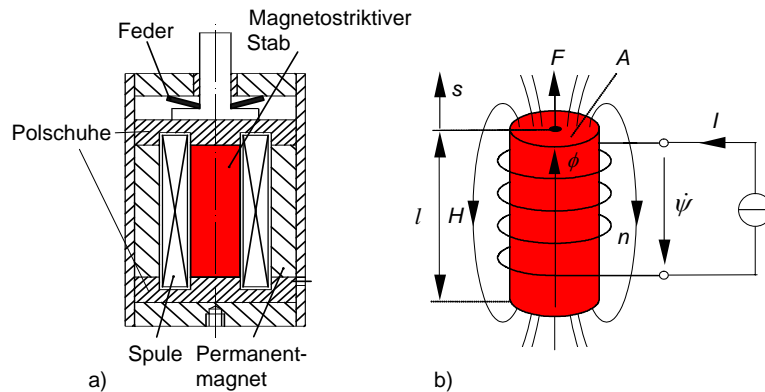
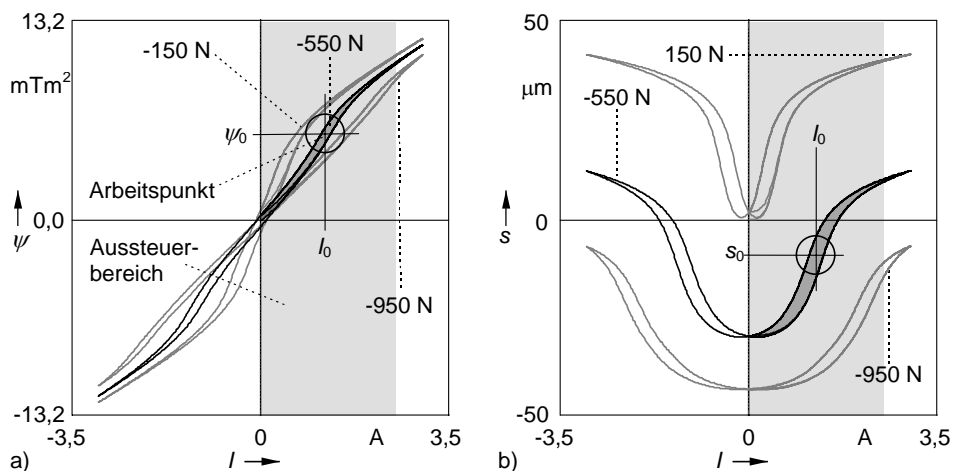


# Forschungsschwerpunkte

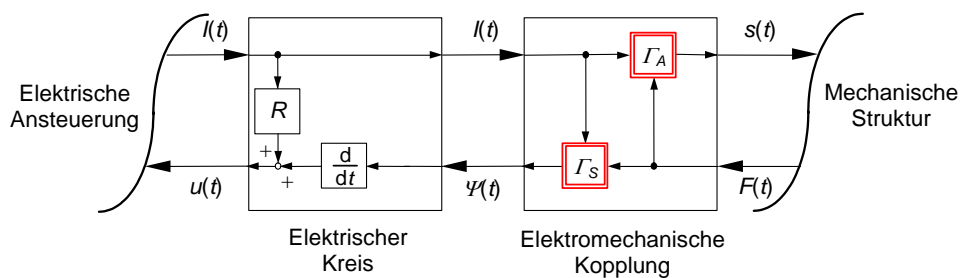
Ausgangspunkt meiner wissenschaftlichen Tätigkeit sind die elektromechanischen Koppelungseigenschaften aktiver Materialien. Dazu gehören vor allem piezoelektrischen Keramiken, elektrostriktive und magnetostruktive Materialien (siehe Bilder 1-3) sowie von thermisch und magnetisch aktivierte Formgedächtnislegierungen. All diese Materialien besitzen sowohl aktorische als auch sensorische Eigenschaften und werden zum Bau von sogenannten Festkörperaktoren verwendet. Sie können aber auch, je nach Anwendung, als Sensoren eingesetzt werden.



**Bild 1:** Magnetostruktiver Aktor: a) Bauform b) Schematischer Aufbau



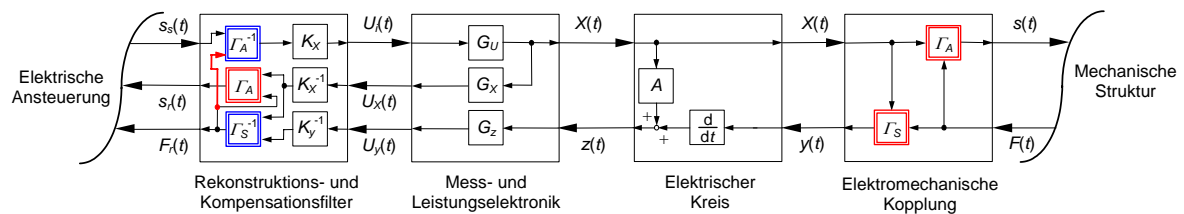
**Bild 2:** Statische Kennlinienfelder des magnetostruktiven Wandlers für unterschiedliche Belastungen: a)  $\psi$ - $I$ -Charakteristik b)  $s$ - $I$ -Charakteristik



**Bild 3:** Elektromechanisches Modell für Festkörperaktoren

## 1. Ansteuer- und Signalverarbeitungskonzepte für Self-sensing Festkörperaktoren

Werden in ein und demselben Werkstoff beide Effekte gleichzeitig genutzt, so spricht man von sogenannten „Self-sensing Festkörperaktoren“. In dieser Art und Weise betrieben, begünstigen sie einen miniaturisierten, einfacheren und billigeren mechatronischen Systemaufbau.

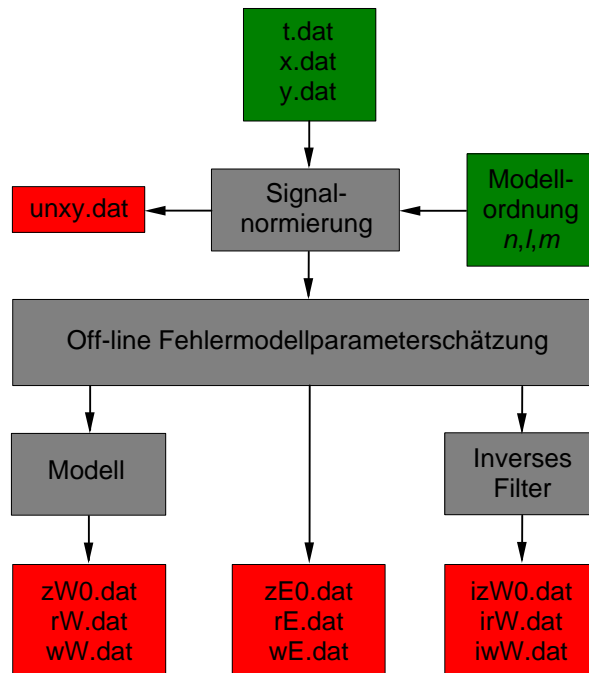


**Bild 4:** Self-sensing Konzept für den Großsignalbetrieb von Festkörperaktoren

Sie erfordern allerdings eine fein aufeinander abgestimmte Entwicklung des Energiewandlers (Material mit Gehäuse) und der zum Betrieb des Self-sensing Festkörperaktors notwendigen Leistungs- und Messelektronik (Energiesteller) und stellen daher typisch mechatronischen und eher anwendungsorientierten Schwerpunkt meiner Arbeit dar (siehe Bild 4).

## 2. Automatisierter Entwurf inverser Filter für komplexe dynamische Nichtlinearitäten

Bislang erfolgte die zur Realisierung von Self-sensing Festkörperaktoren notwendige Trennung der Sensorinformation von der Aktorinformation überwiegend auf der Basis linearer Aktormodelle, die aus der Annahme hinreichend kleiner Ansteuersignale abgeleitet werden können. Aufgrund hoher Ansteueramplituden treten aber in der Praxis in allen genannten Werkstoffen in unterschiedlich starker Ausprägung unerwünschte komplexe Hysterese-, Kriech- und Sättigungseffekte auf, die eine Trennung der Sensorinformation von der Aktorinformation mit Hilfe linearer Systemmodelle unmöglich machen.

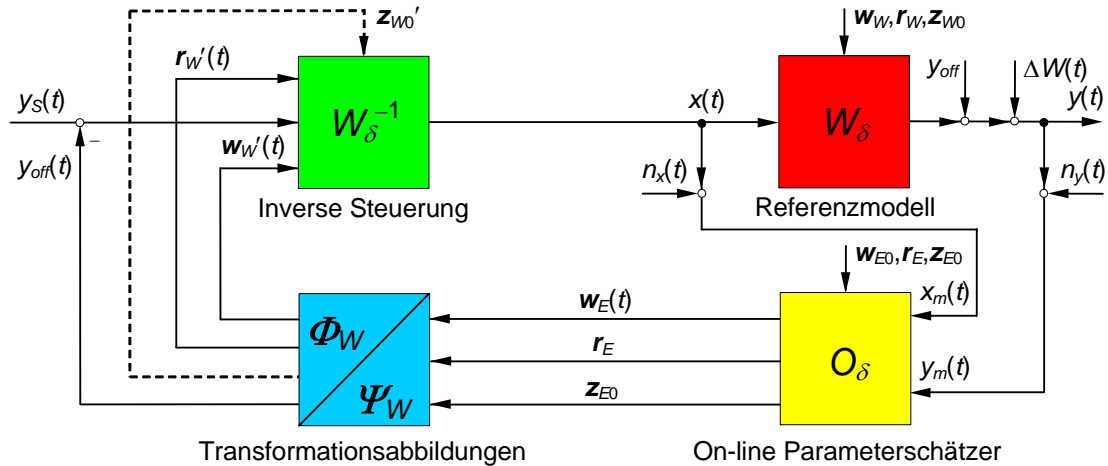


**Bild 5:** Entwurfssystem für die Off-line Synthese von Modellen und Kompensatoren

Die Entwicklung mathematischer Verfahren zum automatisierten Entwurf von Steuerungen und Filtern zur Kompensation dieser komplexen gedächtnisbehafteten Nichtlinearitäten in Echtzeit und somit zur Linearisierung und Entkopplung von Sensor- und Aktorbetrieb bei Großsignalansteuerung stellt einen typisch steuerungs- und systemtheoretischen Schwerpunkt meiner Arbeit dar (siehe Bild 5).

### 3. Robuste selbstlernende und adaptive Kompensatoren

Die unterschiedlichen Ausprägungen der gedächtnisbehafteten Nichtlinearitäten in den verschiedenen Materialien einerseits und ihre Zeitvarianz aufgrund von Temperaturabhängigkeit, variabler mechanischer Vorspannung sowie Alterungs- und Ermüdungseffekten andererseits macht die Entwicklung von selbstlernenden, iterativen und adaptiven Steuerungen und Filtern für die On-line Kompensation interessant (siehe Bild 6).

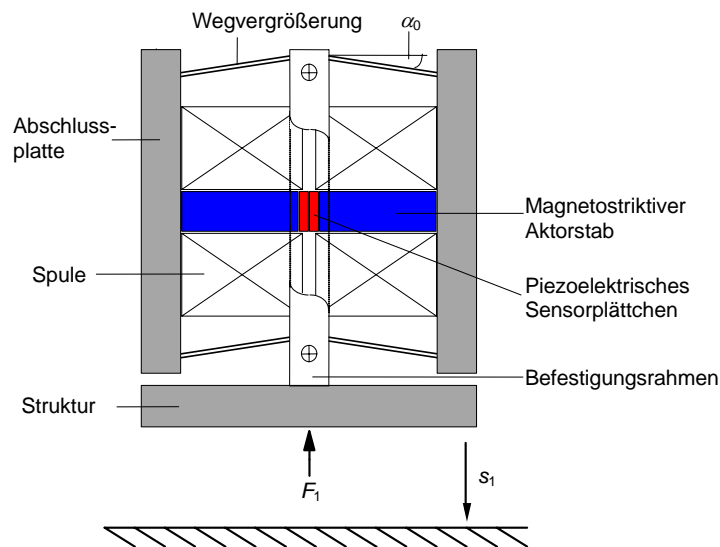


**Bild 6:** Selbsteinstellende Kompensatoren für zeitvariante Materialnichtlinearitäten

Im Zentrum dieses mathematisch geprägten Schwerpunktes meiner Arbeit steht die On-line Identifikation linearer Fehlermodelle in konvexen Räumen mit Hilfe von projizierenden dynamischen Systemen.

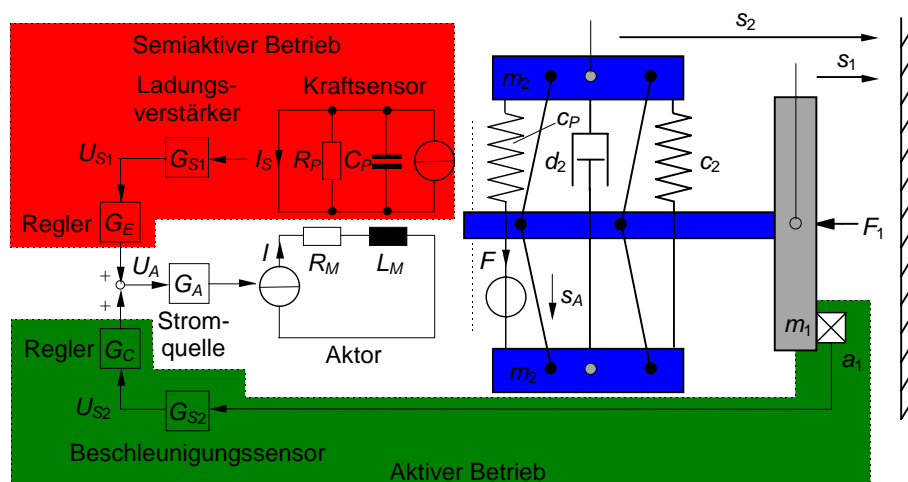
#### 4. Entwicklung adaptronischer Strukturen und Komponenten mit aktiven Materialien

Festkörperaktoren werden aufgrund ihrer Fähigkeiten, hohe Kräfte bei hoher Wegauflösung mit hoher Dynamik steuern zu können, überwiegend im Bereich der Mikro- und Nanopositionierung, der schnellen Ventilantriebe sowie der Schwingungserzeugung und -dämpfung eingesetzt. Sie stellen in solchen Anwendungen Subsysteme dar, die in eine Umgebung mit elektrischer und mechanischer Schnittstelle eingebettet sind. Die Entwicklung von mechatronischen Komponenten auf der Basis aktiver Materialien stellt einen anwendungsbezogenen Schwerpunkt meiner Arbeit dar. Hierbei steht insbesondere die Entwicklung von breitbandig arbeitenden, adaptronischen Schwingungstilgern im Zentrum meiner Bemühungen (siehe Bild 7).



**Bild 7:** Schwingungstilger mit aktiven Materialien

Die Realisierung dieser adaptronischen Schwingungstilger erfordert die Entwicklung von geeigneten Strategien zur Beschleunigungsregelung (aktive Rückkopplung) einerseits und zur Steuerung der passiven mechanischen Parameter (semi-aktive Rückkopplung) andererseits und beinhaltet somit auch regelungstechnische Aspekte (siehe Bild 8).



**Bild 8:** Gekoppelt semi-aktive und aktive Rückkopplungsschleifen

Insgesamt handelt es sich um ein Arbeitsfeld mit stark interdisziplinärem Charakter, da hierbei das Design der mechanischen Struktur, die Auslegung der Ansteuer- und Messelektronik sowie die verwendete Festkörperaktuatorik und -sensorik zusammen mit den eingesetzten Regelungs- und Steuerungsstrategien fein aufeinander abgestimmt sein müssen, um eine optimal arbeitende mechatronische Komponente zu erhalten.