

Zwischen Realität und Virtualität

Das neue An-Institut für Mechatronik und die TU Chemnitz bringen Bewegung in den Computer

Als bei den Olympischen Spielen in Vancouver im Februar 2010 die Skispringer abgehoben sind und die Eiskunstläufer zum Sprung angesetzt haben, steckte hinter ihrer sportlichen Leistung auch eine Menge Wissenschaft. Forscher des Chemnitzer Instituts für Mechatronik e. V. entwickeln Simulationssoftware, die Trainingswissenschaftler auf der Suche nach dem optimalen Absprung sowohl für Skispringer als auch für Eiskunstläufer unterstützt. Als An-Institut der TU Chemnitz vertieft das Institut für Mechatronik nun seine Zusammenarbeit mit der Universität in

Forschung und Lehre, vor allem mit der Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung. Kooperationen bestehen bereits seit vielen Jahren mit Informatikern, Maschinenbauern und Sportwissenschaftlern der TU.

Die folgenden Seiten geben einen Überblick über das Institut für Mechatronik, die Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung sowie aktuelle Forschungsprojekte in den beiden Schwerpunkten "Biomechanik" sowie "Lastberechnungen". Und sie zeigen, warum das Zentrum von Alaska in Chemnitz liegt.

Informatik und Simulation - eine starke Allianz

Bei der Entwicklung eines Produktes sind häufig die dynamischen Eigenschaften qualitätsbestimmend. Diese lassen sich vorab mit Computerprogrammen simulieren, wodurch nicht nur Entwicklungszeit, sondern auch Kosten gespart werden. Gegenstand der Dynamiksimulation sind mechanische Bewegungen und die durch sie hervorgerufenen oder zu ihrer Erzeugung notwendigen Kräfte. Forschung und Entwicklung für die Dynamiksimulation mechatronischer und biomechanischer Systeme bestimmen das Profil des Instituts für Mechatronik e. V. (IfM). Dabei ergeben sich deutliche Bezüge zur Informatik, vor allem bei der Algorithmenentwicklung, beim Engineering großer Softwaresysteme, die über einen langen Zeitraum weiterentwickelt und gepflegt werden müssen, beim Entwurf von Benutzeroberflächen, der Entwicklung technischer Voraussetzungen für effiziente Spezialsimulatoren, der Bewegungserfassung und -verarbeitung in Mensch-Maschine-Systemen sowie bei der Visualisierung von Messdaten und Simulationsergebnissen.

Durch die Allianz mit dem IfM wird das Forschungsspektrum der Fakultät für Informatik erweitert und ihre institutionelle Basis gestärkt. Mit dem IfM erhält die Fakultät einen in der Praxis erfolgreichen Referenzpunkt, der die bundesweite Sichtbarkeit der Fakultät, insbesondere im industriellen Umfeld, aber auch in speziellen Forschungsgebieten, verstärkt. Eine Reihe industrieller Kooperationspartner der Fakultät sind gleichzeitig Kunden des

IfM, zum Beispiel BMW und Volkswagen. Das IfM besitzt darüber hinaus eine hohe Reputation bei Fördermittelgebern wie dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, die sich in der häufigen Nachfrage von Gutachten beim IfM und der Bewilligung von Projektanträgen darstellen.

Das IfM profitiert von der Kooperation insbesondere durch die nach außen sichtbare Stärkung der Informatikkompetenz und durch Kontakte zu Spezialgebieten der Informatik. Außerdem kann es einen schnellen Technologietransfer nutzen, der durch die Integration neuer Methoden der Informatik entsteht, etwa bei Visualisierung, Softwareengineering, Hardware/Software Codesign und paralleler Programmierung.

Insgesamt ist zu erwarten, dass die Nutzung gemeinsamer Kontakte, methodischer Synergien und inhaltlicher Ergänzungen die Möglichkeiten zur Einwerbung von Forschungsprojekten deutlich steigert. Die Zusammenarbeit zwischen dem IfM und der TU Chemnitz wird durch den Direktor koordiniert. Seine Aufgabe besteht vor allem darin, Konzepte für die strategische Weiterentwicklung des Instituts unter gezielter Berücksichtigung der Kompetenzen der Fakultät für Informatik zu entwickeln.

Das IfM verfügt über hervorragende mathematische Kompetenz in der Dynamiksimulation von Mehrkörpersystemen. Mit der Anbindung als An-Institut der TU Chemnitz bietet sich die Möglichkeit, diese Kompetenz in die Entwicklung innovativer



Softwareprodukte einfließen zu lassen. Erhebliches Potenzial besteht in der Virtualen Realität (VR). Virtuelle Umgebungen wirken erst dann realitätsnah, wenn die dort vorhandenen Objekte - etwa Menschen, Maschinen und Autos - sich wie reale Objekte verhalten. Hierzu ist es nötig, die Dynamik der Objekte unter Echtzeitanforderungen zu simulieren. Durch die Integration hocheffizienter Simulationswerkzeuge und moderner Visualisierungssoftware lässt sich eine neue Generation von VR-Systemen begründen, die eine nie dagewesene Realitätsnähe besitzen.

Prof. Dr. Guido Brunnett, Inhaber der Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung sowie Direktor des An-Instituts für Mechatronik

Die Platte ist virtuell, der Gegner ist simuliert, der Informatikprofessor ist echt: Prof. Dr. Guido Brunnett im Duell mit einem Menschmodell
Foto: Christian Schenk

Für den schnelleren Schritt aus der Theorie in die Praxis

Partnerschaft in Forschung und Lehre: Institut für Mechatronik e. V. ist neues An-Institut der TU Chemnitz

(K7) Seit dem 24. Februar 2010 vertieft das Institut für Mechatronik e. V. (IfM) als An-Institut der TU Chemnitz seine Zusammenarbeit mit der Universität - Grundlagen- und anwendungsorientierte For-

matikern, Maschinenbauern sowie Sportwissenschaftlern der TU. Gemeinsam mit der Professur Technische Informatik arbeitet das IfM beispielsweise an einer Technologie zur Muskelleistungsver-

stärkung. Diese unterstützt Rollstuhlfahrer in schwierigem Gelände und an Steigungen. Im "Europäischen Jahr der Menschen mit Behinderung 2003" fand diese Entwicklung bei Rehabilitationstechnik-Firmen im In- und Ausland große Beachtung, zudem wurden die Forscher damals "Sachsen Asse". "Auch aktuell gibt es wieder verstärk-

tes Interesse an dem Thema und es laufen neue Projekte an", berichtet IfM-Mitarbeiter Thomas Härtel. Im Auftrag der Otto Bock HealthCare GmbH übertragen die Wissenschaftler derzeit ihren Prototypen auf einen modernen Rollstuhl - wenn sich das Ergebnis bewährt, könnte daraus ein Entwicklungsprojekt entstehen. Mit der Professur Maschinenelemente kooperiert das IfM bei der Entwicklung von Antriebssystemen. Die Professur entwickelt beispielsweise ein Hybridgetriebe (Abbildung rechts) für den asiatischen Markt - das IfM kümmert sich um die Auslegung der mechatronischen Steuereinheit mit allen angrenzenden Bauteilen. Die Hybridtechnik verbindet in Autos den konventionellen Verbrennungsmotor mit einem elektrischen Antrieb, wodurch der Schadstoff-

Sie besiegelten die künftige Zusammenarbeit: TU-Rektor Prof. Dr. Klaus-Jürgen Matthes, Prof. Dr. Guido Brunnett und Dr. Albrecht Keil (v.l.)
Foto:
Mario Steinebach

schung werden so noch stärker verknüpft und Erkenntnisse aus der Theorie schneller in die Praxis überführt. Besondere Synergien bestehen zwischen dem IfM und der Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung, deren Inhaber Prof. Dr. Guido Brunnett seit Oktober 2009 Direktor des IfM ist. Bereits in der Vergangenheit gab es Kooperationen zwischen dieser Professur und dem Institut, so etwa im Projekt eMAN, in dem die Forscher gemeinsam mit der Professur Arbeitswissenschaft und dem Chemnitzer Unternehmen imk automotive GmbH Modelle zur Simulation menschlicher Bewegungen für die Digitale Fabrik entwickeln. Die Bewegungen, die das Menschmodell liefert, nutzen die Wissenschaftler hauptsächlich, um zu prüfen, ob die geplanten Tätigkeiten von einem Werker tatsächlich ausgeführt werden können und ob der zeitliche Ablauf realistisch ist. Auch Ergonomie und Arbeitsschutz werden geprüft. Das Fernziel dieses Projektes ist die Ergänzung vorhandener Planungssysteme um Werkzeuge zur effizienten Planung und Visualisierung menschlicher Arbeitsvorgänge.

Kooperationen bestehen seit längerem auch zwischen dem IfM und weiteren In-

formatikern, Maschinenbauern sowie Sportwissenschaftlern der TU. Gemeinsam mit der Professur Technische Informatik arbeitet das IfM beispielsweise an einer Technologie zur Muskelleistungsver-

stärkung. Diese unterstützt Rollstuhlfahrer in schwierigem Gelände und an Steigungen. Im "Europäischen Jahr der Menschen mit Behinderung 2003" fand diese Entwicklung bei Rehabilitationstechnik-Firmen im In- und Ausland große Beachtung, zudem wurden die Forscher damals "Sachsen Asse". "Auch aktuell gibt es wieder verstärk-

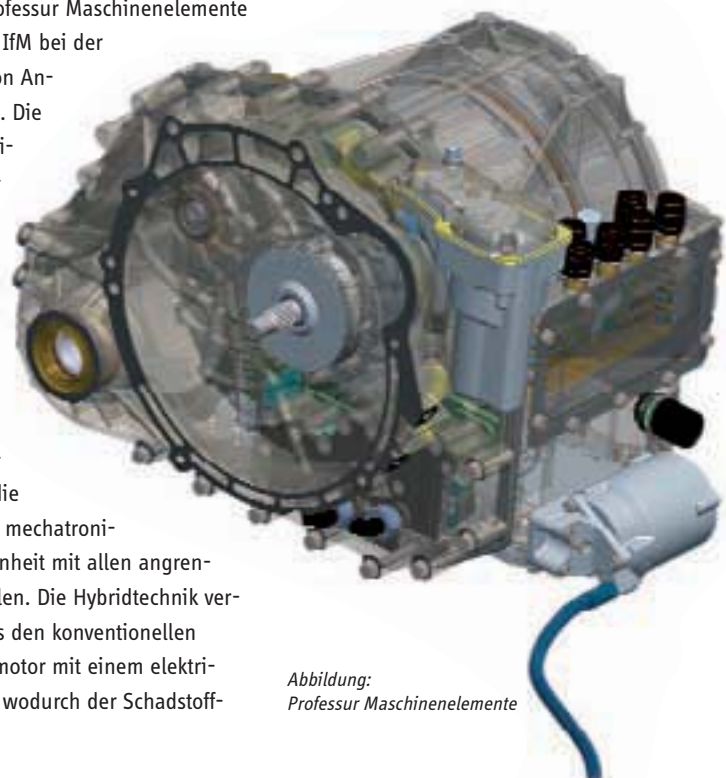


Abbildung:
Professur Maschinenelemente

Innovationen made in VR

Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung bietet anwendungsnahe Forschung in der virtuellen Welt



Das Arbeitsgebiet der Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung (GDV) an der Fakultät für Informatik ist die generative Computergraphik, also die computerbasierte Erzeugung von Bildern auf der Grundlage geometrischer Beschreibungen der Szeneninhalte. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Echtzeitvisualisierung, bei der es darum geht, selbst komplexe Szenenbeschreibungen ohne wahrnehmbare Verzögerungen auf graphischen Endgeräten darzustellen. Des Weiteren befasst sich die Arbeitsgruppe mit Problemstellungen der Virtuellen Realität (VR), die darauf abzielt, rechnerinterne Modelle dreidimensionaler Welten durch den Einsatz spezieller multimedialer Ein- und Ausgabegeräte für den Menschen weitgehend real erfahrbar zu machen. Die Palette der bearbeiteten Anwendungsgebiete ist breit: von der Anatomie und Kieferorthopädie über die Sportsimulation, die Archäologie, die Stadtplanung, die Schuhmodellierung bis hin zum Maschinenbau und zur Arbeitsplanung.

Seit 1999 ist Prof. Dr. Guido Brunnett Inhaber der Professur GDV. Gegenwärtig arbeiten hier zehn Wissenschaftliche Mitarbeiter in stark anwendungsorientierten Projekten. "Mit Computergraphik verbindet man in erster Linie schöne Bilder. Um diese Bilder erzeugen zu können, werden jedoch dreidimensionale Modelle der darzustellenden Objekte benötigt",

erklärt Brunnett den Anwendungsbezug des Fachgebietes und ergänzt: "Computergraphiker sind somit gleichzeitig Experten für eine geometrische Modellbildung, die eine grundlegende Bedeutung in unterschiedlichen Anwendungsfeldern besitzt." Doch natürlich dürfen auch die schönen Bilder als Ergebnis der Forschungsanstrengungen nicht fehlen. Hierfür stehen der Professur zwei VR-Labore mit spezieller Graphikausstattung zur Verfügung, die teilweise selbst entwickelt wurde. So realisierten die Mitarbeiter der Professur zur hochauflösenden Darstellung komplexer Szenen eine begehbare virtuelle Umgebung, eine so genannte Cave, aus preiswerten Standardkomponenten.

Ein Beispiel für die hohe Komplexität der entwickelten Lösungen ist das "Virtuelle Tischtennis" - eine immersive Tischtennissimulation, bei der der Spieler durch Einsatz einer stereoskopischen Rückprojektion in eine virtuelle Umgebung versetzt wird. Die Bewegungen des Spielers werden mit Hilfe eines kamera-basierten Tracking-

systems erfasst. Trifft der Spieler mit dem realen Schläger den virtuellen Ball, so wird eine physikalisch korrekte Ballflugbahn berechnet. Der Schlag des menschlichen Spielers wird durch einen virtuellen Gegenspieler retourniert, dessen Bewegungen durch das System in Echtzeit berechnet werden. Durch die Erzeugung korrekt positionierter akustischer Signale bei der Kollision des virtuellen Balls mit dem Schläger, der virtuellen Platte und sonstigen Elementen der virtuellen Umgebung vermittelt das System auch einen realitätsnahen akustischen Eindruck. "Diese realitätsnahe Anwendung eignet sich in hervorragender Weise als Testumgebung zur Entwicklung neuer Algorithmen auf dem Gebiet der simulationsbasierten VR und der Immersionsforschung", so Brunnett.

Enrico Kiene, Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung



Professur Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung der TU Chemnitz
Straße der Nationen 62, 09111 Chemnitz
Telefon 0371 531-25710, Fax 0371 531-25719
E-Mail gdv@informatik.tu-chemnitz.de
www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV

Dr. Stephan Rusdorf bedient mit einem Datenhandschuh ein 3D-Fenstersystem und kann das Hauptgebäude der TU aus verschiedenen Perspektiven betrachten. Foto: Karsten Hilbert/Mario Lorenz

Tom Kühnert designt Schuhe am Computer mit Hilfe stereoskopischer Displaytechnologie und moderner Tracking-Systeme. Foto: Bildarchiv/Wolfgang Thieme



Alles rund um die Computersimulation

An-Institut für Mechatronik: Geschichte, Ziele und Forschungsschwerpunkte



Kein Computerspiel sondern komplexe Forschung: Prof. Dr. Guido Brunnett, Dr. Gerald Kielau und Dr. Albrecht Keil (v.l.) steuern ein Fahrzeugmodell, das für die Fahrwerksentwicklung eingesetzt wird.

Foto: Falk Bittner

Norman Hofmann ermittelt die Schwingungseigenschaften der Sprungski von Norwischen Kombinierern.

Foto: Wolfgang Schmidt

(K7) Das Institut für Mechatronik e. V. (IfM) wurde am 6. Januar 1992 in Chemnitz gegründet. Hervor ging es aus dem Institut für Mechanik, das seit 1984 seinen Sitz in Karl-Marx-Stadt hatte und zur Akademie der Wissenschaften der DDR gehörte. Die Institute der Akademie wurden im Zuge der politischen Wende zum 31. Dezember 1991 aufgelöst - als positiv evaluierte Gruppe und mit Hilfe des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst (SMWK) konnte sich das IfM wenig später als eingetragener Verein neu gründen. Von Beginn an bestanden enge Verbindungen mit der TU Chemnitz und 1998 wurde ein neues Institutsgebäude mit 600 Quadratmetern Nutzfläche in Betrieb genommen, das die Fraunhofer-Gesellschaft mit Unterstützung des SMWK

in unmittelbarer Nähe zur Universität errichtet hat. Von 1992 bis 2008 lag die Leitung des Instituts bei Prof. Dr. Peter Maißer, der Honorarprofessor an der Chemnitzer TU war und sich dort auch mit Vorlesungen in die Lehre einbrachte. "Ihm ist die kontinuierliche Entwicklung des Institutes bis heute ganz wesentlich zu verdanken", schätzt IfM-Geschäftsführer Dr. Albrecht Keil ein. 2010 beschäftigt das IfM 19 Wissenschaftler; rund 30 Prozent der eingeworbenen Mittel kommen aus der Industrie.

"Das Institut für Mechatronik beschäftigt sich nahezu ausschließlich mit Computersimulationen", sagt Keil und erklärt: "Die Simulation von Produkten und Prozessen mit Hilfe von Computerprogrammen ist von zentraler Bedeutung für die Reduzierung von Entwicklungszeit und Kosten." Die Forschungsschwerpunkte des IfM liegen einerseits auf der Biomechanik mit Anwendungen im Hochleistungssport, in der Rehabilitation, der Ergonomie und der Arbeitsprozessbewertung, andererseits auf Last- und Bewegungsberechnungen für Maschinen und Anlagen, beispielsweise bei Windkraftanlagen oder so genannten fliegenden Bauten wie Achterbahnen und Karussells. "Die Kernkompetenz des Institutes bildet die für die beiden Anwendungsgebiete weitgehend gleiche methodische Basis zur Modellierung und Simulation der Bewegung in mechanischen Systemen", erläutert Keil.

Geprägt ist das Institut von der Entwicklung des Simulationswerkzeugs "alaska", das es ständig um neue Funktionen erweitert und für das es spezielle Lösungen im Auftrag von Kunden erarbeitet. Der Beginn dieser Softwareentwicklung liegt am Anfang der 1990-er Jahre, als das IfM die erste Version von alaska gemeinsam mit VW

Gedas, dem damaligen Softwarehaus von Volkswagen, erstellte. Ein bedeutendes Projekt, in dem das IfM alaska zum Einsatz gebracht hat, war der Sonderforschungsbereich "Mikromechanische Sensor- und Aktorarrays", den die Deutsche Forschungsgemeinschaft über zwölf Jahre mit mehr als 13,4 Millionen Euro an der TU Chemnitz gefördert hat. Das IfM war hier für die Auslegung von Sensoren und Aktoren zuständig. Seit 2002 ist als prägende Arbeit die Lastberechnung von Windkraftanlagen hinzugekommen, durch die langjährige Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Nordex Energy GmbH haben die Wissenschaftler ein profundes Know-how gesammelt. "Die Lastberechnungen für Windkraftanlagen sind auch in der aktuell wirtschaftlich schwierigen Zeit ein stabiles Geschäftsfeld für unser Institut", berichtet Keil.

Für die Zukunft hofft das IfM auf weitere Synergien mit der TU - vor allem mit der Fakultät für Informatik. "Wir haben uns in den vergangenen drei Jahren immer anwendungsnäher aufgestellt und haben das Ziel, noch stärker verkaufsfähige Lösungen anzubieten", so Keil. Doch damit Kunden mit ganz anderen Kompetenzen die Software des Instituts anwenden können, sind zum Beispiel geeignete Benutzeroberflächen nötig: "Unser Kerngeschäft sind die Algorithmen, die man braucht, damit das Programm die richtigen Dinge ausrechnet. Jetzt brauchen wir die Unterstützung der Informatiker der TU Chemnitz, die mit ihrem Know-how ein entsprechendes informationstechnisches Umfeld schaffen", fasst Keil zusammen.



Institut für Mechatronik e. V.
an der TU Chemnitz
Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz
Telefon 0371 531-19690, Fax 0371 531-19699
E-Mail ifm@ifm-chemnitz.de
www.ifm-chemnitz.de

Das Zentrum von alaska liegt in Chemnitz

Basis aller Projekte am Institut für Mechatronik ist die Simulationssoftware "alaska"

(KT) Was hat der Absprung beim Ski fliegen mit der Drehung einer Windkraftanlage, der Belastung von Zahnrädern und dem Komfort von Fahrzeugsitzen gemeinsam? Für die Simulation all dieser Situationen greifen die Wissenschaftler des Instituts für Mechatronik (IfM) auf die Software "alaska" zurück - sie ist Basis für sämtliche am IfM bearbeiteten Projekte. Denn die methodische Grundlage ist in allen Fällen dieselbe. "alaska ist ein Werkzeug zur computergestützten Simulation des dynamischen Verhaltens mechanischer Systeme", sagt Dr. Albrecht Keil, Geschäftsführer des IfM. Die Software wurde am IfM entwickelt und wird ständig erweitert. Im Herbst 2009 hat das Institut die Version 6.0 fertig gestellt und ausgeliefert. Basis von alaska sind Theorien zur mathematischen Modellierung mechanischer Systeme, deren Entwicklung vor allem auf den früheren Leiter des IfM, Prof. Dr. Peter Maißer, zurückgeht. "Er war der theoretische Kopf des Instituts", berichtet Keil und erklärt: "Bei einer Software wird immer großer Wert auf ihre Zuverlässigkeit gelegt - und die ist ohne die richtigen zugrunde liegenden Theorien nicht zu erreichen."

Für die jeweilige Anwendung haben die Chemnitzer Mechatroniker spezielle Erweiterungen der Software entwickelt. So wird beispielsweise alaska/Wind für die dynamische Analyse von Windkraftanlagen eingesetzt, bei der Getriebemodellierung wird auf alaska/Gear zurückgegriffen, für die Modellierung von elasti-

schen massebehafteten Komponenten auf alaska/Flexible. Für die Technik- und Belastungsanalyse im Sport, die biomechanische Diagnostik in Orthopädie und Rehabilitation, die Crashsimulation, die Bewertung des Komforts von Fahrzeugsitzen und der Ergonomie von Arbeitsvorgängen steht alaska/Dynamicus zur Verfügung. Auch für das Zusammenspiel mit anderen Softwarelösungen gibt es spezielle Module, die die jeweiligen Schnittstellen bereitstellen.

"Aktuelles Ziel ist die Entwicklung von Algorithmen für komplexe, echtzeitfähige Simulationsmodelle", berichtet Dr. Gerald Kielau, der die Entwicklung von alaska leitet, und ergänzt: "2009 haben wir erstmals ein in der Fahrwerksentwicklung verwendetes Gesamtfahrzeugmodell ohne jede Vereinfachung in unser Modelliersystem übertragen." Rund 60 Körper und mehr als 100 Verbindungselemente - wie die Motor- sowie Radaufhängung und die Federbeine - fließen in ein solches Modell ein. "Dieses numerische Experiment liefert vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Performance der Algorithmen und damit wichtige Aussagen für die weitere Ausrichtung unserer Forschungsarbeiten", resümiert Kielau. Schwerpunkt der Weiterentwicklung von alaska ist derzeit zudem die Anwendung für die Lastberechnung bei Windkraftanlagen, wobei die Schwierigkeit vor allem darin besteht, extrem große Datenmengen zu verarbeiten.

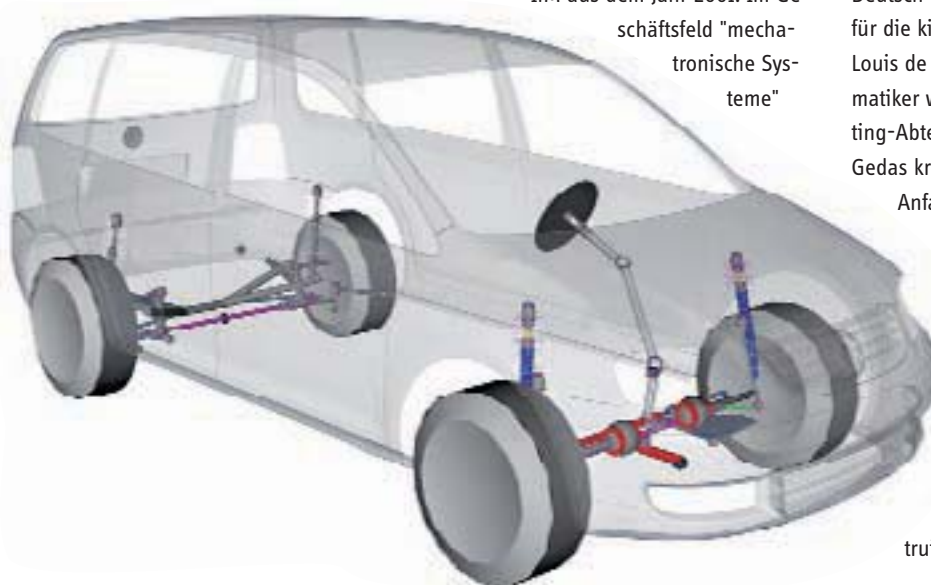
Vertrieben wird alaska von der Chemnitzer insys GmbH, einer Ausgründung des IfM aus dem Jahr 2001. Im Geschäftsfeld "mechatronische Systeme"



kommen die Kunden vor allem aus dem Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau - darunter Volkswagen und Bosch Rexroth. Im Geschäftsfeld "Mensch-Maschine-Systeme" finden die Projektergebnisse Anwendung bei Sportverbänden, Einrichtungen der Sportforschung, Herstellern von Rehabilitationstechnik sowie in Sicherheit und Ergonomie - unter anderem beim Deutschen Skiverband und dem Institut für Angewandte Trainingswissenschaft in Leipzig. Auch in China und den USA kommt alaska zum Einsatz: am chinesischen Standort von Johnson Controls und an der Universität in Michigan, wo die Arbeitsgruppe der ehemaligen TU-Sportwissenschaftlerin Dr. Karen Roemer, die Software in der Rehabilitationsforschung einsetzt.

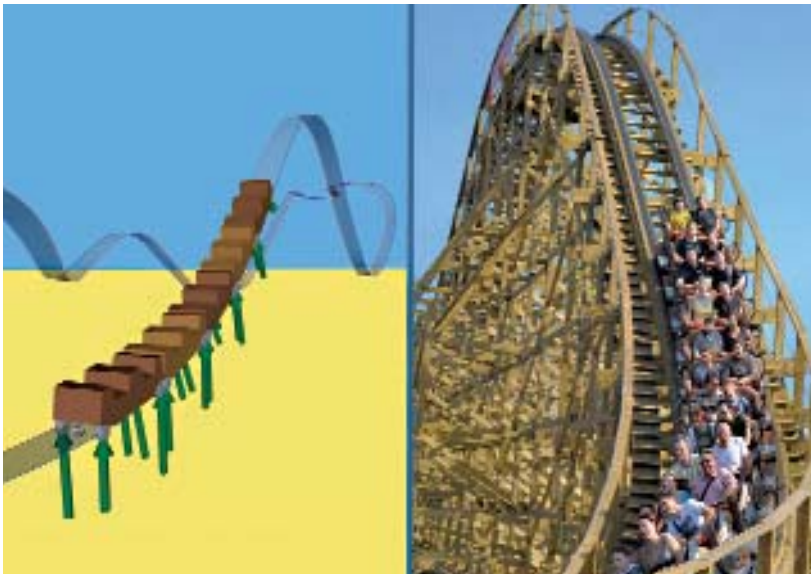
"alaska" steht übrigens für "advanced lagrangian solver in kinetic analysis" - zu Deutsch "fortgeschrittener Lagrange-Löser für die kinetische Analyse", wobei Joseph-Louis de Lagrange ein italienischer Mathematiker war. "Den Namen hat die Marketing-Abteilung des Softwarehauses VW Gedas kreiert, mit dem wir gemeinsam

Anfang der 1990-er Jahre die erste Version der Software fertiggestellt haben", verrät Keil und erklärt: "Bei einem Messeauftritt sollten alle Produkte geographische Namen haben - für unsere Software fiel die Wahl auf alaska. Die Bedeutung der Abkürzung wurde dann entsprechend konstruiert."



Damit fliegende Bauten nicht abheben

Lastberechnungen halten Achterbahnen in der Spur und garantieren Windkraftanlagen ein langes Leben



Die Simulation zeigt, wo bei einer Achterbahnfahrt die größten Kräfte wirken. Grafik: IfM, Foto: Wolfgang Thieme

(KT) Schneller, höher, atemberaubender sollen sie sein: das Karussell auf dem Rummelplatz und die Achterbahn im Vergnügungspark. Doch ohne den Zertifizierungsstempel des Prüfamtes für Fliegende Bauten bei der TÜV Nord SysTec GmbH geht keine dieser Anlagen in Betrieb. Grundlage für die Entscheidung des Amtes sind Lastberechnungen, für die das Institut für Mechatronik (IfM) in einem seiner Forschungsschwerpunkte Methoden entwickelt. Mehrfache Loopings und waghalsige Kurven bringen nicht nur den Menschen an seine Belastungsgrenzen, sondern auch die Gleise, die Räder und die Achsen einer Achterbahn, denn infolge schneller und ruckartiger Bewegungen entstehen

große Kräfte. Wie die Strecke ausgelegt sein muss, um die Fliehkräfte gering zu halten und die Beschleunigungen, die auf die Fahrzeuge wirken, nicht zu hoch werden zu lassen, verrät die Simulationssoftware alaska. Sie berechnet beispielsweise die Belastungen, die auf die Schienen und die Bauteile der Fahrzeuge wirken. "Wir suchen nach den ungünstigsten Szenarien, also nach den größtmöglichen Kräften, die auftreten können. Für diese müssen die Achterbahn oder das Karussell dann ausgelegt werden", so Heiko Freudenberg, der am IfM die technischen Anwendungen von alaska betreut. Vor allem bei Karussells gebe es vielfältige Szenarien, unter anderem weil diese

heute immer häufiger den Zufall nutzen, um die Fahrt interessant zu machen.

Berechnungen in 2.500 Fällen

Dieselben Simulationsmethoden liegen zugrunde, wenn es um die Berechnung der Lebensdauer von Windkraftanlagen geht. Hier entwickeln die Wissenschaftler Methoden, mit denen die Belastung der Anlagen berechnet werden kann. Sie betrachten dabei ebenfalls verschiedene Szenarien - beispielsweise die Funktion bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und -richtungen sowie Veränderungen an der Maschine, etwa den Defekt an einem Blattantrieb. Rund 2.500 mögliche Fälle kommen dabei zusammen, für die die Hersteller mit alaska die Lasten berechnen, die auf die Anlage wirken.

"Der Kunde verarbeitet diese Daten weiter und kann so die Lebensdauer der Windkraftanlage vorhersagen", sagt Freudenberg. Nur wenn das Ergebnis mehr als 20 Jahre sind, erteilt der TÜV der Anlage ein Zertifikat. "Wenn eine Windkraftanlage nicht zertifiziert ist, kann sie nicht versichert werden - und dann lässt sie sich natürlich auch nicht verkaufen", erklärt Freudenberg die wirtschaftliche Bedeutung der Simulation.

Für die Simulation von Windkraftanlagen haben die Chemnitzer Mechatroniker alaska weiterentwickelt und um das Zusatzmodul alaska/Wind ergänzt. Eingeflossen sind dabei unter anderem Theorien aus dem Flugzeug- und Hubschrauberbau. "Die Lasten, die auf die Blätter der Windräder wirken, werden nach einer Theorie berechnet, die schon in den 1920-er Jahren im Propellerflugzeugbau entwickelt wurde", berichtet Freudenberg. Wichtigster Partner des IfM ist in diesem Projekt die Nordex Energy GmbH, ein Anbieter von Windkraftanlagen mit Sitz in Norderstedt. Die Kunden des modifizierten Softwareproduktes kommen aber auch aus der Zuliefererindustrie: Die Bosch Rexroth Group etwa entwickelt Bauteile für Windkraftanlagen und kann mit Hilfe von alaska/Wind die Belastungen bestimmen, die sie aushalten müssen.

Matthias Taubert erhält mit alaska/Wind einen Überblick über die Kräfte, denen die einzelnen Bauteile einer Windkraftanlage standhalten müssen. Foto: Wolfgang Schmidt



Erlaubtes Doping aus dem Rechner

Leistungssportler kämpfen mit Hilfe von Bewegungssimulationen um Sekunden und Zentimeter

(KT) Oft sind es Kleinigkeiten: Der Skispringer setzt wenige Zentimeter zu früh zum Absprung an, der Kugelstoßer verfehlt den optimalen Abwurfwinkel um ein paar Grad, der Schwimmer taucht nach dem Start zu flach ins Wasser ein. Was auch dem erfahrenen Auge des Trainers häufig verborgen bleibt, deckt die Bewegungssimulation an den Rechnern des Instituts für Mechatronik (IfM) auf - gnadenlos, aber auch hilfreich. Dabei arbeitet das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) Leipzig als zentrales Forschungsinstitut des deutschen Spitzen- und Nachwuchsleistungssports nahezu seit Bestehen des IfM mit den Chemnitzern zusammen. "Das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft ist sozusagen unser natürlicher Partner. Wir liefern die methodische Basis für die Bewegungssimulation und das Leipziger Institut bringt die sportwissenschaftliche Kompetenz sowie die direkte Zusammenarbeit mit den Sportlern ein", sagt IfM-Geschäftsführer Dr. Albrecht Keil. "Das Institut für Mechatronik ist ein zuverlässiger Partner, mit dem wir immer wieder ganz konkrete Projektpakete schnüren", berichtet Dr. Karin Knoll, Leiterin des Fachbereichs Kraft-Technik am IAT, und ergänzt: "Die Kooperation ist ein gegenseitiges Geben und Nehmen, das sehr gut funktioniert, und Dynamicus ist ein ausgereiftes Bewegungsmodell, das einen hohen Standard bietet." Die beiden Institute kooperieren unter anderem beim Eiskunstlauf, Skisprung und Schwimmen.

Auf die Sprünge geholfen

Was muss ein Eiskunstläufer verbessern, um einen Drei- oder Vierfachsprung sicher zu landen? Das am IfM entwickelte Menschmodell Dynamicus hilft Trainings-



wissenschaftlern bei der Antwort. Die animierte Figur lässt sich vorwärts und rückwärts durch alle Bewegungsstadien verfolgen, Tabellen und Kurven geben eine ausführliche Auswertung über die Sprunghöhe, den Gesamtdrehimpuls und die Bewegung aller einzelnen Körperteile. Eine Datenbank liefert am IAT zusätzlich Vergleichsdaten, sowohl zu eigenen Sprüngen als auch zu Leistungen der Konkurrenten. Zum Einsatz kam das System unter anderem bei den Eiskunstläufern Stefan Lindemann und Jewgeni Pljuschtschenko sowie den Chemnitzer Paarläufern Aljona Savchenko und Robin Szolkowy, die bei den Olympischen Winterspielen 2010 die Bronzemedaille gewannen.

Für den optimalen Flug

Welchen Einfluss hat die Absprungbewegung des Skispringers auf die Flugphase? Eine hohe Absprunggeschwindigkeit



und ein optimaler Drehimpuls sind wichtige Voraussetzungen für einen schnellen Übergang in eine aerodynamisch günstige Flughaltung - so ein Ergebnis der Chemnitzer und Leipziger Wissenschaftler. In die Untersuchungen fließen Daten über Luftwiderstand und Auftriebskraft ein, außerdem Informationen über Bodenreaktionskräfte sowie die Wechselwirkung zwischen Körperhaltung und Bewegung der Ski beim Absprung. Im Modell werden schließlich alle Daten zu einer Gesamtsimulation zusammengefügt. Die Sprungdatenbank des IAT bietet zudem Informationen über die Sprungleistung einzelner Springer und ermöglicht so den Vergleich. Doch auch das Sportgerät - der Sprungski - ist wichtig. Seit 2003 prüft das IfM Skier von Nordischen Kombinierern auf ihre mechanischen Eigenschaften. "Seit 2010 haben wir auch einen mobilen

Messstand zur Verfügung, denn es ist schwierig, die Skier der deutschlandweit verstreuten Athleten ins Labor zu bekommen. Jetzt können wir zu den Sportlern fahren und Skivermessungen während eines Trainingslagers an der Schanze unkompliziert in kurzer Zeit durchführen", berichtet Norman Hofmann vom IfM. Von den Analysen profitieren unter anderem Tino Edelmann aus Annaberg-Buchholz und Eric Frenzel aus Oberwiesenthal, die zum deutschen Team der Nordischen Kombinierer gehörten, das bei den Olympischen Winterspielen 2010 die Bronzemedaille holte.

Mit gutem Start schnell ins Ziel

Wie kommt ein Schwimmer möglichst effizient vom Startblock ins Wasser? Auf Basis von Videosequenzen und Daten eines Mess-Startblocks erstellen die Wissenschaftler Simulationen des Bewegungsablaufs von Sportlern und berechnen vielfältige Ergebnisse zur Analyse und Bewertung. Die probandenspezifischen Modelle erweitern sie um Muskelmodelle der Beine, Koppelbedingungen zwischen Händen und Griffstange sowie zwischen Füßen und Startblock. Ergebnis sind individuelle Trainingsempfehlungen. "Wir arbeiten in diesem Projekt mit mehreren deutschen Sportlern zusammen", berichtet IfM-Mitarbeiter Thomas Härtel und ergänzt: "Bei der Flugphase vor dem Eintauchen ins Wasser stellen wir Unterschiede von bis zu einem Meter fest. Das ist eine entscheidende Größe, wenn man bedenkt, dass es beim Anschlag im Ziel heute häufig um nur zehn bis 20 Zentimeter geht, die über Sieg oder Niederlage entscheiden."



Quelle: IfM

Das Chemnitzer Doping aus dem Rechner nutzen auch Athleten weiterer Sportarten: vom Kugelstoßen über das Diskuswerfen zum Turmspringen und Bobfahren - ganz ohne gesundheitliche und strafrechtliche Gefahren.

Dynamisch in der Reha und am Arbeitsplatz

Menschmodell Dynamicus hilft bei der ergonomischen Gestaltung der Arbeit und der optimalen Belastung in der Rehabilitation

(K7) Nach einer Operation ist die zentrale Sorge, ob es dem Patienten gut geht - wie es dem Operateur geht, fragt fast niemand. Dabei können mehrstündige Eingriffe für ihn nicht nur anstrengend, sondern auch gesundheitsschädlich werden. Im Auftrag des Interessenverbandes Chemnitzer Maschinenbau hat das Institut für Mechatronik (IfM) die Körperhaltungen und Bewegungsabläufe von Ärzten während einer Operation untersucht.

"Das Projekt hat gezeigt, dass die für die Bewegungsanalyse im Sport entwickelte Technologie mit bestimmten Erwei-

Mit Dynamicus simulieren die Wissenschaftler die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt. Egal, für welche Situation das Modell zum Einsatz kommt - der Ablauf ist immer derselbe: Grundlage ist die Erfassung der Bewegungen - meistens per Video -, anhand derer die IfM-Forscher im Labor wichtige Körperpunkte festlegen: auf Armen, Beinen, Gelenken. In seiner Geburtsstunde besteht Dynamicus zunächst aus einem grafischen Wirrwarr zahlreicher Linien, die den Verlauf der Bewegung wiedergeben. Diese setzt das Programm zu einer Gesamtsimulation zu-

ein Forschungsschwerpunkt der ENAS. "Die Fraunhofer Wissenschaftler wollten mögliche Anwendungsfelder für ihre Bauteile durchspielen und wissen, welche Eigenschaften die Komponenten haben müssen", erklärt Härtel.

Für die Fünf-Prozent-Frau und den 95-Prozent-Mann

Kooperationspartner beim Einsatz von Dynamicus in der Rehabilitation ist vor allem das Biomechanik-Labor der Klinik Bavaria im sächsischen Kreischa. Hier kommt das Menschmodell zum Einsatz bei der Auslegung von Orthesen und bei Ganganalysen während der Anpassung von Prothesen. "Die Klinik übergibt uns die medizinischen Fragestellungen sowie die Messdaten. Wir verfügen über die entsprechenden Berechnungsverfahren und liefern Ergebnisse, mit deren Hilfe beispielsweise die Dämpfungen und Federn an modernen Hightech-Prothesen eingestellt werden", erklärt Härtel.

Im Auftrag des Automobilzulieferers Johnson Controls darf Dynamicus Probe sitzen - wenn es darum geht, den für möglichst viele Menschen optimalen Fahrzeugsitz zu entwickeln. Das Menschmodell deckt dabei die Anforderungen von der Fünf-Prozent-Frau bis zum 95-Prozent-Mann - simuliert also sowohl die Fahrerin, im Vergleich zu der nur fünf Prozent aller Frauen kleiner sein dürfen, als auch den Fahrer, der größer ist als 95 Prozent aller Männer. Und bei Volkswagen kommt Dynamicus sowohl zum Einsatz, um Arbeitsplätze ergonomisch zu gestalten, als auch, um die Mitarbeiter - beispielsweise in der Montage - zu schulen, damit sie ungesunde Bewegungen vermeiden. "Der Konzern weiß, dass seine Mitarbeiter in Zukunft älter werden - und dass er gut daran tut, durch eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung dazu beizutragen, dass sie auch lange gesund bleiben", erklärt Härtel.



Quelle:
Wolfgang Schmidt/
IfM

terungen hinsichtlich der Bewertungsverfahren auch auf Probleme der Ergonomie angewendet werden kann", sagt Thomas Härtel, der das Projekt am IfM geleitet hat. Denn zum Einsatz kam eine Erweiterung der Simulationssoftware Alaska: das Menschmodell Dynamicus, das außer im Hochleistungssport und der Sportgerätechnik inzwischen auch in der Rehabilitation, der Unfallmechanik, der Orthopädie und eben der Ergonomie verwendet wird. Für die Operateure konnten am IfM die auftretenden körperlichen Belastungen bestimmt und Vorschläge zur Verbesserung von Körperhaltungen und Bewegungsabläufen erarbeitet werden.

sammen, beachtet dabei alle Gelenkwinkel und Raumkoordinaten. Vorwärts und rückwärts durch alle Bewegungsstadien lässt sich Dynamicus schließlich verfolgen, durch eine übersichtliche Bedienoberfläche merkt der Nutzer nicht, wie viel komplizierte Mathematik in der dreidimensionalen Figur steckt.

Zur Bewegungserfassung setzt das IfM Systeme ein, die entweder mit Bilderkennung oder mit Infrarotsignalen arbeiten. Im Auftrag der Fraunhofer-Einrichtung für Elektronische Nanosysteme ENAS haben die Forscher auch ein System mit so genannten Inertialsensoren untersucht. Kernstück dieser Sensoren sind mikroelektro-mechanische Systeme (MEMS) -