

sealing for the sensors, which is made of PVC and silicone. The packaged FSRs are integrated at different locations of the bindings. In correspondence with the design of pressure insoles, three sensors are placed inside the bottom part of each binding: two below the balls of the foot and one below the heel. To capture the forces applied to the straps of the bindings as well, we integrated one FSR inside the lower strap and two more inside the upper strap of each binding. We use a wired connection from the FSRs to a data logger (ASUS Eee PC), which is stored in the backpack of the snowboarder, to minimize the risk of data loss.

Results

The functionality of our sensor bindings was tested and evaluated on an intermediate ski slope in Matterhorn Glacier Paradise (Zermatt, Switzerland, 3365 m AMSL, 4 degrees Celsius) with one experienced recreational snowboarder. The test rider was instructed to descend the slope performing backside and frontside turns in alternation. Despite the exposition of the bindings to low temperatures, extreme humidity and high forces, a later off-line analysis of the recorded pressure data revealed promising results: Just as in the case of pressure insoles, the simple machine learning algorithm „Nearest Centroid Classifier“ (NCC) can be applied to the average pressure difference between the balls and the heels to detect turns as well as the riding edge of the snowboard. Thus, sensor-equipped bindings fulfill the basic requirements for activity recognition in the snowboarding domain and may serve as a replacement for conventional pressure insoles.

5 Conclusions

Besides the mere detection of turns and the riding edge of the board, bindings with integrated FSRs may be applied for various training purposes. On the one hand, they can be used to automatically determine the weight distribution between the front and the back foot of snowboarders. This feature is especially interesting for snowboarding novices, who are still struggling to control the board owing to too much weight on the back foot. On the other hand, the sensor bindings may also assist intermediate and experienced snowboarders in improving their carving skills as they allow for the

monitoring of advanced carving parameters such as the rider-initiated torsion of the snowboard.

References

- Holleczek, T. et al. (2009). Towards an Interactive Snowboarding Assistance System." *Proceedings of the 13th International Symposium on Wearable Computers* (ISWC 2009).
- Michahelles, M. et al. (2005). Sensing and Monitoring Professional Downhill Skiers, *IEEE Pervasive Computing*, 4, 40-45.
- Primus, R. (2007). Snowboard, *Swiss Snowboarding Training Association* (SSBS).
- Spelmezan, D. et al. (2009). Wearable Automatic Feedback Devices for Physical Activities, *Proceedings of the 4th International Conference on Body Area Networks*.

Poster

Donnerstag, 16. September 2010 – 13.15 bis 14.00 Uhr und 15.00 bis 15.30 Uhr, Foyer

Poster 1

Stefan Endler & Jürgen Perl

Leistungsoptimierung beim Marathon mit sportinformatischen Modellen

Poster 2

Nicole Bandow, Jürgen Edlmann-Nusser & Dietbert Schöberl

Erfassung des Verlaufs des Endzuges beim Bogenschießen durch Software

Poster 3

Mario Heller

Erfassung der Stabilität des motorischen Programmes der Schussauslösung im Recurve-Bogenschießen

Poster 4

Stefan Wolf & Thorsten Dahmen

Optimierung der Geschwindigkeitssteuerung während Zeitfahrten im Radsport

Poster 5

Eberhard Nixdorf, Fabienne Ennigkeit, Vanessa Imhof, Christian Winter & Josef Wiemeyer

Entwicklung einer Software zur Berechnung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen mit Hilfe einer Kraftmessplatte

Poster 6

Nico Ganter, Andreas Krüger, Vanessa Andexer, Kerstin Witte & Jürgen Edlmann-Nusser

Pilotstudie zum Einsatz eines Ganzkörperinertialmesssystems für die Analyse der Drehstoßtechnik im Kugelstoßen

Poster 7

Andreas Münz, Kerstin Witte & Daniel Pulvermüller
Druckmessung am Liegeradsitz

Poster 8

Stefan Göbel
Authoring-Tools für die Erstellung von Exergames

Poster 9

Annika Kliem & Josef Wiemeyer
Serious Games in der sportwissenschaftlichen Lehre

Poster 10

Timo Zaharanski & Daniel Link
Automatische Detektion von Spielelementen im Beachvolleyball auf Basis von Bilderkennung

Leistungsoptimierung beim Marathon mit sportinformatischen Modellen

Stefan Endler & Jürgen Perl

Universität Mainz

In den letzten Jahren hat die Marathondistanz einen enormen Boom verzeichnet. Dabei versuchen nicht nur Spitzensportler, sondern auch vermehrt Freizeit- und Breitensportler ihre persönlichen Bestleistungen zu verbessern. Eine Optimierungsmöglichkeit besteht in einer effizienteren Trainingsgestaltung. Eine Methode zur Leistungsoptimierung bietet das von Perl (2001) entwickelte sportinformatische Modell PerPot (Performance Potential Metamodel).

Das Modell

Bei PerPot handelt es sich um ein Metamodell, welches die Wechselwirkung zwischen Belastung und Leistung abbildet. Das Modell berücksichtigt mehrere Grundphänomene der Sportphysiologie, wie beispielsweise den Superkompensationseffekt. Dies bietet nicht nur die Möglichkeit der Trainingsanalyse und –diagnose, sondern auch der individuellen Optimierung von Trainingsinhalten.

PerPot ist ein antagonistisches Modell, d.h. die zentrale Einflussgröße (Belastung) hat sowohl eine positive, als auch eine negative Auswirkung auf das Leistungspotential. Durch so genannte Verzögerungsparameter wirken sich das positive und negative Potential zeitlich unterschiedlich versetzt auf das Leistungspotential aus.

Methoden zur Leistungsoptimierung

Zunächst muss das Modell mit Hilfe eines Kalibrierungslaufs an den Sportler angepasst werden, um so dessen individuelle Parameter zu ermitteln. Bei dem Kalibrierungslauf handelt es sich um einen Stufentest mit fünf Stufen à vier Minuten Stufendauer. Bei diesen Kalibrierungsläufen werden der Geschwindigkeits- und der Pulsverlauf des Läufers erfasst. Dies geschieht über eine handelsübliche Pulsuhr und einen Sensor zur Geschwindigkeits-

ermittlung der am Laufschuh befestigt wird. Mit den Daten eines solchen Kalibrierungslaufs bietet PerPot dann zwei Möglichkeiten, das Training zu optimieren:

Mit Hilfe der individuelle anaerobe Schwelle (IAS) können individuelle Pulsbereiche festgelegt werden, die ein effizientes Training ermöglichen. Derzeit wird die IAS i.d.R. durch einen aufwendigen Laktatstest ermittelt. Dabei gibt es für die Berechnung des IAS aus den erfassten Daten eine Reihe verschiedener Modelle (Coen, 1997), die z.T. sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern.

PerPot ermöglicht es, aus den Kalibrierungs-Daten die IAS simulativ zu berechnen. Ausgehend von der IAS können nun für den Läufer individuelle Pulsbereiche für verschiedene Trainingsbereiche berechnet werden. Ein langer Ausdauerlauf sollte beispielsweise im Pulsbereich GA1 (Grundlagenausdauer 1) absolviert werden, was 75%-85% des Pulswertes an der IAS entspricht.

Eine zweite Optimierungsmöglichkeit ist die Simulation von Trainingseinheiten und Wettkämpfen, bei denen eine Ausbelastung erzielt werden soll. Durch die Vorgabe von Geschwindigkeits-Profilen kann simulativ ermittelt werden, ob ein Sportler am Ende der Einheit ausbelastet ist. So können zum einen Trainingseinheiten wie das Intervalltraining individuell für den Sportler vorgegeben werden. Zum anderen kann ein Wettkampf vorher simuliert und ein optimaler Pulsverlauf vorgegeben werden.

Ergebnisse

Die Trainings- und Wettkampfoptimierung mit PerPot kann einen exemplarischen Erfolg vorweisen: Im „Mainzer Marathon Projekt“ wurde nach einer 10-wöchigen Trainingszeit für den München Marathon 2009 eine Zielzeit von 2:57:00 Std. simuliert. Der Lauf wurde mit dem von PerPot vorgegebenen Puls-Profil gelaufen. Es wurde eine Zielzeit von 2:56:54 Std. erreicht. Das Training, sowie der Wettkampf wurden in einem Internet-Blog von Endler (2009) dokumentiert.

Aufgrund des Erfolgs wurde das Projekt anschließend mit weiteren Probanden fortgeführt. Es wurden erneut einige gute Ergebnisse erzielt, die

lediglich eine geringe Abweichung zwischen simulierter und tatsächlich erzielter Wettkampfzeit aufweisen. Ein Marathon, zwei Halbmarathons und zwei kurze Volksläufe wurden mit weniger als 3% Abweichung zur zuvor simulierten Zeit absolviert.

Aber auch die weniger genauen Ergebnisse konnten als Erfolg für das Projekt gewertet werden. Es konnten wichtige Erkenntnisse über kleinere Schwächen von PerPot gewonnen werden, die nun im Folgenden zur Verbesserung des Systems beitragen werden.

Literatur

- Coen, B. (1997). *Individuelle Anaerobe Schwelle*. Alfter-Witterschlick: Wehle.
- Endler, S. (2009, 11. Oktober), *Marathon-Projekt*, Zugriff am 18. Mai 2010 unter <http://www.informatik.uni-mainz.de/1082.php>
- Perl, J. & Mester, J. (2001). Modellgestützte Analyse und Optimierung der Wechselwirkung zwischen Belastung und Leistung. *Leistungssport* 31 (2), 54-62.

Erfassung des Verlaufs des Endzuges beim Bogenschießen durch Software

Nicole Bandow, Jürgen Edelman-Nusser & Dietbert Schöberl

Universität Magdeburg

Abstract

Ziel der Softwareentwicklung ist die Bereitstellung eines Sofortinformationssystems für das olympische Bogenschießen, das schnell und einfach von Trainer und Schützen und ohne fremde Hilfe, einzusetzen ist. Dazu ist der Verlauf des Endzuges unmittelbar nach jedem Schuss während einer ganzen Schusserie automatisch zu detektieren, zu extrahieren und graphisch darzustellen, damit Trainer und Schütze die Ergebnisse direkt in den Trainingsablauf integrieren können. Bisher wurden Messungen und Auswertung von Sportwissenschaftlern über einen Zeitraum von mehreren Tagen durchgeführt und dienten Trainer und Schützen nicht als Sofortinformation. Das gleichmäßige Ausziehen des Pfeiles kurz vor dem Schuss (Endzug) ist für das Trefferergebnis entscheidend (Edelman-Nusser, 2006 & Leroyer, von Hoecke & Helal, 1993).

Die Lösung der Aufgabenstellung muss die Anforderungen für eine automatisierte Verarbeitung und Darstellung der Daten zur Erkennung einzelner Schüsse, eine Anpassung der einzelnen Verläufe zur graphischen Darstellung sowie eine Datenstruktur zur Speicherung und Verwaltung der Daten in einem softwarebasierten Algorithmus abbilden. Weiterhin müssen die Anforderungen von Trainer und Schützen berücksichtigt werden.

Zur Aufnahme der Durchbiegung des Klickers wird auf die von Edelman-Nusser (2006) entwickelte Hardware zurückgegriffen, das die Spannungsänderung des am Klicker befestigten Dehnmesssteifens über einen A/D-Wandler (National Instruments DAQCard 700) mit 1000Hz in ein handelsübliches Notebook mit USB-Schnittstelle an die Software LabVIEW zur Weiterbearbeitung übergibt. Um den Endzugverlauf aus dem Signal exakt bestimmen zu können wurde ein Algorithmus mit LabVIEW 7.1 entwickelt, der den individuellen Grenzwert, der den Anstieg des Klickersignals dar-

stellt, errechnet. Nach explorativen Untersuchungen liegt dieser bei 0,3 der Gesamtamplitude. Der erste Suchalgorithmus durchläuft das Signal über eine Spanne von 100 Werten bis zum Auffinden dieses Grenzwertes (Abbruchkriterium). Ein zweiter Suchalgorithmus ermittelt über eine Spanne von fünf Werten exakt den Datensatz, der den Beginn des Klickerausschlags darstellt. Ausgehend von diesem Datensatz werden die Datensätze der letzten drei Sekunden davor und bis zu einer Sekunde danach für die Darstellung des Endzuges extrahiert und in einer automatisch generierten Datenbank unter der Kennung des jeweiligen Benutzers abgelegt. Die beschriebenen Schritte werden nun für jeden einzelnen Schuss automatisch bis zur Ende einer Schusserie durchlaufen. Damit die Darstellung der einzelnen Endzugverläufe vergleichbar sind, wird jeder einzelne Verlauf auf Basis des Ersten normiert und unmittelbar nach dem Schuss grafisch dargestellt.

Die praktische Überprüfung des Sofortinformationssystems erfolgte durch 6 Schützen (16-27 Jahre; 5 weiblich, 1 männlich) aus dem B- und C-Kader. Die Schützen testeten (eigenständiges Anschließen, Starten und Stoppen) die Software sowohl in der Entwicklungsphase, wobei sie ein Feedback abgaben, das in Gesprächsprotokollen dokumentiert wurde, als auch nach Fertigstellung der Software. Zusätzlich wurden die Schützen auf Basis eines Leitfadens in qualitativen Interviews befragt. Die Fragen wurden aus den Anforderungen an das System sowie den Anforderungen der Bogenschützen und des Trainers abgeleitet (Sichtbarkeit, Benutzerkontrolle, Bedienung und Verwendung im laufenden Trainingsprozess, Konsistenz und Verständlichkeit der Darstellung des Verlaufs des Endzuges). Die Aussagen des Trainers wurden in einem Gesprächsprotokoll festgehalten.

Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass kein Schütze Probleme beim Einsatz und der Verwendung des Systems hatte. Lediglich bei der Interpretation der Darstellung des Verlaufs des Endzuges traten beim Schützen Probleme auf. Die Schützen konnten aus dem Kurvenverlauf des Auszuges für sich selbst nicht viele Informationen gewinnen oder wesentliche Veränderungen erkennen. Der erfahrene Trainer hingegen hatte weder Probleme

mit der Darstellung noch mit der Interpretation der Verläufe und war mit dem Ergebnis zufrieden.

Das Ziel der selbstständigen Bedienung und Einsatzes der Software durch Trainer und Schützen sowie die automatisierte Auswertung und unmittelbare Darstellung der Daten konnte erreicht werden. Das System kann jederzeit in den laufenden Trainingsprozess zum unmittelbaren Feedback für den Schützen eingebunden werden.

Um die Interpretationsfähigkeit der dargestellten Endzugverläufe durch den Schützen zu verbessern ist eine gezielte Schulung der Schützen denkbar oder eine Bereitstellung von Hilfefunktionen innerhalb der Software selbst.

Literatur

Edelmann-Nusser, J., Hofmann, M. & Jahn, C. (2006). Die Veränderung der Auszugslänge beim Endzug im olympischen Bogenschießen. In K. Witte, J. Edelmann-Nusser, A. Sabo & E. F. Moritz (Hrsg.), *Sporttechnologie zwischen Theorie und Praxis IV* (S.155-164). Aachen: Shaker.

Leroyer, R., von Hoecke, J. & Helal, J. N. (1993). Biomechanical Study of the final push-pull in archery. *Journal of Sports Sciences* 11 (1), 63-69.

Erfassung der Stabilität des motorischen Programmes der Schussauslösung im Recurve-Bogenschießen

Mario Heller
Universität Wien

Einleitung

Der Bewegungsablauf eines Schusses mit einem bei Olympischen Spielen verwendeten Recurve-Bogen lässt sich von außen betrachtet folgendermaßen beschreiben: der Schütze spannt den Bogen, indem er den Pfeil bis zu einem am Bogenmittelteil angebrachten kleinen Metallplättchen zieht (dem sogenannten Klicker), in dieser Position (der Schussauslage) fixiert und zielt. Hierauf zieht er den Pfeil über den Klicker und schießt den Pfeil ab (vgl. Edelman-Nusser, 2005, S. 77).

Untersuchungen zur Bewegungsregulation beim Bogenschießen haben gezeigt, dass Schützen auf hohem nationalen bzw. internationalen Niveau das motorische Programm der Schussauslösung im Sinne einer Open-Loop-Bewegung bereits vor dem Moment des Klickerns initiieren. Das Geräusch des Klickers beim Berühren des Bogenmittelteils dient demnach nicht als Feedback für die Auslösung des aktuellen Schusses (Edelman-Nusser, 2005, S. 101).

Bezüglich der Bewegung des Bogens während des Zielvorganges scheinen stabile Muster mit kleineren Haltefenstern sowohl bei Trajektorien des Zielpunktes (Gruber et al., 2002) als auch des Bogens selbst (Edelman-Nusser et al., 2008) eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für hohe Trefferquoten zu sein.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Einfluss der Stabilität der Open-Loop-Bewegungsausführung beim Lösevorgang auf die mittlere Trefferquote zu untersuchen.

Methodik

Sieben Kaderschützen der deutschen Nationalmannschaft (2 Männer, 5 Frauen; Alter: $24,3 \pm 7,1$ Jahre) absolvierten jeweils 30 Schüsse auf 18m

Distanz in der Halle unter der Bedingung, eine möglichst hohe Trefferquote zu erzielen. Für die rückwirkungsfreie Ermittlung der Klickerzeiten und der durchschnittlichen Pfeilgeschwindigkeiten wurde ein akustisches Messsystem entwickelt (vgl. Horsak et al., 2010), welches den Schall vom Klicker (T1), das Lösen des Pfeils vom Bogen (T2) und das Auftreffen des Pfeils auf der Zielscheibe (T3) über ein externes Audiointerface mit einer Frequenz von 96kHz und einer Auflösung von 24bit erfasst. Die Klickerzeit ergibt sich aus $T2 - T1$, die für die Berechnung der durchschnittlichen Pfeilgeschwindigkeit notwendige Flugzeit des Pfeils ergibt sich aus $T3 - T2$ minus der Zeit, welche für die Ausbreitung des rückwirkenden Schalls entlang der Schussdistanz vergeht (angenommene Schallgeschwindigkeit $c = 343 \text{ m/s}$ bei $\vartheta = 20^\circ\text{C}$). Von den Klickerzeiten und den durchschnittlichen Pfeilgeschwindigkeiten wurden für jeden Schützen die Mittelwerte und Variabilitätskoeffizienten berechnet. Alle vier Faktoren wurden für eine schrittweise multiple Regression (Vorwärts-Technik) mit SPSS 15.0 für Windows verwendet, um die Vorhersagbarkeit der mittleren Trefferquote zu ermitteln.

Ergebnisse

Die schrittweise multiple Regressionsanalyse zeigt, dass die Trefferquote bezüglich der untersuchten Faktoren allein vom Variabilitätskoeffizienten der Klickerzeiten abhängig ist ($R = 0,85$; korrigiertes $R^2 = 0,66$; Standardfehler des Schätzers = $0,16$; $F = 12,78$; $p = 0,016$).

Diskussion

Eine Interpretation der Ergebnisse ist insofern problematisch, da der Stichprobenumfang gering ist. Um den Einfluss von den Ergebnissen einzelner Schützen auf das Gesamtergebnis zu überprüfen, wurde eine Form der Kreuzvalidation gewählt, bei der jeweils ein Datensatz entfernt und sieben mal die Analyse mit den verbliebenen sechs Datensätzen durchgeführt wurde. Alle korrigierten R^2 lagen mit Irrtumswahrscheinlichkeiten $p < 0,03$ zwischen $0,66$ und $0,75$.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten darauf hin, dass vor allem die Stabilität des Lösevorganges im Sinne einer guten Reproduzier-

barkeit eine wichtige Voraussetzung für hohe Trefferquoten ist. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen von Edelmann-Nusser et al. (2006), wonach sehr gute Schützen durch einen flüssigeren und gleichmäßigeren Endzug gekennzeichnet sind. Ein Einsatz in der trainingspraktischen Leistungsdiagnostik ist daher zu empfehlen.

Literatur

- Edelmann-Nusser, J. (2005). *Sport und Technik – Anwendungen moderner Technologien in der Sportwissenschaft*. Aachen: Shaker.
- Edelmann-Nusser, J., Heller, M., Hofmann, M. & Ganter, N. (2006). On-target trajectories and the final pull in archery. *European Journal of Sport Science*, 6 (4), 213-222.
- Edelmann-Nusser, J., Heller, M., Ganter, N., Link, D. & Staudinger, J. (2008). Erfassung der Visierbewegung bei der Weltmeisterschaft im Bogenschießen 2007. In J. Edelmann-Nusser, E.F. Moritz, V. Senner & K. Witte (Hrsg.), *Sporttechnologie zwischen Theorie und Praxis V* (S. 67-78). Aachen: Shaker.
- Gruber, M.; Edelmann-Nusser, J.; Seelig, H. & Gollhofer, A. (2002). An Analysis of the Holding Area in Olympic Archery. In K. E. Gianikellis (ed.), *Proceedings of the XX International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 218-221), Cáceres, Spain: Univ. Press.
- Horsak, B., Heller, M. & Reuter, C. (2010). Ein akustischer Ansatz zur Bestimmung der Durchführungsqualität von Bogenschüssen. In *Fortschritte der Akustik* (S. 487-488). 36. DAGA - Berlin.

Optimierung der Geschwindigkeitssteuerung während Zeitfahrten im Radsport

Stefan Wolf & Thorsten Dahmen

Universität Konstanz

Basierend auf einem Modell für die beim Radfahren auftretenden Kräfte und einem Ausdauermodell für den Athleten wird eine optimale Geschwindigkeitssteuerung bei Zeitfahrten im Radsport berechnet. Für Strecken mit stückweise konstanter Steigung wurde dieses Problem von Gordon analytisch gelöst. Bei der Übertragung dieser Resultate auf Höhenprofile realer Strecken gehen wir hauptsächlich auf zwei Probleme ein: die Komplexität dieser Profile verlangt eine numerische Lösung und wegen der nicht konstanten optimalen Geschwindigkeit auf Kursen mit nichtkonstanter Steigung muss die Beschleunigungskraft mit einbezogen werden.

Mechanisches Modell und Ausdauermodell

Es wird das Modell von Martin et al. zur Beschreibung der beim Radfahren auftretenden Kräfte benutzt. Dabei wird ein Zusammenhang zwischen der gefahrenen Geschwindigkeit und der Pedalleistung hergestellt. Es fließen der Luft- und Rollwiderstand, der Verlust in den Lagern, die Lageenergie und die Beschleunigungskräfte mit ein.

Zur Beschreibung der physischen Leistungsfähigkeit des Fahrers wird, ein Maß für die Ermüdung des Athleten eingeführt. Dies basiert auf dem Kritische-Leistung-Modell von Morton.

Eine Kombination dieser beiden Modelle liefert die Bedingungen, die eine realistische Fahrt erfüllen muss. Dies führt zu einer restringierten, nichtlinearen Optimierungsaufgabe.

Optimierung der Geschwindigkeitssteuerung

Das Ziel der Optimierung ist es die Zeit die benötigt wird um einen gegebenen Kurs zu absolvieren, unter Berücksichtigung der physischen Verfassung des Fahrers, zu minimieren.

Gordon hat dieses Problem nur für Kurse mit stückweise konstanten Gradienten analytisch gelöst. Dabei wurde die Beschleunigungskraft vernachlässigt, angenommen, dass der Fahrer immer die gleiche Position auf dem Fahrrad hat und dass Windstille herrscht. Die letzten beiden Einschränkungen werden beibehalten, da diese in der Praxis nur schwer messbar sind. Da der Gradient entlang der Strecke im Allgemeinen variabel ist und die optimale Geschwindigkeit vom Gradienten abhängt, können wir die Beschleunigungskraft nicht vernachlässigen.

Durch die Hinzunahme der Beschleunigungskraft und der Benutzung komplexer Höhenprofile können wir keine analytische Lösung des Problems erwarten, darum werden numerische Methoden zur Minimierung benutzt. Dafür wird das Problem diskretisiert und die Fahrzeit mit der MATLAB Funktion `fmincon()` (SQP-Algorithmus mit Liniensuche und Quasi-Newton Approximation) minimiert.

Resultate

Wie Gordon gezeigt hat, ist eine konstante Geschwindigkeit auf einer Strecke mit konstanter Steigung optimal. Dieses Ergebnis lässt sich auf Strecken mit stückweise konstanter Steigung übertragen. Durch Hinzunahme der Beschleunigungskraft wird die optimale Geschwindigkeitssteuerung an den Stellen, an denen sich der Gradient ändert, geglättet.

Durch das Einbeziehen der Beschleunigungskraft kann man beliebige Startgeschwindigkeiten vorgeben und damit auch einen Start aus dem Stand simulieren. Betrachtet man z.B. zwei Strecken von 4km Länge, mit 1% bzw. 10% Steigung, lohnt es sich, beim Start aus dem Stand, bei der flacheren Strecke am Anfang überdurchschnittlich viel Kraft zu investieren wohingegen bei der steileren ein langsames Anfahren optimal ist.

Als reale Strecke wird unter anderem der Fimmelsberg in der Schweiz benutzt. Das Höhenprofil wird mit einem Leica GPS 900 Differential GPS Gerät gemessen. Dabei kann man beobachten, dass die optimale Leistung umso größer ist, je steiler die Strecke ist.

Ausblick

In Zukunft soll der Optimierungsprozess in einen Simulator, der am Lehrstuhl für Multimedia Signalverarbeitung an der Universität Konstanz entwickelt wird, integriert werden. An ihm können reale Bergaufstrecken simuliert werden. Damit ist es nun möglich, dem Athleten die optimal zu fahrende Geschwindigkeit anzuzeigen.

Fahrten, bei denen sich der Athlet an diese Vorgaben hält, sollen dann hinsichtlich Gesamtzeit und Geschwindigkeitsverteilung mit Fahrten, bei denen der Athlet selber bestimmt wie schnell er fährt, verglichen werden. Erste Ergebnisse werden in die Vollversion dieses Beitrags aufgenommen werden.

Literatur

Martin, J.C., Milliken, D.L., Cobb, J.E., McFadden, K.L. & Coggan, A.R. (1998).

Validation of a mathematical model for road cycling power. *Journal of Applied Biomechanics*. 14, 276-291.

Gordon, S. (2005). Optimising distribution of power during a cycling time trial.

Sports Engineering. 8 (2), 81-90.

Morton, R.H. (1996). A 3-parameter critical power model. *Ergonomics*. 39, 611-619.

Dahmen, T., Byshko, R., Röder, M., Mantler, S. & Saupe, D. (2009). Modeling, simulation and validation of cycling time trials on real tracks. *IACSS*, Canberra.

Entwicklung einer Software zur Berechnung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen mit Hilfe einer Kraftmessplatte

Eberhard Nixdorf¹, Fabienne Ennigkeit², Vanessa Imhof², Christian Winter² & Josef Wiemeyer²

¹Olympiastützpunkt Hessen, ²TU Darmstadt

Einleitung

Die Schnell- bzw. Reaktivkraft der Beinstreckerkette ist in vielen Sportarten Bestandteil des Anforderungsprofils. Aus diesem Grund ist es üblich, Sprungkrafttests im Rahmen leistungsdiagnostischer Maßnahmen bei Spitzensportlern durchzuführen. Zurückgegriffen wird dabei oft auf den Standardsprungkrafttest (SSKT; Schmidtbleicher, 1985), der drei unterschiedliche Vertikalsprungsformen (Squat Jump, Countermovement Jump, Drop Jump) umfasst. Die Bestimmung der Körperschwerpunkterhöhung (Sprunghöhe) als Zielgröße kann neben der indirekten Bestimmung über Film-/Videoanalyse auch direkt aus den gemessenen Daten erfolgen. Hierfür kommen grundsätzlich drei Verfahren in Frage (Frick, Schmidtbleicher & Wörn, 1991): Absprungimpuls-Verfahren (AIV), Landeimpuls-Verfahren (LIV) und Flugzeit-Verfahren (FZV). Bereits bestehende EDV-gestützte Lösungen haben den Nachteil, dass sie keine Schnellinformationen bereitstellen (Film-/Videoanalyse, BioWare®) oder nur begrenzte Möglichkeiten aufweisen (Kontaktmattensystem WJump, bei dem lediglich das FZV implementiert ist). Ziel des vorliegenden Softwareentwicklungs-Projekts war es deshalb, in Kooperation mit dem Olympiastützpunkt (OSP) Hessen ein Schnellinformationssystem zu entwickeln, das aus dem Kraft-Zeit-Verlauf von auf einer Kraftmessplatte ausgeführten Vertikalsprüngen (SSKT) auf der Basis der drei o. g. Auswertungsverfahren die Sprunghöhe bestimmt.

Entwicklung und Umfang der Software

In Absprache mit dem OSP Hessen und auf Grundlage der Ist-Analyse (s. o.) wurden Muss-, Kann- und nichtfunktionelle Anforderungen an die Software definiert. Die Entwicklung erfolgte modular mittels der graphischen Programmiersprache LabVIEW.

Die entstandene eigenständig lauffähige Software „TOP-Test“ (Take-Off-Power-Test) ist in der Lage, in Verbindung mit einer Kistler-Kraftmessplatte

- das Gewicht des Athleten zu bestimmen,
- manuell eingegebene berechnungsrelevante Parameter (z. B. Messfrequenz, Messdauer etc.) zu verarbeiten und zu speichern,
- Kraft-Zeit-Verläufe der Vertikalsprungformen des SSKT darzustellen,
- den Benutzer die zur Bestimmung der Sprunghöhe relevanten Zeitpunkte in der Kraft-Zeit-Kurve direkt markieren zu lassen,
- die erzielte Sprunghöhe auf Basis der drei Berechnungsverfahren (AIV, LIV, FZV) als Schnellinformation bereitzustellen,
- Kraft-Zeit-Verläufe und Messergebnisse zu speichern und zu laden,
- die gespeicherten Daten in tabellarischer Form darzustellen und diese zur Weiterverarbeitung in anderer Software (z. B. Microsoft Excel) zur Verfügung zu stellen.

Qualitätssicherung und Validierung

Um die Qualität der Software zu sichern, wurde ein Qualitätssicherungsplan aufgestellt, der u. a. regelmäßige Treffen der Projektmitglieder sowie eine Orientierung an den ISO/IEC-Normen 9126 beinhaltete. Zudem wurden fortlaufend Testsprünge durchgeführt, um die programmierten Module auf Funktionalität prüfen zu können. Die Ergebnisse sind augenscheinlich valide, da die auf Grundlage der verschiedenen Berechnungsverfahren ermittelten Sprunghöhen nicht wesentlich voneinander abwichen. Eine differenzierte Validierungsstudie steht noch aus.

Ausblick

Wie bei Softwareentwicklungen üblich, sind Weiterentwicklungen des lauffähigen Produkts in der Zukunft möglich. Derzeit müssen die zur Bestimmung der Sprunghöhe benötigten Zeitpunkte (z. B. Absprung-, Landezeitpunkt) durch den Benutzer manuell im Kraft-Zeit-Verlauf markiert werden. Eine automatische Erkennung durch das System (mit der Möglichkeit der manuellen Korrektur) würde den Ansprüchen eines Schnellinformationssystems noch besser genügen. Zudem könnte etwa die Erfassung und Auswertung weiterer Kennwerte des Kraft-Zeit-Verlaufs (z. B. Kraftanstiege),

aus denen trainingsmethodische Hinweise abgeleitet werden können, implementiert werden.

Literatur

- Frick, U., Schmidtbleicher, D. & Wörn, C. (1991). Vergleich biomechanischer Meßverfahren zur Bestimmung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen. *Leistungssport*, 2, 48-53.
- Schmidtbleicher, D. (1985). Diagnose des Kraftverhaltens und Trainingssteuerung im Krafttraining. *Lehre der Leichtathletik*, 24, 37-55.

Pilotstudie zum Einsatz eines Ganzkörperinertialmesssystems für die Analyse der Drehstoßtechnik im Kugelstoßen Titel

Nico Ganter, Andreas Krüger, Vanessa Andexer, Kerstin Witte & Jürgen Edelmann-Nusser

Universität Magdeburg

Einleitung

Das Kugelstoßen lässt sich als schnellkraftdeterminierte azyklische Disziplin charakterisieren. Als Bewegungstechniken sind dabei im Spitzenbereich insbesondere die Angleittechnik und die Drehstoßtechnik zu beobachten (Dickwach, 2001). Obwohl die Drehstoßtechnik durch einen längeren Beschleunigungsweg der Kugel biomechanisch vorteilhaft ist, gilt sie aufgrund der Rotationsbewegungen als komplexer und schwerer zu erlernen. Dickwach (2001) betont die Notwendigkeit von Technikanalysen im Kugelstoßen zur Prüfung und Präzisierung der sporttechnischen Leitbilder und zur Kontrolle im Rahmen des Trainingsprozesses. Bisherige Technikanalysen werden hauptsächlich auf Basis von Videoaufzeichnungen durchgeführt (u.a. Dickwach, 2001; 2006). Diese erscheinen jedoch nur bedingt geeignet, um die vollständige Charakteristik, insbesondere von Rotationstechniken zu erfassen (Dickwach, 2006). Probleme ergeben sich bezüglich der Genauigkeit der ermittelten Positionsdaten, der zeitlichen Auflösung und des Zeitbedarfs für die anschließende Auswertung. Der Einsatz von miniaturisierten sensorbasierten Systemen, die eine direkte Messung der Kinematik an den Körpersegmenten ermöglichen, bietet möglicherweise Potential für die Analyse von komplexen Rotationstechniken. Das Ziel der Studie war daher der Einsatz eines Ganzkörperinertialmesssystems (GIM) zur Analyse der Drehstoßtechnik im Kugelstoßen unter den Aspekten Identifikation von intraindividuell leistungsrelevanten kinematischen Parametern und Beurteilung der praktischen Eignung des Systems.

Methodik

Ein männlicher Drehstoßer (23 Jahre, 125 kg, 1,88 m, B-Kader) führte verschiedene Formen der Drehstoßtechnik am Messplatz Wurf/Stoß des IAT Leipzig durch. Vor der Messung wurde der Sportler mit dem GIM (MVN, Fa. Xsens, Niederlande) ausgestattet. Alle Techniken wurden parallel mit dem GIM und einem Videosystem aufgezeichnet. Das GIM bestand dabei aus 17 Sensoreinheiten, die über Strap-Verschlüsse an den Segmenten des Probanden befestigt wurden. Jede Sensoreinheit integriert 3D Beschleunigungsaufnehmer (Range: $\pm 5g$), 3D Gyroskope (Range: $\pm 1200^\circ/s$) und 3D Magnetfeldsensoren. Aufgrund der im Bereich der Stoßhand zu erwartenden höheren Beschleunigungen, wurden für die Segmente Hand und Unterarm der Stoßseite Sensoreinheiten mit Beschleunigungsaufnehmern im Messbereich $\pm 18g$ eingesetzt. Die Datenaufzeichnung des GIM erfolgte mit Hilfe der MVN Studio Software (v2.6, Xsens) mit einer Messfrequenz von 120 Hz. Für das biomechanische Modell mit 23 Segmenten und 22 Gelenken dienten acht anthropometrische Parameter als Eingangsgrößen (Körperhöhe, Schuhgröße, Armspannweite, Hüfthöhe, Kniehöhe, Sprunggelenkhöhe, Hüftweite, Schulterweite). Die Initialisierung des biomechanischen Modells erfolgte über die Standardkalibrierprozedur des Systems (Einnahme verschiedener Posen). Die Videoaufzeichnung erfolgte mit 2 Kameras aus der Seit- und Rückansicht mit einer Bildfrequenz von 200 Hz (System Templo, Fa. Contemplas). Zur Synchronisation von GIM und Videosystem wurde vor jedem Versuch ein Sprung des Sportlers aufgezeichnet, bei dem der Zeitpunkt des Auftreffens eines Fußes aus dem Video und im Beschleunigungssignal desselben detektiert wurde.

Zunächst erfolgte die Bestimmung der zeitlichen Struktur der Bewegung über eine Phaseneinteilung auf Basis der Videoinformationen. Die Drehstoßtechnik kann dabei durch vier Bewegungsphasen charakterisiert werden (Hinz, 1991). Mit Hilfe der MVN Studio Software wurden dann die 3D Orientierungen, Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen der Segmente und die Positionen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Gelenke berechnet und für die weitere Bearbeitung in Matlab (Fa.

Mathworks) exportiert. Hier erfolgte die Berechnung weiterer möglicher leistungsrelevanter Parameter, wie Kniegelenkwinkel, Rumpfneigung und Hüft-Schulter Verdrehung. Die Analyse der kinematischen Parameter erfolgte unter den Aspekten Vergleich der verschiedenen Formen der Drehstoßtechnik und Bezug zum Leistungskriterium (Stoßweite).

Um die praktische Eignung des Systems für Technikanalysen im Kugelstoßen zu beurteilen, wurde die subjektive Einschätzung des Sportlers zur Rückwirkung des Systems über einen Fragebogen erfasst.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass kinematische Parameter der Drehstoßtechnik, die mit bisherigen Analyseverfahren nur schwer zugänglich sind, unter Verwendung des GIM umfassend und zeitnah zur Verfügung stehen und auf ihre Leistungsrelevanz überprüft werden müssen. Zudem wurde die Rückwirkung des Systems während der Bewegungsausführungen vom untersuchten Sportler als nicht störend eingeschätzt.

Literatur

- Dickwach, H. (2001). Zu ausgewählten Ergebnissen der prozessbegleitenden Forschung im Kugelstoßen. In *Z. Angew. Trainingswissenschaft*, (8)2 , 24-36.
- Dickwach, H. (2006). Zur Angleittechnik im Kugelstoßen auf der Grundlage der biomechanischen Wettkampfanalysen und leistungsdiagnostischer Untersuchungen. In K. Wohlgefahr & S. Michel (Hrsg.), *Beiträge zur speziellen Trainingswissenschaft Leichtathletik* (S. 145-158). Hamburg: Czwalina.
- Hinz, L. (1991). *Leichtathletik – Wurf und Stoß: Analysen und Empfehlungen für die Disziplinen Kugelstoßen, Diskuswerfen, Speerwerfen und Hammerwerfen*. Berlin: Sportverlag.

Druckmessung am Liegeradsitz

Andreas Münz, Kerstin Witte & Daniel Pulvermüller

Universität Magdeburg

Einleitung

Der Sitz des Liegerads ist die größte Kontaktfläche zwischen Fahrer und Liegerad und muss als körperunterstützendes System den überwiegenden Teil des Gewichtes des Fahrers aufnehmen. Es ist daher anzunehmen, dass die Eigenschaften dieser Kontaktfläche eine entscheidende Rolle für den empfundenen Gesamtkomfort beim Liegeradfahren spielen. Somit stellt sich die Frage, in welcher Weise die Verteilung des Körpergewichtes über die Sitzfläche für den Menschen den besten Komfort bildet.

Als entscheidenden Faktor für das Empfinden von Komfort bzw. Diskomfort im Sitzen identifizieren Ebe & Griffin (2001) den wahrgenommenen Druck. Der vorliegenden Untersuchung liegt die Vermutung zugrunde, dass Drücke gleicher Intensität an verschiedenen Bereichen des Rückens und Gesäßes unterschiedlich stark wahrgenommen werden.

Methodik

Bei 12 Probanden wurde während einer Gesamtdauer von 25 Minuten Liegeradfahren auf einem Rollentrainer in Abständen von fünf Minuten eine Druckmessung mittels einer Druckmessmatte (Fa. Gebeon) durchgeführt. Dabei wurde bei jeder Messung die Auflagefläche zwischen Sitz und Fahrer 5s lang mit 50 Hz abgetastet. Die subjektiv empfundene Intensität des Drucks im unteren Rücken, dem Lenden- und Gesäßbereich wurde mit einem Fragebogen erhoben und den objektiv gemessenen Druckwerten dieser Bereiche gegenübergestellt.

Ergebnisse

Ein Zusammenhang von Messwerten der Druckmessung und subjektiver Bewertung im Fragebogen konnte in zwei der drei betrachteten Körperbereichen (Gesäß- und Rückenbereich) festgestellt werden. Daraus kann geschlossen werden, dass beim Liegeradfahren die Druckbelastung im Rü-

cken-, Lenden- und Gesäßbereich unterschiedlich stark wahrgenommen wird. Eine denkbare Erklärung hierfür könnte sein, dass das Druckempfinden im Gesäß- und Rückenbereich durch alltägliches Sitzen auf diese Art äußerer Belastung konditioniert und infolgedessen desensibilisiert wird. Außerdem ist zu vermuten, dass der Druck im Gesäßbereich durch den Mehranteil an subkutanem Fett gegenüber dem Rücken- und Lendenbereich gleichmäßiger verteilt wird. Dadurch werden punktuelle Druckspitzen vermieden.

Zusammenfassung

In dieser Untersuchung sollte die grundlegende Druckverteilung des Sitzes in Übereinstimmung mit dem subjektiven Empfinden des Fahrers gebracht werden, um daraus Anhaltspunkte für eine entwicklungsbegleitende Sitzoptimierung zu gewinnen. Eine Übereinstimmung von Messwerten und Bewertung konnte zwar teilweise erbracht werden, war jedoch in einzelnen Körperbereichen nur unzureichend vorhanden. Somit ist es nicht gelungen anhand der objektiven Druckmessung und des subjektiv empfundenen Drucks während des Liegeradfahrens eine universal gültige Empfehlung für die Komfortsteigerung durch Umgestaltung des Sitzes abzuleiten.

Literatur

Ebe, K.& Griffin, M. J. (2001). Factors affecting static seat cushion comfort. *Ergonomics*, 44 (10), 901-921.

Authoring-Tools für die Erstellung von Exergames

Stefan Göbel

Technische Universität Darmstadt

Exergames, also Computerspiele, deren Zweck die spielerische Förderung von sportlichen Aktivitäten ist, sind in jüngster Zeit durch populäre Angebote aus der Wirtschaft sowie durch wissenschaftliche Ansätze (s. z.B. Baranowski et al., 2010) in den Fokus gerückt. Im Folgenden soll der Einsatz von Autorensystemen im Bereich der Exergames motiviert und untersucht werden. Als Kontext dienen die Arbeiten der Serious Games Gruppe des Fachgebiets Multimedia Kommunikation der TU Darmstadt, u.a. in dem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt Motivotion 60+ zur Motivierung älterer Menschen zu mehr Bewegung, in dessen Kontext SportwissenschaftlerInnen an der Entwicklung des vorgestellten Ansatzes beteiligt sind. Für eine Zusammenfassung s. (Göbel et al., 2010).

Unter dem Begriff Autorensystem werden Programme zusammengefasst, die es AnwenderInnen (AutorInnen) ermöglichen, mittels eines möglichst einfach zu erlernenden und benutzbaren Interfaces Anwendungen zu erstellen und damit die zugrundeliegenden Techniken auch Nicht-ExpertInnen zugänglich zu machen. Allgemeine Beispiele sind etwa HTML-Editoren für Webseiten oder e-Learning Autorensysteme.

Im Bereich der Exergames ist der Einsatz eines speziell auf diesen Anwendungszweck zugeschnittenen Autorensystems aufgrund mehrerer Gründe wünschenswert. Sowohl initial bei der Entwicklung des Exergames als auch während der Lebenszeit des Spiels ist es nötig, in die Entwicklung des Spiels ExpertInnen aus der Sportwissenschaft einzubeziehen, die die spezifischen Anforderungen des Spiels an die diversen möglichen Zielgruppen (z.B. ältere Personen, Personen mit körperlichen Einschränkungen, Kinder, ...) beachten und die Inhalte des Spiels darauf anpassen können. Ein Autorensystem ermöglicht hier, diese ExpertInnen enger in den Entwicklungsprozess des Spiels einzubeziehen und befähigt sie damit, ihre Expertise direkter einzubringen.

Während es im Bereich von Autorensystemen für allgemeine Computerspiele einige Beispiele gibt, ist der Bereich der speziellen Autorensysteme für Exergames noch sehr wenig erschlossen. Deshalb werden im Folgenden einige der nötigen Schritte auf dem Weg zu diesen Systemen beschrieben.

Allgemeine Spiele-Autorensysteme wie etwa das StoryTec-Autorensystem (Mehm, 2010) verwenden im Autorenprozess hauptsächlich typische Computerspiele-Daten. So werden etwa in diesem Prozess Daten für die Einordnung von Spiele-Szenen in den Rahmen einer spannenden Geschichte oder über die vermittelten Lerninhalte erhoben. Während diese Daten auch in Exergames von Interesse sein können ist es nötig weitere Daten speziell für diese Spiele zu verwenden. Allgemeine Daten dieser Art sind Vitalparameter der SpielerInnen wie etwa Herzfrequenz oder Schwierigkeitsgrad. Diese können z.B. verwendet werden um einzustellen, dass eine Aktivität in einem Exergame nur innerhalb eines bestimmten Herzfrequenzbereichs stattfinden soll.

Zusätzlich kann es je nach Spiel sinnvoll sein spezielle Eingabegeräte und Sensoren in das Spiel zu integrieren. Wird etwa ein Fahrradergometer zur Steuerung verwendet, können Parameter wie Leistung, Trittfrequenz, Geschwindigkeit und Tretwiderstand in das Spiel eingebunden werden.

Nach der Fertigstellung des Spiels kann es gewünscht sein, ein Spiel auf eine bestimmte Person genauer zuzuschneiden. Dies kann etwa durch persönliche TrainerInnen passieren, die die Fortschritte dieser Person überwacht und die nächsten Spieleinheiten ähnlich zur Erstellung eines persönlichen Trainingsplans individuell anpassen kann. Ein Autorensystem ermöglicht hier auch nicht in die Computerspieleentwicklung involvierten TrainerInnen, diese Aufgabe zu erfüllen. Unterstützung kann das System etwa geben indem die bisherigen Fortschritte der überwachten Person direkt im Programm betrachtet werden können.

Ein weiterer Punkt der für den Einsatz von Autorensystemen in diesem Gebiet spricht ist die Langzeitmotivation, die eine übliche Schwachstelle in Exergames ist. So ist der Reiz eines Exergames kurz nach Erhalt des Spiels sehr hoch, im Verlauf der Zeit sinkt andererseits die Motivation ab,

das Spiel weiter zu verfolgen (für Erwähnungen dieses Umstands s. u.a. Wiemeyer, 2010 oder Yang et al., 2008). Gründe hierfür sind unter anderem dass die SpielerInnen irgendwann alle verfügbaren Aktivitäten des Spiels erfahren haben und dementsprechend keine neuen Herausforderungen erhalten. Der Einsatz eines Autorensystems ermöglicht es hier, im Rahmen der durch das System vorgegebenen Möglichkeiten fortlaufend neue Spielinhalte zu integrieren und neue Herausforderungen für die SpielerInnen zu generieren, wodurch das Spiel seinen Reiz über längere Zeit behalten kann. Selbst von SpielerInnen selbst generierte Inhalte sind hier denkbar, die z.B. als Herausforderungen an Freunde verschickt werden können.

Literatur

- Baranowski, T., Buday, R., Thompson, D., Baranowski, J. (2008). Playing for Real - Video Games and Stories for Health-Related Behavior Change. *American journal of preventive medicine* 34 (1).
- Göbel, S., Hardy, S., Wendel, V., Mehm, F. & Steinmetz, R. (2010). *Serious Games for Health – Personalized Exergames*. Eingereicht zu ACM Multimedia 2010
- Mehm, F. (2010). *Authoring Serious Games*. Proceedings of Foundations of Digital Games 2010. New York: ACM

Serious Games in der sportwissenschaftlichen Lehre

Annika Kliem & Josef Wiemeyer

TU Darmstadt

Mit ihrem bemerkenswerten Erfolg wurde die neue Generation von digitalen Sportspielen zu einem ein Phänomen, das nicht vorherzusehen war. Die besondere Kombination von Aktivität und Interaktivität, Virtualität und Realität, Ludologie, Immersion und Flow der Spiele spricht nahezu alle Altersschichten an, vom Kind bis zum Senioren, und bietet damit auch für die Sportwissenschaft innovative Optionen (vgl. Wiemeyer, 2009). Im kommerziellen Bereich gibt es für das Genre Sport unterschiedlichste Ausführungen, meist mit dem Zweck der Unterhaltung. Es fehlen aber educational serious games, d. h. Spiele, die eine Lernumgebung schaffen und den Spielern auf motivierende Weise sportliche Bewegungen, den Umgang mit ihnen und ihre methodische Vermittlung näher bringen. Ein solches educational serious sports game wird aktuell im Rahmen eines HMWK-Projektes für die Hochschullehre entwickelt und soll anschließend evaluiert werden.

Projekt: Virtual Sports Teacher

Im Projekt soll von Sportwissenschaftlern und Informatikern ein 3D First-Person-Rollenspiel für die Sportlehrerausbildung entwickelt werden. Ziel ist es, alle Bereiche der Sportwissenschaft, welche sonst meist isoliert vermittelt werden, in das Spiel zu integrieren, so dass Spieler (Studierende der Sportwissenschaft) die Möglichkeit haben, diese spielerisch zu entdecken und ihren praktischen Einsatz zu lernen.

Der Spieler übernimmt dabei die Rolle eines Sportlehrers. Er hat die Aufgabe in einer authentischen Lehr-Lern-Situation eine Sportstunde durchzuführen und Aufgaben und Problemsituationen zu lösen. Dabei muss er situationsadäquate und zielgruppenspezifische Entscheidungen zu Kernaspekten des motorischen Lernens treffen - unter Rückgriff auf und Integration von disziplinspezifischem Wissen. Unter Einsatz von geeigneten visuellen und verbalen Instruktionen und Lernhilfen soll der Spieler die Bewegungen der Schüler erkennen, analysieren und gegebenenfalls korrigieren.

Neben den sportlichen Bewegungen müssen die Spieler Situationen analysieren, Störungen erkennen und richtig darauf reagieren. Vor der Durchführung der Unterrichtsstunde stehen die organisatorischen Maßnahmen eines Lehrers an: Stundenplanung, Übungsauswahl, Hilfestellung, Reihenfolge der Übungen und methodische Vermittlung.

Zu den Gestaltungsmerkmalen des Spiels gehören ein ansteigender Schwierigkeitsgrad, verschiedene Lernkontexte - gemeint sind verschiedene Sportarten – sowie die Berücksichtigung von Lernpräferenzen und Gender-Aspekten. So ist z. B. geplant sowohl Momente des experimentellen Entdeckens als auch der Anleitung einfließen zu lassen.

Eine mögliche Multiplayeroption soll kooperative und kommunikative Phasen zwischen dem Dozenten und dem Spieler, aber auch zwischen einzelnen Spielern erzeugen. So kann zum Beispiel ein Dozent Fragen und Aufgaben stellen oder die Spieler können sich untereinander über die zu bearbeitenden Aufgaben bzw. Lösungsalternativen austauschen. Weitere Hilfs- und Unterstützungsmöglichkeiten bieten in das Spiel integrierte digitalisierte Bücher, das Internet und Web based Training (WBT), anknüpfend an bestehende HeLPS-Ausbildungsmodule (z. B. Biomechanik, funktionale Analyse, erziehender Sportunterricht).

Die im Spiel verwendeten didaktischen Methoden sollen dabei für den Spieler unauffällig bleiben, um das Eintauchen in das Spielgeschehen, die sogenannte Immersion nicht zu stören. Man spricht bei dieser Vorgehensweise von einer immersiven Didaktik (vgl. Bopp, 2010). Der Spieler muss das Gefühl haben die Anforderungen selbst bewältigt zu haben, obwohl er sich in einer Lernumgebung befindet und das Computerspiel ihn lenkt. Grundlegend für den Spielverlauf soll die Abarbeitung von bestimmten Skripten sein, nach dem Skriptansatz von Hawlitschek (2009). Hier müssen vom Spieler bestehende Skripte, wie z. B. das Korrektur-Skript sequenziell-hierarchisch abgearbeitet werden. Einzelne Skripte werden bei gestiegenem Level schrittweise komplexer und differenzierter. Eine weitere große Rolle spielt die Adaptivität des Spiels an Lernstile und Fertigkeiten der Spieler. Individualisiertes Feedback erleichtert gegenüber nicht-

individualisiertem Feedback Lernen und verbessert die Einstellung und Immersion (vgl. Kickmeier-Rust et al., 2008).

Mit Aktivität und Dynamik statt einseitiger Erklärung, wie sonst üblich in sportwissenschaftlichen Vorlesungen, soll der Kompetenzzuwachs während des Computerspiels für den Spieler sichtbar gemacht werden: Wissen wird nicht nur angeeignet sondern auch angewendet, unter Momenten der Herausforderung und des Wettbewerbs.

Literatur

- Bopp, M. (2010). Didaktische Methoden in Silent Hill 2. In B. Neitzel, M. Bopp & R. F. Nohr (Hrsg.), *“See? I’m real...”* (S. 74-95). Münster: LIT.
- Hawlitschek, A. (2009). *Spielend lernen in der Schule? Ein Serious Game für den Geschichtsunterricht*. Zugriff unter http://www.spielbar.de/neu/wp-content/uploads/2009/06/hawlitschek_spielend_lernen.pdf
- Kickmeier-Rust, M. D. et al. (2008). *The Effects of individualized Feedback in Digital Educational Games*. Zugriff unter http://www.eightydays.eu/fileadmin/user_upload/documents/Publications/ECGBL08.pdf
- Wiemeyer, J. (2009). Digitale Spiele – (k)ein Thema für die Sportwissenschaft?! *Sportwissenschaft*, 39 (2), 120-128.

Automatische Detektion von Spielelementen im Beachvolleyball auf Basis von Bilderkennung

Timo Zaharanski¹ & Daniel Link²

¹TU Darmstadt, ²TU München

Motivation und Zielstellung

Die Durchführung von systematischen Spielbeobachtungsverfahren erfordert einen erheblichen Zeitaufwand bei der manuellen Erhebung der Daten. Die Knappheit der hierfür benötigten Ressourcen stellt häufig ein wesentlicher Hinderungsgrund für den Einsatz dieser Verfahren in der Praxis dar. Durch die enormen Fortschritte der Informatik auf dem Gebiet der Bilderkennung lässt sich annehmen, dass sich bspw. im Beachvolleyball viele Beobachtungsmerkmale durch recht einfache Algorithmen automatisiert erheben lassen, wenn ein zuverlässiges Erkennen der Objekte im Videobild gelingt. Eine solche informatische Unterstützung würde für Trainer und wissenschaftliche Betreuer eine erhebliche Zeitersparnis bei Eigen- und Gegneranalysen bedeuten.

Das Tracking des Balls im Videobild ist zunehmend ein Standardverfahren, für das im Sport vielfach Beispiele vorgestellt wurden (Beachvolleyball: Mauthner et al., 2007; Baseball: Chen, Chen, Hsiao, Chen, & Lee, 2008; Tennis: Yan, Kostin, Christmas & Kittler, 2006). Gegenstand dieser Untersuchung war die Frage, in welcher Qualität Ballkontakte und Angriffstechniken bei Vorliegen der 2D-Position des Spielballs automatisch bestimmt werden können.

Methode

Zunächst wurde die Position des Balls im Videobild mittels Bilderkennungsverfahren getrackt. Bei fehlerhafter Erkennung wurde die Position manuell nachkorrigiert. Ausgehend vom Verlauf der x-Koordinate und y-Koordinate des Ballmittelpunktes über der Zeit sowie der Feld- und Netzposition wurden die Zeitpunkte der Ballkontakte (Annahme/Zuspiel/Angriff) und nach dem dritten Ballkontakt die Schlagrichtung (links, mitte, rechts),

Schlagtechnik (harter Angriffsschlag, Shot) und Länge (Vorderfeld/ Hinterfeld) geschätzt. Die Verfahren zur Bestimmung der Ballkontakte basierten auf einer Analyse der Steigung der x-Koordinate, dem Absolutwert der x-Koordinate sowie der Kurvensymmetrie vor und nach dem höchsten Punkt. Die Erfassung der Angriffstechniken erfolgte durch Analyse der Steigung der y-Koordinate ab dem Zeitpunkt des Angriffsschlages. Die der Schlagrichtung anhand der x-Koordinate.

Ergebnisse

Die Validierung der Algorithmen am Beispiel von Videoaufnahmen aus verschiedenen Kamerawinkeln und Berechnungsparametern durchgeführt. Je nach Angriffstechnik und Schlagrichtung weisen die Verfahren unterschiedliche Erkennungsleistung auf (siehe Tabelle).

Schlagrichtung	Schlagtechnik	Feld	Anzahl	Symmetrie 0	Symmetrie ±1	Symmetrie ±2	x-Koordinaten ±0	x-Koordinaten ±1	x-Koordinaten ±2	Steigung 0	Steigung ±1	Steigung ±2
-	-	-	51	21,57	49,02	68,63	11,76	54,90	68,63	21,57	33,33	37,25
L	-	-	25	36,00	44,00	64,00	8,00	64,00	72,00	24,00	36,00	36,00
M	-	-	10	10,00	40,00	50,00	10,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00
R	-	-	16	6,25	62,50	87,50	18,75	56,25	68,75	12,50	25,00	31,25
-	Smash	-	31	36,00	44,00	64,00	16,13	67,74	83,87	0	3,2	6,45
-	Shot	-	20	15,00	35,00	50,00	5,00	35,00	45,00	55,00	85,00	85,00
-	-	VF	26	30,77	57,69	76,92	7,69	53,85	65,38	26,92	30,77	34,62
-	-	HF	25	12,00	40,00	60,00	16,00	56,00	72,00	16,00	36,00	40,00

Tabelle 1: Erkennungsraten in Prozent; Schlagrichtung: links (L), rechts (R), mitte (M); Feld: Vorderfeld (VF), Hinterfeld (HF); Toleranz 0 (Frame genau erkannt), ±1/±2 (1/2 Frame(s) Unterschied)

Diskussion

Es wurde gezeigt, dass sich einzelne Spielelemente auch aus einfachen 2D-Koordinaten in brauchbarer Qualität schätzen lassen. Eine Nachkorrektur durch einen menschlichen Beobachter bleibt allerdings zumindest bei den verwendeten Verfahren notwendig. Ob die Verfahren zu einer echten Zeitersparnis bei der Erhebung von Spielbeobachtungsdaten führen, kann erst nach ihrer vollständigen Integration in ein Spielbeobachtungssystem überprüft werden. Die Ergebnisse stimmen allerdings optimistisch.

Literatur

- Chen, H.-T., Chen, H.-S., Hsiao, M.-H., Chen, Y.-W., & Lee, S.-Y. (Jan 2008). A Trajectory-Based Ball Tracking Framework with Enrichment for Broadcast Baseball Videos. *Journal of Information Science and Engineering (JISE)*, 24, (1), 143-157.
- Yan, F., Kostin, A., Christmas, W. & Kittler, J. (2006). A Novel Data Association Algorithm for Object Tracking in Clutter with Application to Tennis Video Analysis. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Volume 1 (CVPR'06)*, 2006, 634-641.
- Mauthner T., Koch C., Tilp M., & Bischof, H. (2007). Visual Tracking of Athletes in Beach Volleyball Using a Single Camera. *International Journal of Computer Science in Sports*, 6 (2), 21-35.
- .

Wissenschaftliches Komitee

Prof. Dr. Arnold Baca,
Universität Wien, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport

Prof. Dr. Edelmann-Nusser,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

Prof. Dr. Martin Lames,
Technische Universität München, Institut für Trainingswissenschaft

Dr. Daniel Link,
Technische Universität München, Institut für Trainingswissenschaft

Prof. Dr. Jürgen Perl,
Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Informatik

Prof. Dr. Veit Senner,
Technische Universität München, Fachgebiet für Sportgeräte und Materialien

Prof. Dr. Josef Wiemeyer,
Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

Autorenverzeichnis

Alt	36	Ganter	17, 167
Amma	55	Gawrilowicz	129
Andexer	167	Gehrig	52
Ata	88	Göbel	172
Austin	107	Gröben	85
Baca	135	Grunz	74
Bandow	155	Hailes	107
Bang	39	Harms.....	141
Bartlett	33, 42	Haar	36
Bartsch	85	Haßmann	129
Bauer	58	Heller	158
Baur	104	Hiller	65
Beetz	120, 126	Holleczek	147
Bichler	20	Hossen.....	88
Böcskör	138	Imhof	164
Brüggemann	76	Jaitner	39, 117
Burger, P.	29	Jedrusiak-Jung ...	76
Burger, R.	65	Kalra	107
Byshko	111	Kerner	71
Campe	17	Kerwin	107
Cheng	107	Kibebe	83
Cordes	123	Kliem	175
Dahmen	45, 161	Krozca	65
Dillmann	49	Krüger	17, 144, 167
Dietzel	76	Kühne	52
Do	49	Kuntze	107
Durus	126	Kusserow	141
Edelmann-Nusser	29, 144, 155,	Lamb	33, 42
	167	Lames	120, 123, 129,
Emmermacher	114		132
Endler	74, 152	Latton	17
Ennigkeit	164	Le	39
Faßbeck	85	Link	29, 129, 178
Fischer	49, 55		
Frohberg	90		

Mattes	23, 26	Schultz, T.	52, 55
McAlpine	144	Schulz, H.	90
Memmert	74, 76	Schwameder	49, 55, 58, 61
Münz	170	Seemann	58, 61
Nguyen	107	Siegle	120
Nitzsche	90	Sigrist	104
Nixdorf	164	Siles	120
Pachatz	20	Simonidis	58, 61
Perl	74, 76, 152	Stein	55, 58, 61
Ponleitner	129	Steiner	65
Potthast	76	Stöckl	132
Pulvermüller	170	Strohmann	141
Quintana Duque ..	101	Stroß	68
Rauter	104	Stucke	114
Riener	104	Tröster	141, 147
Robins	33, 42	Weinz	117
Roznawski	80	Wendel	97
Rüegg	147	Wiemeyer	68, 80, 164, 175
Rüsing	65	Winter	164
Schaffert	23, 26	Witte	17, 114, 167, 170
Schiedek	94	Wolf, P.	104
Schmidt	76	Wolf, St.	161
Schoeppe	65	Zaharanski	178
Schöberl.....	155		



Spender und Sponsoren



Techniker Krankenkasse
Gesund in die Zukunft.



**Carlo und Karin
Giersch-Stiftung**



Graduiertenkolleg Technische Universität Darmstadt



**Bundesinstitut
für Sportwissenschaft**
