

## **MECHATRONIK – ANWENDUNGEN UND POTENTIALE BEI FAHRZEUGKOMPONENTEN**

*Gerald Bolz, Ulf Räse*

### **Zusammenfassung**

Am Beispiel von Komponenten im Kühlkreislauf sowie im aktiven Fahrwerk wird gezeigt, welche Optimierungsmöglichkeiten die Weiterentwicklung klassischer mechanisch-hydraulischer Komponenten zu mechatronischen Komponenten ermöglicht. Neben einer höheren Funktionalität mit dem Ziel von Verbrauchssenkung sowie Komfortsteigerung bieten mechatronische Lösungen erhebliche Vorteile für das Packaging der Komponenten. Funktionen wie die By-Wire-Techniken werden erst durch die Einführung der Mechatronik ermöglicht.

Der Produktentstehungsprozeß erfordert hierbei eine abgestimmte bereichsübergreifende Zusammenarbeit in einem Unternehmen. Zur Projektdurchführung werden zukünftig Ingenieure benötigt, die zu den heute bereits geforderten Eigenschaften eine ausgeprägte Beurteilungskompetenz in allen drei beteiligten Fakultäten haben, aber auch zumindest in einer davon vertiefte Fachkenntnisse besitzen.

Für einen effizienten Entwicklungsprozeß werden Assistenzsysteme in Form von integrierten Entwicklungswerkzeugen benötigt, die eine ganzheitliche Produktentwicklung mit allen erforderlichen Schnittstellen ermöglichen.

### **1 Einleitung**

Die Entwicklung moderner Fahrzeugkomponenten ist in zunehmenden Maße der Senkung des Kraftstoffverbrauchs sowie der Steigerung des Fahrkomforts und der Fahrzeugsicherheit unterworfen. Klassische Lösungen im Automobilbau mit mechanischen und hydraulischen Komponenten stoßen in bezug auf deren Funktionsumfang, Leistungsfähigkeit sowie Erfüllung einer Systemfunktion an deren Grenzen.

Erst die Verbindung von Mechanik und Hydraulik mit Elektrik/Elektronik und Steuerungsintelligenz eröffnet Lösungen, die die Anforderungen an moderne Fahrzeugkomponenten erfüllen.

In diesem Beitrag soll anhand von Lösungsansätzen für Motor- und Fahrwerkshilfssysteme dargestellt werden, wie klassische Komponenten durch eine mechatronische Evolution eine maximale Funktionalität sowie gesteigerten Nutzungskomfort verbunden mit der Zielstellung nach effizientem Energieeinsatz vereinen. [1]

## 2 Beispiele für mechatronische Komponenten im Fahrzeug

### 2.1 Komponenten für das Thermomanagement am Verbrennungsmotor

Das bisherige Kühlsystem für Verbrennungsmotoren ist im wesentlichen begrenzt auf die Temperatureinstellung im stationären Betrieb sowie die Temperaturbegrenzung in kritischen Motorzonen im Vollastbetrieb. Zukünftige Forderungen nach weiterer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, Senkung der Emissionen insbesondere beim Kaltstart sowie eine steigende Materialausnutzung durch Motorenleichtbau erfordern weitergehende Maßnahmen, die von herkömmlichen Kühlsystemen nicht mehr dargestellt werden können [2].

Zielstellung eines modernen Thermomanagements sind:

- Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs
- Betriebssichere Erhöhung der Kühlmitteltemperatur
- Reduzierung der Abgasemissionen, insbesondere beim Kaltstart
- Schnelle Erwärmung des Motors
- Sichere Bauteiltemperierung ohne Hot Spots
- Reduzierung der Wärmewechselbelastung der Bauteile

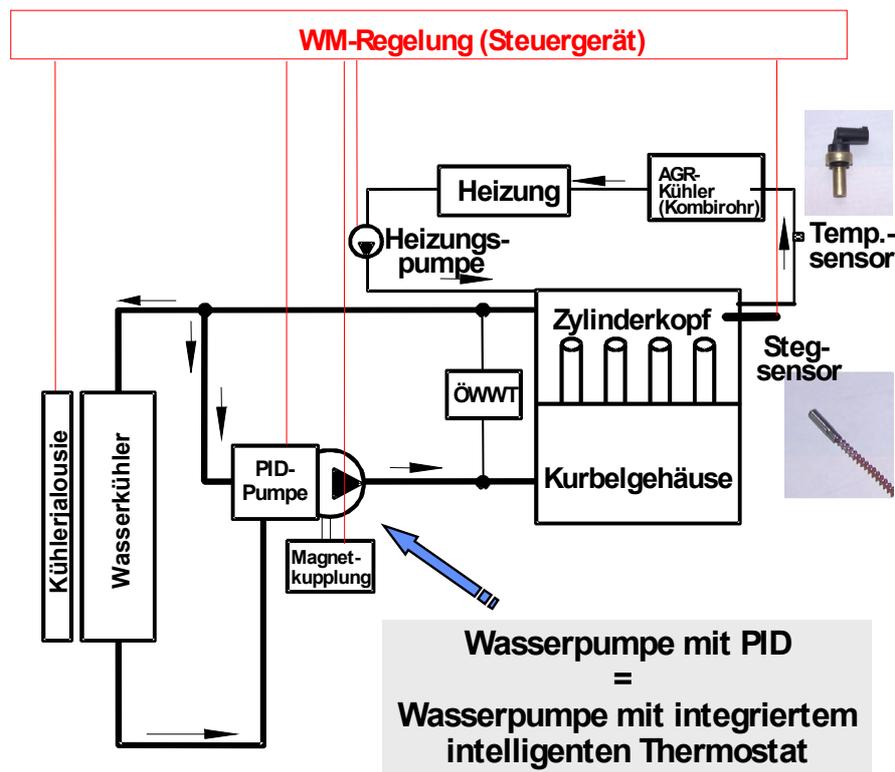


Bild 1: Kühlkreislauf mit Komponenten für das Thermomanagement

Bild 1 zeigt schematisch den Kühlkreislauf eines Motors, der für ein Thermomanagement gegenüber bisherigen Serienlösungen modifiziert wurde. Der Einsatz mechatronisch erweiterter Komponenten ermöglicht ein optimales Wärmemanagement für die unterschiedlichsten Betriebszustände. Eine systembezogene Regelung über ein übergeordnetes Steuergerät gewährleistet ein optimales Zusammenwirken aller

Einzelkomponenten. Durch die bedarfsgerechte Förderung des Kühlmittels lassen sich die Wärmebilanzen so verschieben, daß eine höhere Öltemperatur verbunden mit geringerer innerer Motorreibung möglich wird. Ebenso wird eine für die Senkung der Emissionen notwendige optimale Brennraumtemperatur eingestellt.

Nachfolgend sollen beispielhaft einzelne Komponenten bezüglich Aufbau und Wirkungsweise betrachtet werden.

### 2.1.1 Elektrische Wasserpumpe

Während konventionelle Wasserpumpen durch die starre Kopplung deren Förderung an die Verbrennungsmotordrehzahl keine Regelung des Kühlmitteldurchflusses zulassen kann eine elektromotorisch angetriebene Wasserpumpe (siehe Bild 2) unabhängig zu jeder Zeit einen variablen Volumenstrom liefern.

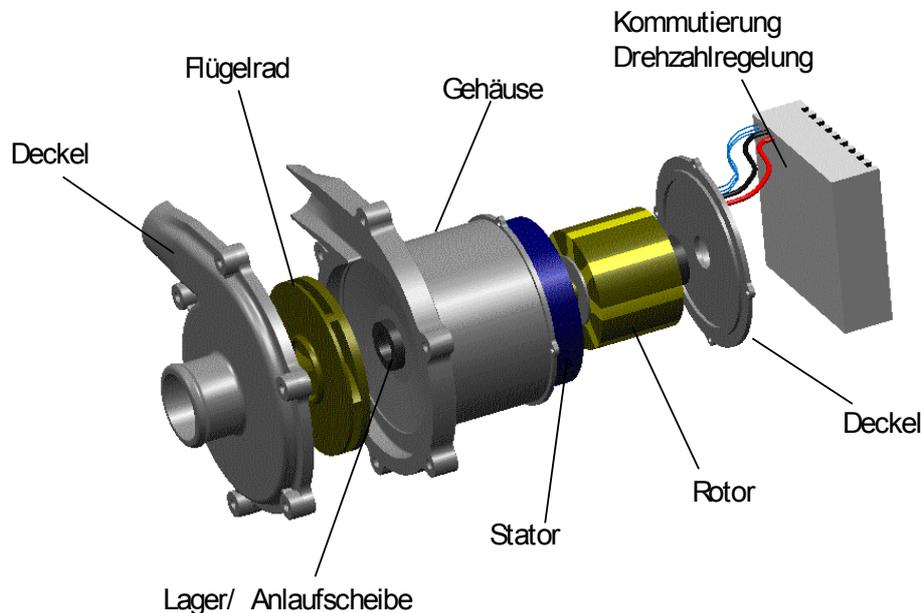


Bild 2: Elektrische Wasserpumpe mit variabler Förderstromregelung

Die elektrisch Wasserpumpe ist eine klassische Kombination eines elektrischen Antriebs mit einer hydraulischen Pumpe, die durch eine intelligente Leistungsregelung und die Einbindung in das Motormanagement zu einer mechatronischen Komponente wird. Diese Kombination ermöglicht nachstehend genannte Vorteile vor klassischen Wasserpumpen:

- Entkopplung der Pumpe von der Dynamik des Verbrennungsmotors
- Bedarfsgerechte Regelung des Kühlmittelstroms
- Reduzierung der benötigten Antriebsleistung
- Schnelle Aufheizung beim Kaltstart durch Ausschalten der Pumpe
- Keine Überhitzungsgefahr des Motors im Heißeerlauf (Hot Soak)
- Entdrosselung des Kühlkreislaufs durch Entfall des klassischen Thermostatventils
- Vermeidung von Druckstößen im Kühlsystem
- Packaging im Fahrzeug unabhängig von der Riemenebene

### 2.1.2 Thermostatersatz durch einen Drehschieber

Der Ersatz eines klassischen Thermostatventils durch ein elektrisch angesteuertes Drehschieber-Ventil (Bild 3) bringt bereits als einzelne mechatronische Komponente im Kühlkreislauf einen Systemvorteil. Einerseits ermöglicht die konstruktive Entdrosselung durch größere Ventilquerschnitte eine Absenkung der notwendigen Wasserpumpenleistung, andererseits ist eine variable Regelung der Kühlmittelströme für eine günstige Motorbetriebstemperatur möglich. Der kritische Fall des Heißleerlaufs ist allerdings nicht abgedeckt.

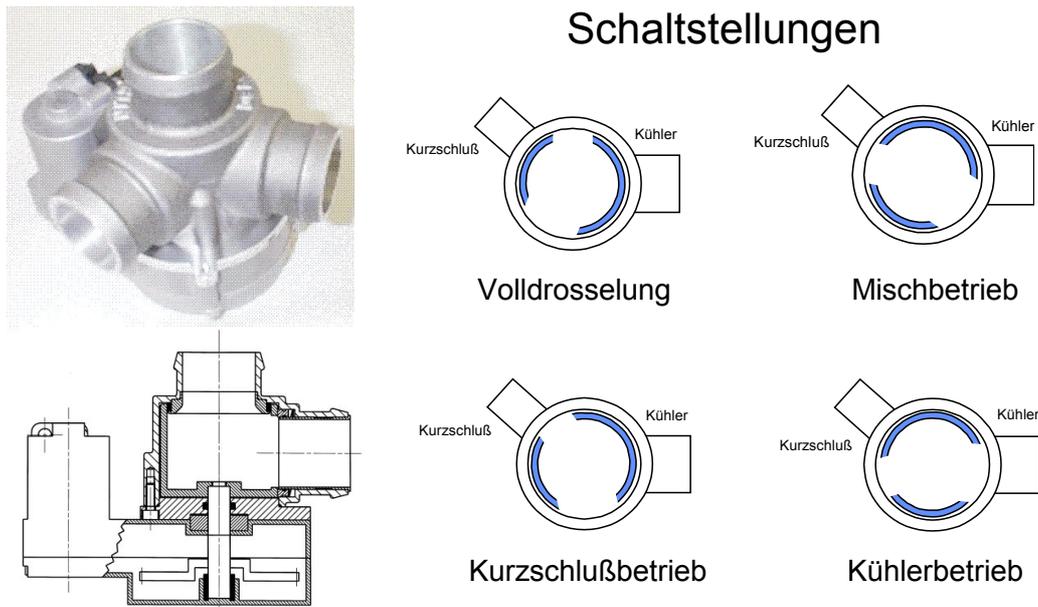


Bild 3: Drehschieber als intelligentes Wege-, Drossel- u. Absperrventil im Kühlkreislauf

Die Ansteuerung des Drehschiebers erfolgt durch einen Stellmotor mit Leistungselektronik ähnlich zu einem elektrisch betätigten Drosselklappensteller (Bild 4). Durch die Integration der Leistungselektronik in die Antriebseinheit ist eine kompakte Baugröße möglich.

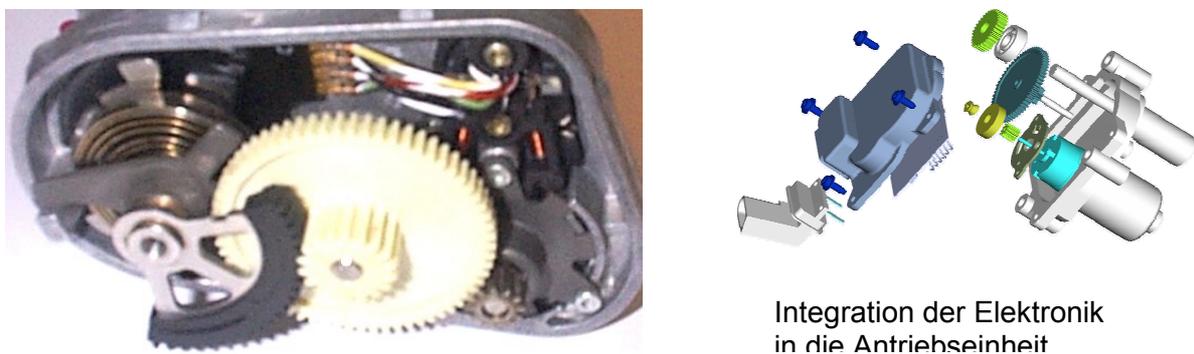


Bild 4: Antriebseinheit des Drehschiebers

### 2.1.3 Integrierte Komponenten

Die zunehmende Forderung nach kompakter Bauweise sowie kostenoptimierten Lösungen führt zu einer Integration der Komponenten mit einer multifunktionalen Lösung, wie beispielsweise der Wasserpumpe mit integriertem Drehschieber (Bild 5)

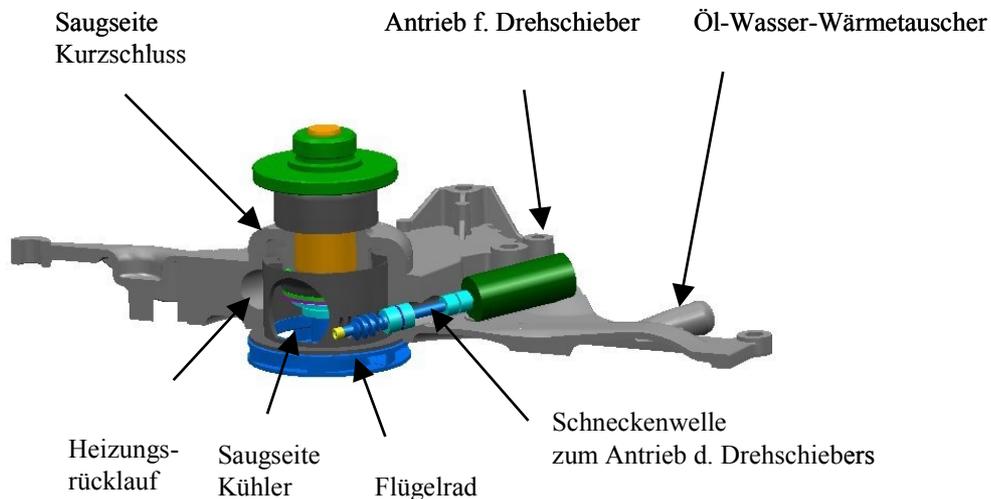


Bild 5: Riemenbetriebene Pumpe mit integriertem Drehschieber

Funktionsintegrierte mechatronische Komponenten haben aus Sicht des Packagings Vorteile, sind aber in den Entwicklungsabläufen deutlich komplexer als getrennte Komponenten.

## 2.2 Komponenten für das aktive Fahrwerk

Die steigenden Anforderungen an Fahrkomfort und aktive Sicherheit durch ein optimiertes Fahrverhalten führten zur Entwicklung eines hydraulisch angesteuerten aktiven Fahrwerks. Dabei wird durch Hubzylindern in jedem Federbein eine Kompensation der Nick- und Wankbewegungen erreicht. Die in Serie befindliche Lösung basiert auf einer mechanisch angetriebenen Hydraulikpumpe in einem klassischen hydraulischen System, daß nur aufgrund der elektronischen Systemregelung im weiteren Sinne als mechatronisches System bezeichnet werden kann. Eine bezogen auf die Leistungsaufnahme sowie die Systemdynamik optimierte Variante besteht im Einsatz von elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheiten, die eine hochdynamische Einzelradregelung ermöglichen (Bild 6).

Die mechatronische Verknüpfung von Hydraulikpumpe, Elektromotor und intelligenter Leistungselektronik eröffnet nachfolgend genannte Funktionsvorteile:

- Hohe Dynamik in beide Förderrichtungen (schnelle Radführung möglich)
- Keine Drosselverluste durch Ventile
- Rückspeisung von elektrischer Leistung in das Bordnetz (aktive Dämpfung)
- Packagingvorteile durch Entfall der zentralen riemengetriebener Pumpe und zusätzlichen Leitungen und Ventilen

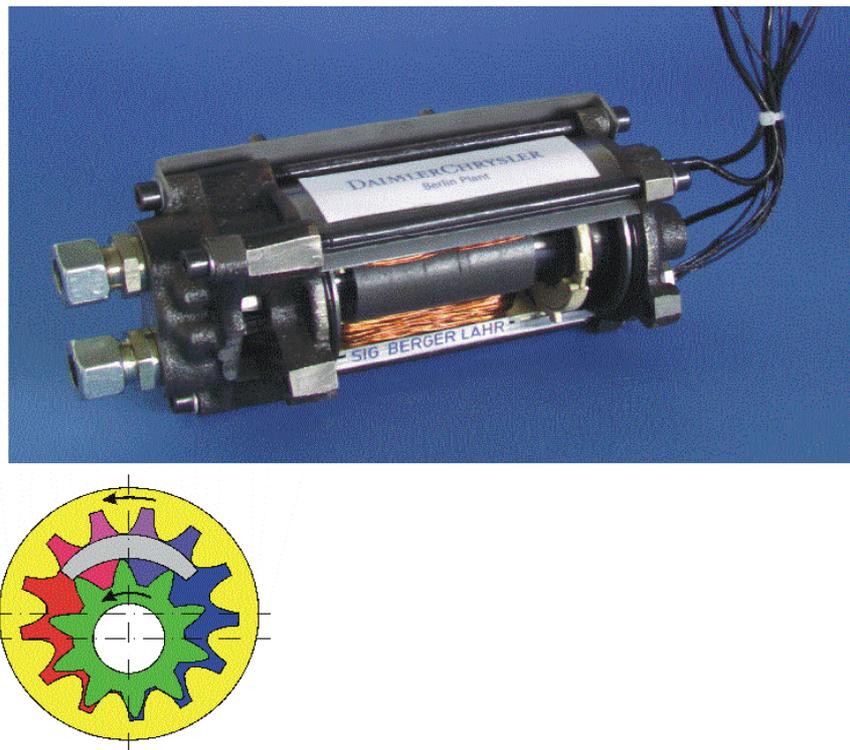
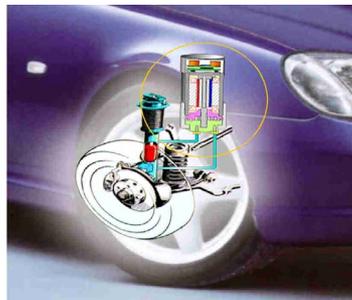


Bild 6: Elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit für eine aktive Fahrwerksregelung

### Aktive Fahrwerke



### Getriebe



### Lenkuna

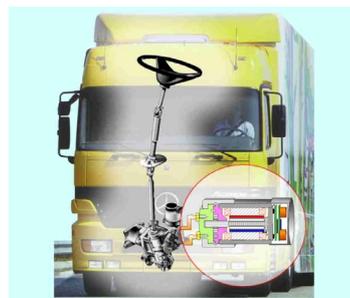


Bild 7: Einsatzmöglichkeiten für By-Wire-Techniken [3]

Beim Einsatz einer regelbaren Flügelzellenpumpe als mechanische Teilkomponente wird eine weitere Verbesserung der Systemkonfiguration erreicht durch deutlich reduzierte Baugrößen für Elektromotor und Leistungselektronik bei gleichem Leistungsvermögen.

Über die Fahrwerksregelung hinaus ist die Einheit insbesondere bei den „By Wire-Techniken“ z. B. bei Lenkung und Getriebe (Bild 7) konventionellen Hydraulikeinheiten deutlich überlegen. Hierbei werden die Steuerungsaktionen nicht mehr direkt über eine mechanische Verbindung an die Aktoren übertragen, sondern elektronisch übersetzt. Vorteile derartiger Systeme liegen in einer variableren Anpassung der Funktion bis hin zum Entfall von mechanischen oder hydraulischen Kraftübertragungselementen.

### **3 Entwicklungstendenzen und zukünftige Anforderungen an Industrieunternehmen**

Zukünftige Lösungen im Fahrzeugbau werden immer mehr Funktionen aufweisen, die in Fahrzeugregel- und -diagnosesystemen elektronisch erfassbar und entsprechend regelbar sind. Der Einsatz elektronischer Sensoren führt schnell zur Erweiterung mit Aktoren, die aus einer mechanischen Komponente eine mechatronische Lösung generieren. Die zunehmende Entkopplung von Fahrzeugfunktionen von der direkten Einwirkung durch den Fahrer mittels By-Wire-Techniken ist darüberhinaus ohne Mechatronik nicht darstellbar.

DaimlerChrysler hat diese Entwicklung erkannt und treibt diese aktiv in unterschiedlichen Bereichen im Konzern voran. Als Beispiel seien hier die Forschungsbereiche genannt, wie z.B. FT2 in Frankfurt, die sich direkt mit mechatronischen Konzepten für zukünftige Fahrzeuge befassen, aber auch die Verfahrensentwicklung, die am Standort Untertürkheim produktionstechnische Fragen theoretisch und praktisch untersucht.

Der wirtschaftliche Einsatz von immer komplexeren Komponenten und Systemen erfordert einen effizienten Produktentstehungsprozeß [4]. Ein großes Industrieunternehmen mit einem breiten Produktportfolio muß daher größtmögliche Ratiopotentiale in der Zusammenarbeit der unterschiedlichen Unternehmensbereiche erschließen. Dies wird möglich durch vereinheitlichte transparente Entwurfs- und Berechnungsmethoden, die Nutzung standardisierter Teilkomponenten und Software und nicht zuletzt durch eine abgestimmte Zusammenarbeit mit ausgewählten Zulieferunternehmen. Dabei ist insbesondere der gesteuerte Informationsaustausch von größter Bedeutung, um ein ausgereiftes mechatronisches Produkt und nicht eine funktionstechnisch eingeschränkte Verknüpfung von Einzelkomponenten zu erzeugen. Die Anforderungen an moderne Projektarbeit sind bei der Entstehung von mechatronischen Produkten viel größer als bei klassischen Produkten der Mechanik oder Elektrik/Elektronik. Für einen Markterfolg muß sich jedes Unternehmen entsprechend ausrichten.

Bei DaimlerChrysler wird das Thema Mechatronik mit deren höchst unterschiedlich ausgeprägten Produkten in einem konzernweiten Erfahrungsaustausch diskutiert und an der Gestaltung effizienter Prozesse gearbeitet. Beispiel hierfür ist ein in diesem Jahr durchgeführtes Technologie-Kolloquium zur Mechatronik mit Beiträgen aus Forschung, Entwicklung und Produktion. Auf einem kürzlich durchgeführten Workshop im Werk Berlin wurden neben verschiedenen Vorträgen zu mechatronischen Fachthemen nächste Schritte zur Abstimmung einer konzernweiten Zusammenarbeit beschlossen. Schwerpunkte bilden hierbei die Bildung eines Wissensnetzwerkes im Sinne von Knowledge-Management sowie eine Abstimmung mit dem Ziel eines abgestimmten, vereinheitlichten Produktentstehungsprozesses.

## 4 Unterstützung durch die Hochschulen

Die Anforderungen an zukünftige Mechatronikingenieure, sind komplexer als die an klassische Maschinenbauer, Elektrotechniker oder Informatiker. Es gilt neben dem bekannten Profil für Ingenieure, das aus Fach-, Wirtschafts- und Sozialkompetenz besteht, eine zusätzliche Beurteilungskompetenz für die an der Mechatronik beteiligten Fakultäten zu erlangen. Nur Ingenieure mit derartigem Profil können eine Funktion im Rahmen einer Projektleitung oder des technischen Managements übernehmen.

Für kleinere Unternehmen eröffnet sich eine besondere Problemstellung. Ein Projektleiter kann sich hier nicht auf eine Beurteilungskompetenz der Teildisziplinen beschränken, sondern muß zugleich die Aufgabe eines Entwicklungsingenieurs erfüllen. Daraus ergibt sich ein Qualifikationsprofil, daß neben dem Generalisten für Mechatronik eine Vertiefung in zumindest einer klassischen Fakultät erfordert.

Neben dem Aspekt der Ingenieurausbildung ist an den Hochschulen aber auch die Weiterentwicklung von Assistenzsystemen in Form von integrierten Entwicklungswerkzeugen notwendig, die eine effiziente, ganzheitliche Produktentwicklung mit allen erforderlichen Schnittstellen ermöglichen. Wünschenswert ist hierbei die Verknüpfung klassischer Entwicklungsumgebungen aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Softwareentwicklung zu einem übergreifenden Werkzeug für eine ganzheitliche Betrachtung des mechatronischen Systems.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Esebeck, G.v.; Räse, U.: Produktinnovationen als Herausforderung für Automobilzulieferer. Gfal, Dresden 1997
- [2] Räse, U.; Esebeck, G.v.; Ullrich, S.; Holzer, H.: Wärmemanagement durch intelligente Komponenten im Kühlkreislauf. Vortrag, Wiener Motorensymposium, Wien, Mai 2002
- [3] Hertel, Günter; Senger, Detlef: Mechatronics - One Core Technology for DaimlerChrysler. Vortrag, DC Corporate Technology Colloquium Mechatronics, Stuttgart, Mai 2001
- [4] Esebeck, G.v.; Räse, U.: Strategische Entwicklungsplanung in der Automobilzulieferindustrie. Vortrag, VDI-Tagung Erfolgreiche Produktentwicklung, Stuttgart, Oktober 2000

Dr. Ulf Räse  
Leiter Entwicklung Komponenten;  
DaimlerChrysler AG, Werk Berlin-Marienfelde  
Daimlerstrasse 143, 12274 Berlin, Germany  
Tel: +49 (30) 7491 3300  
Fax: +49 (30) 7491 2031  
Internet [ulf.raese@daimlerchrysler.com](mailto:ulf.raese@daimlerchrysler.com)

Dr. Gerald Bolz  
Entwicklung Komponenten;  
Tel: +49 (30) 7491 2429  
Fax: +49 (30) 7491 2544  
[gerald.bolz@daimlerchrysler.com](mailto:gerald.bolz@daimlerchrysler.com)