

STRATEGISCHE AUSRICHTUNG DER JUNIORPROFESSUR MECHATRONISCHE AKTORIK

J. Zentner

1 CHARAKTERISIERUNG DES FACHS

Die Analyse der modernen technischen Entwicklungen zeigt, dass es einen starken Trend zur "Mechatronisierung" technischer Systeme gibt. Dieser besteht in der synergetischen Integration der Technologien des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Informationstechnik mit dem Ziel, die Funktion eines technischen Systems zu optimieren beziehungsweise neue Funktionalitäten zu ermöglichen. Am deutlichsten ist dieser Trend wohl in der Automobilindustrie zu erkennen. Die meisten Innovationen der letzten Jahrzehnte hatten mit der Erhöhung der Sicherheit, Verbesserung des Komforts und Senkung des Energieverbrauchs durch die Integration zusätzlicher, in der Regel mechatronischer, Systeme in das Automobil zu tun. Schlupfregelungssysteme, adaptive Automatikgetriebe, elektromechanische Bremse und Hybridantrieb sind nur einige prominente Beispiele solcher Systeme. Der Trend zur "Mechatronisierung" ist gleichfalls in den Transportsystemen Bahn (aktive Neigetechnik) und Flugzeug (elektrische Servoantriebssysteme) sowie in anderen technischen Bereichen wie Automatisierungstechnik (dezentrale autonome Montagezellen), Werkzeugmaschinenbau (neue Maschinenkonzepte mit aktiven Systemen zur Erhöhung der Steifigkeit und der Dämpfung), Medizintechnik (aktive Prothesen, Systeme zur Unterstützung der Rehabilitation), Konsumergeräte (DVD-Player, Kameras und Camcorder mit Autofokus-Funktion), Rechentechnik (Festplatten, CD-Laufwerke, Drucker) zu beobachten.

In allen beispielhaft genannten Applikationen werden maßgeschneiderte integrierte antriebs-technische Lösungen gefordert, die die Anforderungen hinsichtlich Funktionalität, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit unter bestimmten technischen, ökonomischen und terminlichen Randbedingungen optimal erfüllen. Die Integration kann dabei auf vier Ebenen realisiert werden:

- **Geometrische Integration** (zum Beispiel kompaktere Bauweise, höhere Packungsdichte),
- **Stoffliche Integration** (zum Beispiel das Gehäuse erfüllt gleichzeitig die Funktion der Abschirmung),
- **Energetische Integration** (zum Beispiel gemeinsames Energiemanagement mehrerer Antriebe),
- **Informationstechnische Integration** (zum Beispiel koordinierte Ansteuerung mehrerer Antriebe unter gegenseitiger Nutzung der Zustandsinformationen).

Solche Antriebe, die sich durch die gegenseitige Integration der Teilsysteme (Gehäuse, Energiewandler, Getriebe, Leistungselektronik, Steuerungsrechner, Sensoren) sowie die möglichst tiefe Integration der Antriebe in das übergeordnete System auszeichnen, werden **mechatronische Antriebe** beziehungsweise **mechatronische Aktoren**¹ genannt.

Laut des Zentralverbands der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. betrug im Jahr 2006 die weltweite Nachfrage nach Kleinantrieben, zu denen auch die meisten mechatronischen Aktoren gehören, etwa 2,4 Mrd. Euro. Dies war etwa ein Drittel der Gesamtnachfrage nach elektrischen Antrieben. Die Nachfrage nach Standardantrieben lag im gleichen Zeitraum bei etwa 2 Mrd. Euro. Dabei wächst der Markt der Kleinantriebe überproportional zum Gesamtmarkt, der ein jährliches Wachstum von etwa 5,5% aufweist [1].

Ein modernes Mittelklasse-Kraftfahrzeug beherbergt mehr als 100 Aktoren. Jeder dieser Aktoren trägt zum Gewicht und zum Energieverbrauch bei. Deshalb ist es eine aktuelle Herausforderung, die Anzahl der Aktoren zu reduzieren, ohne dabei die Funktionalität zu verlieren. Dies ist offensichtlich nur durch eine tiefere Integration auf allen vier Ebenen unter konsequenter Nutzung der vorhandenen Integrationspotenziale möglich.

Die Innovationspotenziale mechatronischer Aktoren bestehen also in erster Linie in der Systemintegration auf geometrischer, stofflicher, energetischer und informationstechnischer Ebene. Weitere Potenziale sind:

- Anwendung nichtkonventioneller Aktoren,
- Anwendung hybrider Aktoren (elektrohydraulische, magnetorheologische Aktoren und andere),
- Entwicklungsdynamik der Werkstofftechnologie, Halbleitertechnik, Rechentechnik, Netzwerktechnologie, Sensortechnik und anderer Querschnittstechnologien.

Obwohl eine ganze Reihe erfolgreicher Entwicklungen im Bereich mechatronische Aktorik existiert, beruhen diese eher auf intuitiven denn auf diskursiven Ansätzen. Eine Systematik zur fachübergreifenden Entwicklung *integrierter* mechatronischer Aktoren – wie übrigens auch anderer *integrierter* mechatronischer Systeme –, so wie es zum Beispiel eine ausgereifte Konstruktionssystematik im mechanisch geprägten Maschinenbau gibt, fehlt derzeit. In der VDI-Richtlinie 2206 "Entwicklungsmethodik mechatronischer Systeme" [2] werden zwar drei Phasen bei der Entwicklung mechatronischer Systeme identifiziert

- Systementwurf,
- Entwurf von Teilsystemen und
- Systemintegration,

anwendungsorientierte Empfehlungen zur Realisierung der Integration sind jedoch mangels entsprechender Forschungsergebnisse nicht enthalten.

¹ Nach der Definition in der VDI-Richtlinie 2206 dienen Aktoren zur gezielten Beeinflussung der Zustandsgrößen in übergeordneten technischen Systemen. Damit geht der Begriff "Aktor" über den Begriff "Antrieb" eigentlich hinaus und umfasst alle Arten von Ausgabeelementen von Bewegungen und Kräften [2].

2 AUSRICHTUNG DER FORSCHUNG

Unter der Berücksichtigung des im Abschnitt 1 dargestellten Forschungsbedarfs sowie der am Institut vorhandenen Infrastruktur und Erfahrungen konzentriert sich die Forschung auf drei Schwerpunkte.

- **Entwicklung einer methodischen und rechentechnischen Infrastruktur zum integrativen Entwurf und Konstruktion mechatronischer Aktoren:**
 - Methoden und Werkzeuge zur rechnerbasierten Ermittlung, Analyse und Bewertung prinzipieller antriebstechnischer Lösungen in einem frühen Entwurfsstadium hinsichtlich der Integrationsfähigkeit auf geometrischer, stofflicher, energetischer und informationstechnischer Ebene,
 - Strategien, Methoden und Werkzeuge zum domänenübergreifenden modellbasierten Entwurf mechatronischer Aktoren,
 - Fachübergreifende Konstruktionssystematik mechatronischer Aktoren,
 - Domänenübergreifende Modellbildung und Simulation mechatronischer Aktoren in allen Phasen der Entwicklung, insbesondere mit unterschiedlichen, aber zu einander kompatiblen Abstraktionsebenen,
 - Beurteilung der Zuverlässigkeit und Notlaufeigenschaften mechatronischer Aktoren.

- **Entwicklung innovativer mechatronischer Aktoren für und mit Industriepartnern:**
 - Spezielle mechatronische Aktoren für verschiedene Applikationen in der Kraftfahrzeugtechnik, Automatisierungstechnik, Medizintechnik und anderen Industriezweigen,
 - Multifunktionale Aktoren,
 - Optimierung der Zuverlässigkeit und Verbesserung der Notlaufeigenschaften mechatronischer Aktoren.

- **Entwicklung integrierter Mehrfreiheitsgradantriebe und darauf aufbauender Applikationen**
 - Planare Mehrkoordinatenantriebe
 - Sphärische Mehrkoordinatenantriebe
 - Systematik der Mehrfreiheitsgradantriebe

Durch die enge Verzahnung der verschieden gelagerten Forschungsschwerpunkte untereinander erhalten die methodenorientierten Projekte eine Rückkopplung aus der Praxis und die Industrieprojekte profitieren direkt von den neuesten Forschungsergebnissen.

3 AUSRICHTUNG DER LEHRE

Basierend auf dem Stand der Technik und der Forschungsergebnisse in den im Abschnitt 2 genannten Forschungsschwerpunkten werden für die Studenten höherer Semester der Studiengänge Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik und Wirtschaftsingenieurwesen die Lehrveranstaltungen **Integrierte Antriebstechnik I und II** vorbereitet, die aus Vorlesungen, Seminaren und Praktika bestehen. Der Inhalt dieser Lehrveranstaltungen ist direkt mit den Forschungsschwerpunkten verbunden. Durch die methoden- und anwendungsorientierte Darstellung der Lehrinhalte sollen Studenten für das zukunftssträchtige Gebiet der mechatronischen Aktorik begeistert und zur Mitarbeit in den Forschungsprojekten im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten bewegt werden.

LITERATUR

- [1] Mitteilungen des Zentralverbandes der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZWEI-Mitteilungen) 20/2006
- [2] VDI-Richtlinie 2206: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*, VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 2004.