

Adaptronik

Adaptronics

Hartmut Janocha

Im deutschsprachigen Raum bezeichnet das Kunstwort Adaptronik eine technische Disziplin, die international unter den Begriffen smarte Materialien, smarte Strukturen oder intelligente Systeme bekannt ist. Der Terminus Adaptronik wurde ursprünglich im VDI-Technologiezentrum Düsseldorf „erfunden“ und im Herbst 1991 von einem Expertengremium sanktioniert. Er umfasst Systeme und Strukturen, die zunächst alle Funktionen von herkömmlichen Regelkreisen aufweisen. Diese werden genutzt, um adaptives Verhalten zu erzeugen, d.h. adaptronische Systeme oder Strukturen können sich selbsttätig an unterschiedliche Betriebs- oder Umweltbedingungen anpassen. Darüber hinaus und im Unterschied zum klassischen Regelkreis, bei dem jede (Teil-)Funktion durch ein separates Bauelement realisiert wird, sind für die Adaptronik multifunktionale Elemente charakteristisch. Man versucht also, mehrere anwendungsspezifische Funktionen in einem einzigen Bauelement unterzubringen (z.B. Self-sensing-Aktoren), das vorzugsweise in die Struktur oder in das System integriert wird. Das Ziel besteht darin, adaptive Systeme und Strukturen möglichst einfach und leichtgewichtig aufzubauen, um letztendlich den erforderlichen Material- und Energieeinsatz für die Realisierung und den Betrieb auf ein unbedingt notwendiges Maß reduzieren zu können [1].

Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, dass – neben den erforderlichen automatisierungstechnischen Voraussetzungen – moderne Funktionswerkstoffe eine wesentliche Grundlage für den erfolgreichen Entwurf und Einsatz adaptronischer Produkte sind. Einen hohen Bekanntheitsgrad haben heute vor allem Gedächtnismetall-Legierungen, elektro- und magnetorheologische Flüssigkeiten sowie piezoelektrische oder magnetostruktive Materialien. Ein viel zitiertes, frühes Beispiel für ein adaptronisches Produkt sind Brillen mit photochromen Gläsern. Solche Gläser verändern selbsttätig ihre Lichtdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit, wobei sie – neben ihrer originären optischen Aufgabe, nämlich Brechungsfehler des menschlichen Auges zu korrigieren – die sensorischen, aktorischen und Steuerungsfunktionen eines Regelkreises zur Transmissionsnachführung übernehmen. Im weiteren technischen Umfeld wird die Schwingungs- und Lärmreduzierung als großes Anwendungspotenzial der Adaptronik gesehen. Einsatzbereiche sind beispielsweise die Automobilindustrie, der Maschinenbau, das Bauwesen sowie die Luft- und Raumfahrt. Andere Anwendungsszenarien orientieren sich an der Natur und versuchen, mit Hilfe der Adaptronik wichtige „Lebensfunktionen“ nachzubilden. Ei-

ner der Ausgangspunkte ist hierbei die Fähigkeit von biologischen Systemen, lokale Schäden an ihren Strukturen zu erkennen und selbsttätig zu beheben. Eine solche Eigenschaft kann natürlich auch bei technischen Systemen und Strukturen, vor allem in sicherheitsrelevanten Bereichen (Bauwerke, Flugzeuge), höchst wünschenswert sein.

Historisch gehen die Ursprünge der Adaptronik, dann allerdings unter den eingangs genannten alternativen Bezeichnungen, zurück auf die frühen 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts, wobei die treibenden Kräfte vornehmlich dem militärischen Bereich entstammten. Unter dem Namen „Smart Skin“ wurden beispielsweise Aktivitäten in den USA bekannt, die durch eine Integration bestimmter Funktionen in die Außenhaut von Kampfbombern u. a. für eine Reduzierung des Fluggewichtes sorgen sollten. In Japan konzentrierten sich die anfänglichen Arbeiten hingegen eher auf zivile Anwendungen, speziell auf die Entwicklung von multifunktionalen Werkstoffen zur Erfüllung eines breiten Spektrums sensorischer Aufgaben. In Deutschland wurden adaptronische Aktivitäten seit den späten 80er-Jahren im Bereich Luft- und Raumfahrt sichtbar, wobei die aktive Schwingungsunterdrückung als Anwendungsbereich im Vordergrund stand. Eine nationale staatliche Förderung erfolgte erstmals 1992 durch das damalige Bundesministerium für Forschung und Technologie; eines der Ziele war die anwendungsorientierte Optimierung von Funktionswerkstoffen sowie deren Systemintegration. Einer breiteren Öffentlichkeit wurde die Adaptronik dann durch ein sog. Leitprojekt gleichen Namens bekannt, in dem zwischen 1998 und 2002 die Kooperation von 25 Partnern durch das BMBF gefördert wurde. Etwa ab dieser Zeit nahm sich auch die EU-Förderung in wachsendem Maße dieser Disziplin an.

Die Behandlung der Adaptronik in Fachzeitschriften oder auf Tagungen erfolgte im internationalen Rahmen verstärkt etwa ab Beginn der 90er-Jahre unter Überschriften wie „Smart Structures and Materials“, „Adaptive Structures“ oder „Intelligent Materials“. In Deutschland tauchte der Begriff Adaptronik im Titel einer wissenschaftlichen Veranstaltung explizite wahrscheinlich erstmals im Jahre 1995 in dem vom Autor mit initiierten und geleiteten 1. Adaptronik-Workshop auf, dem Vorläufer des gerade zum zehnten Mal durchgeführten „Adaptronic Congress“. Als Beleg für die bis heute stetig wachsende Bedeutung und Verbreitung der Adaptronik seien einige aktuelle Beispiele herausgegriffen: Im Bereich der Grundlagenforschung fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) seit 2003 das

Schwerpunktprogramm „Adaptronik für Werkzeugmaschinen“, das „Institut für Strukturmechanik“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) wurde 2005 in „Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik“ umbenannt, und im selben Jahr verkündete die Fraunhofer-Gesellschaft, dass sie die Adaptronik als eine von zwölf Leitinnovationen und damit als einen der Schwerpunkte ihrer FuE-Aktivitäten sieht.

In dieser Situation hat sich die **at** - Automatisierungstechnik die Aufgabe gestellt, im Rahmen eines Themenschwerpunkttheftes den aktuellen Stand der Adaptronik zu beleuchten. Zur Einführung beschreibt Victor Giurgiutiu in seinem Beitrag *Concepts of Adaptronic Structures* die Grundidee der Adaptronik und deren übergeordneten Ziele, gewissermaßen also die „adaptronische Philosophie“. Hierbei wird die Verwandtschaft mit biologischen Systemen herausgestellt und anhand verschiedener Problemstellungen anschaulich belegt. Am Beispiel einer piezoelektrischen Verbundstruktur zeigen anschließend Andreas Kugi, Daniel Thull und Thomas Meurer in ihrem Aufsatz *Regelung adaptronischer Systeme, Teil 1: Piezoelektrische Strukturen*, wie sich auf Basis eines infinit-dimensionalen mathematischen Modells eine Trajektorienfolgeregelung entwerfen lässt, ohne vorher ein finit-dimensionales Ersatzmodell herleiten zu müssen (der zweite Teil erscheint aus organisatorischen Gründen im Juli-Heft der **at**). Adaptronische Strukturen zeigen häufig ein sehr komplexes dynamisches Verhalten, was sich natürlich auch auf den Aufwand für deren Modellierung und Simulation auswirkt. In diesem Zusammenhang geben Horst Baier und Uwe Müller in ihrem Beitrag *Simulation of Adaptronic Structures* eine Übersicht der verwendeten Methoden und Verfahren unter Berücksichtigung der Vorgehensweisen zur Modellordnungsreduktion.

Der zweite Teil dieses Themenschwerpunkttheftes befasst sich mit konkreten Anwendungsfeldern der Adaptronik. Zunächst belegt Christian Boller in seinem Beitrag *Adaptronic Systems for Aerospace Applications* anhand zahlreicher Problemstellungen und ihrer Lösungsansätze aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrtindustrie, dass diese nach wie vor zu den Treibern des Fortschritts zählt. Viele der dort relevanten Aufgaben und ihre adaptronischen Lösun-

gen finden zunehmend auch das Interesse der Automobilindustrie. Im folgenden Aufsatz *Adaptronische Systeme für automotiv Anwendungen* erläutern daher Holger Hanselka, Tobias Melz und Michael Matthias, welche Vorteile man in diesem Bereich vom Einsatz adaptronischer Techniken erwartet, und beschreiben an einem konkreten Beispiel den Entstehungsprozess eines adaptronischen Produkts. Das Heft schließt mit dem Beitrag *Adaptronischer Schwingungsabsorber für einen weiten Einsatzbereich* von Klaus Kuhnen, Pietro Pagliarulo, Chris May und Hartmut Janocha. Der hier vorgestellte Hilfsmassendämpfer nutzt die Eigenschaften von sog. aktiven Werkstoffen. Auf dieser Basis werden unterschiedliche Betriebsweisen und ein kompakter Aufbau realisiert, wodurch die Integration des Absorbers in die verschiedenartigsten schwingfähigen Strukturen erleichtert wird.

Der Gastherausgeber dankt allen Autoren für die Erstellung ihrer Beiträge. Er hofft, dass dieses Schwerpunktheft den Lesern nicht nur einen umfassenden Einblick in die Zielsetzungen und Anwendungspotenziale der Adaptronik vermittelt, sondern den einen oder anderen unter ihnen auch zu einer aktiven Mitwirkung bei der Weiterentwicklung dieses spannenden Wissenschaftsgebietes mit starken Visionen veranlassen wird.

Literatur

- [1] Neumann, D.: Adaptronics – a Concept for the Development of Adaptive and Multifunctional Structures. In: Janocha, H. (Ed.): Adaptronics and Smart Structures. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999.



Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Janocha ist Inhaber des Lehrstuhls für Prozessautomatisierung der Universität des Saarlandes und Direktionsmitglied im Zentrum für Innovative Produktion (ZIP Saarland). Seine Hauptarbeitsgebiete sind Steuern/Regeln von Maschinen, Anlagen und Prozessen, Prozessmesstechnik, unkonventionelle Aktorik und Robotik mit Bildverarbeitung.

Adresse: Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Prozessautomatisierung (LPA), Gebäude A5 1, 66123 Saarbrücken, Tel.: +49-(0)681-302-2880, Fax: +49-(0)681 302-2678, E-Mail: janocha@lpa.uni-saarland.de