

# Adaptronik

## – Die Kunst der Anpassung

Die Adaptronik beschreibt eine interdisziplinäre Strukturtechnologie, die die Umsetzung selbstanpassender (adaptiver) mechanischer Systeme ermöglicht. Adaptronische Struktursysteme können sich veränderlichen Betriebsbedingungen selbsttätig anpassen, um bei möglichst geringem Energieverbrauch und möglichst wenig einzusetzendem Material eine gewünschte Funktionalität zu gewährleisten. Wesentlich ist hierbei, dass die Zielstruktur nicht wie bisher im Maschinenbau üblich passiv ist, sondern mit Hilfe intelligenter Werkstoffe aktiv in ihre Eigenschaften und Funktionalität eingreift und diese ständig nachreguliert und optimiert.

### ► Adaptronics – the art of adaption

*Adaptronics is a highly interdisciplinary research field describing adaptive technical structural systems. Such systems autonomously adapt to their respective operational environment ensuring a defined functionality with minimal energy consumption and minimal costs of material. Adaptronics integrates additional functionality by combining conventional structures with intelligent material systems, which extend the classic function of load-bearing and shape-defining structures to sensing and actuating capabilities.*

**Thilo Bein, Holger Hanselka, Tobias Melz** • Im globalen Wettbewerb und den damit verbundenen Herausforderungen steigen die Anforderungen an zukünftige Produkte kontinuierlich an. Dies auch durch sich verschärfende gesetzliche und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen bezüglich Energie- und Ressourceneffizienz, Lärm, Emissionen, Präzision und Dynamik, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Produktflexibilität und vieles mehr. Um den daraus resultierenden, produktbezogen häufig gegensätzlichen Anforderungen gerecht zu werden, stoßen heutige technologische Ansätze zunehmend an ihre Grenzen. Zum Überwinden dieser technischen und durch den Gesetzgeber induzierten Grenzen steigt der Bedarf nach neuartigen Strukturansätzen. Dem begegnet die Adaptronik (angelsächsisch smart structures) durch strukturkonforme Integration von „Intelligenz“ (in Form von Aktoren, Sensoren, Elektronik und Software) in Bauteile und Struktursysteme. Die Adaptronik ermöglicht so die Modifikation von oder die Ausbildung neuer mechanischer Struktureigenschaften, so dass der bekannte technische Rahmen verlassen und neue Produkteigenschaften in erweiterten Grenzen realisiert werden können. Die Adaptronik





Tragwerk mit verteilten adaptiven Tilgern zur Schwingungskompensation.



Abbildung 1  
Das Fraunhofer Transferzentrum Adaptronik.

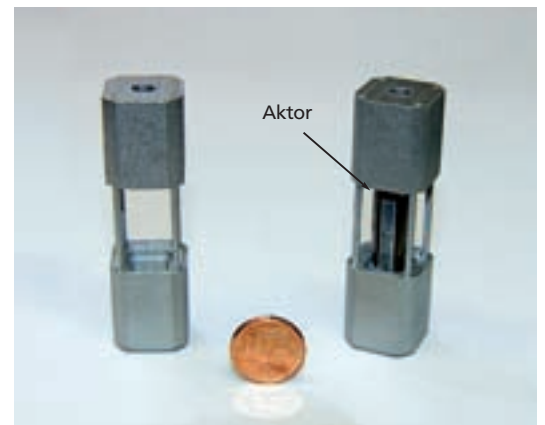
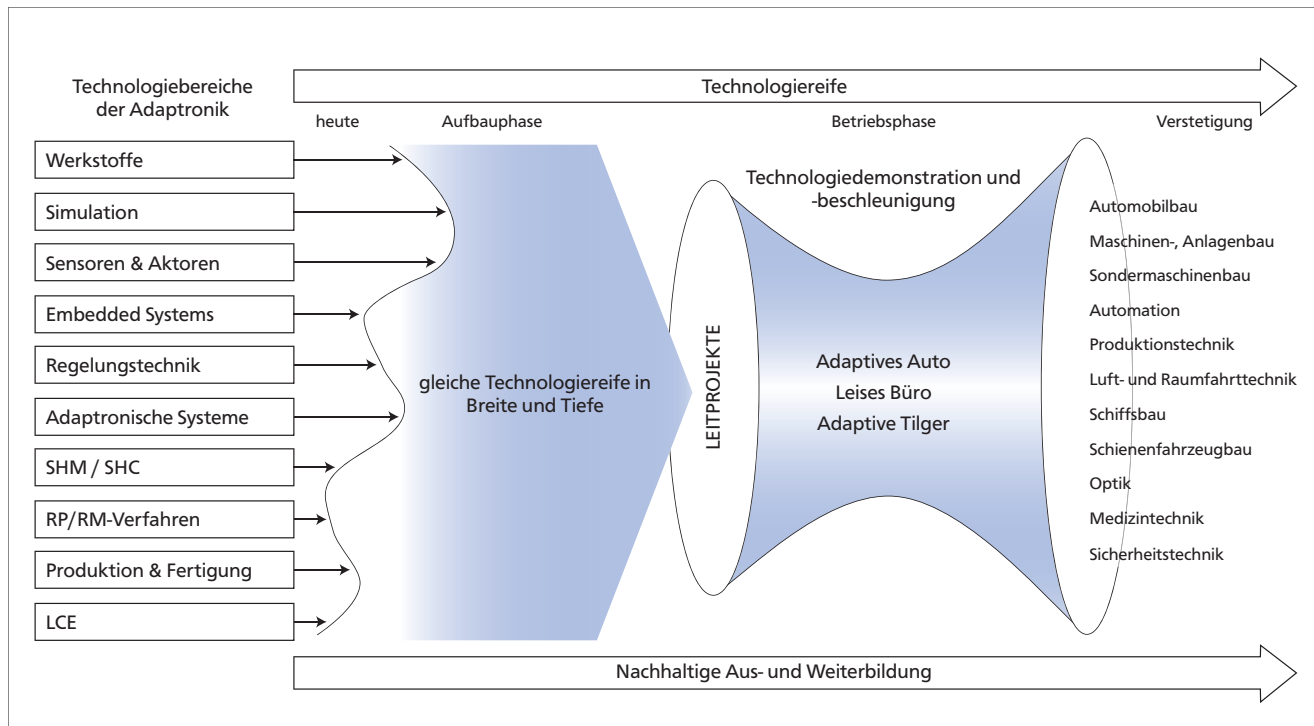


Abbildung 2  
Aktive Strebe: Integration von piezokeramischen Stapelaktoren mittels selektives Laserschmelzen.



Abbildung 3  
Aktives Interface zwischen PKW-Federbein und Karosserie.



ist damit anerkanntermaßen eine der zentralen Schlüsseltechnologien zur nachhaltigen Entwicklung von Produktinnovationen in den Marktfeldern Energie, Mobilität, Umwelt und Gesundheit. Der adaptronisch erschließbare Performancezuwachs unterstützt dabei optimal die Beherrschung künftiger globaler Herausforderungen in den Branchen Automobilbau, Energietechnik, Schiffs- und Schienenfahrzeugbau, Maschinen- und Anlagenbau, Bau- und Haustechnik, Medizintechnik und Produktionstechnik, um nur einige zu nennen. Am Standort Darmstadt hat sich über die zurückliegenden Jahre eine weltweit einmalige Forschungsinfrastruktur zum Thema Adaptronik etab-

**Abbildung 4**  
Struktur des LOEWE-Zentrums AdRIA – Technologiebereiche und Leitprojekte.

liert. Hierzu gehören neben dem LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronik – Research, Innovation, Application) im Wesentlichen das Fraunhofer Transferzentrum Adaptronik, der Forschungsschwerpunkt Adaptronik an der TU Darmstadt sowie der Forschungsschwerpunkt Funktionsintegrierter Leichtbau an der Hochschule Darmstadt. Die letztgenannten Forschungsschwerpunkte sind dabei direkt aus dem LOEWE-Zentrum AdRIA im Rahmen der Verstetigung des Zentrums hervorgegangen. Komplementiert wird dieses durch die Vertiefungsrichtung Adaptronik im Masterstudiengang Mechatronik, um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu gewährleisten.



**Thilo Bein** ist administrativer Koordinator des LOEWE-Zentrums AdRIA und Geschäftsfeldleiter Öffentliche Projekte am Fraunhofer-Institut LBF.



**Holger Hanselka** ist seit 2001 Leiter des Fachgebietes SzM der Technischen Universität Darmstadt, Direktor des Fraunhofer-Institut LBF und sowie Koordinator des LOEWE-Zentrums AdRIA.



**Tobias Melz** ist Leiter des Kompetenzzentrum Mechatronik/Adaptronik am Fraunhofer-Institut LBF.

#### Das LOEWE-Zentrum AdRIA

Im LOEWE-Zentrum AdRIA arbeiten fachlich komplementäre Partner aus den sechs Fachbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik, Material- und Geowissenschaften, Informatik, Mathematik und Chemie der TU Darmstadt, dem Fachbereich Maschinenbau und Kunststofftechnik der Hochschule Darmstadt und dem Fraunhofer LBF sowohl thematisch als auch örtlich eng zusammen. Gemeinsames Ziel ist es, grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungskompetenz abgestimmt weiterzuentwickeln, wissenschaftlich-technologische Aus- und Weiterbildung von Studenten und externen Partnern zu betreiben und in einem Netzwerk aus Forschung, Wirtschaft und Wirtschaftsförderung die Schlüsseltechnologie Adaptronik für nachhaltige Produktinnovationen und wissenschaftliche Exzellenz zu sichern.

Als vorrangiges Ziel werden im LOEWE-Zentrum AdRIA die erforderlichen wissenschaftlich-technologischen Themenfelder der Adaptronik konsequent in Tiefe und Breite weiterentwickelt, um eine systematische, ganzheitliche Entwicklung sowie einen hohen Marktreifegrad adaptronischer Produkte zu erreichen. Übergeordnetes technologisches Ziel ist es, mit Hilfe der Adaptronik die nachhaltige, technische Basis für einen nachhaltigen, konsequenten aktiven Strukturleichtbau zu schaffen, der sowohl eine verbesserte Energieeffizienz über den Lebenszyklus als auch erhöhte Funktionalität (zum Beispiel integrierte aktive Sicherheitssysteme oder sich selbst überwachende Strukturen) sowie eine Performancesteigerung (zum Beispiel präzise, leise und schwingungsarm) von technischen Produkten ermöglicht. Um diese Ziele zu erreichen, werden im LOEWE-Zentrum AdRIA sowohl Grundlagenforschung und Technologieentwicklung in definierten Technologiebereichen (Abbildung 1) als auch die Technologiedemonstration anhand von drei exemplarischen Leitprojekten verfolgt.

**Das Fraunhofer Transferzentrum Adaptronik**

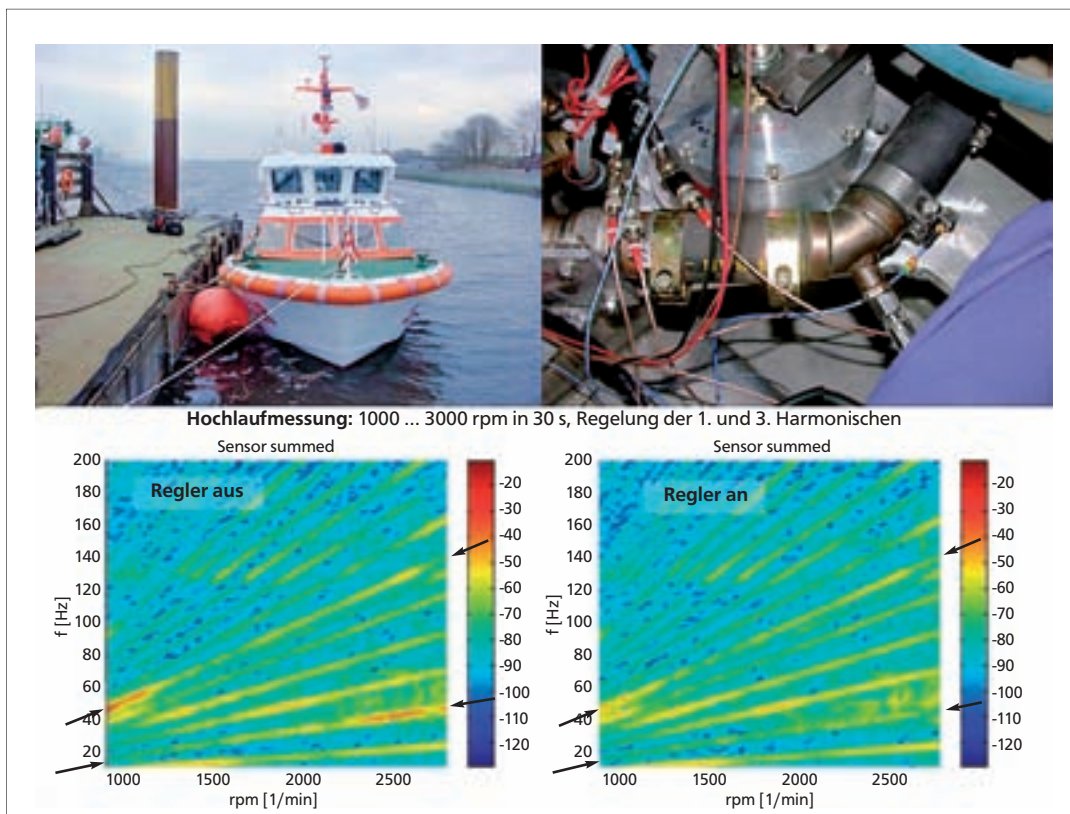
Im Fokus des Fraunhofer-Transferzentrums Adaptronik (TZA) stehen FuE-Projektarbeiten zum unmittelbaren Nutzen von Industrie und Gesellschaft (Abbildung 2). Dabei geht es besonders um den Nachweis von technischen und wirt-

schaftlichen Machbarkeiten aktiver Strukturösungen, die Umsetzung und den Test prototypischer Lösungen sowie den Transfer in die technische Produktentwicklung. Hierfür stehen Labore und Prüfhallen sowie Projekthausbüros und Seminar-kapazitäten zur Verfügung, die in gemeinsamen Entwicklungsprojekten mit Vor-Ort-Teams von Fraunhofer-Forschern und deren Partnern genutzt werden.

Diese örtlich enge Zusammenarbeit schafft eine beidseitige Win-Win-Situation, bei der einerseits Technologieanbieter und andererseits Technologienutzer ihre jeweilige interdisziplinäre Expertise problembezogen, flexibel und unmittelbar gemeinsam zusammenführen können. Dies ermöglicht

**Das LOEWE-Zentrum AdRIA**

Das LOEWE-Zentrum AdRIA – als eines von acht Zentren, welche im Rahmen des hessischen Forschungsförderungs-Programms LOEWE gefördert werden – steht für die systematische Vernetzung der Adaptronik-relevanten Kompetenzen und Ressourcen in der Region. So stellt das LOEWE-Zentrum AdRIA ein weltweit einmaliges Zentrum für Adaptronik dar, welches ein ganzheitliches Kompetenzangebot von der Forschung und Entwicklung bis hin zu Anwendungen im Kleinserienmaßstab bündelt. Auf dieser Leistungsbasis können gemeinsam mit Forschungs- und Entwicklungspartnern vor Ort Forschungsprojekte in allen Adaptronik-affinen Branchen ganzheitlich und maßgeschneidert durchgeführt werden.



**Abbildung 5**  
Aktives Motorlager:  
Aktive Schwingungs-  
kompensation an  
einem Dieselmotor  
eines Schiffes.

gegenseitiges Lernen, Schaffung von Teamverständnis über technische und wirtschaftliche Randbedingungen und Machbarkeiten, schnellere, fokussierte und bessere Systemlösungen und Know-how-Transfer. Dadurch sollen Produktinnovationen erleichtert werden.

**Leistungsspektrum am Standort Darmstadt**

Mit dieser Forschungsinfrastruktur können erstmalig maßgeschneiderte und ganzheitliche Forschungs- und Entwicklungsprojekte über die gesamte Entwicklungskette aus einer Hand umgesetzt werden. Das Leistungsspektrum umfasst dabei die experimentelle und numerische Ist-Analyse und Systemidentifikation technischer Strukturen, die Entwicklung von neuen Funktionswerkstoffen, Simulationsmethoden, Regelungsstrategien und Embedded Systems für die Adaptronik bis hin zur durchgehenden Auslegung und Entwicklung adaptronischer Systeme, deren Systemintegration und Prototyping sowie der Bewertung deren Systemzuverlässigkeit. Hierzu stehen den Partnern vor Ort eine leistungsfähige

Ausstattung zur Verfügung, die u. a. ein Dual-Beam Focused Ion Beam Rasterelektronenmikroskop, selektives Lasersintern für Kunststoffe und Metalle (Abbildung 3), State-of-the-Art Messtechnik für die strukturdynamische und vibro-akustische Analyse oder ein Computertomograph für Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsanalysen zur Verfügung. Das Leistungsspektrum lässt sich am Beispiel der Entwicklung einer aktiven Lagerung eines Hauptantriebsaggregates eines Schiffes anschaulich ver-

**Adaptronik**

Adaptive Struktursysteme kennzeichnen sich durch integrierte Aktoren und Sensoren auf Basis von multifunktionalen Werkstoffen, die über eine Regelung miteinander verbunden sind. Aktoren und Sensoren sind strukturkonform integriert und beeinflussen direkt die Eigenschaften der Struktur (zum Beispiel Dämpfung oder Steifigkeit). Damit unterscheidet sich die Adaptronik im Wesentlichen von der Mechatronik durch ihren hohen Grad an Strukturintegration.

ANZEIGE

**VERANSTALTUNGSHINWEIS · Adaptronic Congress 2011**  
 Topics: Anwendungen, Werkzeuge, Komponenten und Entwicklungen

07.-08. September 2011 · darmstadtium (Darmstadt)  
 Internationale Konferenz, Ausstellung und Akademie im Zielfeld „Adaptronik“

© Bild: darmstadtium

	<p><b>Veranstalter</b>                  Adaptronic Congress Management GbR                  Bürgerstraße 44/42                  37073 Göttingen                  info@adaptronic-congress.com</p>	<p><b>Gesellschafter</b></p>	<p><b>Prime Partner</b></p>

www.adaptronic-congress.com

deutlichen (Abbildung 4). Die Lagerkomponenten basieren auf piezokeramischen Materialien, die ergänzend zu den passiven Lagern direkt in die mechanische Störübertragung der Motorlagerung eingebracht wurden und der Körperschallübertragung störmindernd entgegenwirken. Eine wesentliche Herausforderung ist hierbei die konstruktive Integration des piezokeramischen Materials und die Sicherstellung der Systemzuverlässigkeit unter Berücksichtigung aller auf die Lager einwirkenden mechanischen Lasten. Zur Generierung des Lastenheftes wurde zunächst eine umfangreiche Ist-Analyse durchgeführt. Die ermittelten Messdaten dienten zum Aufbau eines numerischen Gesamtsystemmodells, anhand dessen unterschiedliche Lagerkonzepte simulativ vorbewertet, ein optimiertes Lagerdesign ermittelt und die Komponentenentwicklung risikoarm eingeleitet wurden. Anhand eines speziell entwickelten Versuchsstands, bestehend aus einem Teilsegment des Schiffes, dem Antriebsmotor, einem Abtriebsmotor etc., konnten die aktiven Lager labortechnisch auf ihre Funktion und Zuverlässigkeit untersucht werden.

Abschließend erfolgte die Systemintegration aller Komponenten in das Schiff. Das aktive Lager wurde in Fahrversuchen getestet, wobei die Reduktion der vom Motor in das Fundament eingeleiteten Schwingungen sowie der prinzipiellen Auswirkung auf den Luftschall nachgewiesen wurde.

#### Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit

##### LBF, LOEWE-Zentrum AdRIA

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein  
Tel. 06151/705-463  
E-Mail: [thilo.bein@lbf.fraunhofer.de](mailto:thilo.bein@lbf.fraunhofer.de)  
[www.loewe-adria.de](http://www.loewe-adria.de)

#### Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenbau SzM

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka  
Tel. 06151/16-6924  
E-Mail: [hanselka@szm.tu-darmstadt.de](mailto:hanselka@szm.tu-darmstadt.de)  
[www.szm.tu-darmstadt.de](http://www.szm.tu-darmstadt.de)

#### Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Dr.-Ing. Tobias Melz  
Tel. 06151/705-252  
E-Mail: [tobias.melz@lbf.fraunhofer.de](mailto:tobias.melz@lbf.fraunhofer.de)  
[www.lbf.fraunhofer.de](http://www.lbf.fraunhofer.de)

— ANZEIGE



Creating safety.  
With passion.

# NewTec

System-Entwicklung und Beratung

## NewTec – ein Gewinn von Anfang an.

Als einen von unseren Kunden geschätzten Technologie- und Entwicklungspartner setzt die NewTec GmbH auf Mitarbeiter, die eigenes unternehmerisches Handeln zeigen, ohne das gemeinsame Ziel aus den Augen zu verlieren.

### Wir suchen Sie, für unsere Standorte

Mannheim, Pfaffenhofen, Freiburg und Friedrichshafen

Sie sind Absolvent der Fachrichtungen:

**Elektro- , Nachrichtentechnik, Informatik und Medizintechnik**

Dann bewerben Sie sich initiativ bei uns.

NewTec ist immer an Jungingenieuren in den Bereichen Testengineering, Hard- und Softwareentwicklung interessiert.

**1** Die NewTec GmbH ist seit über 25 Jahren Systemhaus für Beratung und Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme in den Branchen Avionik, Medizintechnik, Automotive und Verteidigungstechnik.

**NewTec GmbH**  
System-Entwicklung und Beratung  
Buchenweg 3  
89284 Pfaffenhofen a. d. Roth  
Tel. 07302 9611-42  
[svenja.notz@newtec.de](mailto:svenja.notz@newtec.de)

[www.newtec.de](http://www.newtec.de)