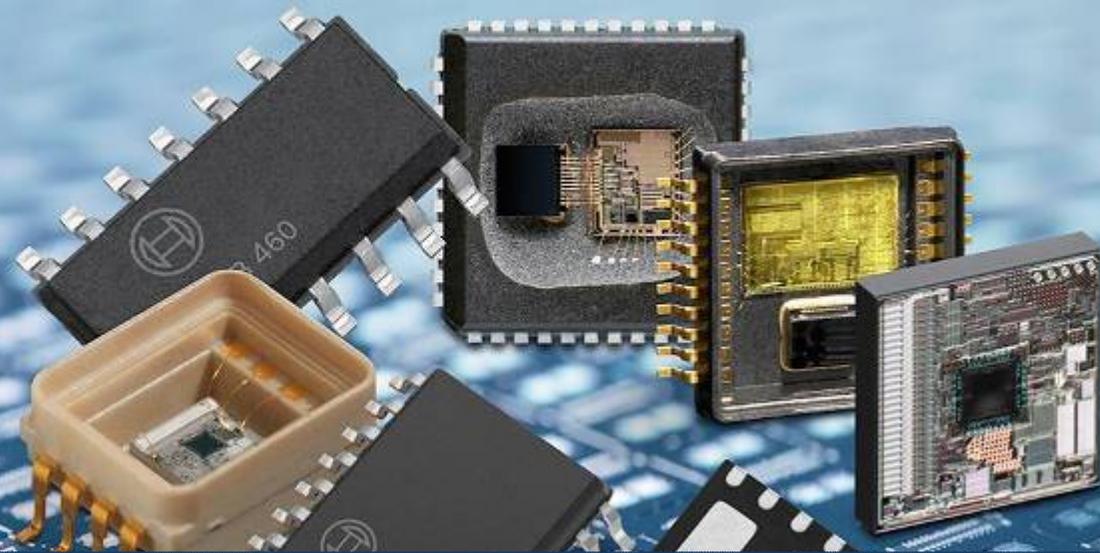


Mikromechanische Sensorik von Bosch in KFZ- und Consumer Anwendungen



Mathias Reimann / Dr. Markus Ulm

Engineering Sensors
Robert Bosch GmbH
Automotive Electronics



7th Leibniz Conference
of Advanced Science
- Sensorsysteme 2008 -

Automotive Electronics

1

AE/ES11-Reimann | 16.10.2008 | © Robert Bosch GmbH 2008. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.



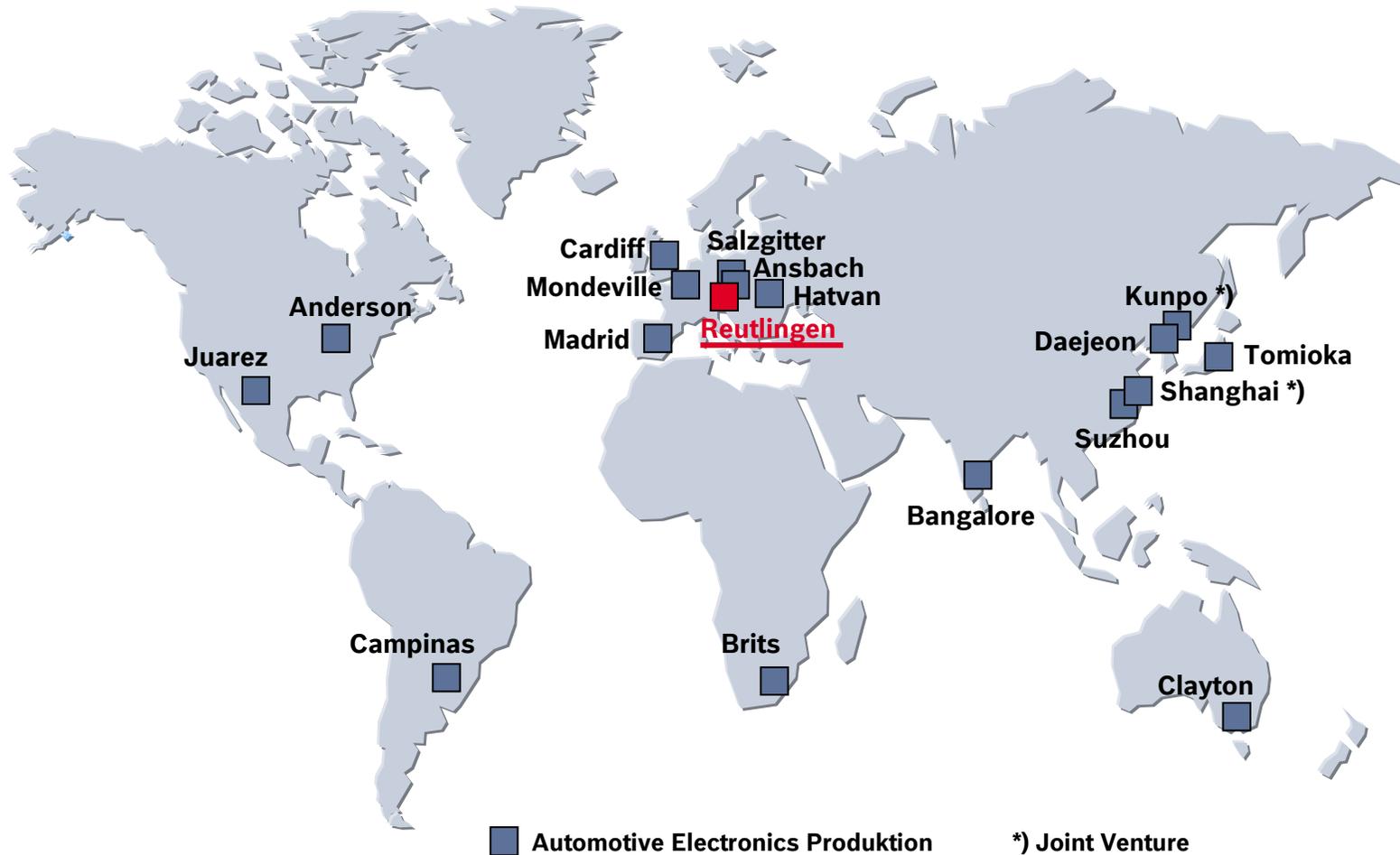
BOSCH

Agenda

- Sensorik im Unternehmen Bosch / Erfolgsstory MEMS
- Automobile Anwendungen - Sensorfamilien
- Auf zu neuen Ufern: Consumer Electronics → Anwendungen, Produkte
- Diskussion

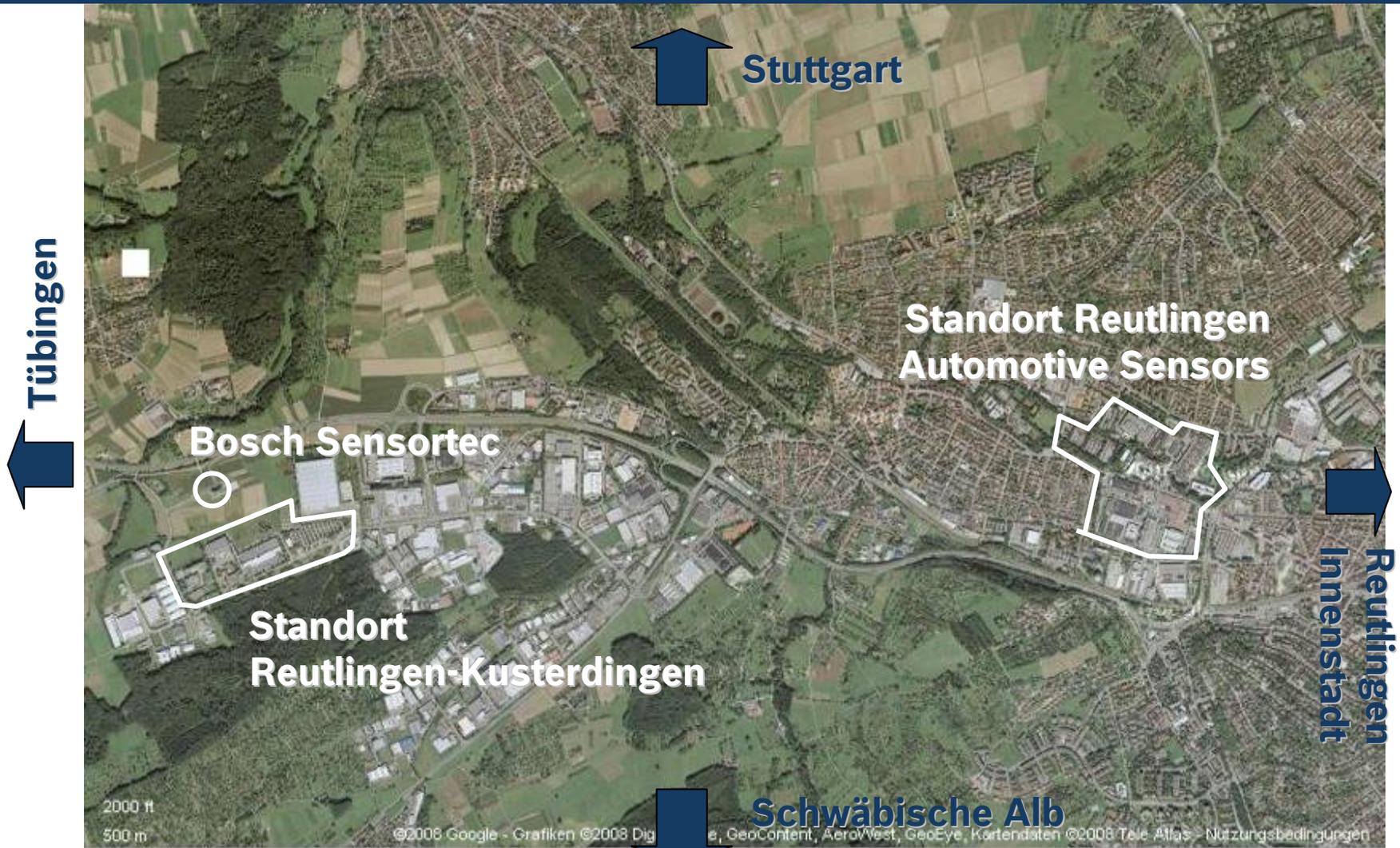


Automotive Electronics - Produktionsstandorte



Automotive Electronics





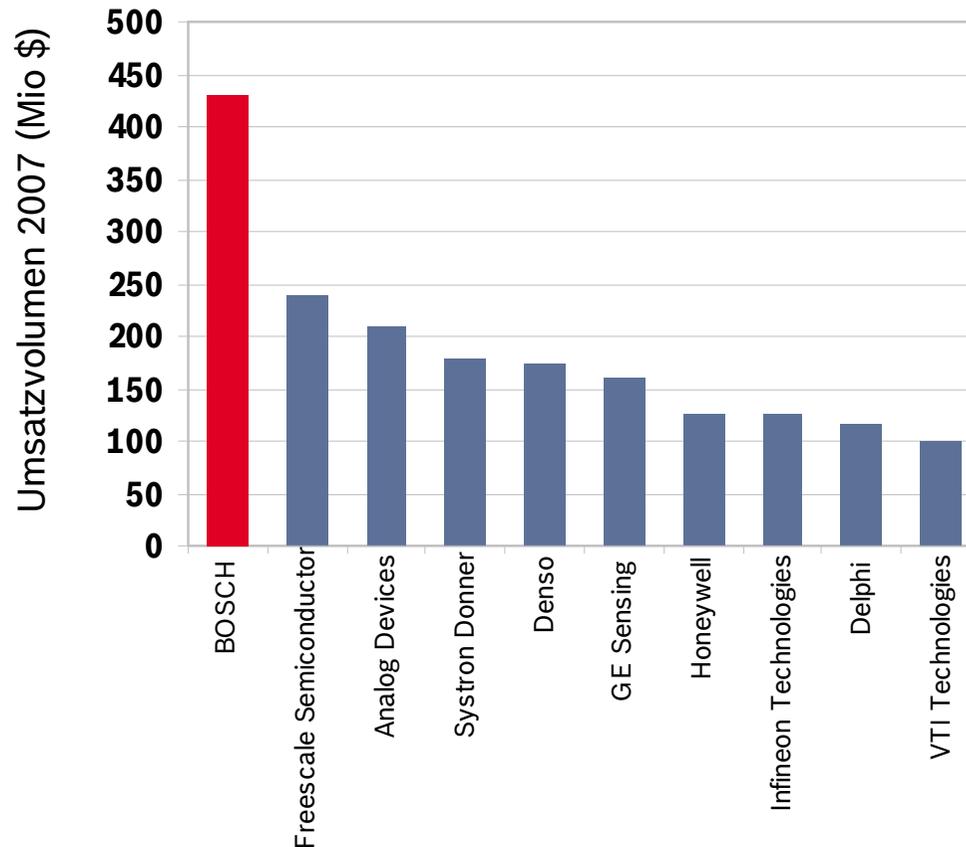
Automotive Electronics



Reutlingen und die Schwäbische Alb



TOP 10 MEMS-Sensor-Hersteller



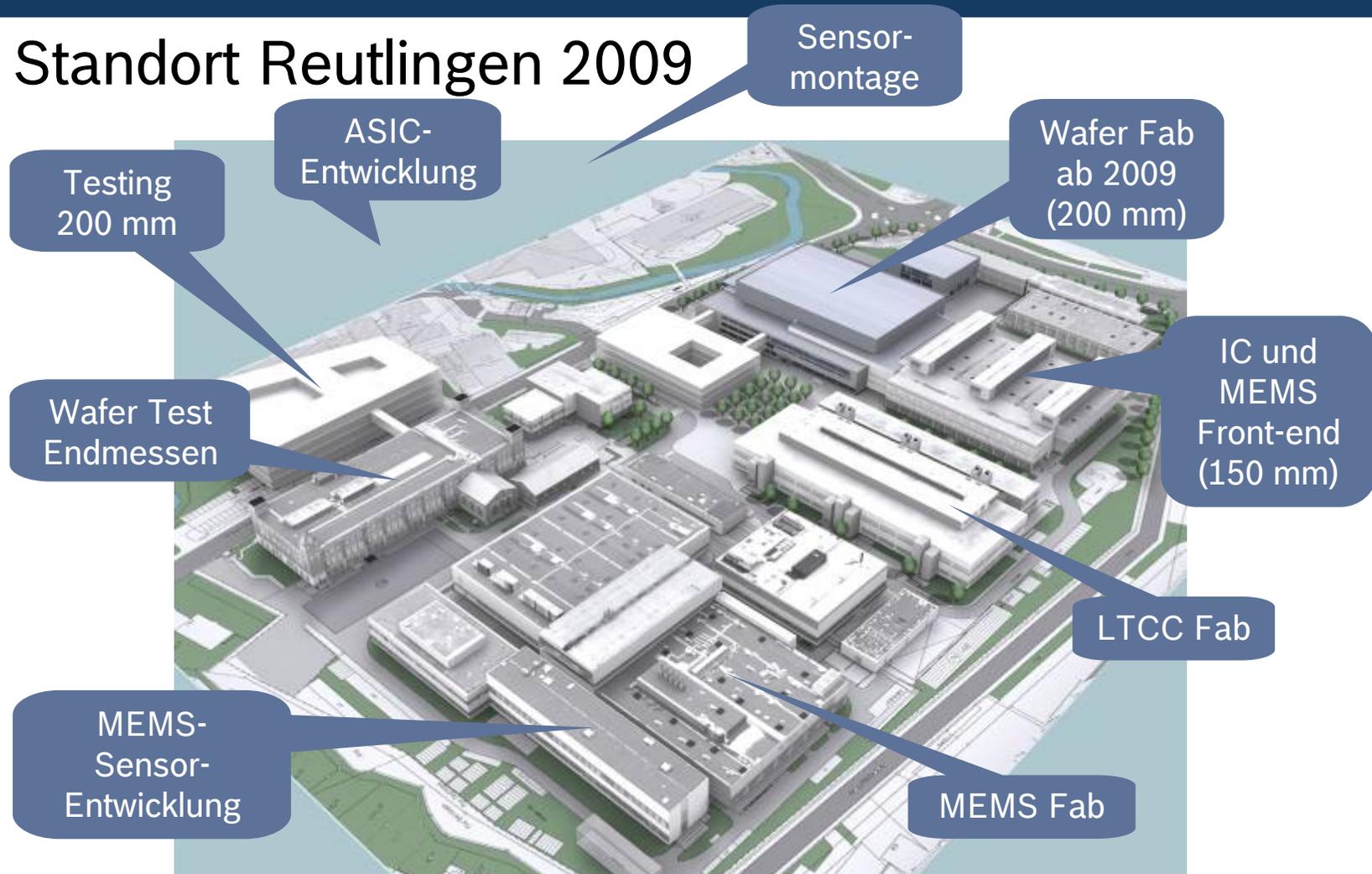
BOSCH Produktionsvolumen

- 160 Mio. Sensoren jährlich
- weit über 800 Mio. seit Produktionsbeginn 1995
- Schwerpunkt: Beschleunigungs-, Drehraten- und Drucksensoren

Quelle Diagramm: YOLE Schätzung 2/2008 "TOP 30 MEMS Manufacturer"



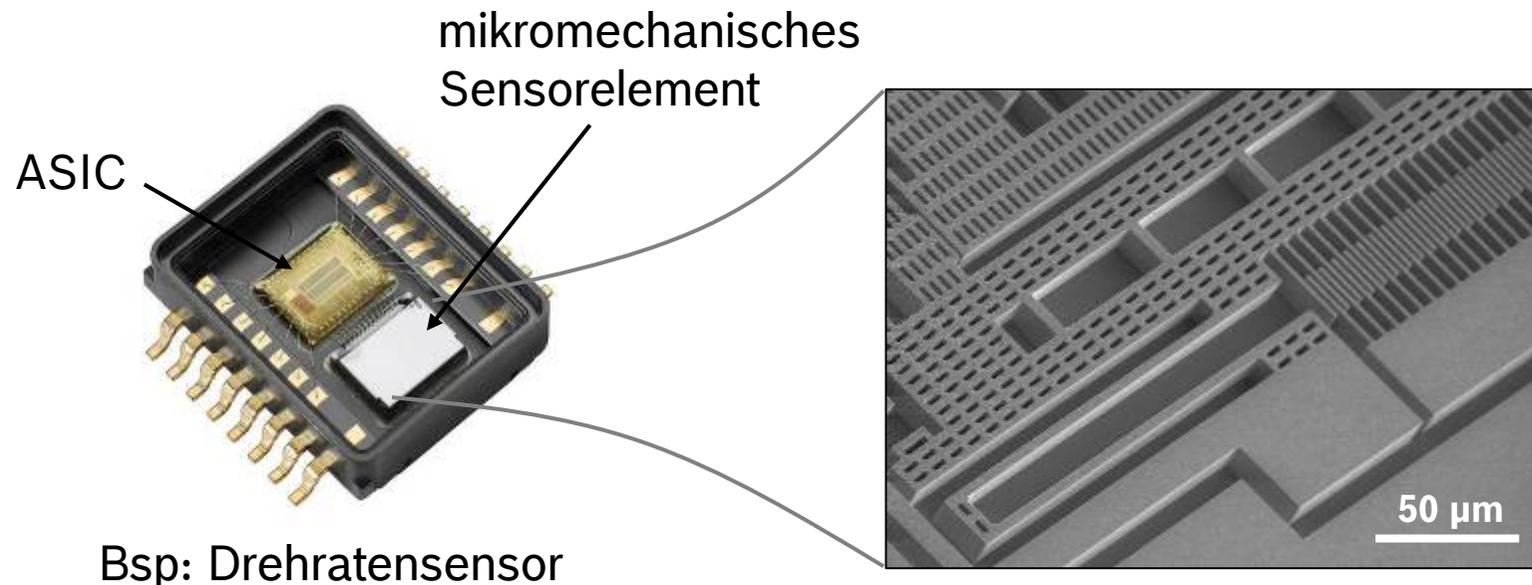
Standort Reutlingen 2009



MEMS-Sensoren

„MEMS“ = „Micro-Electro-Mechanical System“

(Systeme mit mechanischen Strukturen im Mikrometerbereich und elektronischen Strukturen, vereint auf einem Substrat oder Chip)



Bsp: Drehratensensor

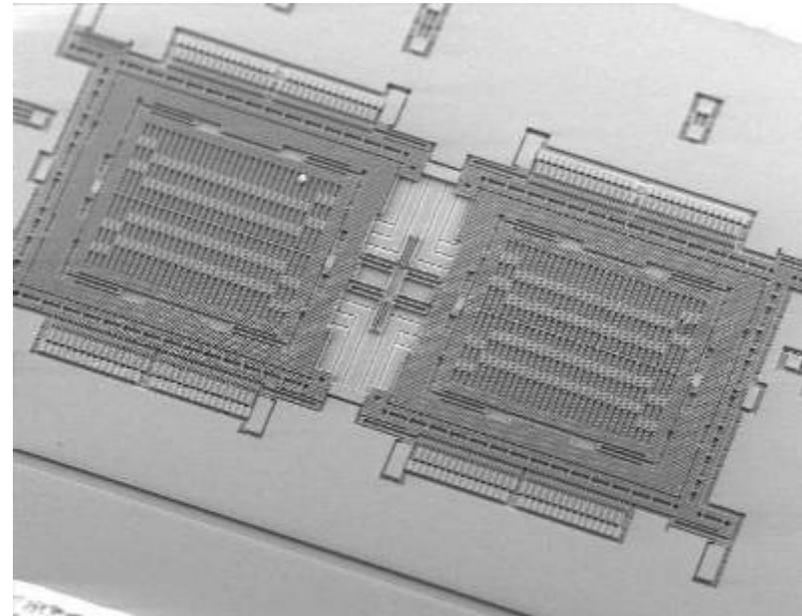
Mikromechanisches Sensierelement

Details zum Verfahren

- Bewährter Wafer-Prozess
(Oberflächen-Mikromechanik von Bosch)
- Wafer-Level-Packaging
 - Hermetische Abdichtung
 - Vakuum-Einschluss (3 mbar)

Systemaspekte

- Hohe Resonanzfrequenz
- Antiparallele Bewegung (Robustheit)
- Hoher Q-Faktor, vollresonantes Hochgütesystem
(Nullpunktstabilität, Rauschverhalten, ...)
- Strenge Kontrolle der kritischen MEMS-Prozesse
(Lithographie, Trench-Ätzen, ...)

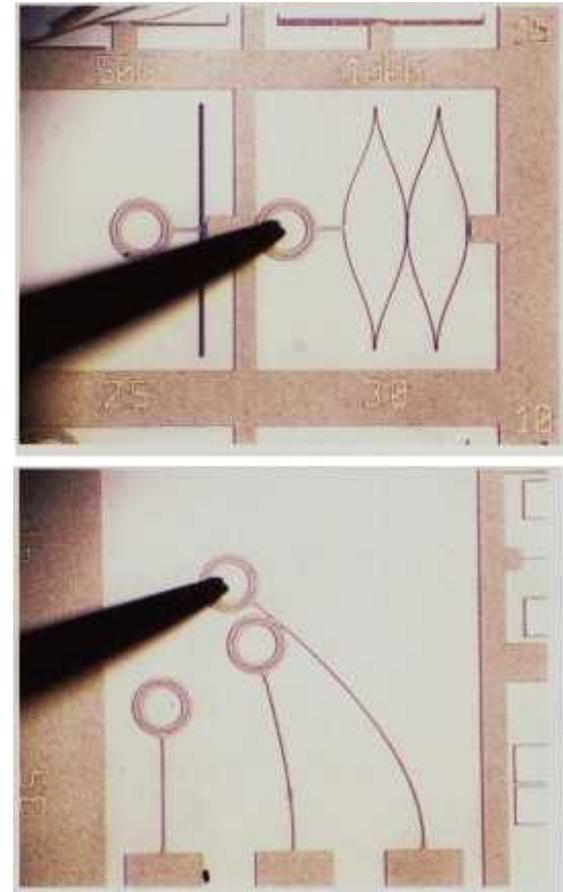


Mechanische Eigenschaften von Silizium

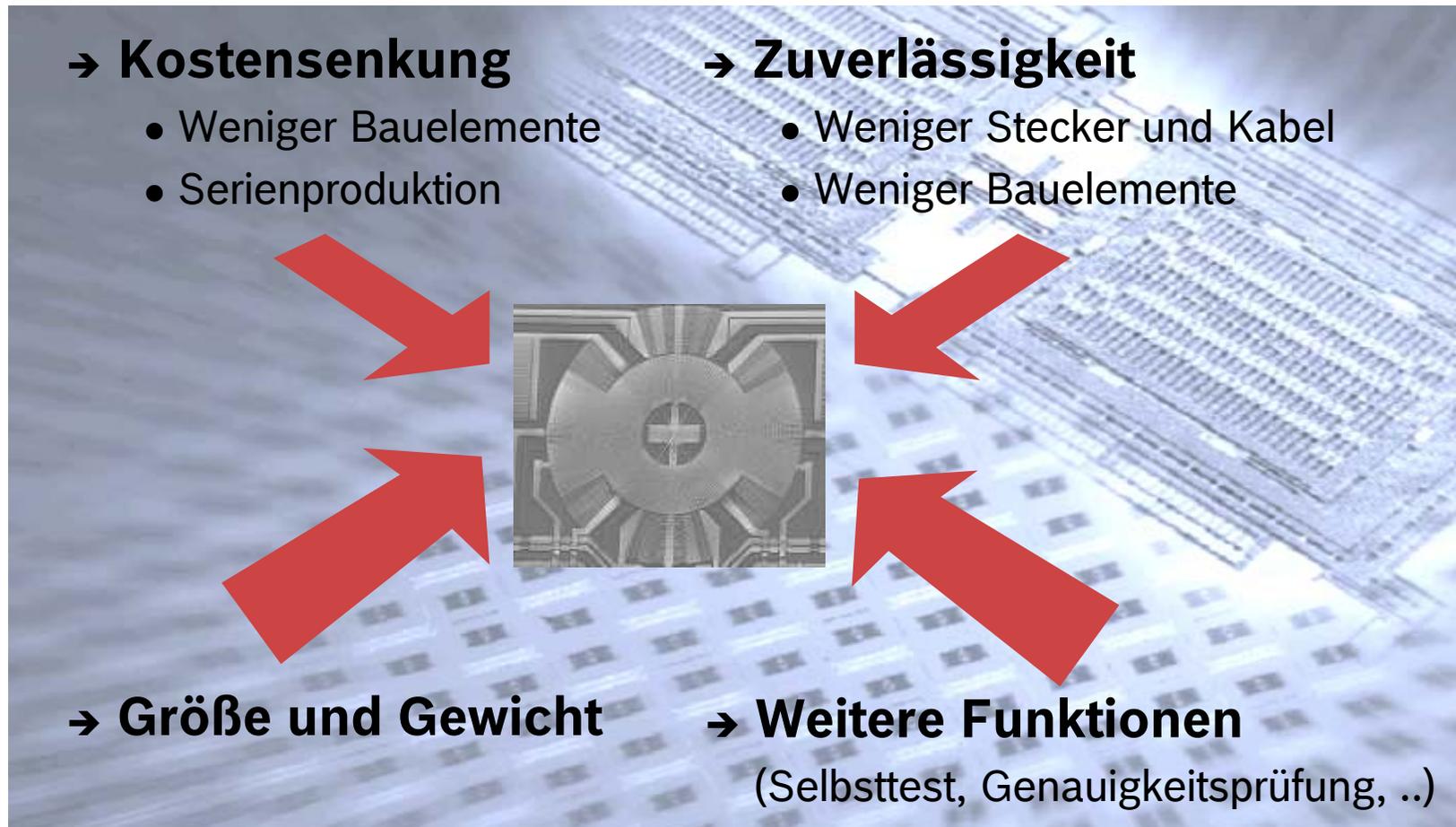
Vorteile:

- Hohe Zugfestigkeit
- Nahezu lineare Materialeigenschaften bis zum Materialbruch
- Niedrige Eigenspannung
- Strukturierungsverfahren von etablierten Halbleiter-Prozessen
- Ausreichende Verfügbarkeit
- Ermöglicht Integration elektrischer Funktionen

Siliziumfedern →



Warum Mikrosysteme?

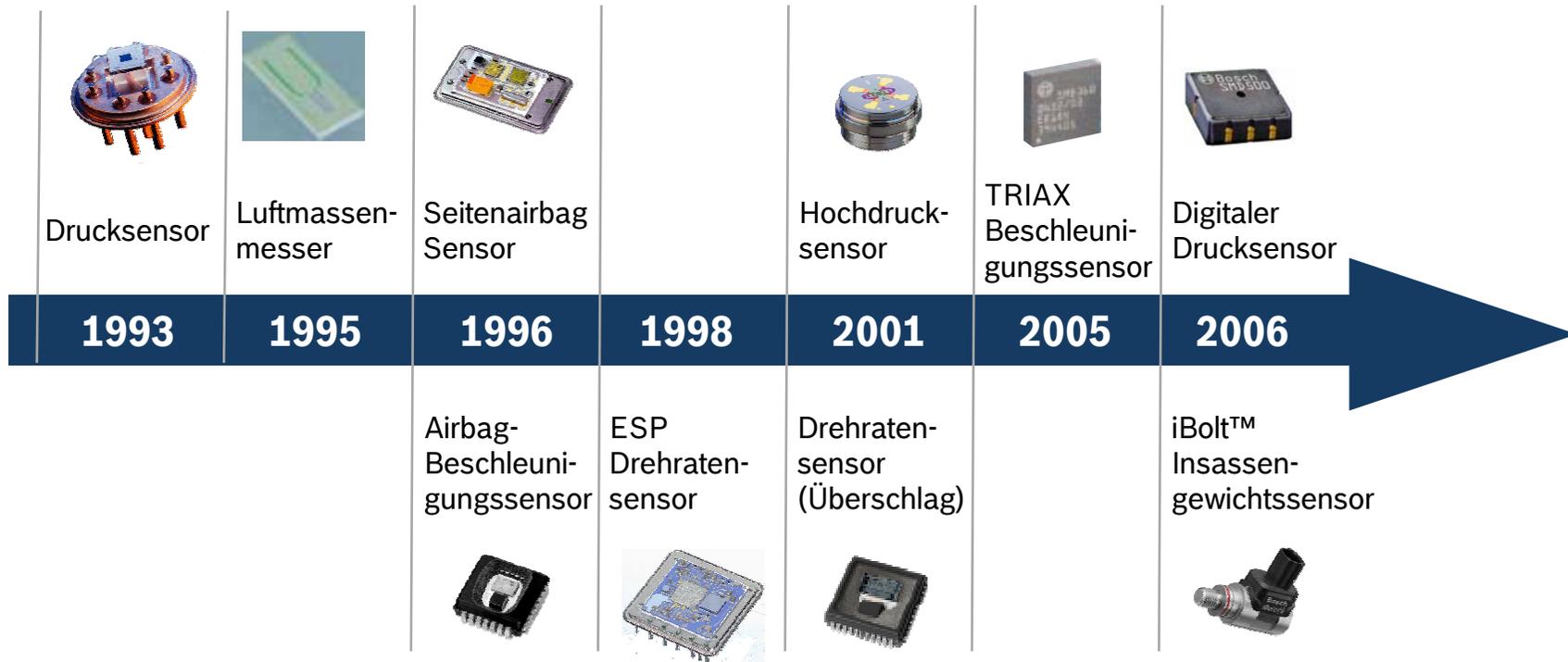


Agenda

- Sensorik im Unternehmen Bosch / Erfolgsstory MEMS
- Automobile Anwendungen - Sensorfamilien
- Auf zu neuen Ufern: Consumer Electronics → Anwendungen, Produkte
- Diskussion



Meilensteine der MEMS-Sensoren bei Bosch



(Auszüge, jeweils nur 1. Generation)

VW-Golf: 51 Sensoren

aus Reutlingen

Fahrwerk (ABS/ ESP):

8 Sensoren (Drehrate, Lenkwinkel, Raddrehzahl)

Airbag: 4 Beschleunigungssensoren

Antriebsstrang:

8 Sensoren für das Motor-SG,
2 Lambdasonden, 4 Sensoren für die
Getriebesteuerung

Komfort:

6 Temperatursensoren,
6 Ultraschallsensoren,
1 Fotodiode, 1 Neigungssensor,
1 Drucksensor für die Klimaanlage,
10 Hall-Sensoren in den
Fenster- und Dachmotoren

Weitere Sensoren:

Peripherer Drucksensor, Insassenerkennung, Drehratensensor
und Beschleunigungssensor für den Niedrig-g-Bereich zur
Überschlagssensierung, Ölqualität, Luftqualität, Drehratensensor
für die Fahrzeugnavigation, Regensensor, TPMS (System zur
Reifendrucküberwachung), ...

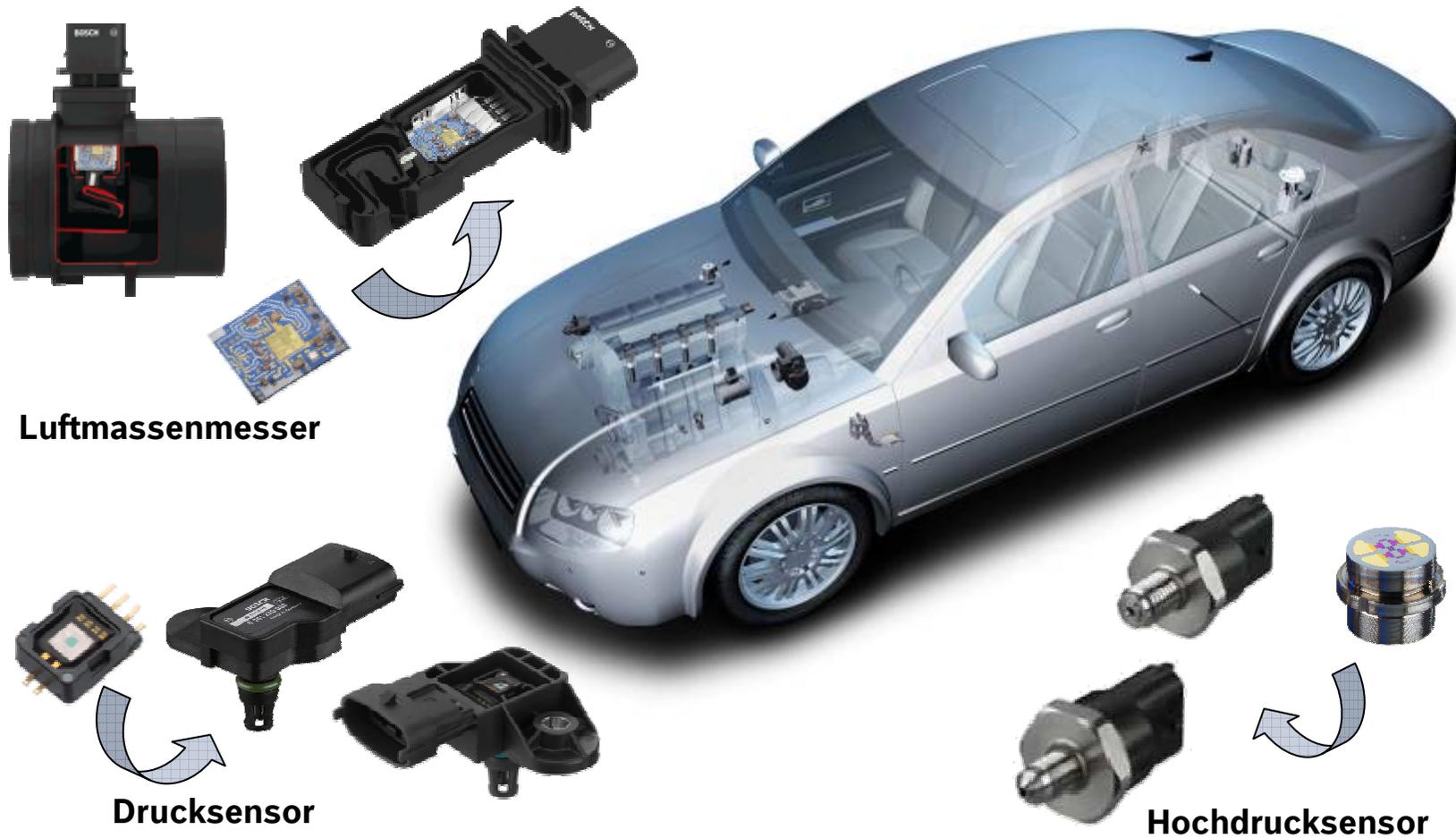


VW-Golf (MJ 2002)

- 1,4 l Benzinmotor
- ABS/ ESP
- Einparkhilfe
- Elektr. Fenster/Dach
- Klimaanlage
- Alarmanlage

Quelle: VW

Sensoren für den Antriebsstrang



Automotive Electronics



Roadmap Drucksensoren

Saugrohrdruck



TO8

1993



Hybridsubstrat

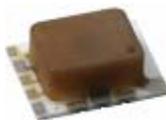
1998



Premold

2006

Barometer



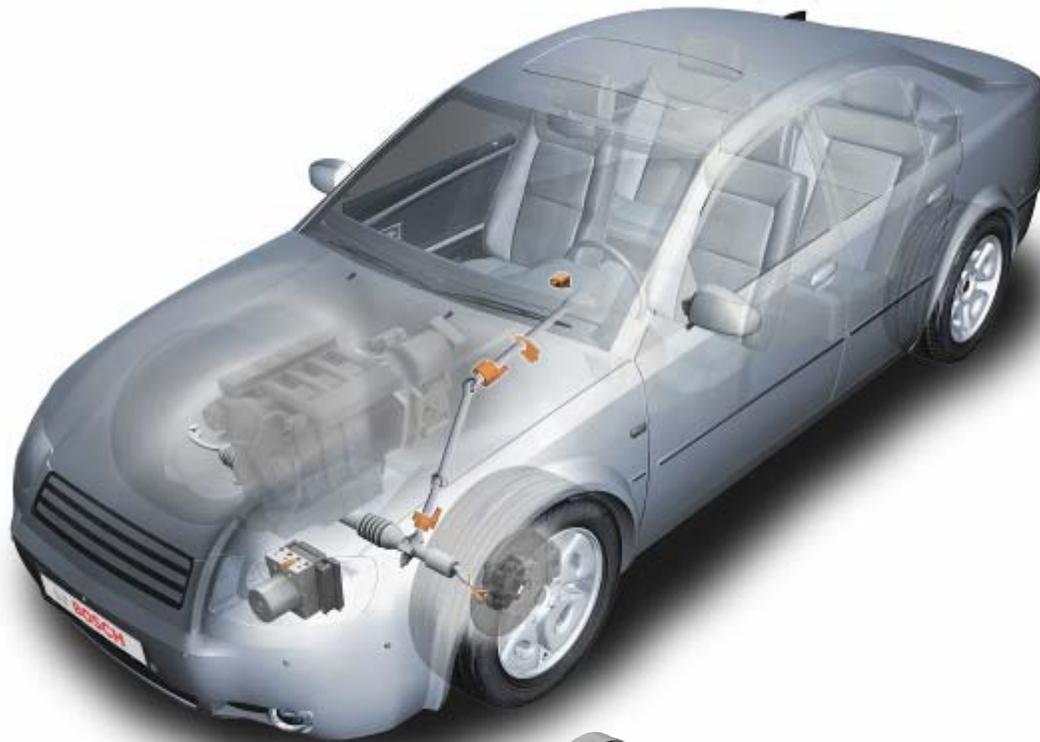
Hybridsubstrat



Premold



Sensoren für die Fahrdynamikregelung



**Drehratensensor
(Sensorcluster)**



Drehratensensor



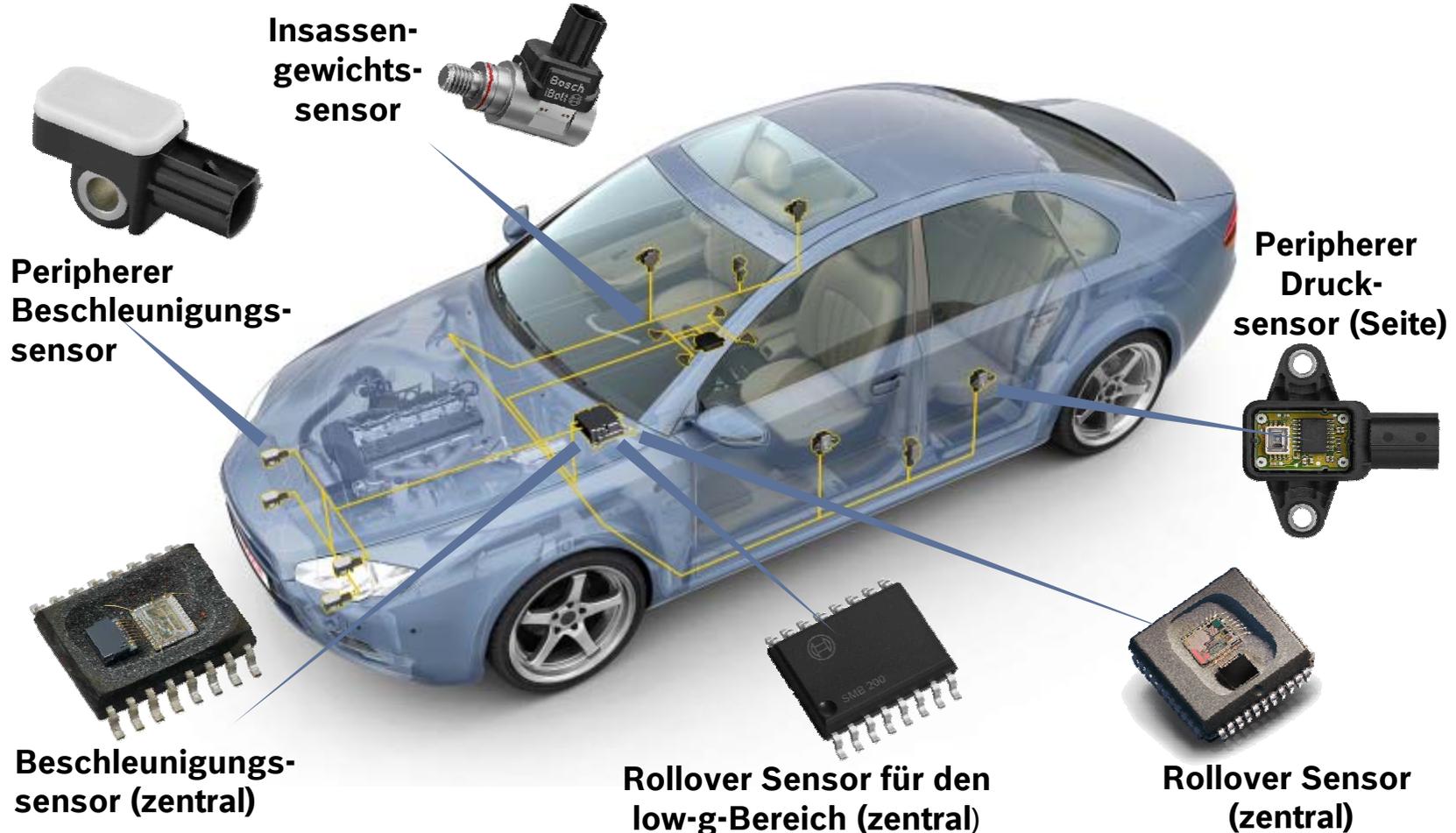
Hochdrucksensor



Beschleunigungssensor



Sensoren für Insassenschutzsysteme



Automotive Electronics



Roadmap der Beschleunigungssensoren

Automotive



Metall

...1996



PLCC28

1996



SOIC16w

2002



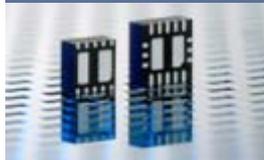
SOIC14n

2006

Reduktion der Baugröße & Kosten bei deutlicher Erhöhung der Funktionalität

Produktportfolio MEMS-Sensoren im Automobil

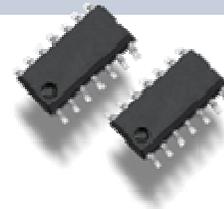
Beschleunigungssensoren



Zentraler Beschleunigungssensor
für den Insassenschutz



Peripherer Beschleunigungssensor
für den Insassenschutz



Peripherer Beschleunigungssensor
für den Insassenschutz



Druck-sensoren



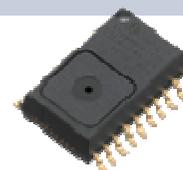
Niederdrucksensor
für die Motorsteuerung



Peripherer Drucksensor
für den Insassenschutz



Reifendrucksensor
für erhöhte Verkehrssicherheit



Hochdrucksensor
für Motor und Bremssysteme



Drehraten-sensoren



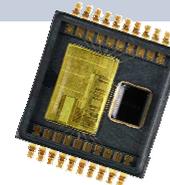
Drehratensensor für die
Fahrzeugnavigation



Überschlagsensor
für den Insassenschutz



Drehratensensor
für ESP-Systeme



Medien-sensoren



Climate Control Sensor für
energiesparende Klimaanlage



Beispiel: Reifendrucksensor

Anwendungen

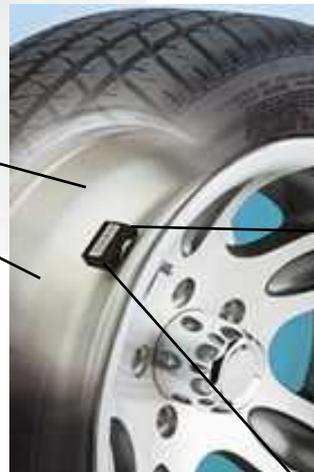
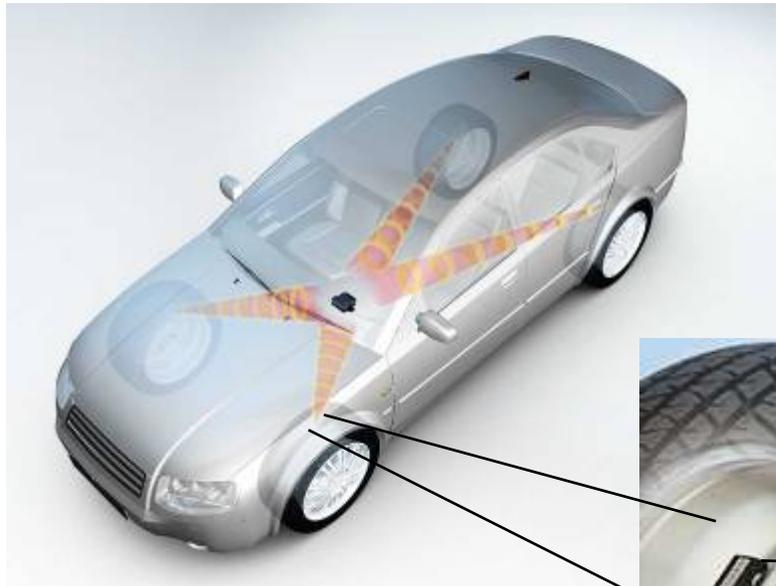
- Überwachung des Luftdrucks im Reifen
- bei zu geringem Druck wird Fahrer gewarnt
- Reifendrucküberwachungssysteme sind
 - verpflichtend in USA für Neufahrzeuge
 - Verpflichtung in EU ab 2012 in Diskussion

Folgen von zu geringem Luftdruck im Reifen

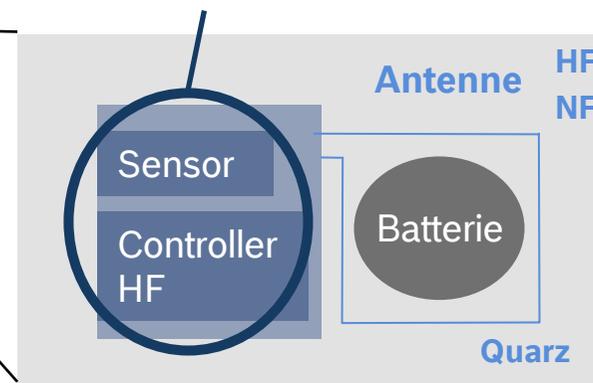
- erhöhter Treibstoffverbrauch
- verlängerter Bremsweg
- größere Gefahr von Reifenplatzern
- stärkere Reifenabnutzung



Beispiel: Reifendrucksensor

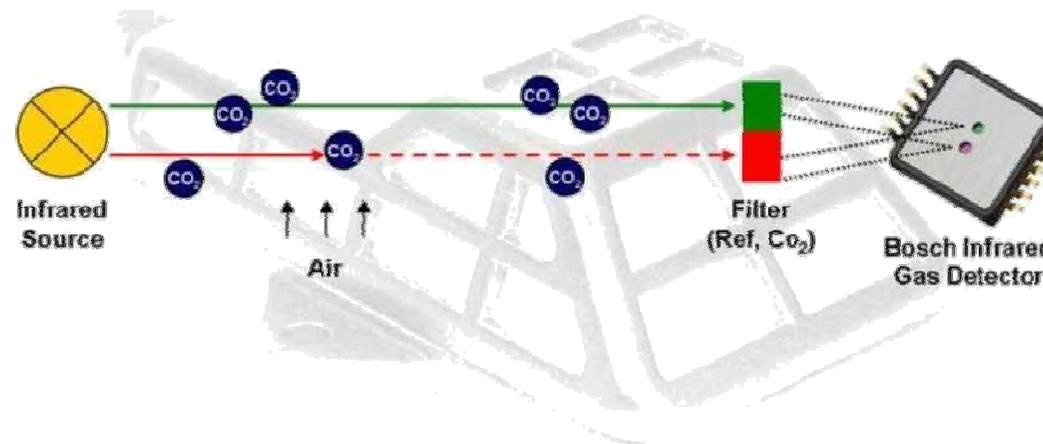


Bosch Sensormodul zur Reifendrucküberwachung



Beispiel: Climate Control Sensor

- Climate Control Sensor misst den CO₂-Gehalt im Fahrzeuginnenraum
- Dadurch effizientere und energiesparendere Regelung der Klimaanlage (Verbrauchsvorteil von ca. 0,2 l Treibstoff pro 100 km und Fahrzeug)
- Spektroskopische Messung der CO₂-Konzentration



Einsparpotential von 7 Mrd Litern Kraftstoff in der EU!

Beispiel: Climate Control Sensor

- Der ADAC zeichnete den Climate Control Sensor mit dem Gelben Engel 2008 in der Kategorie "Innovation" aus



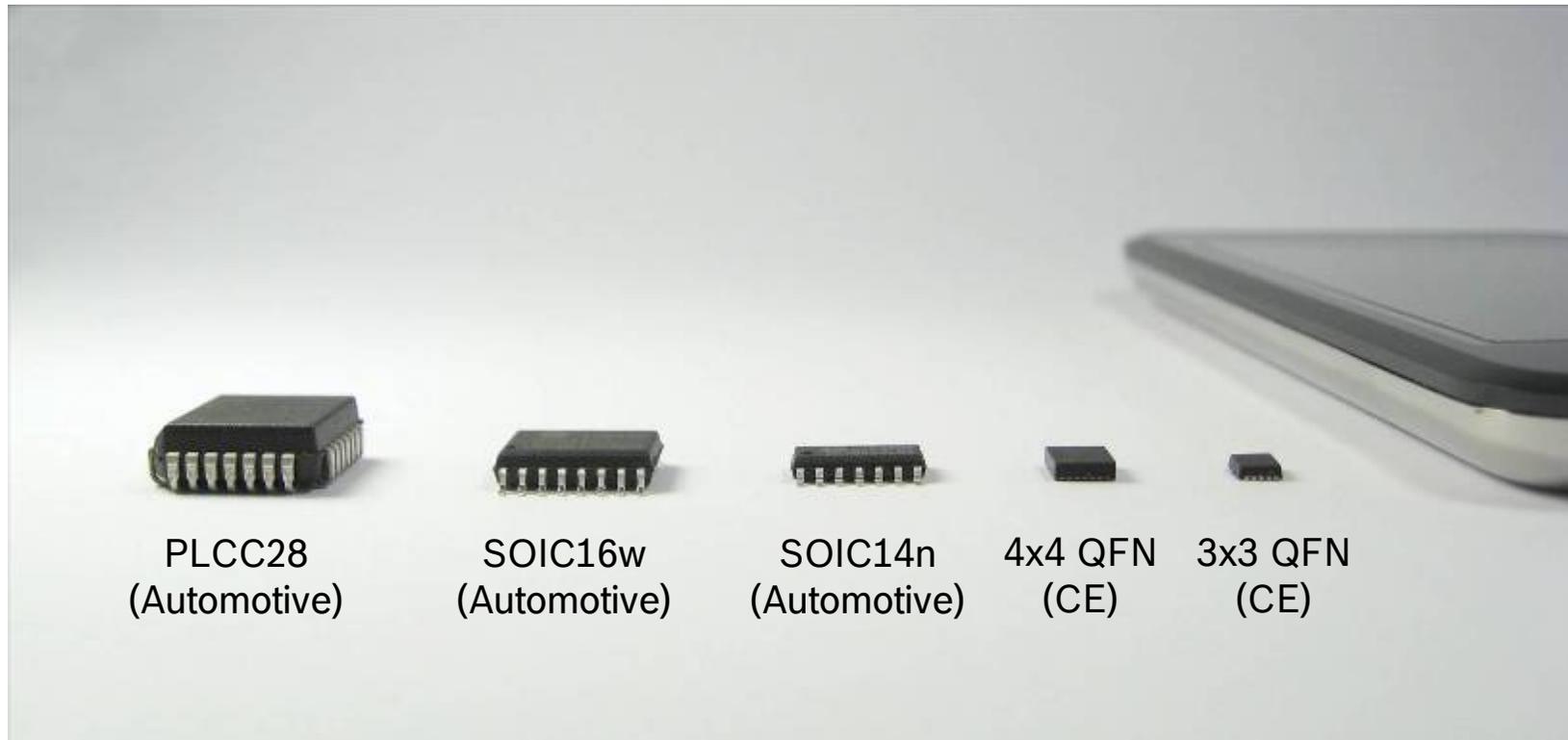
Agenda

- Sensorik im Unternehmen Bosch / Erfolgsstory MEMS
- Automobile Anwendungen - Sensorfamilien
- Auf zu neuen Ufern: Consumer Electronics → Anwendungen, Produkte
- Diskussion



Weiterentwicklung der Baugröße

Beispiel Beschleunigungssensoren



PLCC28
(Automotive)

SOIC16w
(Automotive)

SOIC14n
(Automotive)

4x4 QFN
(CE)

3x3 QFN
(CE)

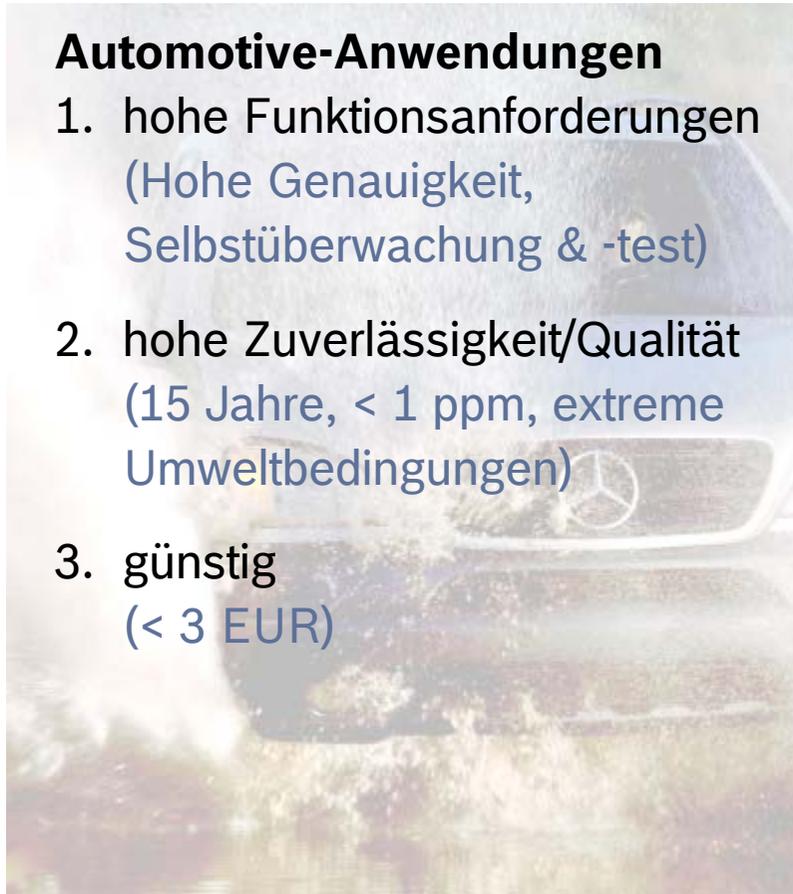
Anforderungen an MEMS-Sensoren

Automotive-Anwendungen

1. hohe Funktionsanforderungen
(Hohe Genauigkeit,
Selbstüberwachung & -test)
2. hohe Zuverlässigkeit/Qualität
(15 Jahre, < 1 ppm, extreme
Umweltbedingungen)
3. günstig
(< 3 EUR)

Consumer-Anwendungen

1. klein
(~ 3 x 3 x 0,9 mm³)
2. geringer Stromverbrauch
(≤ 200 μA)
3. günstig
(< 1 -2 EUR)



Bosch Sensortec

- gegründet 2005
- Aufgabe: Herstellung von MEMS Sensoren für den Unterhaltungselektronikmarkt
- Unterstützt durch die MEMS-Entwicklung und -Produktion von Bosch
- Bosch Sensortec kombiniert die Erfahrung des MEMS-Pioniers mit der Flexibilität eines jungen Teams, das sich ganz auf neue Märkte ausserhalb des Automobils konzentriert



Bosch Sensortec, Reutlingen



Bosch-Sensorfertigung, Reutlingen

Consumer-Anwendungen (Beispiele)



- Bedienung/Scrollen durch Neigen des Handys
- Bildschirmanpassung durch Kippen (Portrait/Landscape)
- Fallerkennung zum Schutz von Festplatten
- Dreidimensionale Bewegungserkennung für Spielekonsolen
- Höhenmesser (für Navigationsgeräte, Wanderer, Biker, ...)
- Barometer für mobile Wetterstationen

Beispiel: dreiachsiger CE-Beschleunigungssensor

Anwendungen

- Bedienung/Scrollen durch Neigen des Handys
- Bildschirmanpassung durch Kippen
- Fallerkennung zum Schutz von Festplatten
- Bewegungserkennung für Spielekonsolen
- Aufweckfunktion bei tragbaren Geräten zur Energieeinsparung

Hauptmerkmale

- digital oder analog
- QFN- oder LGA-Gehäuse (3 x 3 x 0,9 mm³)
- geringer Stromverbrauch (200 µA, Standby 1 µA)
- programmierbarer Interruptpin

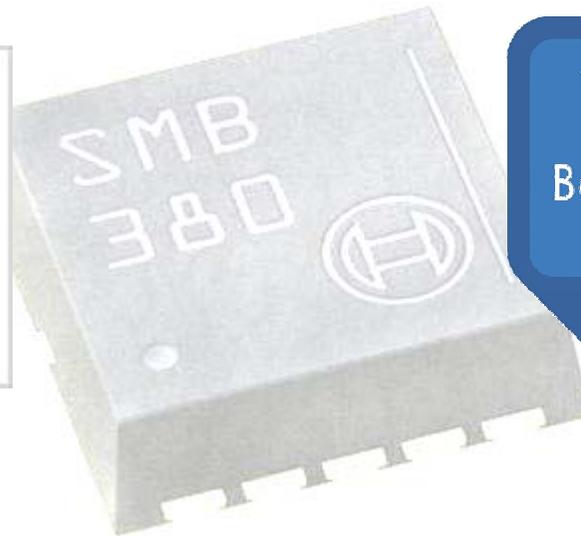


Beispiel: dreiachsiger CE-Beschleunigungssensor mit Interruptpin



Beispiel: dreiachsiger CE-Beschleunigungssensor

Der Beschleunigungssensor SMB380 wurde



**„Produkt des Jahres 2008“
bei Elektronik**

**„Best product of the year“
bei E&E**

Beispiel: CE-Drucksensor für Luftdruckmessung

Anwendungen

- Verbesserte Navigation
- Höhenmessung z.B. für Wanderer
- Wetterstationen

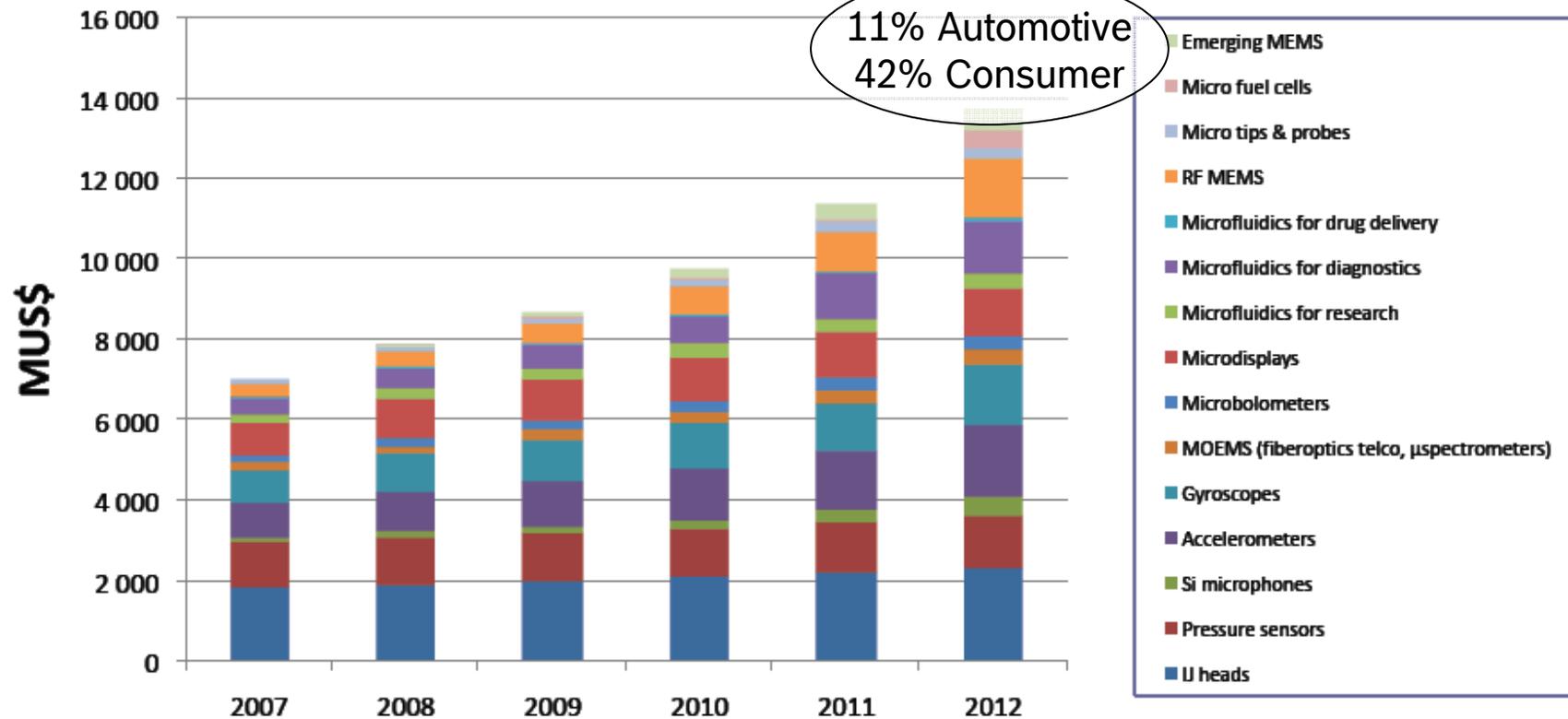
Hauptmerkmale

- Druckbereich 300...1100 hPa
- Auflösung 0,03 hPa ($\hat{=}$ 25 cm)
- LCC8 Keramik Gehäuse (5 x 5 x 1,2 mm³)
- Sensorelement und ASIC getrennt auf zwei Chips
- extrem niedriger Stromverbrauch (0,1 μ A im Standby, 3 μ A im Ultra-low-power Mode)



Ausblick

MEMS market forecast 2007 - 2012 in value (MUS\$)



Quelle: Micronews Nr. 66 (02/2008) von Yole Développement



Zusammenfassung

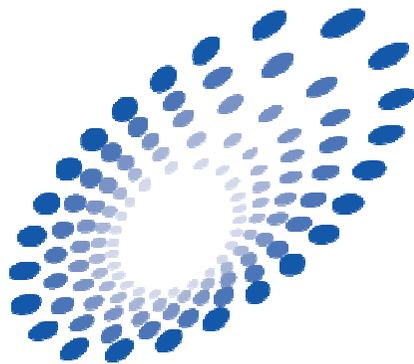
Automotive

- MEMS ist treibende Kraft für Sensorik im Auto
- Weiterentwicklung der MEMS-Technologie ermöglicht Verkleinerung der Bauelemente und damit neue Funktionen
- neue Segmente: Reifendrucksensor, CO₂-Sensor für Klimaanlage, ...

Consumer Elektronik

- MEMS ermöglicht Sensorik in Consumer-Elektronik
- Schlüsselfaktoren: Baugröße, Stromverbrauch, Preis
- Die Zukunft wird Vielzahl von neuen Anwendungen in diversen Bereichen aufzeigen



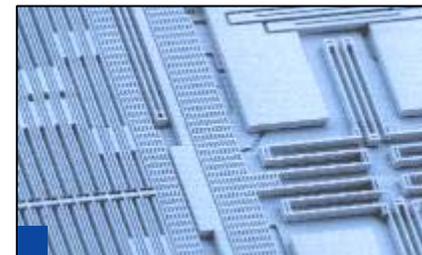


DEUTSCHER ZUKUNFTSPREIS
Preis des Bundespräsidenten
für Technik und Innovation

Smarte Sensoren für Konsumelektronik, Industrie und Medizin

Dr. Jiri Marek (Sprecher)
Dr. Michael Offenberg
Dr. Frank Melzer
Robert Bosch GmbH, Bosch Sensortec GmbH

Nominiert für den Deutschen Zukunftspreis 2008





BOSCH

Technik fürs Leben

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

