
Bob-Fahrsimulator: Ein Programm zur Simulation von Fahrten gesteuerter Bobschlitten auf realen Wettkampfbahnen

Gisbert Eule

1 Vorbemerkung

Der Spitzensport lebt von Höchstleistungen, die es zu erbringen gilt, will man im nationalen oder internationalen Leistungsvergleich bestehen. In den letzten Jahren haben sich verstärkt durch die technischen Weiterentwicklungen auch Computersimulationen der grundlegenden Bewegungsabläufe der Sportler oder auch Eigenschaften der weiterentwickelten und eingesetzten Sportgeräte als sehr hilfreich erwiesen. Solche Computersimulationen dienen sowohl der Optimierung von Bewegungsabläufen, der gefahrlosen Erprobung von unbekanntem und nicht immer vorhersehbaren Situationen, als auch der Kostenreduzierung im Trainingsbetrieb, der weiteren Entwicklung der Geräte sowie der Unterstützung in der Trainingsdiagnostik.

Im hier dargestellten und beschriebenen Forschungsprojekt galt es zu untersuchen, ob bei Kenntnis realer Bobbahndaten mit Hilfe eines Simulationsmodells Aufschlüsse über günstige Fahrspuren und über die hierfür notwendigen Lenkaktivitäten zu erhalten sind, die im bahntypischen Training der Bobpiloten in simulierter Form eingesetzt werden können.

Voraussetzung für die Entwicklung einer solchen Computersimulation ist eine „möglichst genaue mathematische Modellierung der Bewegungsabläufe, um exakte Aussagen im Grenzleistungsbereich treffen zu können. Andererseits sind besonders im Sport so komplexe Situationen zu beschreiben, dass zwingend Vereinfachungen vorzunehmen sind, die aber die Zuverlässigkeit der Simulationsergebnisse nicht beeinträchtigen dürfen.“ (Vgl. MAIBER 1998)

Im Bobsport bestehen enge Wechselwirkungen zwischen den motorischen Bewegungsabläufen der Sportler und den rein physikalischen Bewegungen des Bobschlittens. Um die Bewegung eines Bobschlittens mathematisch formulieren zu können, müssen geeignete Beschreibungen sowohl für das aktive Verhalten des Piloten als auch für Schlitten und Bahnen gefunden werden.

Die Grundprobleme für eine Computersimulation lagen:

- in der Approximation realer Bobbahnen (bzw. Abschnitte davon) mittels zweifach gekrümmter glatter Flächenstücke, die in analytisch geschlossener Form angegeben werden können oder aus Bahnvermessungs- bzw. Konstruktionsdaten ermittelbar sind;

- in der Beschreibung der Dynamik einer steuerbaren Kufe auf einer solchen Fläche und die zweckmäßige numerische Integration der entsprechenden Modellgleichungen;
- in der Berücksichtigung von Lenkaktivitäten auf der Grundlage eines Zweikufen-Modells für den Bobschlitten;
- in einer ansprechend echtzeitnahen Animation der simulierten Fahrt, die dem Sportler eine Identifikation der Bahn ermöglicht;
- in der Bereitstellung von trainingsrelevanten Auswertungsmöglichkeiten und
- in der weitestgehenden Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit realen Phasen. (Vgl. Aufgabenkatalog und Zielvorstellungen der Projektanträge von Professor Maißer in den Jahren 1992 bis 1998)

Zur Lösung der vorgenannten Grundprobleme wurde in den Jahren 1992 bis 1998 durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) ein vom Deutschen Bob- und Schlittensportverband befürwortetes Vorhaben zum o.g. Thema gefördert. Forschungsnehmer war Professor Maißer vom Institut für Mechatronik e.V. an der Technischen Universität Chemnitz.

Ursprünglich war vorgesehen, dem Trainer ein einfaches Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, mit dem er Hinweise für das optimale Fahrverhalten vorerst an ausgewählten Schwerpunkten einiger Bahnen erarbeiten kann. Nach dem sich erste Lernerfolge gezeigt hatten, bestand seitens der Sportler der Wunsch, ein Werkzeug zur Verfügung zu haben, mit dem es möglich ist, aktiv gesteuerte Fahrten auf kompletten Wettkampfbahnen in Echtzeit zu simulieren. Insbesondere sollte es dann möglich sein, Trainingszeiten auch in die Sommersaison zu legen, ohne dass Bobbahnen unter großem Aufwand vereist werden müssen. Zusätzlich verringert sich das Unfall- bzw. Verletzungsrisiko besonders bei jungen unerfahrenen Piloten, wenn sie auf unbekanntem Bahnen fahren sollen.

Die Lösung dieser Aufgabe erstreckte sich wesentlich auf folgende sechs Bereiche (vgl. MAIBER 1998):

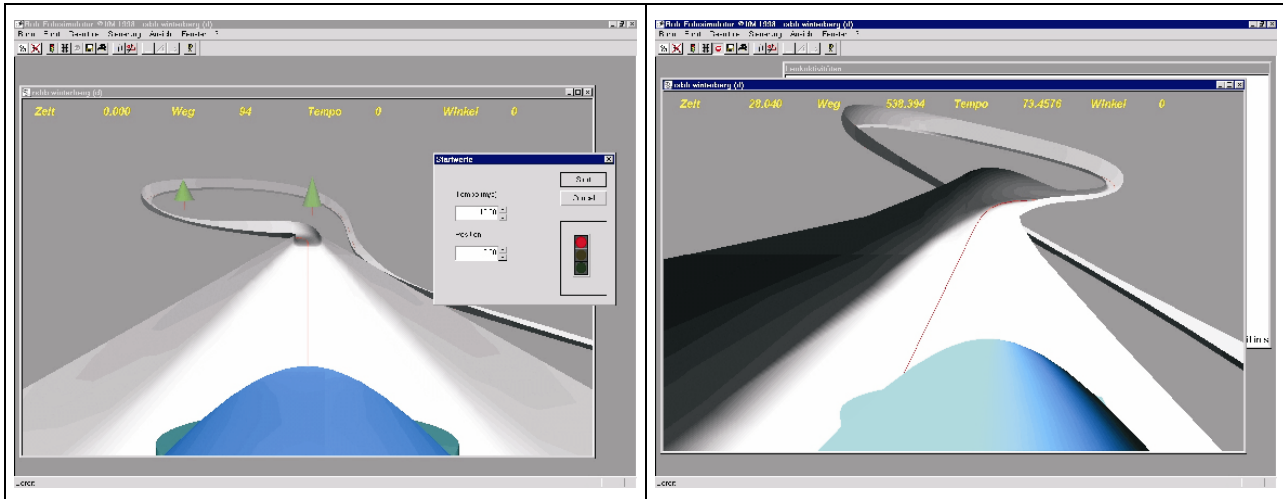
- das mathematisch-physikalische Modell als Kern der Simulation;
- die Online-Steuerung;
- die Modellierung einer realen Bahn und deren Approximation;
- die Visualisierung der Simulationsergebnisse;
- die Echtzeit-Steuerung des Gesamtsystems;
- die Validierung.

2 Projektetappen

Aufbauend auf einer von Professor Maißer erarbeiteten Studie zum Fahrverhalten von Bobschlitten, entstand 1991 die Idee, die Ergebnisse in einem Computerprogramm

umzusetzen mit dem Ziel, dieses Programm zu einem umfassenden Simulationswerkzeug zu erweitern. Zu Beginn der Förderung durch das BISp konnte an Hand einfacher Modellrechnungen mit einem ersten Kufen-Modell für den Bob und idealisierten Bahnabschnitten der Beweis erbracht werden, dass die Simulationsaufgabe mit einem gewöhnlichen Personalcomputer zu lösen ist. Daraufhin wurde im zweiten Förderjahr eine einfache Online-Steuerung mittels der Computertastatur realisiert und die Simulationsergebnisse konnten als Fahrspuren in den Bahnabschnitten animiert werden. Im Hinblick auf die Einbeziehung von realen Wettkampfbahnabschnitten konnten 1993 erstmals Originalvermessungsdaten von ausgewählten Abschnitten der Bahnen La Plagne bzw. Konstruktionsdaten von Teilen der Bahn in Lillehammer in approximierter Form für die Simulation genutzt werden. Durch entsprechende Erweiterung des Online-Steuermodells gelang es, die Simulation der Bobfahrten und die Animation der entsprechenden Fahrspuren in Echtzeitnähe zu bewältigen. Als diese Form des Simulators geschaffen wurde und auch davon ausgegangen wurde konnte, dass dieser Simulator in naher Zukunft für das Training der Bobpiloten Verwendung finden könnte entstand vor allem bei den Sportlern zuerst der Wunsch nach einer Visualisierung der Simulation aus Sicht der Bobpiloten, anschließend die Frage nach der Einbeziehung kompletter Bahnen in das Simulationsprogramm sowie der Hinweis auf einen realistischeren Lenkmechanismus. Diese Vorstellungen konnten in den Jahren 1994 und 1995 realisiert werden.

Die Anbindung eines realistischen Lenkmechanismus an den Simulator war leicht möglich, nachdem der Verband eine Tracking-Einrichtung zur Verfügung gestellt hatte. Bei der Visualisierung der Simulation nach der Einbeziehung kompletter Bahnen in das Programm ergaben sich einige Probleme. Durch die komplette Umstellung der Bahnapproximation gelang eine ausreichend glatte Modellierung aller Bahnen in ihrer Gesamtheit. Nach Anpassung des vorhandenen Datenmaterials an diesen Standard für die beiden deutschen Bahnen in Winterberg und Altenberg konnte das Teilprojekt Bahndatenerzeugung zum Abschluss gebracht werden.



Die echtzeitnahe Simulation und Animation stellte sich als weitere Schwierigkeit heraus. Dies lag vor allem an den nicht ausreichend leistungsfähigen hard- und software-technischen Voraussetzungen. Anfang 1996 ließ jedoch eine umfassende Analyse des aktuellen Entwicklungsstandes von PC-Technik und Grafik-Software es realistisch erscheinen, dass – aufbauend auf den Forschungsergebnissen der Vorjahre – ein radikaler Wechsel der Hard- und Software-Plattform eine zufriedenstellende Lösung des Simulations- und Animationsaufgaben ermöglichte. So wurde in den Jahren 1996 und 1997 mit einer neuen Zielstellung die Produktion eines funktionstüchtigen Prototyps realisiert.

Dazu musste das Tracking-System mit echtzeitfähiger Grafik-Hardware so gekoppelt werden, dass die Lenkaktivitäten des Systems online, d.h. ohne Zeitverzug von der Grafik-Hardware verarbeitet werden konnte. Auf diesem System wurde eine Version der Software ‚Bobfahrsimulator‘ implementiert, wodurch eine Echtzeitsimulation für die Daten der Bahn in Winterberg ermöglicht werden konnte. Das Ergebnis wurde im Mai 1997 im BISp der Öffentlichkeit vorgestellt.

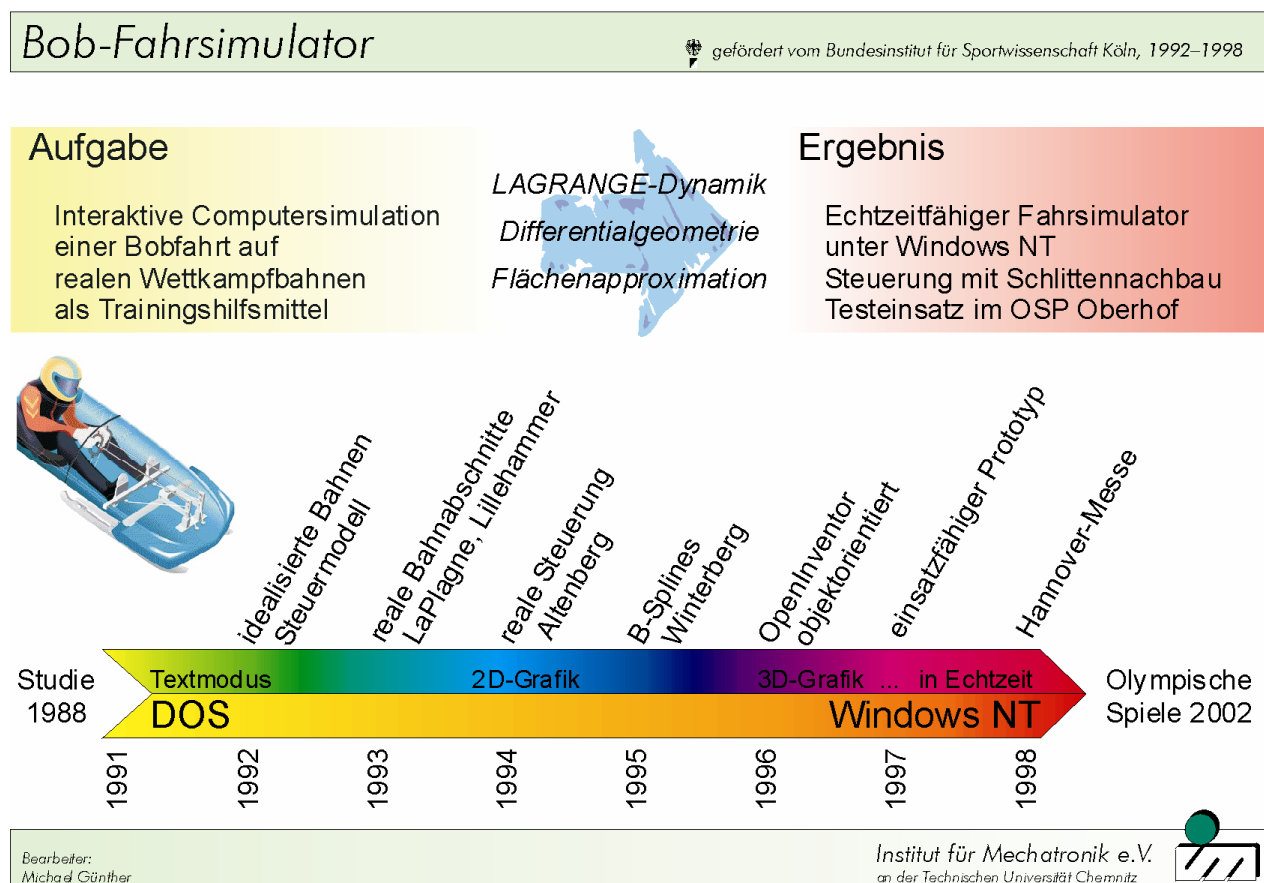
Schwerpunkt der Arbeiten im letzten Förderjahr 1998 war die Vervollkommnung des Steuermodells. Numerische Instabilitäten konnten durch Berücksichtigung geschwindigkeits- und kraftabhängiger Feedback-Faktoren, die dem subjektiven Empfinden der Piloten entsprechen, zufriedenstellend beseitigt werden.

Somit konnte das Programm gleichzeitig auf einen ersten Praxiseinsatz vorbereitet werden. So wurde der erste Prototyp eines Bobfahrsimulators im Sommer 1998 im Olympiastützpunkt (OSP) Oberhof zu Testzwecken und zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse in das Trainingsprogramm des Deutschen Bob- und Schlittensportverbandes übernommen. In Auswertung dieser Erprobung durch erfahrene Athleten erfolgten mehrere Anpassungen und Veränderungen, die für den realen Trainingsbetrieb von

Bedeutung sein werden. Davon betroffen sind im Wesentlichen die konkrete Gestaltung der grafischen Oberfläche, Fragen der Robustheit und Bedienungssicherheit sowie die Einbeziehung von Auswertungsfunktionalität.

3 Umsetzung der Ergebnisse

Schon während des Praxistests des Fahrsimulators im Olympiastützpunkt Oberhof im Sommer 1998 konnten bereits einige Anforderungen, die direkt aus der täglichen Nutzung entstanden, formuliert werden. Insbesondere gehörten hierzu Forderungen nach erweiterten individuellen Einstell- und Auswertungsmöglichkeiten, Druckfunktionen, Anpassungsroutinen und das Fahrverhalten bei Bandenkontakten. Einige dieser Anforderungen konnten bereits umgesetzt werden.



Zur individuellen Einstellung des Kontinuums der Steuerungseinflüsse wurde ein einfacher Dialog mit sogenannten Schieberegler implementiert. Die Einstellung der Regler erfolgte in einem neutralen Bereich im Sinne von hart bis träge. Die Positionierung der Kamera, die zu Grunde gelegten Öffnungs- und Blickwinkel und die Blickrichtung wurden den Empfehlungen der Piloten entsprechend modifiziert. Jedoch muss das Ergebnis als Kompromiss verstanden werden, da die Sichtweiten insgesamt stark subjektiv variieren. Exakte Anpassungen lassen sich nur durch Video-Mitschnitte von Echtfahren

mit einer Helmkamera durchführen. In einem ersten Erfahrungsbericht aus dem Praxistest des OSPs Oberhof ist festgehalten, dass sich der Fahrsimulator Bob als ein Trainingsgerät erweist, an dem koordinative Fähigkeiten trainiert werden können. Durch die Simulation der Durchfahrten der Bahnen von Winterberg und Altenberg mit aktiver Beeinflussung durch die lenkaktiven Sportler, werden die Reaktionsfähigkeit, fallmotorische Fähigkeiten (Auge, Hand), Antizipation sowie Anpassungs- und Umstellungsfähigkeiten trainiert. Die Darstellung der Bahndurchfahrt aus der Sicht der Bobpiloten gibt den Sportlern die Möglichkeit, sich mit dem Charakter einer Bobbahn (Kurvenfolge, Kurvendimensionen und Kurvenrhythmus) schon in der Zeit der Nichtvereisung der Bobbahnen auseinanderzusetzen und vertraut zu machen und somit den gesamten Fahrhythmus zu erlernen. Für eine umfassendere Nutzung des Systems, vor allem im Nachwuchsbereich, sollte das zur Verfügung stehende Bahndatenmaterial (derzeit nur Winterberg und Altenberg) jedoch erweitert werden. Dabei sollten nach Auffassung des deutschen Bob- und Schlittensportverbandes nicht nur die deutschen Bahnen berücksichtigt werden, sondern es wäre auch wünschenswert, verwertbares Datenmaterial für die Bahn in Salt Lake City, auf der die Olympischen Wettkämpfe 2002 ausgetragen werden, zu erhalten. In diesem Zusammenhang sollte auch untersucht werden, in welchem Umfang Umgebungs- und Geländeinformationen mit berücksichtigt werden können, da diese Informationen laut Aussagen der Bobpiloten für subjektives Empfinden von großer Wichtigkeit sind. In Absprache mit schon erfahrenen Bobpiloten ist eine ständige Vervollkommnung der Fahrsimulation, zu den Realbedingungen des Bobfahrens, notwendig.

Insgesamt stellt der Fahrsimulator eine sinnvolle Ergänzung im Bereich des psychomotorisch-koordinativen Trainings dar. Subjektive Erfahrungen von Sportlern und Trainern werden mit den programmtechnischen Möglichkeiten, aber auch mit den trainingsmethodischen Anforderungen abgestimmt.

Quelle:

MAIßER, P.: Entwicklung trainingswirksamer Software zur Simulation gesteuerter Bobfahrten auf wirklichkeitsnahen Modellen beliebiger Bobbahnen. Unveröffentl. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt des BISp. Chemnitz 1998