

Modellbildung und Simulation

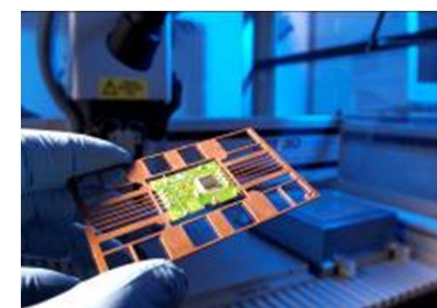
Thomas Schreier-Alt
Fraunhofer IZM
Mikromechatronische Systeme



Fraunhofer

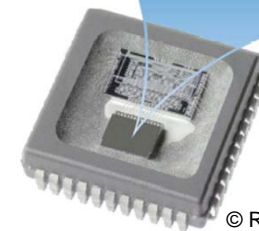
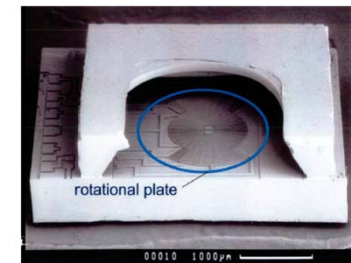
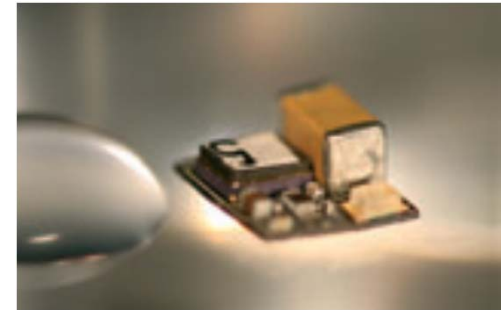
IZM

Institut für
Zuverlässigkeit und Mikrointegration



Typische Fragestellungen am FhG:

- Produkt- und Prozessentwicklung (Innovation)
- Steigerung der Zuverlässigkeit
- Verringerung des Bauraums, Erhöhung der Komplexität (= Mikrointegration)
- Verringerung des Energiebedarfs (z.B. Energy Harvesting)
- Senkung der Gesamtkosten

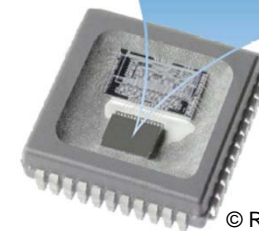
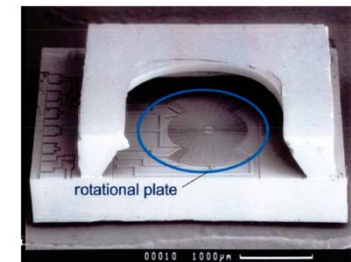
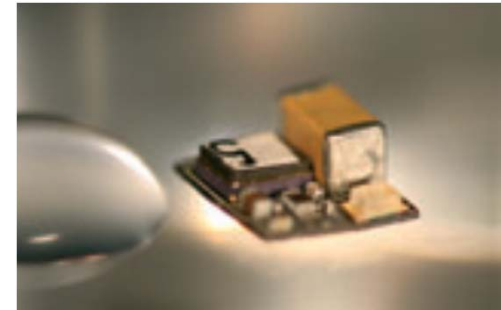


© Robert Bosch GmbH

Was erwartet mich bei Fraunhofer?

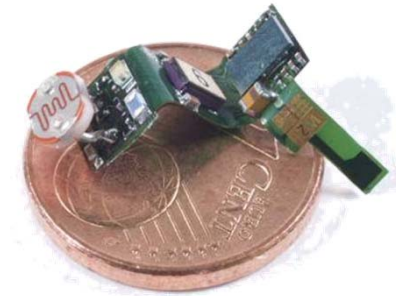
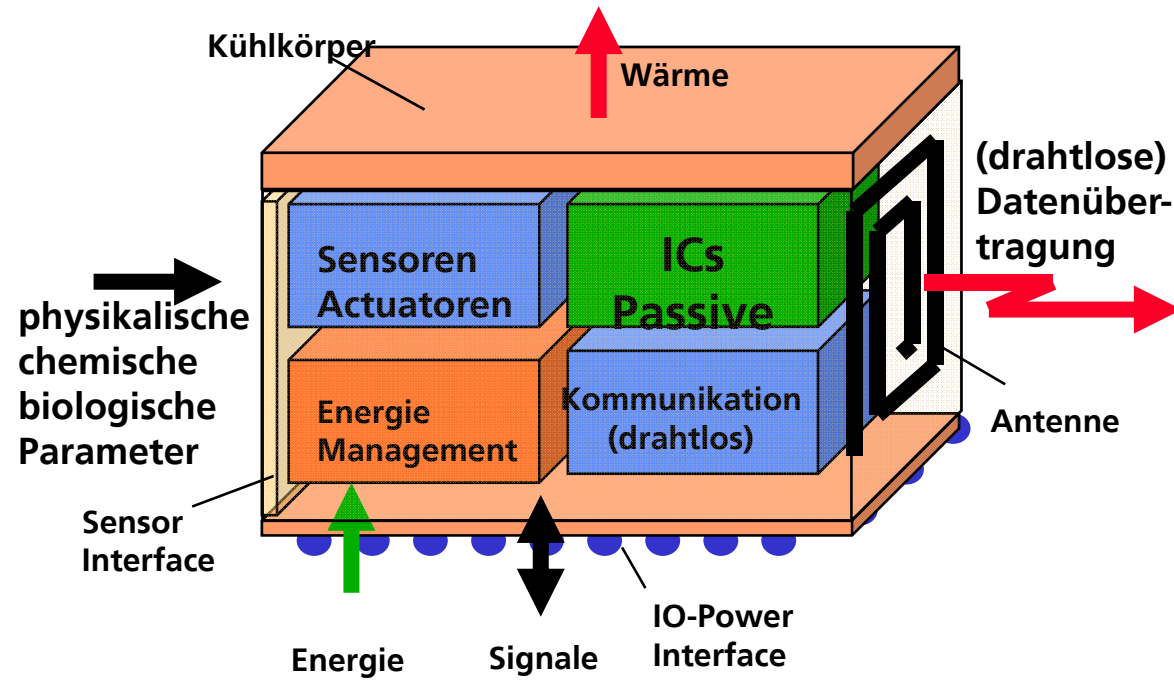
Meine aktuellen Projekte:

- Glasfasersensoren in CFK-Strukturen (Luftfahrt: „Clean Sky – GRA“)
- Zuverlässigkeit e-ID (neuer Personalausweis)
- Mobilfunk der 4. Generation (MEMS switches statt SAW)
- LED-Hochleistungsmodule (CFX – Strömungssimulation)
- Dienstleistungen (v.a. FEM)

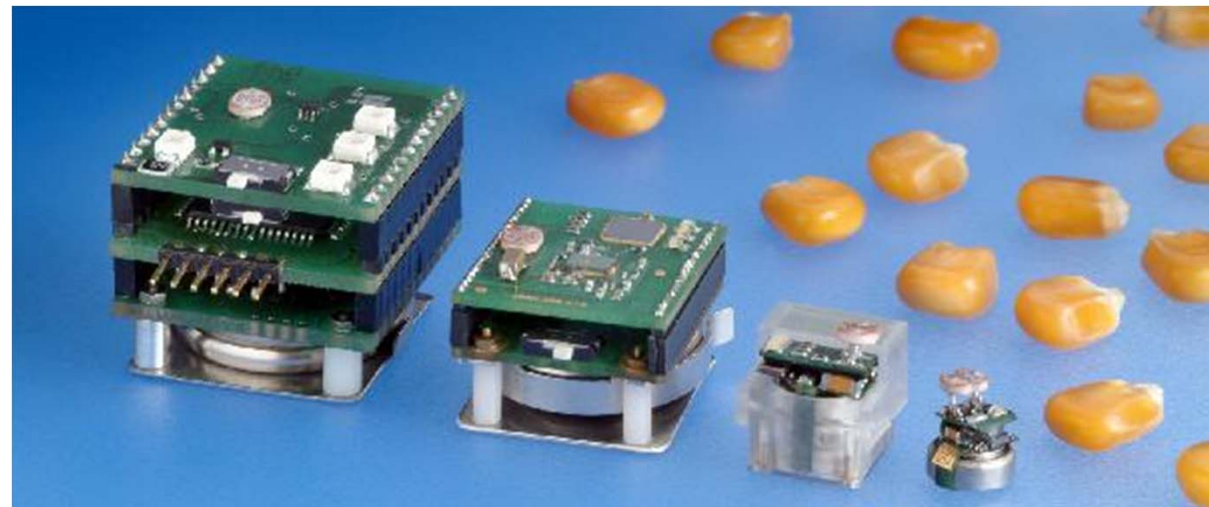


© Robert Bosch GmbH

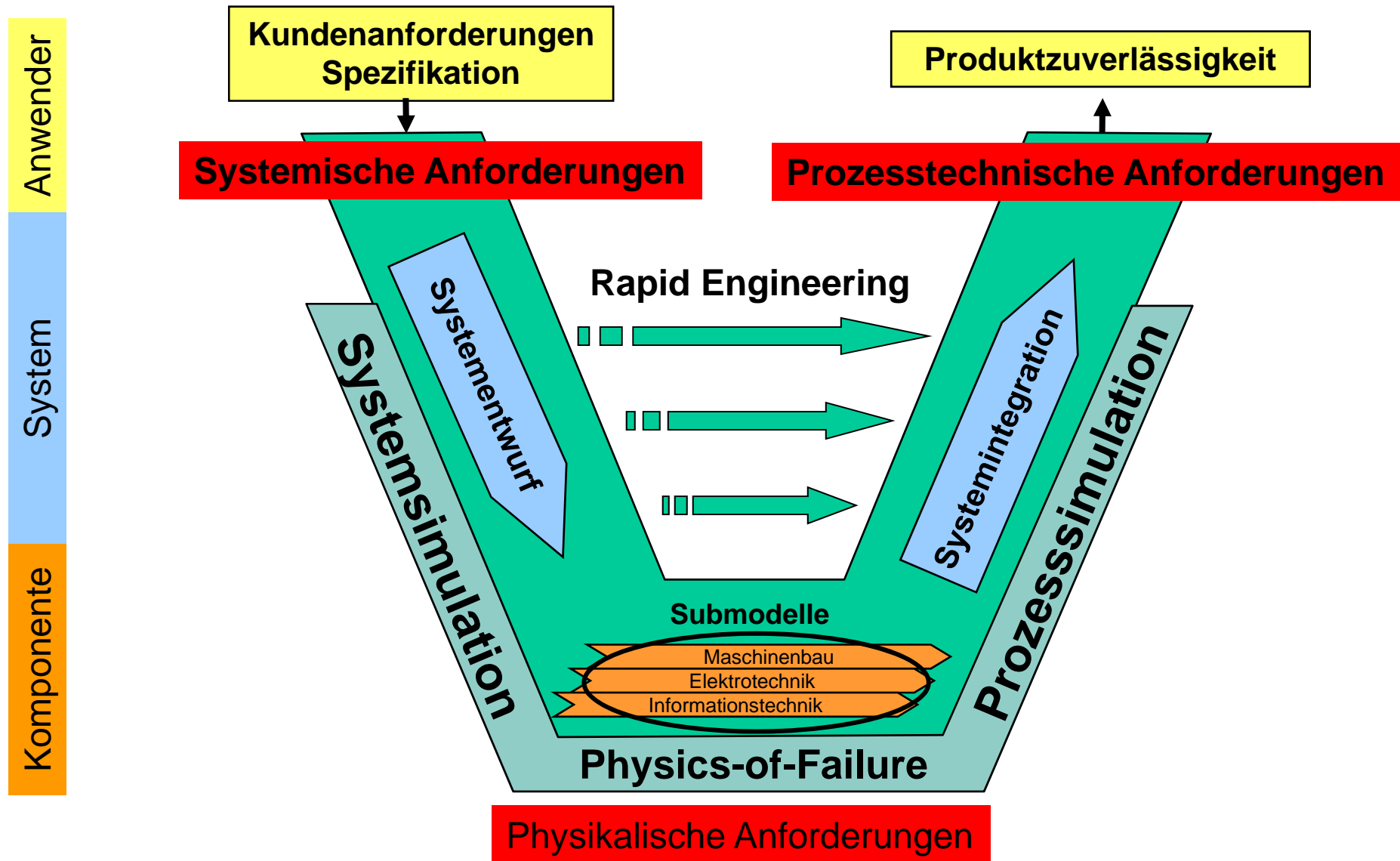
Typisches Beispiel für Mikrointegration: das eGrain

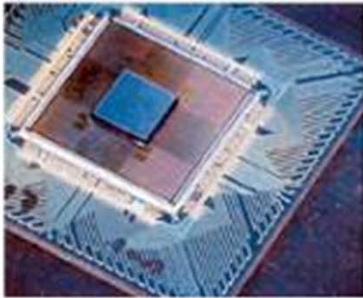


Beispiel eGrain:
Autarker, netzwerk-
fähiger Sensorknoten



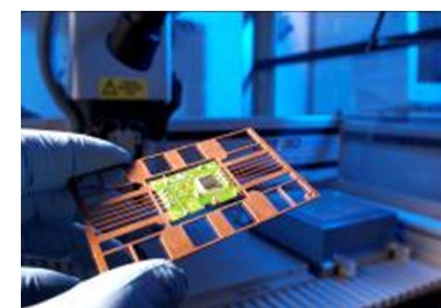
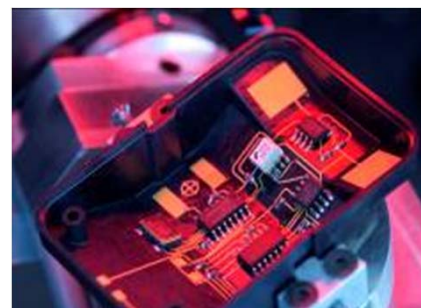
Mechatronischer Entwicklungsablauf





Modellbildung und Simulation

- 1. Modellbildung:
Entwicklung Hirndruck-Ventil**
- 2. Simulation:
Vom Getriebe zur Lotzuverlässigkeit**
- 3. Messtechnik:
Stressmessung mit CMOS Sensoren**



Systemmodellierung am Beispiel Hirnshunt

Was ist die Ursache für „Hydrocephalus“?

Einfach gesagt:
Eine Abflussbehinderung von
Liquor cerebrospinalis die zu
einem Flüssigkeitsstau führt.

Daraus resultiert u. a.:

- Übelkeit, Erbrechen
- Kopfschmerzen
- Verhaltensstörungen
- Phänotypisches Erscheinungsbild
des „Wasserkopfes“.

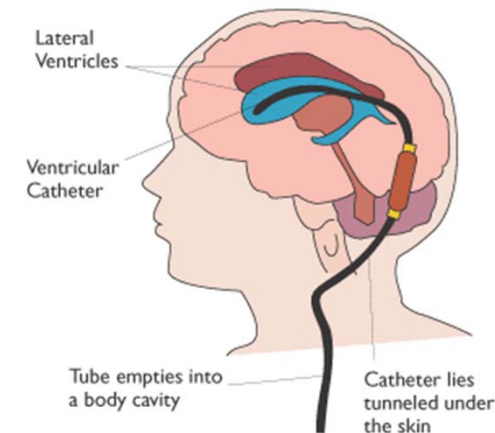
Inzidenz an Neugeborenen mit Hydrocephalus:
2 / 1000 Geburten.



Pharao Echnaton
Regierungszeit: 1364 – 1347 v.Chr.



Darstellung um 1850



Systemmodellierung am Beispiel Hirnshunt

Projektablauf (Okt 2005):

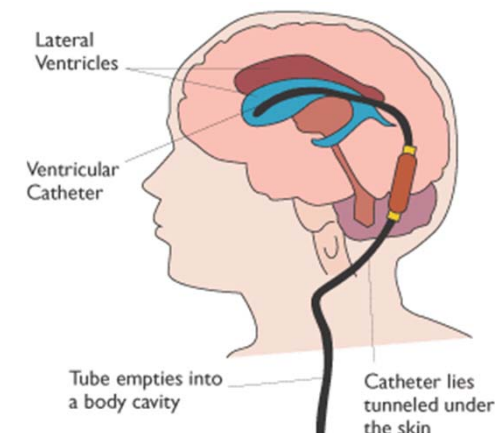
- **Modellierung**
der intrakraniellen Liquordynamik
- **Pflichtenheft:**
Ableitung fluidmechanischer Anforderungen
an das Shuntventil
- **Design:**
Umsetzung der Anforderungen
in Ventil-Funktionsprinzipien
bis zur Geometrieerstellung
- **Lastenheft:**
Beurteilung der Funktionssicherheit (rechnerisch)
- **Prototypen**
Generativ auf Basis der Rechenmodellen
- **Test** des Prototypen



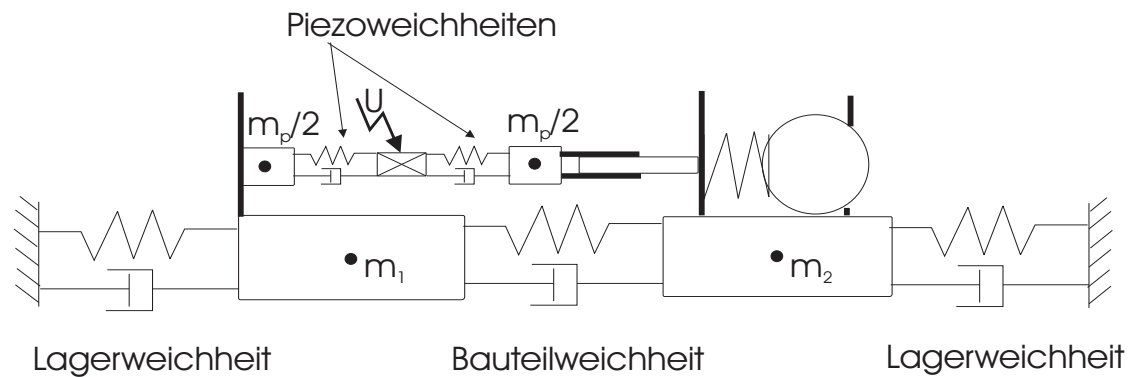
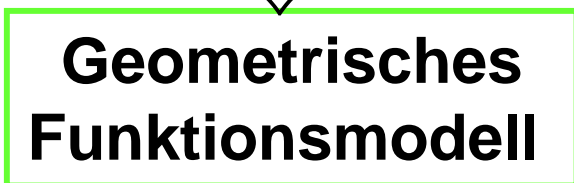
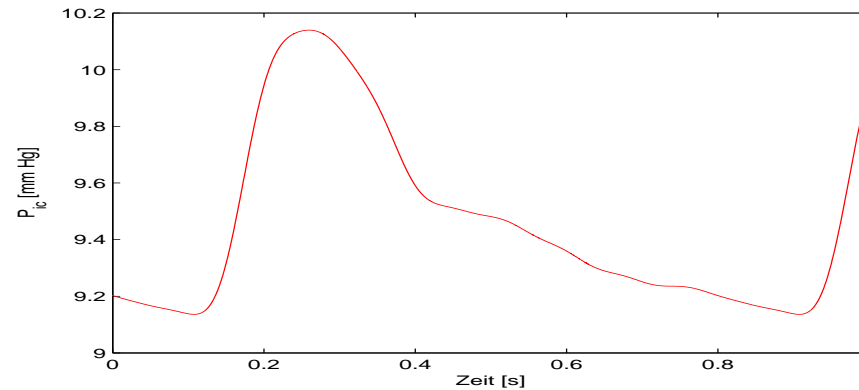
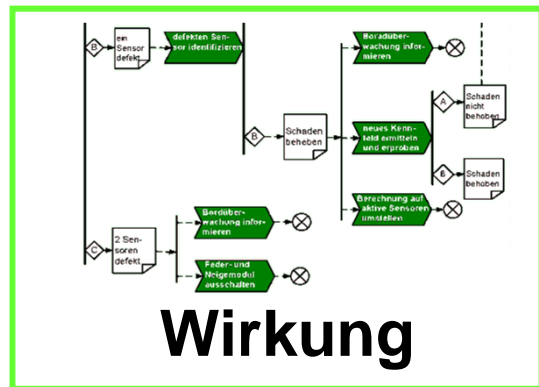
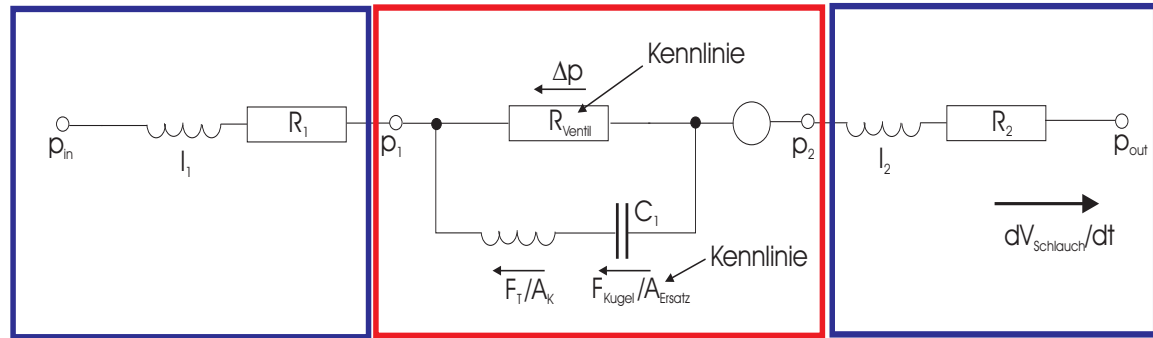
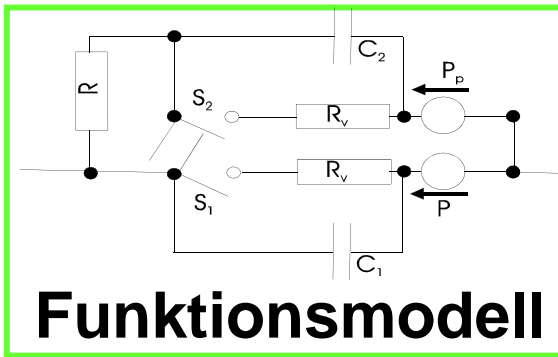
Pharao Echnaton
Regierungszeit: 1364 – 1347 v.Chr.



Darstellung um 1850



Mechatronischer Entwicklungsablauf: Drahtlos gesteuertes Ventil



Mechatronischer Entwicklungsablauf: Drahtlos gesteuertes Ventil

Geometrisches Funktionsmodell



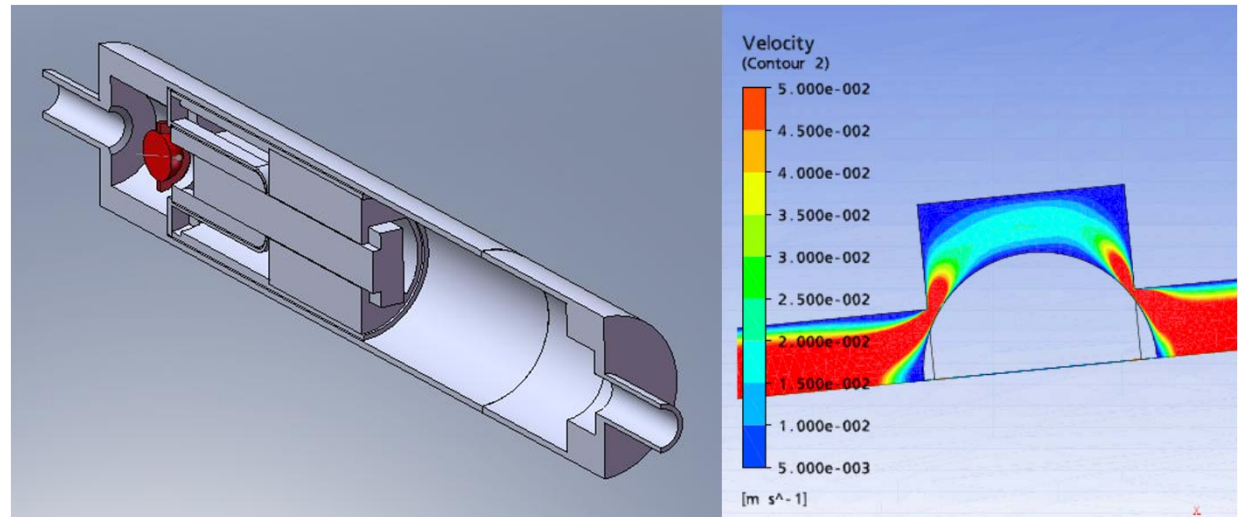
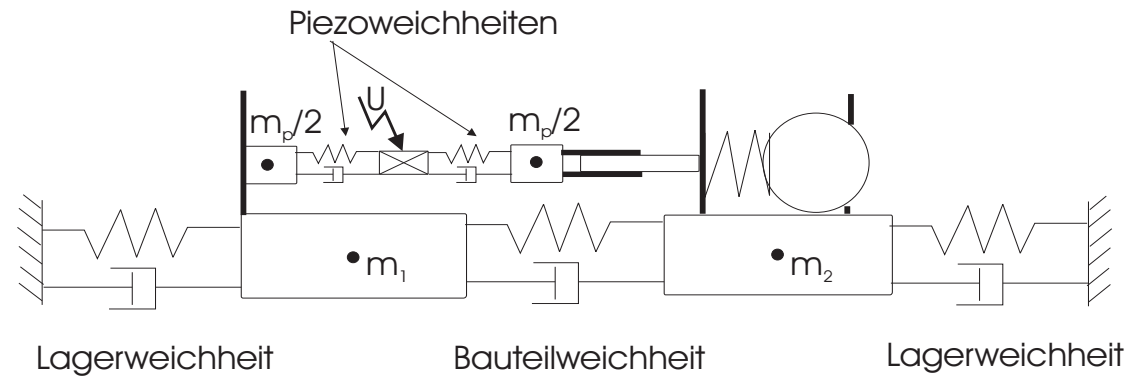
Geometrisches Modell (CAD...)



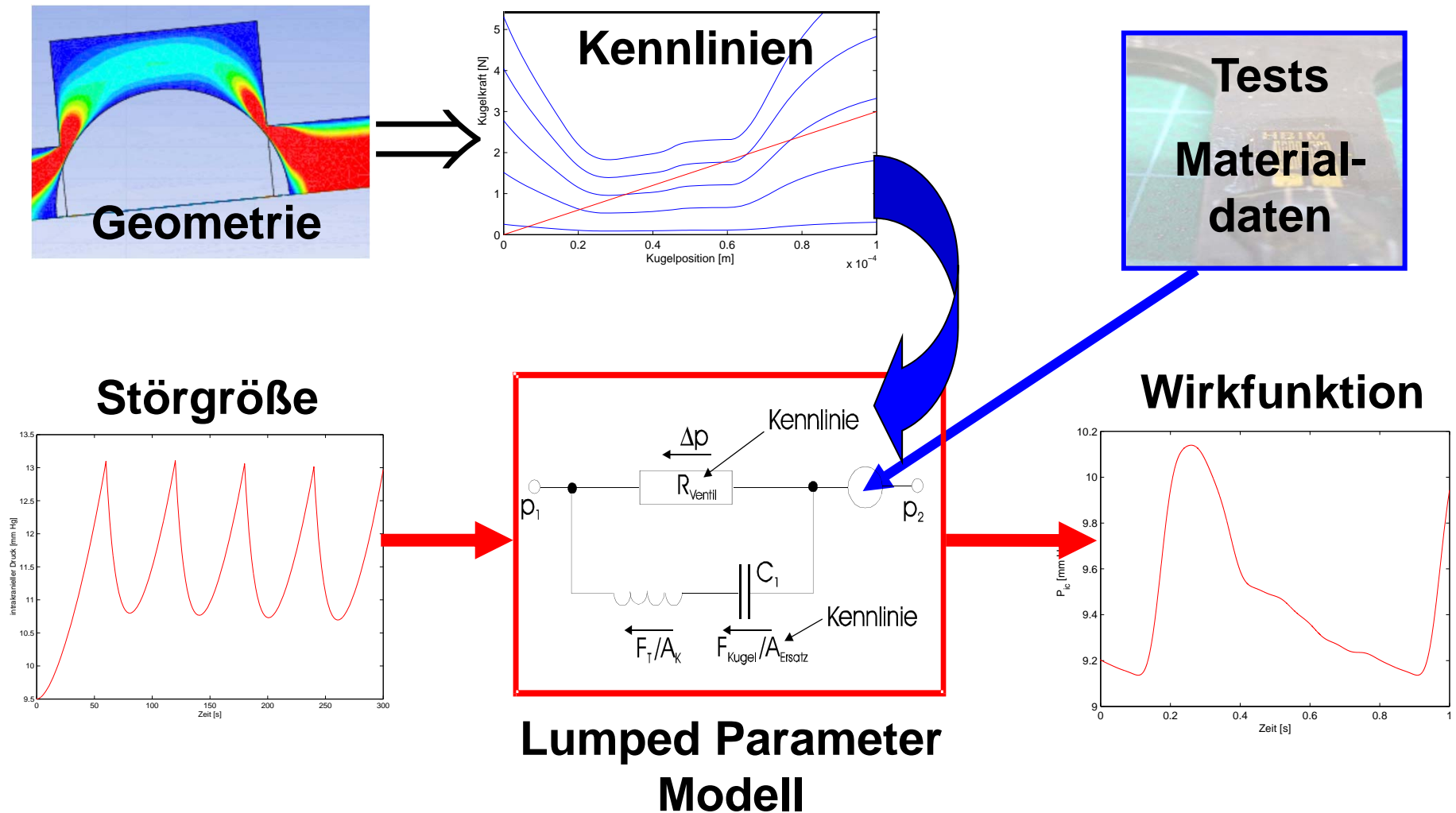
Geometriebasierte Simulation



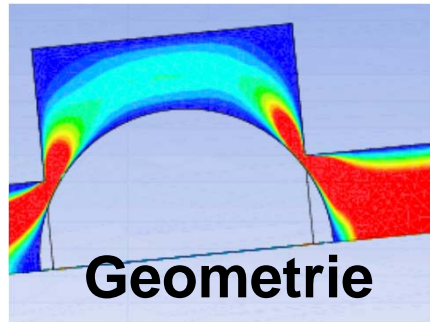
Rapid Prototyping



Mechatronischer Entwicklungsablauf: Drahtlos gesteuertes Ventil

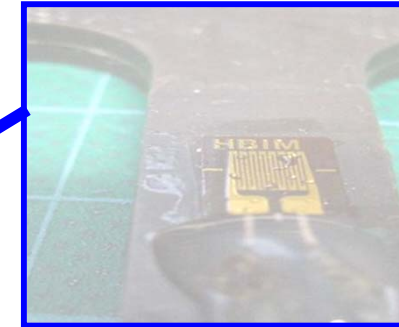
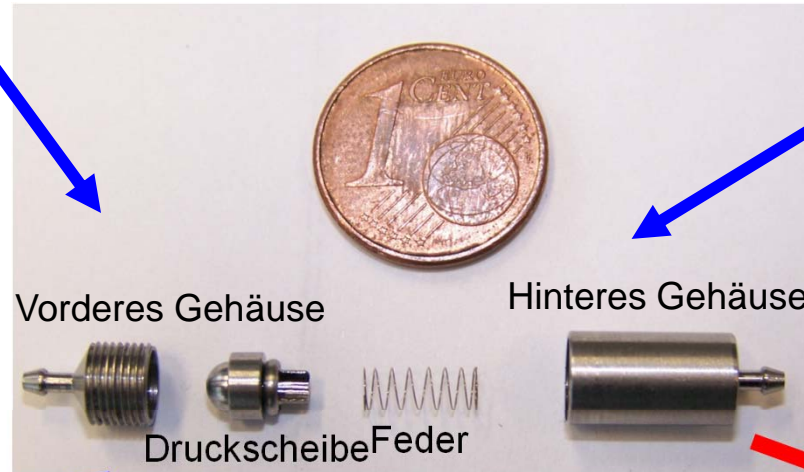


Mechatronischer Entwicklungsablauf: Drahtlos gesteuertes Ventil

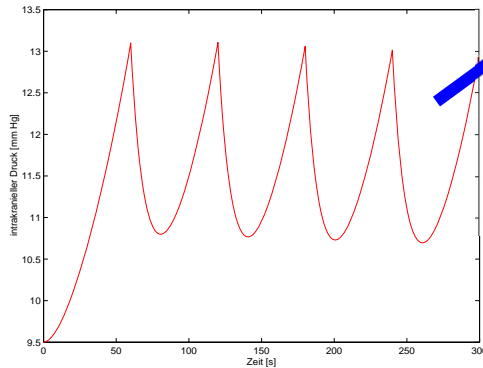


Produktion (Okt 2010)

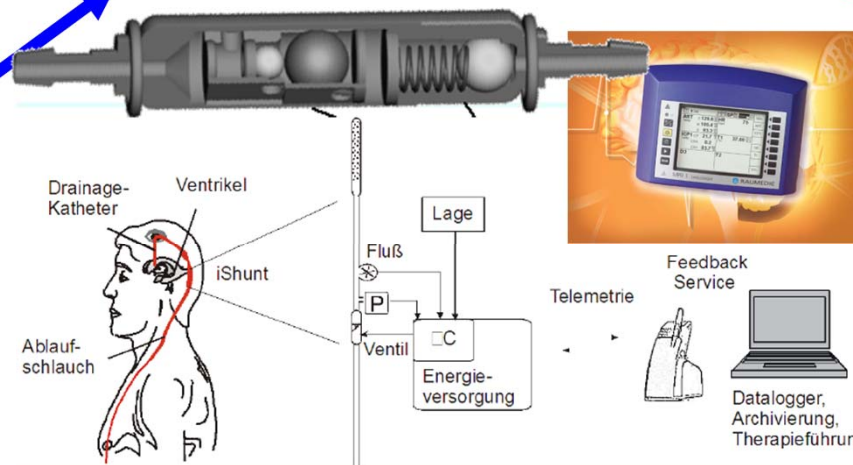
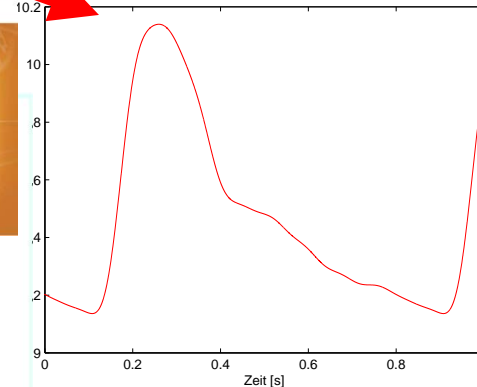
Material



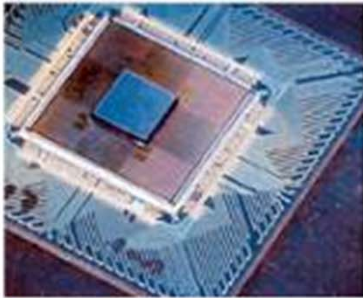
Störgröße



Wirkfunktion

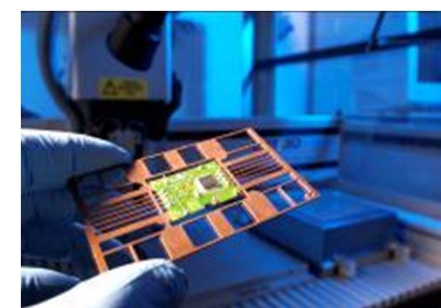
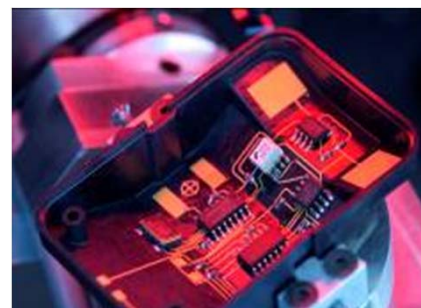


Intelligentes mechatronisches Implantat zur Therapie des Hydrocephalus (iShunt).



Modellbildung und Simulation

- 1. Modellbildung:
Entwicklung eines Hirnshunts**
- 2. Simulation:
Vom Getriebe zur Lotzuverlässigkeit**
- 3. Messtechnik:
Stressmessung mit CMOS Sensoren**



Getriebesteuerung (Elektromobilität noch unter Geheimhaltung)

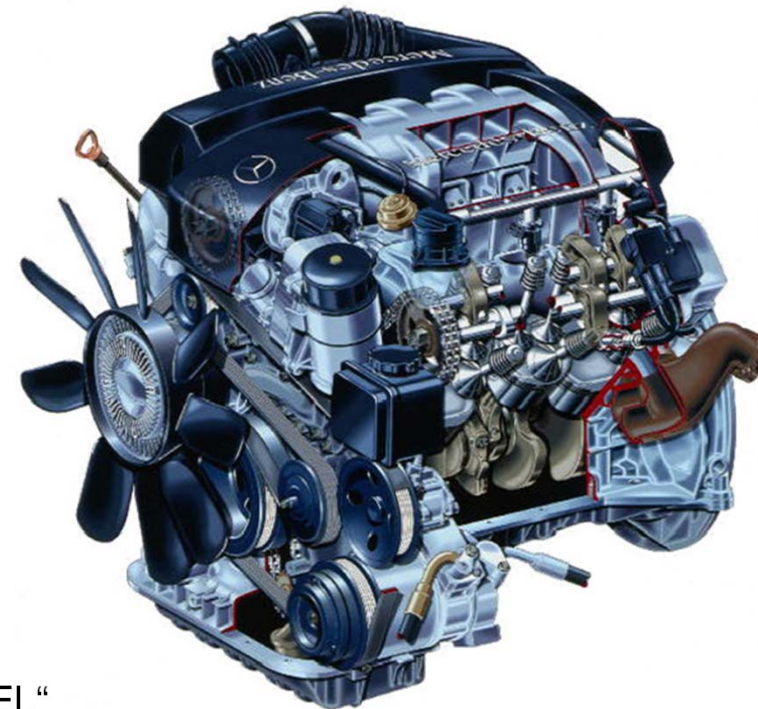
Situation:

1. Umgebungstemperaturen:

- Verstärkte Nutzung von Elektronik im **“harsh environment”**
- **Kühlung** durch Umgebungsluft zunehmend schwierig
 - Lärmvermeidung
 - Kompakte Bauweise
 - Reduzierte Wirkungsgrade

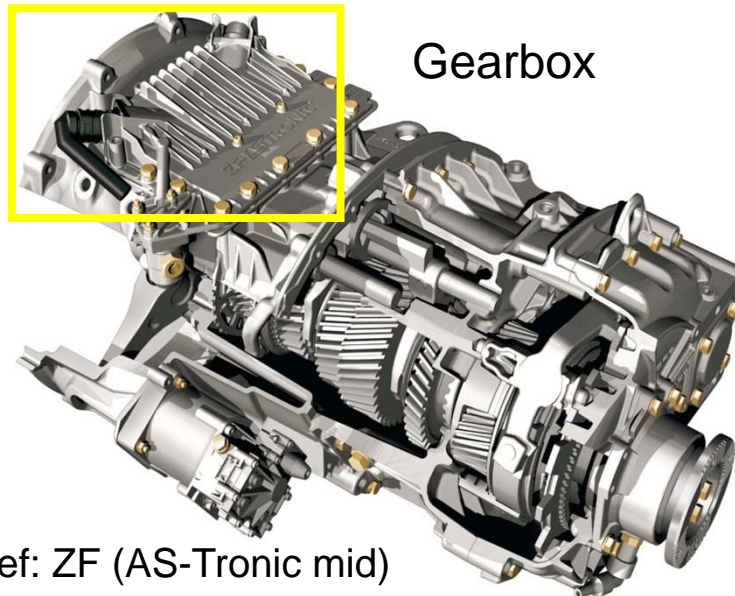
2. **Verlustleistung** / Volumen:

- Bauteilminiaturisierung
 - MCM, COB...
 - Verringerte Wärmespreizung
- Kombination von Leistungs- & Steuerungselektronik



Ref: DaimlerChrysler
Project „PROnova - hotEL“

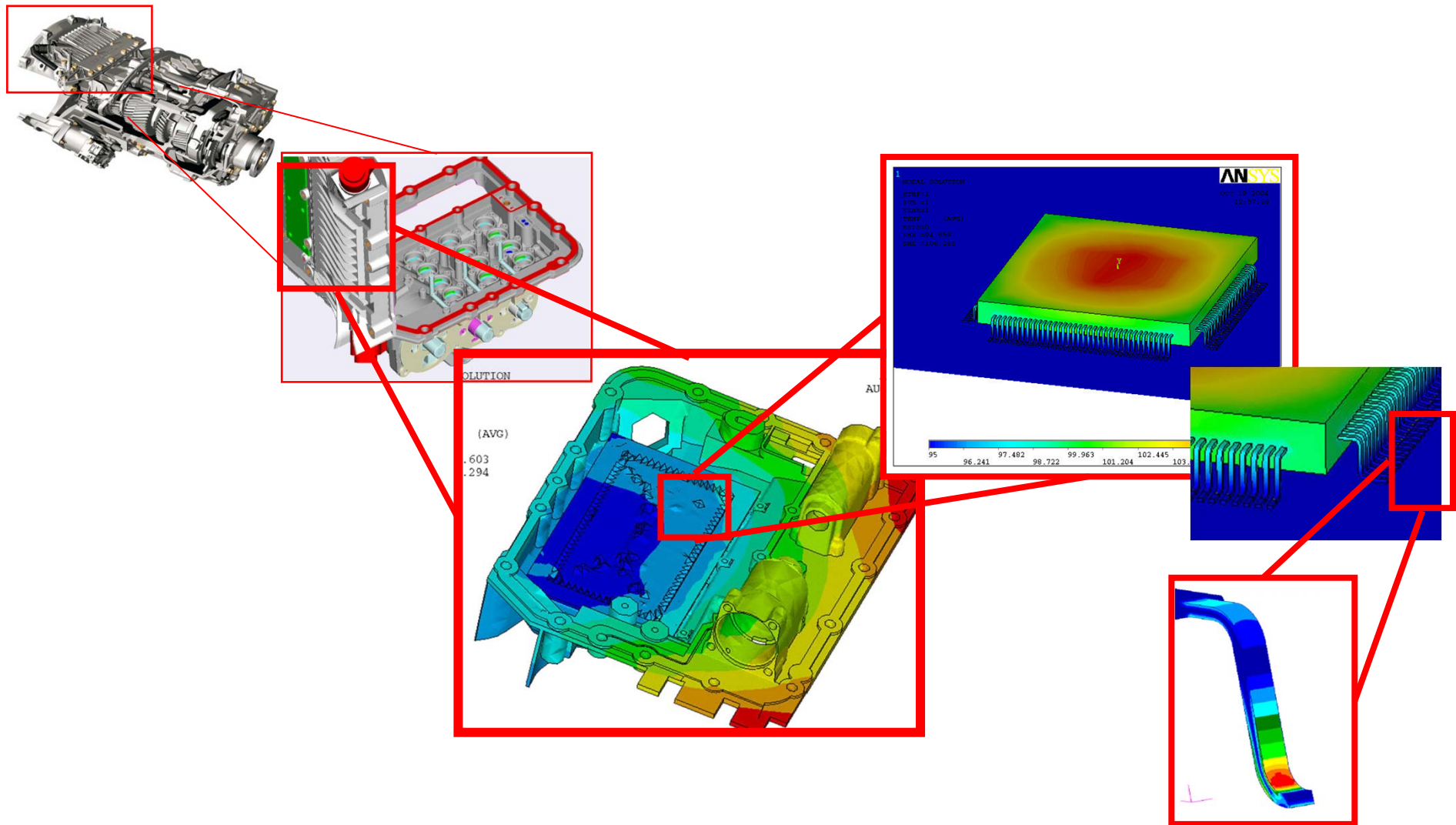
Mechatronische Optimierung Getriebesteuerung



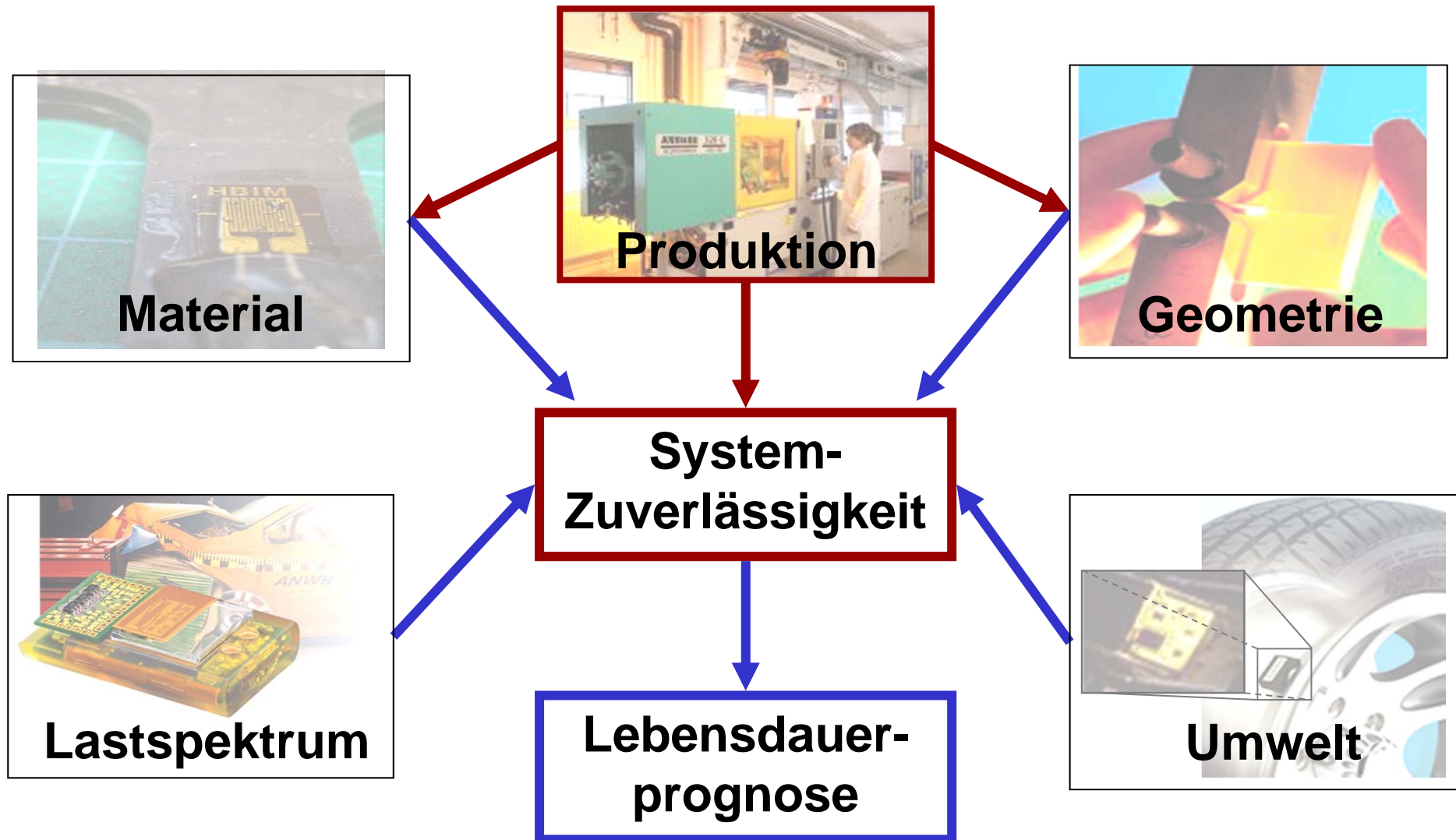
Thermisches Management unter mechatrischen Gesichtspunkten:

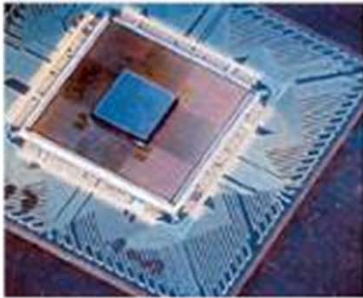
- Antriebsregelung
Montage direkt am Getriebe
 - Sensoren
Messung des Ölzustands
 - Aktuatoren
Automatikgetriebe, Ventilstellung
 - Leistungs- & Steuerungselektronik
werden räumlich integriert.
- Minimierte thermische Kopplung
→ Optimiertes thermisches Management
→ Zuverlässigkeit, Lebensdauer?

Von der Makro- Mechatronik zur Mikro-AVT



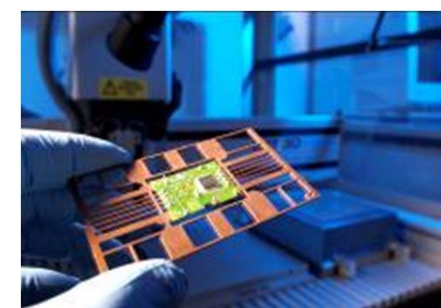
Mechatronischer Entwicklungsablauf: Vom Design zum Produkt

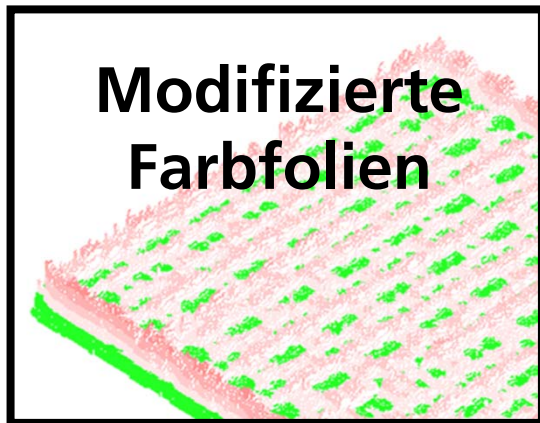
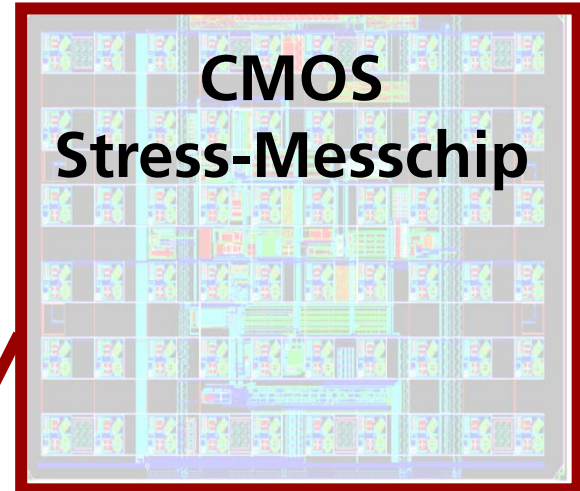




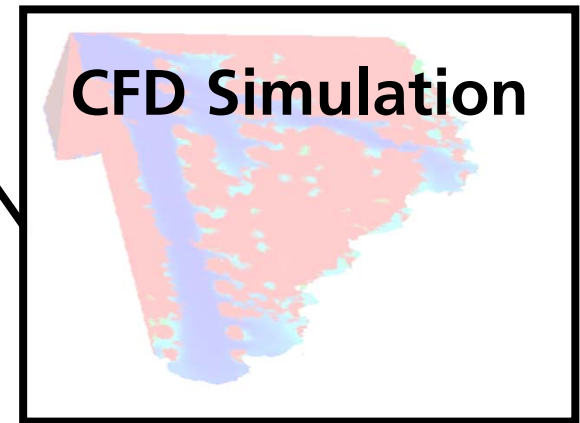
Modellbildung und Simulation

- 1. Modellbildung:
Entwicklung eines Hirnshunts**
- 2. Simulation:
Vom Getriebe zur Lotzuverlässigkeit**
- 3. Messtechnik:
Stressmessung mit CMOS Sensoren**





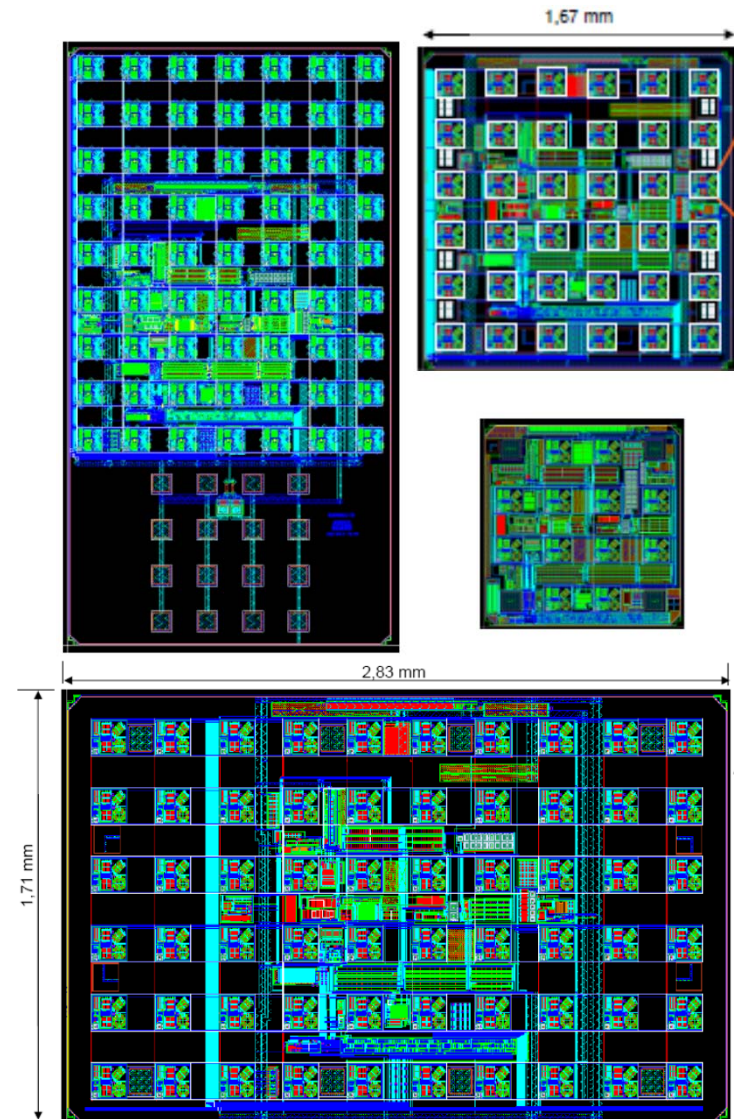
**Charakterisierung
Packaging-Prozess**



Zuverlässigkeit

Stresschip: Fahrtenschreiber für die Produktion

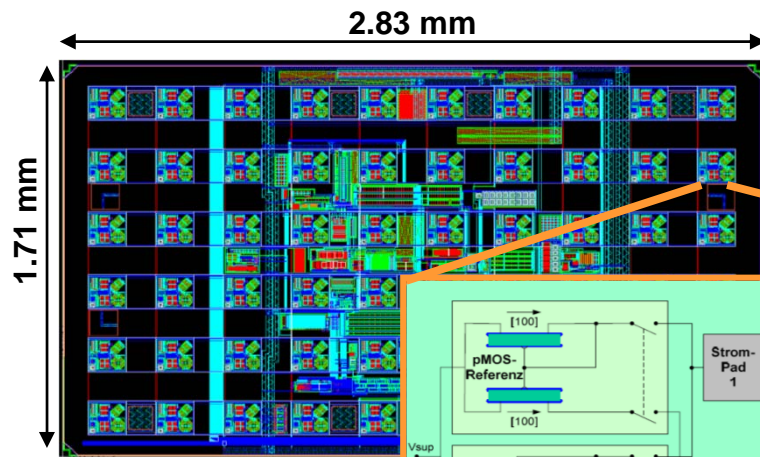
- Ersetze das zu qualifizierende Bauteil durch den Stresssensor-Chip (4 unterschiedliche Kantenlängen, / Chipdicken / Aufbauvarianten)
- Monitoring aller in der Produktion auftretenden Belastungen
- Übertragung auf den dreidimensionalen Spannungszustand mit Hilfe der numerischen Simulation
- Prozessoptimierung



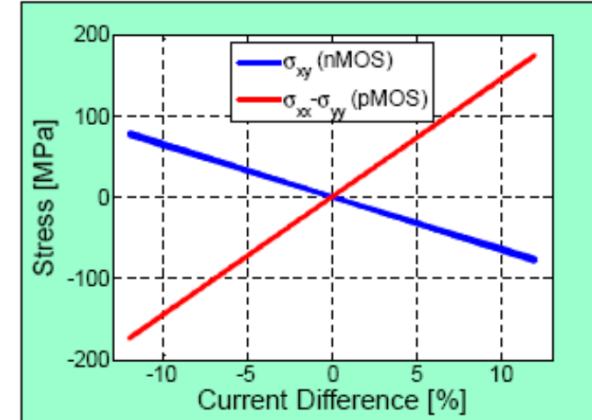
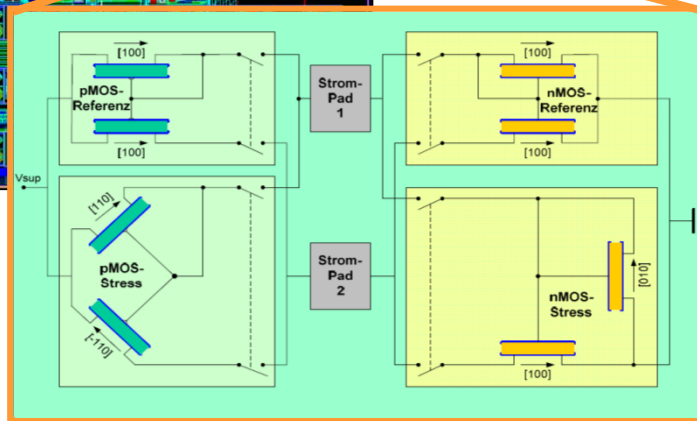
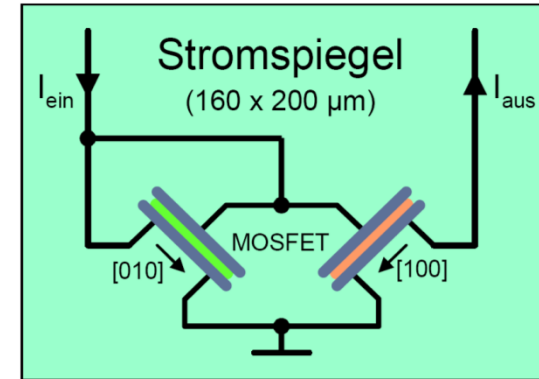
CMOS Stressmess-Chip: Stresssensierung

- Veränderlicher Widerstand von CMOS-Stromspiegel

$$R_{i,j}(\sigma) = R_0 \cdot \left(1 + \sum_{k,l} \pi_{i,j,k,l} \cdot \sigma_{k,l} \right)$$



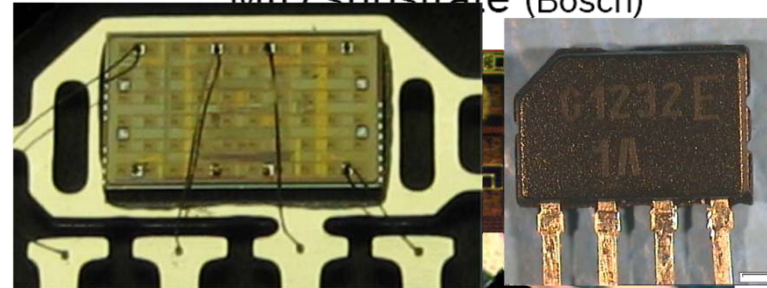
Chip x-Achse parallel zu [-110]



Übersicht: Einsatzbereiche in AVT-Prozessen

- AVT Prozesse
 - Drahtbonden
 - Diebonden (Materialauswahl, Schichtdicke des Kleberstoffs)
 - Sinterprozesse
 - Flip-Chip Montage, Underfilling etc.
- Verkapselung:
 - Transfer Molding (Material –und Prozessparameter),
 - Spritzguss (Sekundärverkapselung),
 - Glop Top
 - Ausheilung von Spannungen im Postcuring (Verwölbung minimieren)

Transfer Molding
Flip chip on PCB and
(Bosch, IZM)
MIP substrate (Bosch)



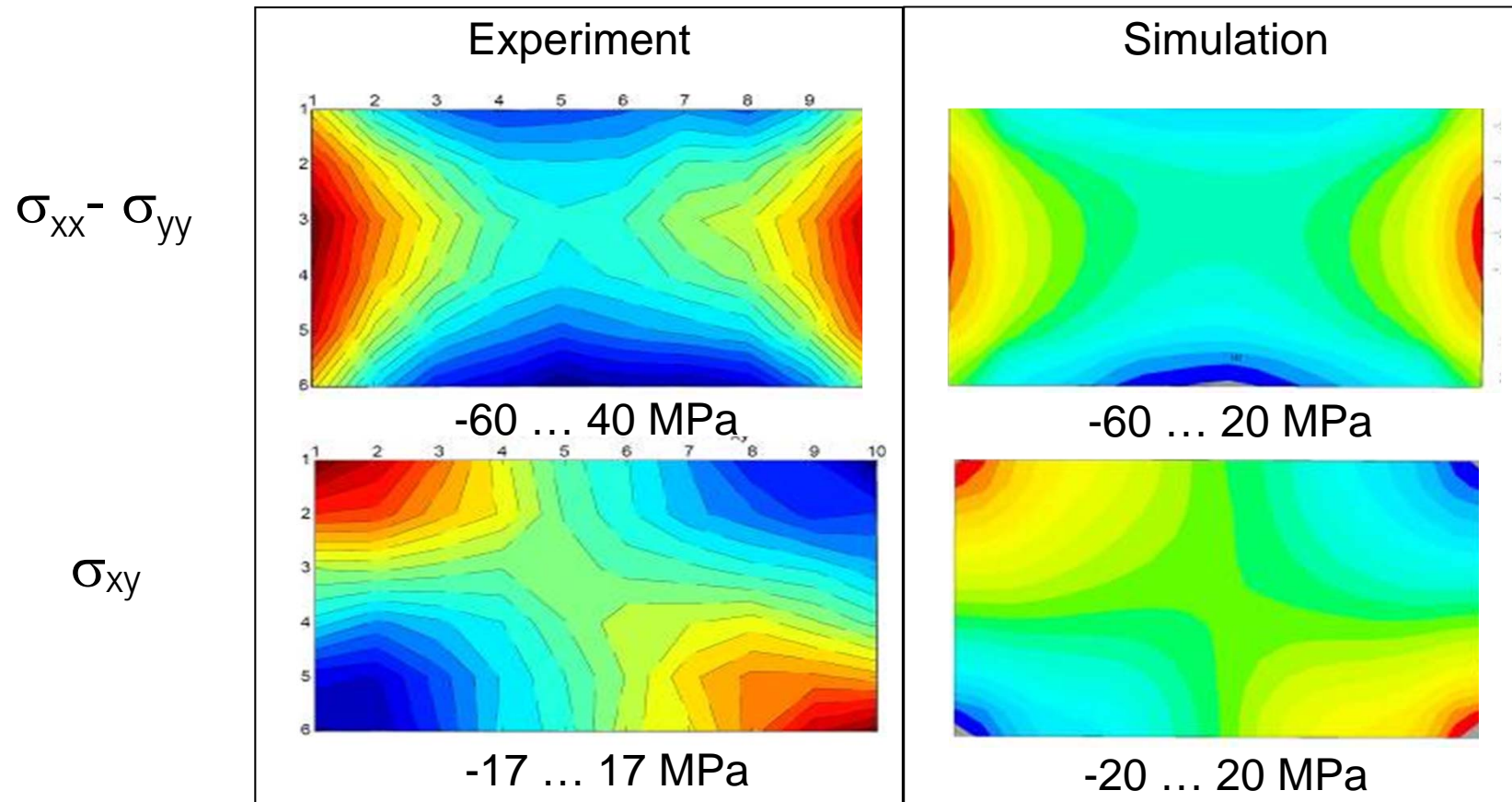
Thermoplastic injection
moulding (Bosch, Arburg)



Chip
with
(Sensors, etc.)

Einsatz von Stress-Messchips

Stress durch Materialschrumpfung nach dem Transfer-Molding

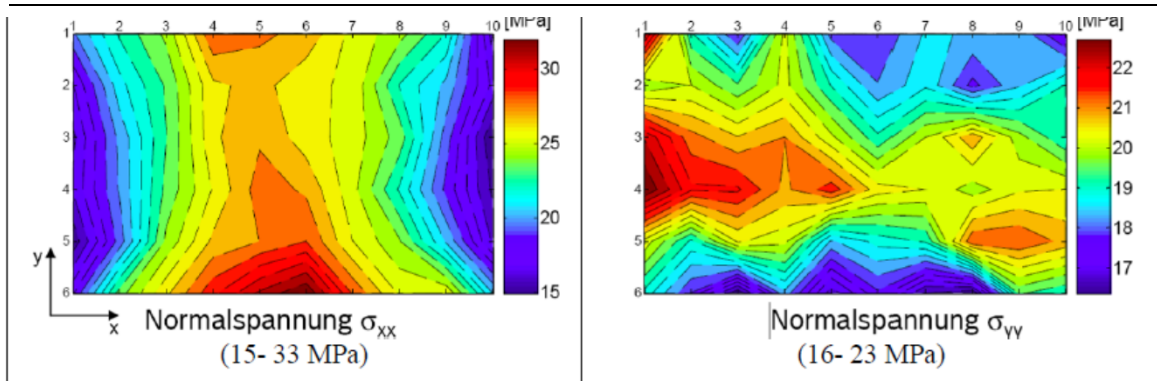


© BMBF Projekt "iForceSens"

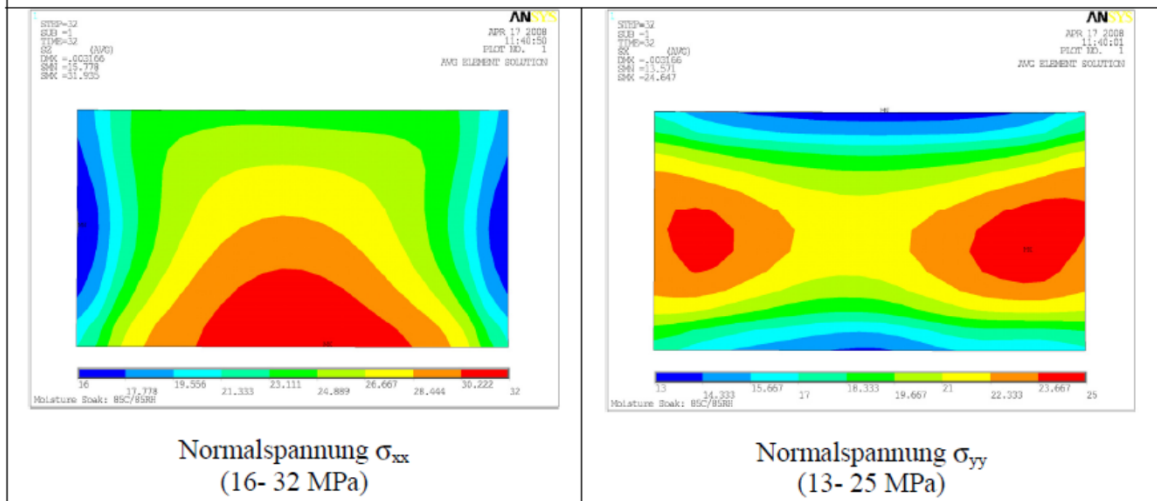
Feuchtemigration: Resultierende Spannung

Stress durch Feuchteaufnahme: 85% r.F. / 85°C

Schwellungssimulation aufgrund von Feuchteaufnahme bei 85 % r.F. / 85 °C im gesättigten Zustand (Messung nach 17 h)



Messung nach 17h



Simulation im gesättigten Zustand

Fraunhofer IZM

Mikro-Mechatronikzentrum

Entwicklungskette

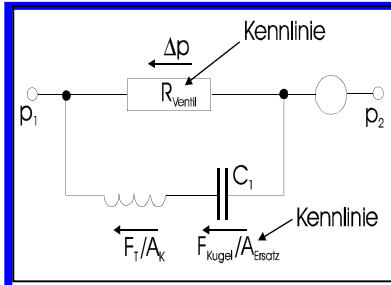


Systemdesign

„concurrent engineering“

Dymola®

Nextra®



System-Simulation

Matlab-Simulink

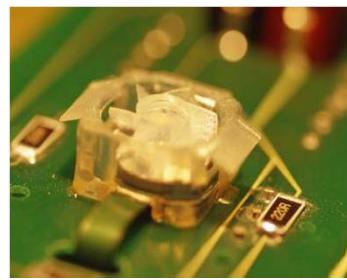
„Multiphysik“:

Strömung (CFD)

Mechanik

Temperatur

Elektromagnetik



Rapid Prototyping

Generative Verfahren

Vakuummuss

...



Prozess-Simulation

Transfer Molding

Spritzguss

Hotmelt

...



Zuverlässigkeit

CT Röntgen

Ultraschall-mikroskopie

Stresschip

...