

---

## **Simulative Untersuchungen zu effektiven Drehtechniken im Eiskunstlaufen**

Thomas Härtel <sup>1</sup>, Karin Knoll <sup>2</sup> & Peter Maißer <sup>1</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup> TU Chemnitz, Institut für Mechatronik e.V.

<sup>2</sup> Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT), Leipzig

### **1 Problem**

Basierend auf den Ergebnissen verschiedener Vorarbeiten zur Untersuchung der Stabilität bei schnellen Drehbewegungen von Sportlern in Flugphasen (Maißer & Jungnickel, 2000) und zum Einfluss von Elementarbewegungen auf den Gesamtbewegungsablauf (Maißer & Jungnickel, 2003) sollte ein neues Programmsystem für die Untersuchung effektiver Drehtechniken im Eiskunstlauf entwickelt werden. Wesentliche Voraussetzungen bildeten dabei das sportwissenschaftliche Potenzial des IAT (Knoll & Hildebrand, 1996; Hildebrand, 1997) und die Verwendung des am IfM entwickelten Simulationssystems *alaska* einschließlich der vorhandenen Modellierungs- und Methodenkompetenz (*alaska* 2005). Dabei wurden vom IAT die Anforderungen so definiert, dass eine anwendungsbezogene Systemlösung mittels moderner Methoden der Modellierung und Simulation aufgebaut und bei der Analyse der Technikvarianten im Einzel- und Paarlauf getestet werden sollte.

### **2 Modellierung und Verfahren**

Die Aufzeichnung der Bewegung von Athleten erfolgt durch mindestens zwei Videokameras, die entsprechend geschwenkt, gezoomt und geneigt werden können. Bei einer anschließenden Videoanalyse mit dem Programm *Simmess* (Drenk 1994) des IAT wird der zeitliche Verlauf der Raumkoordinaten von 22 Markerpunkten auf dem Körper des Athleten bestimmt.

Als Modell des Sportlers wird das am IfM entwickelte biomechanische Menschmodell *DYNAMICUS* verwendet. Dieses Modell besteht aus einer Bibliothek von Körpersegmenten inklusive aller notwendigen anthropometrischen Daten, den Gelenken mit Anschlüssen und Dämpfungen, Trägheitsdaten usw. (*DYNAMICUS* 2005).

Bei der Simulation mit der Methode „Dynamic Tracking“ wird das Modell des Eiskunstläufers durch visko-elastische Feder-Dämpfer-Elemente im Raum so bewegt, dass ein Nachführen der Körperpunkte zu den durch die Videoanalyse bestimmten Markerpunkten erfolgt.

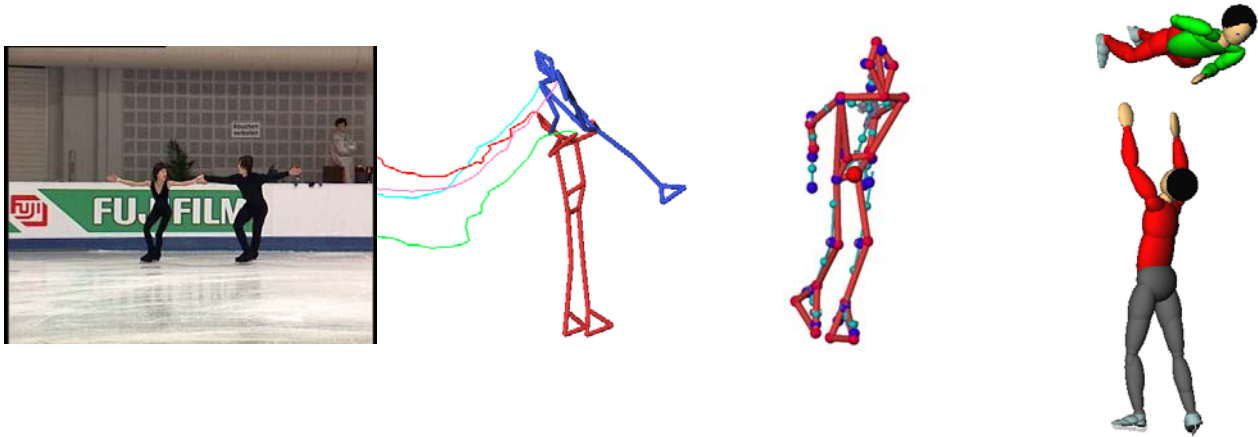


Abb. 1: Entwicklungsphasen zum Aufbau der Bewegungssimulation

Basierend auf dieser Referenzbewegung werden die bestmöglichen Anfangswerte der translatorischen Geschwindigkeit und die Winkelgeschwindigkeit des Beckens für die Freiflugphase durch multikriterielle Optimierung bestimmt. Bei der Gesamtsimulation erfolgt eine dynamische Steuerung der Gelenkwinkel auf die berechnete Referenzbewegung aus dem Dynamic Tracking. Bei der Vorbereitung des Sprunges und während der Landung wird auch die Bewegung im Raum dynamisch gesteuert, in der Freiflugphase wird nur die innere Bewegung des Menschmodells dynamisch gesteuert (dynamic control of underactuated systems).

### 3 Simulation

Alle Entwicklungsschritte zur Simulation der Gesamtbewegung erfolgen in einem einheitlichen Modell des Eiskunstläufers. Die Verarbeitung der Daten aus der Videoanalyse und Kopplung mit anderen Tools zur Optimierung und Datenausgabe für das Postprocessing basiert auf Schnittstellen, die einen direkten Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen Programmen ermöglichen.

Für den Einsatz des Simulationstools ist der Aufbau der Bedienoberfläche so gestaltet, dass die wesentlichen Komponenten dem Anwender übersichtlich zur Verfügung stehen. Die Konfiguration des Modells ist durch spezielle Dialoge möglich, in denen alle relevanten Eingabedaten entsprechend den Nutzeranforderungen enthalten sind. Mit der Kopplung von Animation, Kurvendarstellung und Zahlenwertausgabe kann schrittweise jede Bewegung genau analysiert werden. Für wichtige Zeitpunkte der Bewegung (z. B. Abflug der Partnerin) werden Systemparameter gespeichert und für weitere Berechnungen, wie z. B. die Flughöhe, verwendet. In der Animation können zusätzlich Markerspuren einzelner Körperpunkte und die Vektoren wichtiger physikalischer Größen wie Gesamt-

drehimpuls und die Winkelgeschwindigkeit des momentanen Hauptträgheitsachsensystems des Ganzkörpermodells dargestellt werden.

Durch den modularen Aufbau der Modelle ist es möglich, zwei oder mehrere Eiskunstläufer in einer Simulation direkt zu vergleichen. Dazu erfolgt eine zeitliche und räumliche Transformation derart, dass Zeitpunkt und Ort des jeweiligen Absprungs und die Flugrichtung übereinstimmen.

Neue Möglichkeiten zur Analyse der Sprünge und zum Verständnis von Ursache-Wirkungs-Beziehungen bestehen durch die Methode der Manipulation. Dabei werden in dem virtuellen Modell die Abflugparameter des Eiskunstläufers oder die Bewegungen einzelner Körperteile geändert und durch Simulation die Auswirkungen dieser Änderungen auf die gesamte Flugphase untersucht.

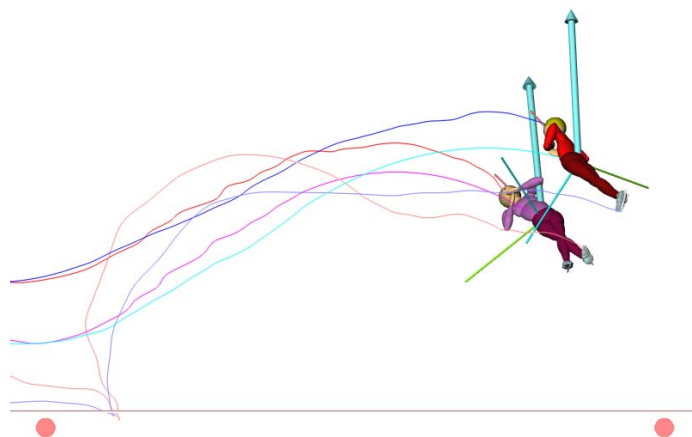


Abb. 2: Direkter ereignisbezogener Vergleich von Paarläuferinnen in einem Modell

## 4 Ergebnisse

Die Generierung und Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen basiert auf dreidimensionalen Bildanalysen von Bewegungsabläufen, der Interpretation biomechanischer Parameter und der Manipulation von Absolutwerten. Der direkte Vergleich der Bewegungen von Athleten mit internationalen Bestlösungen gestattet die Visualisierung von Unterschieden in der Sprungtechnik, und sie ermöglicht neue Erkenntnisse zur optimalen Sprungausführung. In einer Sprungdatenbank sind verschiedene Simulationen von Salchows, Toeloops als Einzelsprung bzw. in Kombinationen und Varianten des Wurflutz im Paarlauf enthalten. So gelingt es, mittels Simulation und eines anwendungsbezogenen Gesamtmodells Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufzudecken, effizient Untersuchungen vorhandener Sprünge vorzunehmen und zu bewerten (Härtel & Knoll, 2005a; Knoll & Härtel, 2005).

## 5 Diskussion

Die anwendungsbezogene Systemlösung für den Eiskunstlauf ermöglicht dem Trainingswissenschaftler, die komplexe Analyse vorhandener Sprünge mit Mehrfachdrehungen vorzunehmen und grundlegende Erkenntnisse für das Erlernen neuer Sprungelemente zu gewinnen. Der Einsatz des Simulationstools erfolgte in Zusammenarbeit mit Trainern und Aktiven der Meisterklasse im Einzel- und Paarlauf an den Trainingsstützpunkten Chemnitz, Erfurt und Berlin.

Weiterhin konnten wesentliche Erkenntnisse zu Technikleitbildern und -varianten bei Trainerschulungen der Deutschen Eislauf-Union vorgestellt werden. Erkenntnisse zur Methodik und zum Verfahren können auf andere technisch-kompositorische Sportarten übertragen werden (Härtel & Knoll, 2005b).



Abb. 3: Simulation von Gesamtsprüngen

## 6 Literaturverzeichnis

alaska 5.0 (2005). Benutzerhandbuch. Institut für Mechatronik e.V. Chemnitz

DYNAMICUS (2005). *Modellierung und Simulation von mehrkörperdynamischen Menschmodellen*. Referenz- und Benutzerhandbuch. Institut für Mechatronik e.V. Chemnitz

Drenk, V. (1994). *Photogrammetric evaluations procedures for pannable and tiltable cameras of variable focal length* (Proceedings of the XII International Symposium on Biomechanics in Sports, pp. 27-30). Budapest-Siofok.

Hildebrand, F. (1997). Eine biomechanische Analyse der Drehbewegungen des menschlichen Körpers (Schriftenreihe zur Angewandten Trainingswissenschaft, Band 1). Aachen: Meyer & Meyer.

Härtel, Th. & Knoll, Ka. (2005a). *Untersuchung von Drehtechniken im Eiskunstlauf mittels einer anwendungsbezogenen alaska 5.0-Systemlösung* (Tagungsband alaska-Anwendertreffen). Augustusburg.

- Härtel, Th. & Knoll, Ka. (2005b). *Eine spezielle Anwendung von alaska für Untersuchung von Drehtechniken im Eiskunstlauf* (Tagungsunterlagen 7. Frühjahrsschule Informations- und Kommunikationstechnologien in der Angewandten Trainingswissenschaft).
- Knoll, Ka. & Hildebrand, F. (1996). Angular momentum in jumps with rotations on the longitudinal axis in figure skating - 3D-analysis and computer simulation. In J. Abrantes (Ed.), *Proceedings of the XIV ISBS Symposium* (pp. 196-199). Lissabon: Edicoes FMH.
- Knoll, Ka. & Härtel, Th. (2005). Biomechanical Conditions for Stabilizing Quadruple Figure Skating Jumps as a Process of Optimization. In Q. Wang (Ed.), *Proceedings of XXIII. International Symposium on Biomechanis in Sports* (Vol. 1, pp. 134-137) Beijing: The People Sport Press.
- Maißer, P. & Jungnickel, U. (2000). Stabilität schneller Drehbewegungen von Sportlern in Freiflugphasen. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp Jahrbuch 2000*. Bonn: BISp, 195-224.
- Maißer, P. & Jungnickel, U. (2003). *Einfluss von Elementarbewegungen auf den Gesamtbewegungsablauf*. Abschlussbericht zum BISp-Projekt. IfM-Report 04/2003

