

Einladung
zu den Fachvorträgen
Applied Mechatronics

im Hörsaal B

Programmablauf:

Donnerstag 27. Juli 2006

- 13:00 Uhr Prof. Dr.-Ing. Sergej **Fatikow**
Roboterbasierte Automatisierung der Nanohandhabungsprozesse
- 15:30 Uhr Dr.-tech. Michael Walter **Hofbauer**
Autonome Automatisierung komplexer mechatronischer Systeme

Freitag 28. Juli 2006

- 08:00 Uhr Dr.-Ing. Gerhard K. **Kraetzschmar**
Middleware for Robots and Embedded Systems
- 10:30 Uhr PD Dr.-tech. Manfred **Kaltenbacher**
Simulation als Basis für die Entwicklung komplexer
mechatronischer Systeme
- 13:30 Uhr Dr. Jochen J. **Steil**
Creating Human-Centered Technology: From Neurons to
Intelligent Robots
- 16:00 Uhr Dr. Werner **Hemmert**
Dynamics of Biological and Technical Microsystems

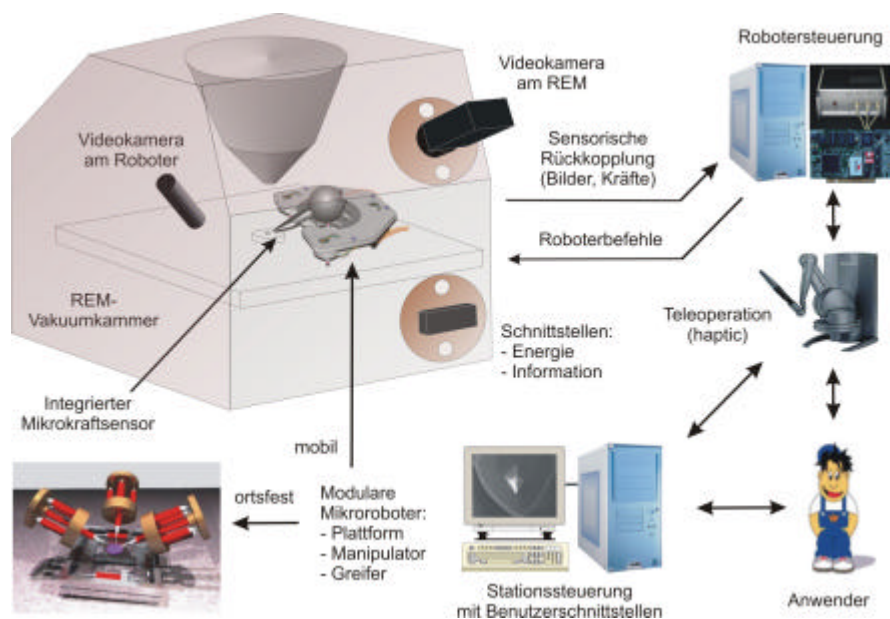
Abstracts

Roboterbasierte Automatisierung der Nanohandhabungsprozesse

Sergej Fatikow

Die rasante Entwicklung der Nanotechnologie hat in letzter Zeit zu einem weiteren Schub für die Erforschung roboterbasierter Nanohandhabung geführt. Man kann oft nur durch eine mechanische Einwirkung auf nanoskalige Objekte ihre Eigenschaften ermitteln und so mehr über die Nanowelt erfahren.. Verbiegen von Kohlenstoff-Nanoröhren, „Kratzen“ an Nanoschichten oder Verschieben von Nanopartikeln gehören mittlerweile zu Standardmitteln der Nanoforschung, um nur einige Beispiele zu nennen. Hier ist der Mensch auf die Hilfe von Mikro- und Nanorobotern angewiesen. Die Anhängsel „Mikro“ und „Nano“ implizieren nicht – wie manchmal angenommen – die Robotergröße, sondern die Größe der Handhabungsobjekte und die entsprechende Positioniergenauigkeit des Roboters. Gleichzeitig ist auch eine starke Miniaturisierung des Roboters für viele Anwendungen von Vorteil oder gar unumgänglich. Durch die Vereinigung von Präzision und Mobilität in einem Roboter können flexible, vielseitig einsetzbare Handhabungsstationen aufgebaut werden. Das modulare Roboterdesign – mobile Plattform, Manipulator, Greifer – ermöglicht eine einfache Umrüstung der Station für unterschiedliche Anwendungen. Roboter werden entweder unter einem Lichtmikroskop oder in einem Rasterelektronenmikroskop (REM) eingesetzt. Liegen Präzisionsanforderungen der Anwendung im Nanometerbereich, dann ist die Handhabung im REM oft der einzig mögliche Weg, um Bewegungen von wenigen Nanometern sichtbar und kontrollierbar zu machen. Anwendungsschwerpunkte der Mikro- und Nanorobotik liegen neben der Nanotechnologie vor allem in der Mikroproduktion, Messtechnik, Materialforschung, Medizintechnik und Biotechnologie.

Der Vortrag befasst sich mit **Implementierung einzelner Komponenten** einer automatisierten Nanohandhabungsstation im REM (Bild) und einigen **Anwendungen** dieser Desktop-Station.



Mikroroboter. Die Mikroroboter besitzen eine mobile piezoelektrisch angetriebene Plattform, die sich mit drei Freiheitsgraden in der Ebene bewegen kann und für die Grobpositionierung (100-500 Nanometer) des Roboterwerkzeugs zuständig ist. Auf der mobilen Plattform wird ein Manipulator montiert, der die Feinpositionierung des Werkzeugs übernimmt und weitere Freiheitsgrade aufweist. Die Manipulatoren müssen je nach Anwendung eine Präzision bis zu wenigen Nanometern ermöglichen.

Steuerung/Regelung. Bei der Steuerung und Regelung von Robotern wird ein gewünschtes Verhalten, z.B. die Bewegung eines Mikrowerkzeugs entlang einer gewünschten Trajektorie, realisiert. Dabei spielen die bildgebenden Sensoren, das REM und CCD-Kameras, die Hauptrolle. Aus den gewonnenen Bildern werden die Positionen der Mikrowerkzeuge und Objekte bestimmt und an den Sensor-Server gesendet. Die Nanohandhabungsstation ermöglicht 1) automatisierte Prozessausführung über GUI, 2) Telemanipulation mit einer Krafrückkopplung über das haptische Eingabegerät und 3) manuelle Manipulation mit Hilfe eines 6D-Joysticks.

Bildsensoren. Das REM bietet eine Bildauflösung von wenigen Nanometern und ist somit für die Visualisierung kleinster Objekte perfekt geeignet. Eine Automatisierung der Handhabung im REM war bisher nicht möglich, da Standardalgorithmen der Bildverarbeitung für eine Echtzeit-Objektverfolgung wegen starkem Bildrauschen nicht geeignet sind. Folglich ist die Entwicklung von echtzeitfähigen, robusten Methoden für die Objektverfolgung im REM einer der Forschungsschwerpunkte in AMiR. Dabei ist es oft von Bedeutung, auch dreidimensionale Prozessinformationen in Echtzeit zu bekommen.

Kraftsensoren. Neben der visuellen Rückkopplung ist bei der Nanohandhabung oft auch die Kraftinformation von Bedeutung. Diese wird über einen in das Werkzeug integrierten Mikrokraftsensor gewonnen. Es werden z.Z. unterschiedliche Kraftmessprinzipien für die Mikro- und Nanowelt untersucht. Eine viel versprechende Lösung ist Einsatz piezoresistiver Biege wandler, die man normalerweise in einem Rasterkraftmikroskop benutzt, als Nanoroboterwerkzeug.

Handhabung mikromechanischer Objekte. Die Mikromontage ist das Paradebeispiel einer Anwendung. Die Mikrosystemtechnik ermöglicht die Herstellung von Bauteilen mit Abmessungen im μm -Bereich. Große Probleme ergeben sich jedoch bei der Handhabung dieser Objekte, da die Positioniergenauigkeiten im Nanometerbereich oft erforderlich sind. Exemplarisch ist im Vortrag die automatische Handhabung von ausgeschnittenen Proben aus prozessierten Wafern (TEM-Lamellen, TEM – Transmissionselektronenmikroskopie) dargestellt.

Handhabung/Charakterisierung biologischer Objekte. Auch bei der Handhabung biologischer Zellen und Gewebe sind Nanoroboter vom Nutzen. Die Aufgabe für das Robotersystem kann z.B. darin bestehen, automatisch die Tumorzellen in einer Gewebeprobe zu erkennen, daraufhin diese herauszuschneiden und zu einem Analysegerät zu transportieren. Nanoroboter können außerdem das elektrische Potential oder mechanische Spannung an der Zellwand vermessen, um das Zellenverhalten zu erforschen. Hierbei sollen die Zellen am Leben bleiben, was eine extrem genaue Positionierung der Werkzeuge

erfordert. Injektionen in eine Zelle oder die Extraktion von Proben aus dem Inneren einer Zelle stellen weitere Anwendungsmöglichkeiten dar.

Prüfung von Nanoschichten. Materialeigenschaften nanoskaliger Objekte müssen durch aufwendige Testverfahren ermittelt werden, da sich physikalische Gegebenheiten der Nanowelt von denen der Makrowelt deutlich unterscheiden. Mit einem Roboterindenter für den REM-Einsatz können z.B. zwei wichtige Materialkenngrößen, die Härte und das Elastizitätsmodul, gleichzeitig erfasst werden. Durch den REM-Einsatz kann der Messprozess „live“ verfolgt werden. So ist z.B. die Bildung von Rissen im Material oder die Ablösung einer Beschichtung unmittelbar sichtbar, was wertvolle Informationen über das Material liefern kann.

Elektronenstrahl-induzierte Materialabscheidung im REM. Mit dieser Technik (*engl: electron beam induced deposition, EBID*) können Nanostrukturen im REM hergestellt werden. Das Prozessgas (z.B. Wolfram-Hexacarbonyl) wird dabei über eine temperaturgeregelte Mikro-„Gaskanone“ zur Substratoberfläche geleitet und durch den Elektronenstrahl des REM ionisiert, so dass sich die Gasmoleküle an die Substratoberfläche ablagern. Die Gaskanone wird von einem Mikroroboter im REM μm -genau positioniert.

Autonome Automatisierung komplexer mechatronischer Systeme

Michael Walter Hofbaur

Immer mehr technische Systeme arbeiten über einen langen Zeitraum hin autonom in einer unter Umständen gering spezifizierten Umgebung. Man denke hier zum Beispiel an autonome Roboter für Rettungsaufgaben oder Fernerkundung. Darüber hinaus führen die hohen Anforderungen an autonome Systeme bezüglich Leistungsfähigkeit, Effizienz und Fehlertoleranz zu immer komplexeren Systemen, deren Verhalten durch eine gezielte Interaktion der mechatronischen Systemkomponenten erreicht wird. Dies erfordert ein leistungsfähiges Automatisierungskonzept, welches das Potential des mechatronischen Systems voll ausnutzt und mögliche Systemfehler mittels Systemadaption und autonomer Rekonfiguration korrigiert.

In meinem Vortrag greife ich diese Thematik auf und präsentiere einen modellbasierten Lösungsansatz zur Automatisierung komplexer mechatronischer Systeme. Die Basis dafür ist ein sogenanntes hybrides Modell, welches das gemischt kontinuierlich/diskretwertige Verhalten der einzelnen Systemkomponenten und deren Interaktion beschreibt. Dieses Modell ermöglicht die Ermittlung des Systemzustandes durch Zustandsbeobachtung aus wenigen, messtechnisch erfassten Systemgrößen und dient weiters als Basis zur Berechnung einer gemischt kontinuierlich/diskretwertigen Kontrollsequenz. Neben einer Darstellung des Gesamtkonzeptes möchte ich anhand der Zustandsbeobachtung zeigen, wie klassische Methoden aus der System- und Regelungstechnik zusammen mit Methoden aus der Künstlichen Intelligenz eine rechentechnisch effiziente on-line Beobachtung und Diagnose ermöglichen. Aufbauend auf diese Zustandsbeobachtung bestimmt ein sogenannter hybrider Regler eine gemischt kontinuierlich/diskretwertige Kontrollsequenz, um das System vom ermittelten Zustand in einen aufgrund der Systemfunktion gewünschten Endzustand überzuführen. Als Ausblick werde ich einen modellbasierten Lösungsansatz für diese Regelungsaufgabe besprechen.

Simulation als Basis für die Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme

Manfred Kaltenbacher

Eine auf Simulationen basierende Entwicklung von komplexen, mechatronischen Systemen bietet die Möglichkeit der computerunterstützten Optimierung. Dadurch sind Parameterstudien ohne den Bau von Prototypen durchführbar und es besteht der Zugriff auf Daten, die in Messungen nicht zugänglich sind (z.B. mechanische Spannungen sowie magnetisches Feld in elastischen Strukturen). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Simulation präzise Materialparameter benötigt und stets nur ein Modell von der Wirklichkeit darstellt. Im Vortrag wird auf die oben angesprochene Problematik eingegangen und dabei folgende praktische Beispiele erörtert:

- Aktoren für die Einspritztechnik
- Strömungs- sowie Verbrennungslärm
- Kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler
- Menschliche Stimme / Ersatzstimme

Middleware for Robots and Embedded Systems

Gerhard Kraetzschmar

Developing autonomous mobile robots for complex service robot applications or large sensor networks for ambient intelligence scenarios is a very difficult and time-consuming process. Some reasons are the heterogeneity and interface complexity of the underlying hardware, the inherent distributedness of these applications, and the need to integrate a large variety of widely differing computational models and approaches. Testing, debugging, and experimentally evaluating such applications is very difficult. As a consequence, their development and maintenance is tedious and error-prone.

In order to remedy these problems, we are developing the object-oriented middleware Miro (Middleware for Robots).

The talk presents the architecture of Miro and explains some components in more detail. The implementation status of Miro and practical experiences gained with it will also be explained. Finally, we highlight some of the current research directions and their relationship to research topics currently pursued by the research community.

Creating Human-Centered Technology: From Neurons to Intelligent Robots

Jochen Steil

The next generation of artificial cognitive agents and robot systems will incorporate a mixture of miniaturized mechatronic devices including multiple sensory channels, advanced cameras, large data storage, and enormous processing power. The talk presents neural learning methods and integrated learning architectures to make such intelligent technologies easily accessible for every day use.

The power of this interdisciplinary approach is illustrated by applications in multi-modal verbal, gestural, and visual communication, in instructing a robot for anthropomorphic grasping, in interactive online learning of visual objects, and for movement control and recognition of the humanoid robot ASIMO.

Dynamics of Biological and Technical Microsystems

Werner Hemmert

Microsystem technology allows us to fabricate electronic-, mechanical- and microfluidic systems with (sub-) cellular dimensions. Combining these technologies in single system will enable completely new applications especially for the bio-medical field. This talk will highlight contributions from my own research projects:

The small size and short time scales of micromechanical systems require advanced imaging techniques and exceptionally sensitive measurement tools. At M.I.T. we developed a light microscopy-based measurement system which enables nm-precision, three-dimensional motion measurements from technical microelectromechanical systems and from the hearing organ.

With custom-designed micromechanical probes we measured mechanical properties of biological material like cells and membranes and resolved forces in the pN-range. Together with our vibration measurement system, we are able to acquire multiple orthotropic mechanical properties like displacement, force and mechanical impedance of rigid and deformable structures.

At the IBM Zürich Research Laboratory we have developed a life-sized, micromechanical inner ear model with 3600 mechanical sections. I will show first response curves measured from our prototype. Finally I will give a short overview of my current work on automatic speech recognition and introduce our efforts to model neuronal information processing in the human auditory system.