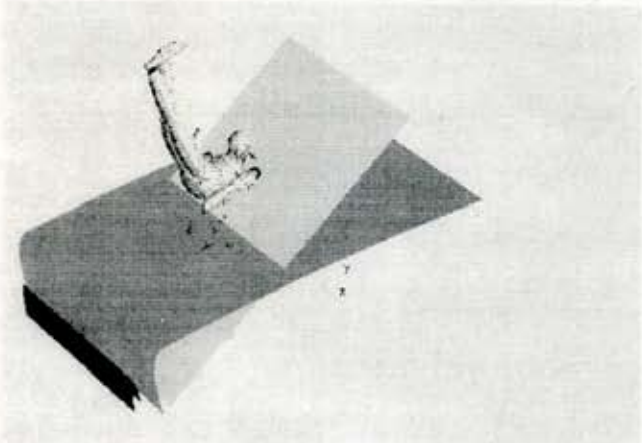
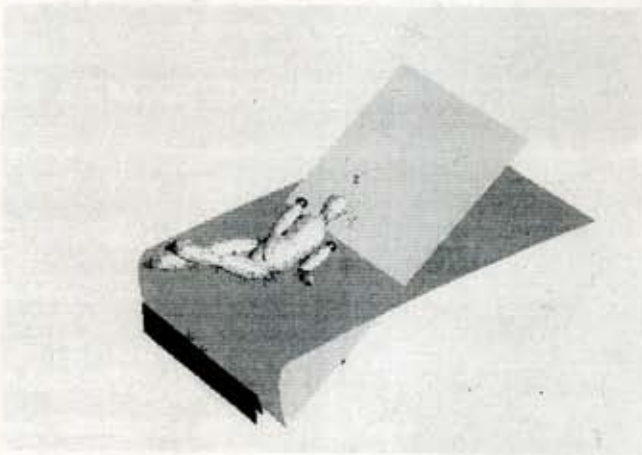
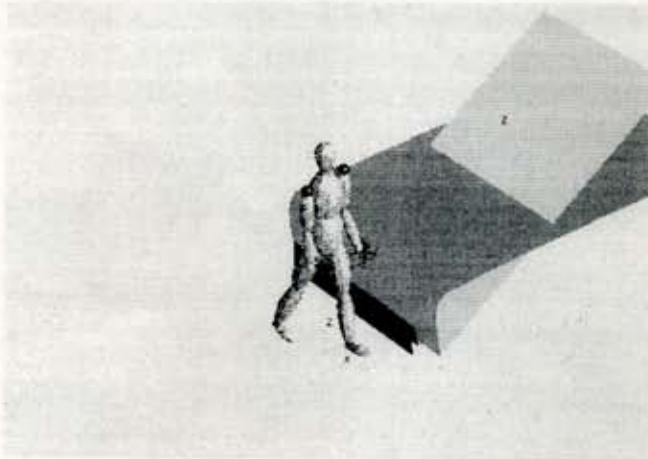


Unfallsimulation PKW-Mensch

Ein mit SIMPACK in der biomechanischen Abteilung des astrophysikalischen Instituts der Universität Tübingen entwickeltes Pkw-Fußgänger-Kollisionsmodell wurde für die Simulation von drei verschiedenen Unfällen eingesetzt, bei denen Menschen von Autos erfaßt wurden. Bei einem Unfall wurde der Fußgänger frontal angefahren, und bei zwei weiteren seitlich (von rechts bzw. von links). Die dokumentierten Fälle stammen vom Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München [1] und wurden im Rahmen einer Dissertation mit dem Ziel, biomechanische Toleranzwerte für das menschliche Gehirn zu ermitteln, analysiert. Die Simulationsergebnisse wurden mit den Daten der Unfallrekonstruktion verglichen.

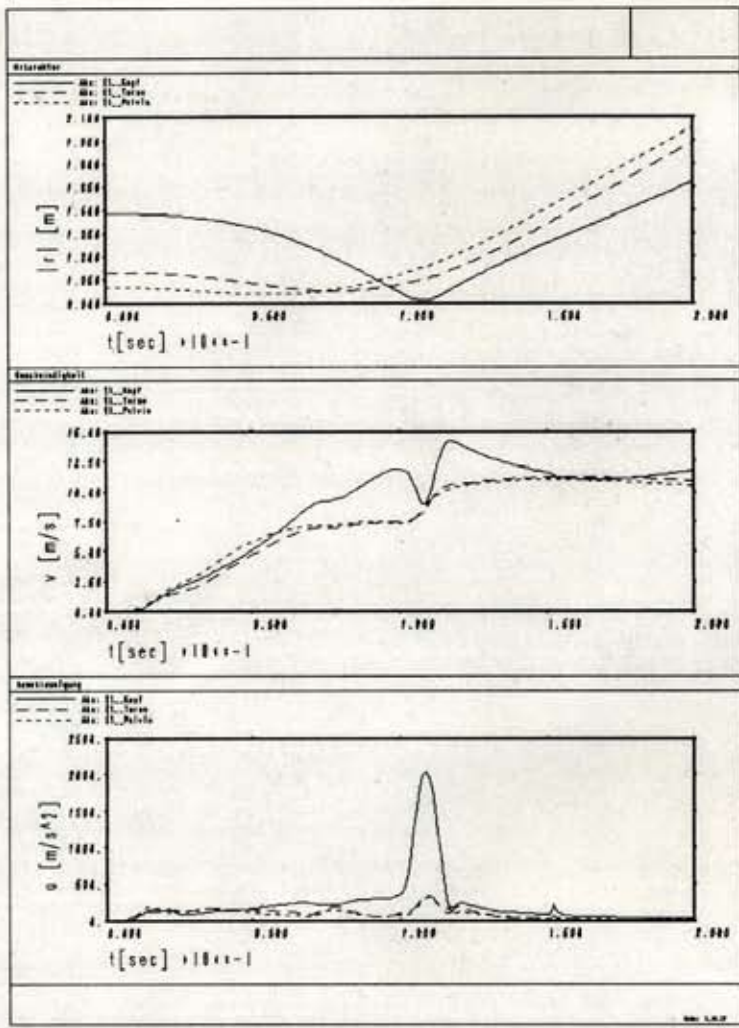
Dipl. Phys. Oana Schützler, Prof. Dr. Hanns Ruder, Institut für Astronomie und Astrophysik der Eberhard-Karls-Universität Tübingen



Modell für PKW und Mensch

Für die Unfallsimulationen wurde je ein Fußgängermodell entwickelt, das die anthropometrischen Daten des Unfallopfers aufweist. Das Programm *CALCMAN 3D*, entwickelt im Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen, liefert basierend auf Regressionsgleichungen der NASA [4] die entsprechenden Parameter. Das dreidimensionale SIMPACK-Mehrkörpermodell des Fußgängers wurde als kinematische Kette aus dreizehn Gliedern konzipiert: Rumpf, bestehend aus zwei Segmenten (Unterleib und Oberkörper), Kopf und Hals, die in einem Segment zusammengefaßt sind, linker und rechter Oberschenkel, linker und rechter Unterschenkel, zwei Füße, linker und rechter Oberarm und linker und rechter Unterarm. Die Modellglieder wurden mittels Scharnier- und Kugelgelenken miteinander verkoppelt. Für jedes Gelenk wurden Drehmomente definiert, die proportional zu Gelenkwinkel und Gelenkwinkelgeschwindigkeit sind. Für Ellbogen- und Kniegelenke wurden Anschlagmomente verwendet, die eine Bewegung des Segments nur im vorgegebenen Winkelbe-

reich erlauben. Einer der wichtigsten Aspekte und gleichzeitig die Schlüsseltechnologie bei der Computersimulation von Fußgängerunfällen ist die Kontaktmodellierung bei Pkw-Fußgänger-Kollisionen. Die Kontakte zwischen der Pkw-Oberfläche und den einzelnen Fußgängergliedern werden mit Hilfe von Referenzsystemen hergestellt, die sich auf definierten Kontaktflächen tangential bewegen und zwar so, daß die Normalen zusammenfallen. Die Kontaktflächen und die zugehörigen Kontaktreferenzsysteme sind paarweise definiert (z.B. Oberschenkel links - Motorhaube, Kopf - Windschutzscheibe). Zwischen den auf den Kontaktflächen bewegten Referenzsystemen werden Kontaktkräfte definiert. Die Lage der Kontaktreferenzsysteme auf den zugehörigen Kontaktflächen ist durch Koordinatenpaare gegeben. Auf diese Weise lassen sich die Kontaktstellen auf der Pkw-Fläche und am Fußgänger genau bestimmen und können mit den Daten der Unfallrekonstruktion verglichen werden. Für die Fußgängergeometrie werden elf geschlossene Kontaktflächen definiert, d.h. eine für jedes Modellglied, ausgenommen die Füße.



Für die Frontgeometrie werden drei Kontaktflächen benutzt: Stoßstange, Motorhaube, Windschutzscheibe. Beim Anfahren von hinten genügen Kontakte zwischen den Fußgängergliedern und der Pkw-Front, bei den seitlichen Kollisionen werden zudem Kontakte zwischen verschiedenen Fußgängergliedern miteinander benötigt, um das gegenseitige sich Durchdringen beispielsweise der Beine des Fußgängers zu vermeiden.

Die Simulationen

Stellvertretend für alle durchgeführten Rechnungen sind in Abbildung 1 einige Sequenzen einer Unfallsimulation (Fall 15, Ordnungsnummer 2-15/5, Institut für Rechtsmedizin der Universität München) zu sehen. Der Fußgänger wurde von seitlich links erfaßt, die Kollisionsgeschwindigkeit war 13,88 m/s. Die Zeitverläufe der absoluten Werte der Ortsvektoren (oben), der ab-

soluten Werte der translatorischen Geschwindigkeiten (Mitte) und der translatorischen Beschleunigungen (unten) des Kopfes, Oberkörpers und Unterleibes sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die Kontaktstellen zwischen Pkw und Fußgänger sind in der Simulation gut reproduziert. Die von der Simulation gelieferten Werte für die Kopfbeschleunigungen sind realistisch und stimmen gut mit den in der Rekonstruktion berechneten Werten überein.

Höhere Genauigkeit - noch mehr Aussagekraft

Eine zukünftige Aufgabe wäre die Kombination der SIMPACK-Mehrkörpersimulation des Pkw-Fußgänger-Unfalls mit einem dreidimensionalen Finite-Elemente-Modell des menschlichen Kopfes. Das Finite-Elemente-Modell basiert auf Computertomographie- (CT-) Daten eines Menschen [2] und wird von C. Götz in Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Großprojektes "Neurotrauma und neurologische Rehabilitation" entwickelt [3]. Die Methode der finiten Elemente ermöglicht die Bestimmung von lokalen Drücken und Druckgradienten im Gehirn sowie die Berechnung der lokalen Deformationen. Eine Verknüpfung des MKS-Kollisionsmodells mit dem Finite-Elemente-Modell des Kopfes ist die ideale Lösung für die Simulation des Unfallablaufes.

[1] C.H. Auer: *Analyse von Pkw-Fußgängerunfällen zur Beurteilung der Kopfbelastung bei morphologisch nachweisbaren Schädel-Hirn-Traumen*, Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München, 1994

[2] Ch. Götz, Th. Rosemeier, O. Schützler, H. Ruder: *From the computer tomographical images to the Finite Element Model of the human brain - a simulation of neurotrauma caused by pedestrian accidents*, Forschungsverbund Wissenschaftliches Rechnen in Baden-Württemberg, Stuttgart, 4.2.1997.

[3] Ch. Götz, J. Subke, H.-D. Wehner, H. Ruder: *Simulierte Kopfverletzungen*, Vortrag auf der 76. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, Jena, 24.9.1997.

[4] NASA Reference Publication: *Anthropometric Source Book*, Tech. Rep. 1024, NASA Scientific and Technical Information Office, Springfield, July 1978.