Mechatronik an der ETH Zürich

Autor(en): **Schweitzer, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **80 (1989)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-903618

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Mechatronik an der ETH Zürich

G. Schweitzer

Mechatronik ist die «intelligente» Kombination von Mechanik, Elektronik und Informatik. In Lehre und Forschung ist sie ein ausgeprägtes Förderungsgebiet an der ETH Zürich. Die Schweizer Industrie hat von der Tradition und der Einstellung her die besten Voraussetzungen, um auf diesem Gebiet wirtschaftliche Erfolge zu erzielen. Welche Ausbildungs- und Forschungskonzepte bietet die ETH dazu an?

Mécatronique, c'est la combinaison intelligente de mécanique, électronique et informatique. Elle compte parmi les principaux domaines favorisés à l'ETH dans l'enseignement et dans la recherche. De par sa tradition et sa structure, l'industrie suisse est prédestinée au succès économique dans ce domaine. Quelles conceptions d'enseignement et de recherche l'ETH offre-t-elle?

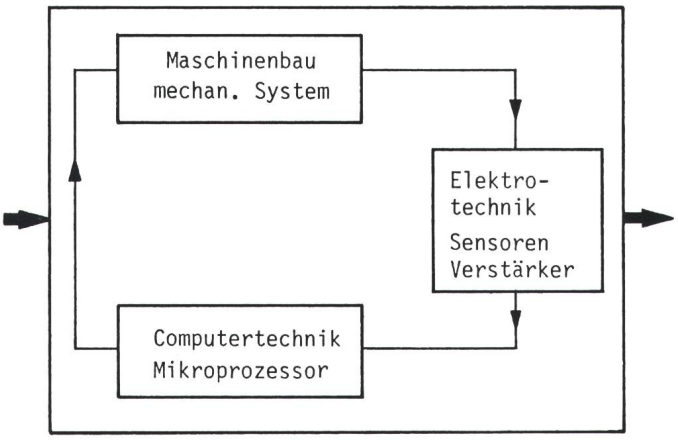
Was ist Mechatronik? Beginnen wir mit einem Beispiel! In der klassischen Mechanik fragt man z.B.: Welche Bewegung führt ein Körper aus, wenn eine vorgegebene Kraft, z.B. durch das Kraftfeld der Erde, auf ihn wirkt? Nun, zur Beantwortung der Frage stellt man in bekannter Weise die Bewegungsgleichungen auf und löst sie. Es ist ein Problem der Analyse.

Diese Fragestellung lässt sich auch umkehren, und die Frage heisst dann: welche Kraft muss man auf einen Körper ausüben, damit er eine bestimmte Bewegung auch tatsächlich ausführt? Wie muss z.B. die Bremskraft eines Autos bemessen sein, damit das Auto während des Bremsens sicher durch eine Kurve fahren kann? Das ist ein Problem der Synthese, und in dem Auto-Beispiel hat die Antwort letztlich auf das Antiblockiersystem (ABS) geführt.

Zur Lösung einer solchen Syntheseaufgabe setzen wir neben der Mechanik vor allem die Systemtheorie bzw. die Regelungstechnik ein. Und wenn wir den Lösungsvorschlag auch noch realisieren wollen, benutzen wir sehr oft die Elektrotechnik, Elektronik und Informatik. Der Name Mechatronik für die Verbindung dieser Gebiete stammt wahrscheinlich aus Japan, und er wird dort sehr weit aufgefasst. Im Grunde ist diese Verbindung ja nicht neu: In der Luft- und Raumfahrt z.B. ist sie schon lange erfolgreich. Deshalb schlagen wir eine Definition vor, welche die neuartigen Möglichkeiten der Fächerkombination, ihre Fähigkeit zur «Intelligenz», deutlich ausdrückt:

> «Mechatronik ist ein interdisziplinäres Gebiet der Ingenieurwissenschaften, das auf den klassischen Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik aufbaut. Ein typisches mechatronisches System nimmt Signale auf, verarbeitet sie und gibt Signale aus, die es z.B. in Kräfte und Bewegungen umsetzt.»

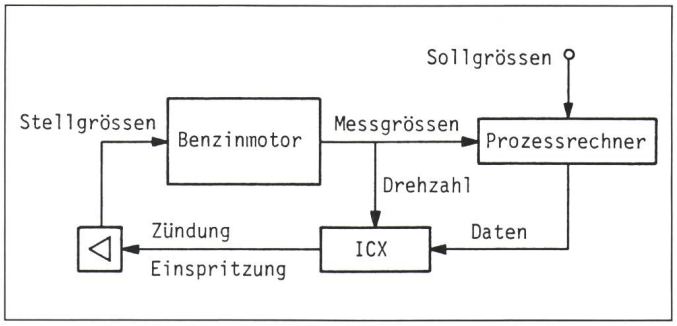
Im Vordergrund steht die Erweiterung und Ergänzung mechanischer Systeme durch Sensoren und Mikrorechner. Die Tatsache, dass ein solches System Änderungen in seiner Umgebung durch Sensoren aufnimmt und darauf



Figur 1
Mechatroniksystem
Das System nimmt Signale aus seiner Umgebung auf, verarbeitet sie «intelligent» und reagiert z.B. mit Kräften oder Bewegungen. Methoden zur Verknüpfung der verschiedenen Fachgebiete liefern die Ingenieurgrundlagen, die Systemtheorie, die Regelungstechnik und die Informatik.

Adresse des Autors
Prof. Dr. *G. Schweitzer*, Institut für Mechanik und Arbeitsgruppe Mechatronik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

– nach einer geeigneten Informationsverarbeitung – reagiert, unterscheidet es von herkömmlichen Maschinen (Fig. 1). Beispiele mechatronischer Systeme sind Roboter, digital geregelte Verbrennungsmotoren, Werkzeugmaschinen mit selbsteinstellenden Werkzeugen, berührungsfreie Magnetlager, gleislose automatische Transporteinrichtungen usw. Typisch für ein solches Produkt ist der hohe Anteil von Systemwissen und Software, der für seine Entwicklung und Konstruktion sowie auch für seinen Einsatz notwendig ist. Es ist durchaus berechtigt, hier von der Software als Maschinenelement zu sprechen.



Figur 2
Digitale Regelung eines Verbrennungsmotors
Der Chip ICX steuert einen Zylinder in Echtzeit. Aufgrund der Aufgabe kann der ICX als «Smart Memory» aufgefasst werden.

Arbeitsgruppe Mechatronik an der ETH

An der ETH haben sich einige interessierte Professoren zu einer institutsähnlichen Arbeitsgruppe Mechatronik zusammengeschlossen. Die Voll- und Teilmitglieder dieser Arbeitsgruppe kommen aus den Abteilungen für Maschineningenieurwesen (IIIA) und für Elektrotechnik (IIIB): aus der Abteilung III A die Professoren Geering (Mess- und Regeltechnik) und Schweitzer (Mechanik), aus der Abteilung III B die Professoren Guggenbühl (Elektronik), Hugel (Elektrotechn. Entwicklungen und Konstruktionen), Kübler (Bildwissenschaften), Mansour (Automatik) und Reichert (El. Maschinen und Antriebe). Die Aufgabe der Arbeitsgruppe ist, das Gebiet der Mechatronik in Lehre und Forschung systematisch zu fördern. Dazu wurden zunächst u.a. ein Nachdiplomstudium in Mechatronik aufgebaut sowie Forschungsarbeiten koordiniert und in Gang gesetzt. Diese Aktivitäten werden in den beiden nächsten Abschnitten vorgestellt.

Wintersemester 1988/89

– Computergestützte Kinematik und Kinetik von Mechanismen	4 V
– Computer Vision	4 V
– Optimale Filterung	3 V
– Mikroprozessoren I	4 V
– Angew. künstliche Intelligenz I	4 V
– Berührungsfreie Magnetlager	3 V
– Elektrische Antriebe I	4 V
– Mikrotechnik I	2 V

Sommersemester 1989

– Roboterdynamik	3 V
– Computer Vision II	4 V
– Mikroprozessoren II	4 V
– Echtzeit-Datenverarbeitung	4 V
– Angew. künstliche Intelligenz II	4 V
– Elektrische Antriebe II	4 V
– Elektrotechn. Ausrüstungen in Strassenfahrzeugen	2 V
– Nachdiplomarbeit	150 h
– Vorlesungen aus anderen Abteilungen wie Zuverlässigkeit, Sensortechnik	

Tabelle I Veranstaltungen im Nachdiplomstudium Mechatronik
V Vorlesungs- und Übungsstunden pro Woche

Lehre in Mechatronik

Das Nachdiplomstudium Mechatronik wird an der Abteilung Maschineningenieurwesen angeboten. Es ist speziell von Interesse für Maschinenbauer, Elektrotechniker, Informatiker und technische Physiker zur Weiterbildung in der Industrie oder zur Vorbereitung auf eine Promotionsarbeit. Der ganze Kurs (Tabelle I) ist auf die Dauer von einem Jahr angelegt, kann aber auch über längere Zeit erstreckt werden. Voraussetzung zur Zulassung als regulärer Hörer ist ein Diplomabschluss, der dem an einer ETH-Abteilung gleichwertig ist. Aus dem Veranstaltungsangebot soll sich der Hörer je nach Vorkenntnissen eine sinnvolle Kombination zusammenstellen. Falls der ganze Kurs erfolgreich abgeschlossen wird, erhält der Teilnehmer eine formelle Bestätigung. Die Veranstaltungen können natürlich auch einzeln besucht werden. Sie stehen jedem technisch Interessierten als Fachhörer offen. Studienberatung erteilen die oben genannten Professoren; das genaue Regulativ für das Nachdiplomstudium Mechatronik ist über das Rektorat der ETH erhältlich.

Einzelne dieser Lehrveranstaltungen werden auch in Blockform als Kurse angeboten. Auch einige Tagungen zu diesen Themen wurden von der Arbeitsgruppe an der ETH schon durchgeführt. Längerfristig ist vorgesehen, Teile des Nachdiplomstudiums bereits im Normalstudium des Maschineningenieurs anzubieten und dort eine Vertiefungsrichtung Mechatronik zu schaffen.

Forschungsarbeiten in Mechatronik

Die fünf Aufsätze in diesem Heft stellen Forschungsergebnisse vor, die direkt aus der Mechatronik stammen oder wichtige Bausteine für dieses Gebiet darstellen. Einige weitere Arbeiten, die derzeit in der Arbeitsgruppe Mechatronik im Vordergrund stehen, werden im folgenden kurz vorgestellt:

Das Institut für Mess- und Regeltechnik untersucht moderne *Steuer- und Regelkonzepte für Verbrennungsmotoren* und macht dabei von den Möglichkeiten der elektronischen Signalverarbeitung Gebrauch [1]. Im Rahmen der dynamischen Optimierung und der robusten Regelung von Ottomotoren wurde in Zusammenarbeit mit der Gruppe für VLSI-Design am Institut für Informatik ein anwendungsspezifischer Chip für die digitale Einzylinderregelung (Fig. 2) entwickelt und von der Firma Faselec, Zürich, realisiert (CMOS-Prozess, etwa 1500 Transistoren, 64 Pins). Das Projekt hat gezeigt, dass die Realisierung von VLSI-Schaltungen durch den Anwender möglich ist und dass durch eine solche Kooperation wesentliche Bausteine für Mechatronikprodukte entstehen können.

Das Gebiet der *Robotik* wird an der ETH stark gefördert; es gibt zahlreiche Forschungsprojekte. Die Arbeiten werden in einem späteren Beitrag ausführlicher vorgestellt werden. In dieser Übersicht seien nur drei kurz genannt.

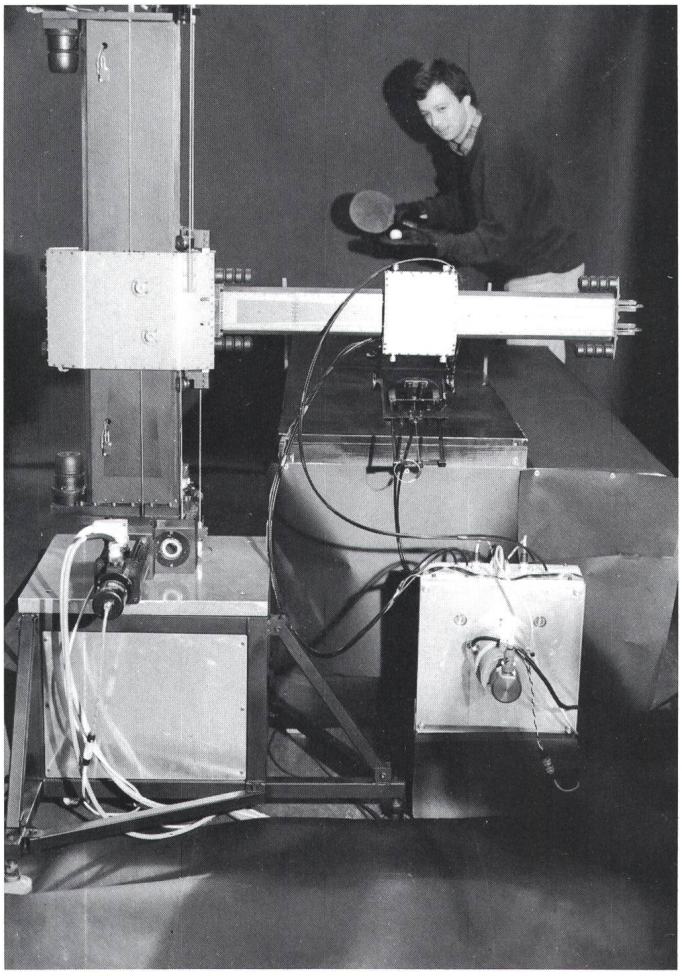
Das Institut für Automatik befasst sich u.a. mit dem Bau eines autonomen *fahrbaren Roboters* für den Einsatz in einer Fabrikumgebung. Dabei steht derzeit das Trägerfahrzeug im Vorder-

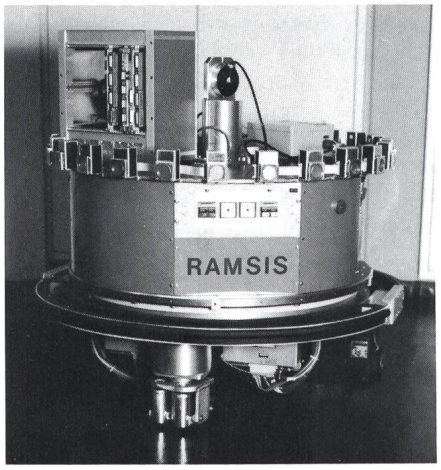
grund (Fig. 3). Es kann bereits ferngesteuert fahren und besitzt ausgezeichnete Manövrierfähigkeiten [2].

Am Institut für Mechanik wurde für ein Forschungsprojekt über das Greifen und Tasten mit einem Roboter ein *sehr schneller Roboter* benötigt, der gut über Sensoren ansteuerbar ist. Da ein solcher auf dem Markt nicht erhältlich war, wurde er mit Hilfe von etwa 25 koordinierten Studienarbeiten selbst gebaut [3]. Seine Leistungsfähigkeit demonstriert der Roboter, indem er gegen einen Partner Ping-Pong spielt. Auch wenn er bis jetzt nur etwa 3 Ballwechsel durchhält, so hat er doch bei dem Wettbewerb am Euromicro-Symposium in Zürich Ende August 1988 gegen die drei Konkurrenten aus Finnland, Schweden und England knapp gewonnen. Die wesentlichsten Probleme stellten sich im Bereich des dynamischen Sehens und der künstlichen Intelligenz, und dort werden jetzt weitere Studien- und Forschungsarbeiten ausgeführt, deren Ergebnisse sicher auch für ganz andere Roboteranwendungen von Nutzen sein werden.

Innerhalb der Mechatronik-Arbeitsgruppe sind zurzeit erste Arbeiten im Gange für das Projekt eines *intelligenten Roboters mit taktilen und visuellen Fähigkeiten,* der fähig sein soll, mit dem Menschen zusammenzuarbeiten. Der Roboter soll in einer nur teilweise strukturierten Umgebung industrielle Arbeiten weitgehend selbständig durchführen können. Und in Ausnahmefällen soll der überwachende Mensch, ohne sich selbst zu gefährden, in den direkten Arbeitsraum des Roboters eingreifen können. Die hier auftretenden Probleme erfordern eine enge Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg. So besteht auch eine Verbindung zur *Neuroinformatik Zürich,* einer Arbeitsgruppe, zu der sich Professoren der Universität Zürich und der ETH zusammengefunden haben, um die Informationsverarbeitung und Bewegungssteuerung bei Lebewesen und technischen Systemen unter übergeordneten Gesichtspunkten zu untersuchen.

Figur 4
Schneller Roboter spielt Pingpong
Der Roboter ist mit zwei CCD-Kameras für ein 3D-Vision-System und mit einem Mehrprozessorsystem auf VME-Bus-Basis ausgestattet. Er kann seine Hand mit bis zu 25 g beschleunigen.





Figur 3 Mobile Roboterplattform Ramsis

Ausblick

Die Lehr- und Forschungsaktivitäten an der ETH Zürich [4] auf dem Gebiet der Mechatronik zielen darauf hin, dieses wissenschaftlich und wirtschaftlich höchst interessante Gebiet für die Schweiz intensiv zu fördern. Besonders wünschenswert scheinen uns dabei derzeit Fortschritte bei der Computeranwendung im Mechatronikprodukt, bei der Leistungselektronik und der künstlichen Intelligenz zu sein. Dass die Bemühungen der ETH zur Förderung der Mechatronik nicht ohne Erfolg sind, sehen wir an der steigenden Zahl der in- und ausländischen Studenten, die eine Ausbildung oder Forschungstätigkeit in Mechatronik anstreben, an den Bestrebungen im Ausland, ähnliche Schwerpunkte in der Ausbildung zu setzen sowie an dem konkreten Interesse der Industrie, verschiedene Forschungsarbeiten zu unterstützen.

Literatur

[1] *E. Badreddin:* RAMSIS - Concept and specifications. 19th International Symposium on Allied Technology and Automation (ISATA), 24...28 October 1988, Monte Carlo.

[2] Forschung 1986...1988. Berichte der Institute. Zürich, ETH, 1988.

[3] *H.P. Fässler, K. Buffinton* and *E. Nielsen:* Design of a high-speed robot skilled in the play of ping-pong. 18th International Symposium on Industrial Robots, 26...28 April 1988, Lausanne, p. 221....232.

[4] *L. Guzzella, H.P. Geering* und *H. Hirzel:* Anwendungsspezifische Chips für die Regelung von Ottomotoren. Technische Rundschau 79(1987)1/2, S. 46...49.