



**Universität Stuttgart**

Institut für Maschinenelemente

Professur für Schienenfahrzeugtechnik

# Chancen für die bahngerechte Nutzung von Technologien aus der Automobilbranche

# Das Ziel der EU: Revitalisierung ...

1998  
8,4 %

Das Gesamtgüterverkehrsaufkommen wächst:

1970 – 1998 jährlich im Schnitt ca. 2,4 %

Aber der Anteil der Schiene sinkt:

im selben Zeitraum von 21,1 % auf 8,4 %

2013  
26.000

Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zeigen Wirkung und die Anzahl der Straßenverkehrstoten sinkt:

von 1970 – 1998 um 44 % (bei Verdopplung des Verkehrsaufkommens),  
von 2001 – 2013 sogar nochmal um 52,8 %

2050  
50 %

Angestrebt ist eine Absenkung der Anzahl an Verkehrstoten und CO<sub>2</sub>-Ausstoß, darum:

2030 laufen 30% des Güterfernverkehrs auf Schiene und Schiff,  
2050 sogar 50%

**Ambitioniert ja!**  
**Aber auch SMART?**

## ... braucht wettbewerbsfähige Produktion ...

### Was die EU fordert

- Modernisierung der Infrastruktur
- Interoperabilität zwischen Netzen und Systemen
- Kostentransparenz
- Sicherheitsniveau erhalten

(seit den 1980er Jahren mit der Folge der Bahnreform)

### und die Branche will

- Konkurrenzfähige Angebote machen können
- Reduzierung der Kostentreiber (i.e. einmalige Investitionen in Fahrzeuge und Betriebsmittel, dauerhafte Kosten für Personal, Energie und Instandhaltung)
- Safety & Security

(insbesondere seit der Bahnreform)

... und vor allem Innovationen

**Ziel: Wettbewerbsfähigkeit** bei der Herstellung der Investitionsgüter und beim Betrieb des Transportsystems Bahn

**Voraussetzung: Positives Klima für Veränderungen** durch

- verfügbare neue Technologien, die eine verbesserte Leistung, fallende Kosten, neue Funktionen oder geringeres Gewicht / Platzbedarf versprechen
- neue Rechtsnormen, Kundenerwartungen oder Sicherheitsanforderungen

**Vorgehen: Einsatz neuer Technologien** als Lösungen in kostengünstigen Produkten

**DIE Chance für die  
Einführung neuer Technologien und  
branchenfremder Lösungen!**

# Von der Technologie zum Produkt

## Technologie

- Kenntnis prinzipieller Verfahren unter Ausnutzung bestimmter Materialeigenschaften oder physikalischer Gegebenheiten
- Wissenschaft von der Technik  $\neq$  Technik selbst
- Generische Entwicklung, noch kein nutzbares Produkt

## Produkt

- Umsetzung einer Technologie in eine Lösung bzw. Produkt
- Unterschiedliche Branchen können auf Basis derselben Technologie unterschiedliche Produkte hervorbringen

**Lässt die Erprobung in einer Anwendung auf die Betriebstauglichkeit in einer anderen Anwendung schließen?**

## Ein Beispiel: MEMS

- **MEMS** = **M**icro-**E**lectro-**M**echanical **S**ystems
- Typische **Anwendungsfelder**: Aktorik, Sensorik, Mikrofluidik
- Warum sind sie so **vielfältig nutzbar**?
  - Kleine Dimension, geringe Masse, geringer Material- und Energiebedarf
  - Hohe Zuverlässigkeit durch Integration vieler Funktionen in einen Baustein
  - Bessere Ausnutzung von Materialeigenschaften und dadurch höhere Standzeiten
  - Verringerung der Entsorgungsproblematik

# MEMS-Vorteil: Skalierung

„Eine Ameise kann  
das 100-fache  
ihres eigenen  
Körpergewichts  
tragen.“



10 mg



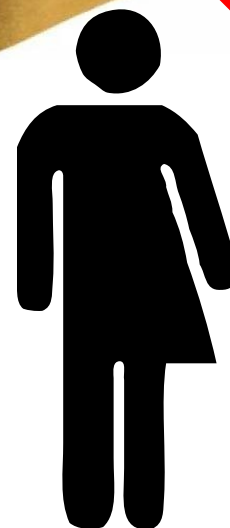
1 g



7,5 t



„Was müsste dann  
ein Mensch  
imstande sein zu  
tragen?“



75 kg

**Tatsächlich?**

# MEMS-Vorteil: Skalierung



• Körpergröße: 10 mm

Faktor 200

2,00 m

• Körpermasse: 10 mg

Faktor 200x200x200

80 kg

• Muskelkraft: F

Faktor 200x200

40 000 x F

• Transport von: 1 g

Faktor 200x200

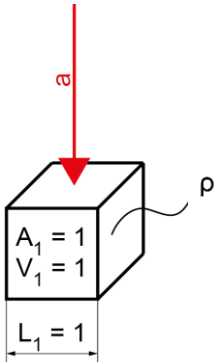
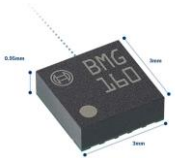
40 kg

• Trotz der geringen Kraft der Ameise ist sie „in ihrer Welt“ in der Lage, erhebliche Lasten zu transportieren.



# MEMS-Vorteil: Skalierung

3-achsiges  
Digital-Gyroskop  
3 x 3 x 1 mm



Volumenverhältnis:

$$V_1 = \frac{1}{1000} \cdot V_{10}$$

Kräfteverhältnis:

$$F_1 = \rho \cdot V_1 \cdot a = \rho \cdot \frac{1}{1000} \cdot V_{10} \cdot a = \frac{1}{1000} \cdot F_{10}$$

Flächenverhältnis:

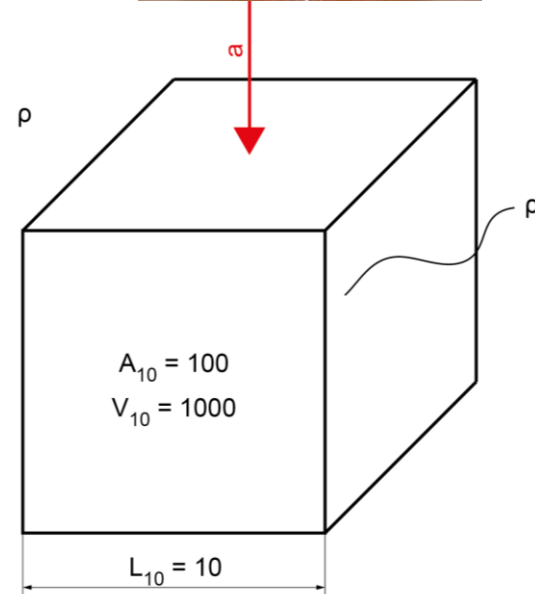
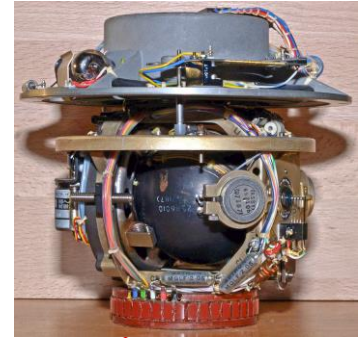
$$A_1 = \frac{1}{100} \cdot A_{10}$$

Verhältnis der mechanischen Beanspruchungen:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{\frac{1}{1000} \cdot F_{10}}{\frac{1}{100} \cdot A_{10}} = \frac{1}{10} \cdot \sigma_{10}$$

( $\rho$  und  $a$  werden als konstant angenommen)

Flugzeug-Gyroskop  
Sperry Phoenix Co.  
200 x 200 x 250 mm



# Was nützt diese Skalierung?

## Allgemein gilt

- In der Mikrowelt wirken überproportional kleinere Kräfte im Verhältnis zur Makrowelt – bei identischen Werkstoffkennwerten  
→ Geringere Materialbeanspruchung

## Praktischer Nutzen

- Langlebigkeit der Komponenten (v. a. Sensorik)
- Preiswerte Fertigung durch weniger Materialbedarf und große Stückzahlen
- Gesteigerter Funktionsumfang von Einzelkomponenten

# Konkreter Einsatz (branchenfremder) Technologien

## Anforderungen

- Spürbarer Mehrwert gegenüber der konventionellen Lösung
- Normierte Kommunikationsschnittstellen

## Das System Bahn als Teil einer Verkehrsträger-übergreifenden Beförderungskette für Reisende und Güter

## Beispiele

- Zustandsüberwachung der Fahrzeuge
- Überwachung des Fahrwegs und der Fahrzeugumgebung (Kollision)
- Zustandsüberwachung der Infrastruktur (fahrzeugseitig)

# Zustandsüberwachung der Fahrzeuge: Bosch AMRA Device

Asset Monitoring for Railway Applications

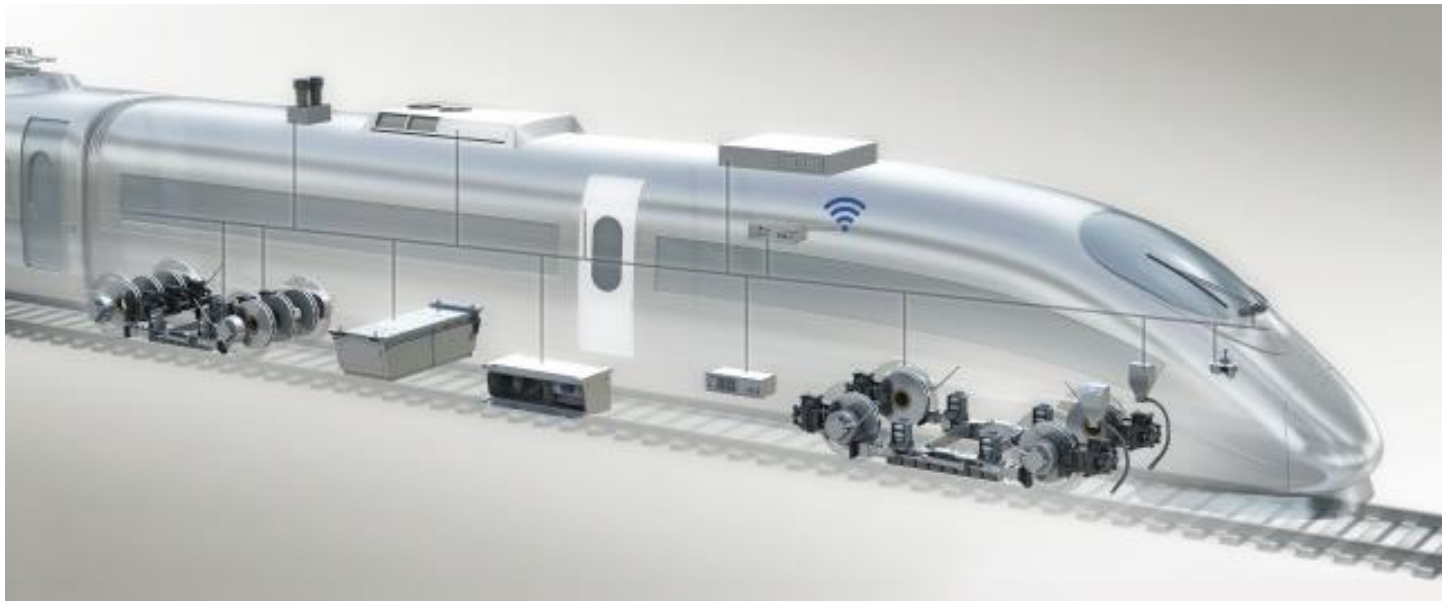


# Zustandsüberwachung der Fahrzeuge:

## Knorr iCOM

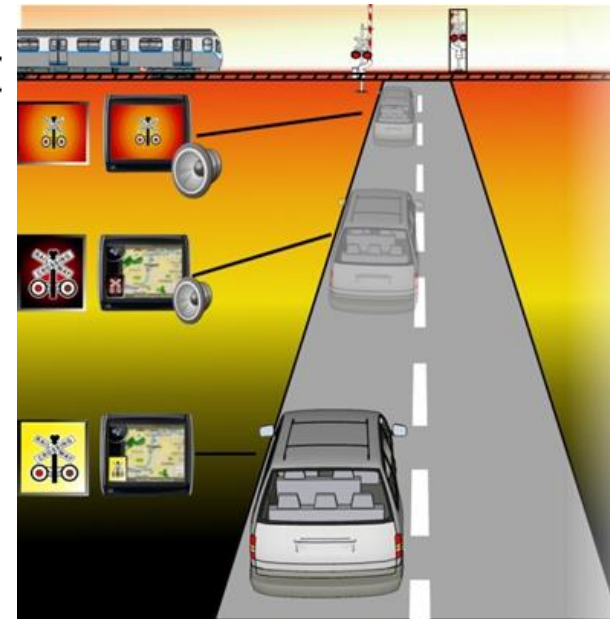
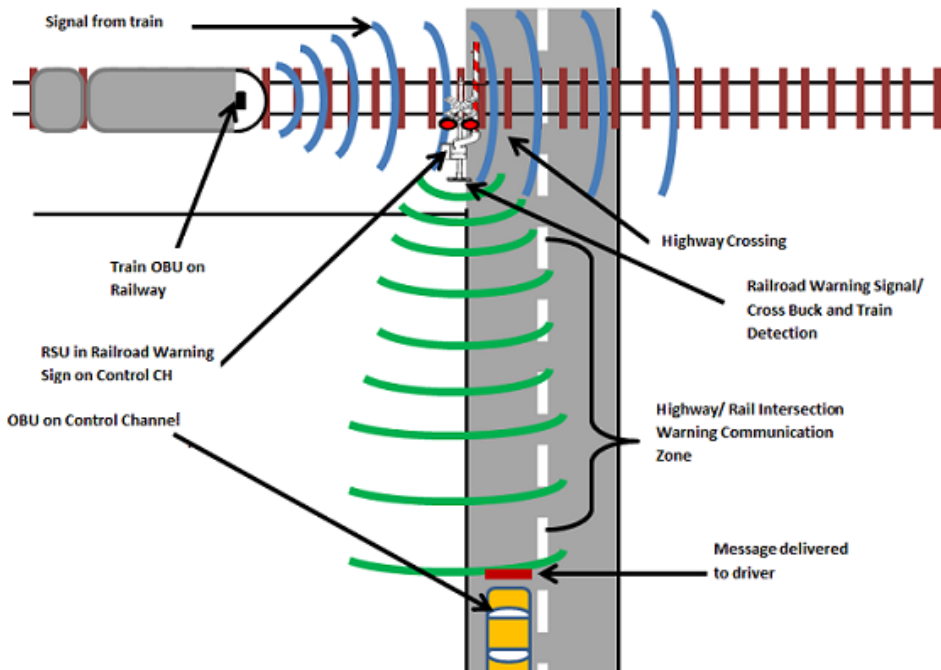
Überwachung und Analyse von Daten der Fahrzeug-Subsysteme

- Energie
- Kräfte
- Schwingungen
- Druck
- Temperaturen
- Zeitabstände
- Ladungsprofile
- Geschwindigkeiten
- ...



# Fahrweg- und Umgebungsüberwachung: Improving Safety at Level Crossings

Research Project at La Trobe University, Melbourne,  
using Dedicated Short Range Communication (DSRC)



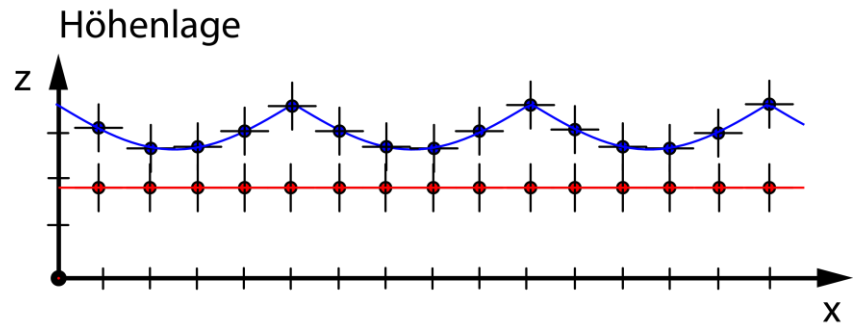
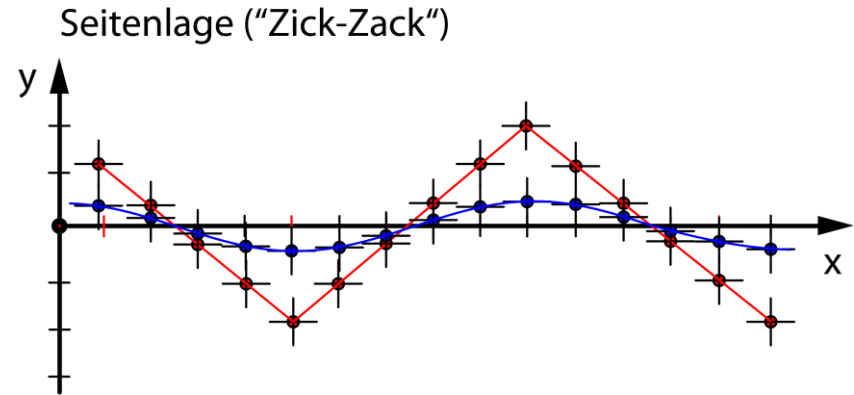
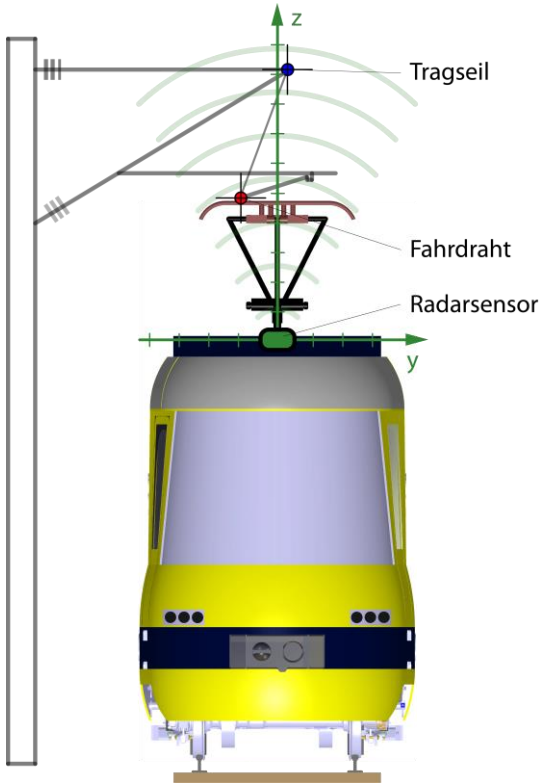


# Fahrweg- und Umgebungsüberwachung: Fahrerassistenz



# Zustandsüberwachung der Infrastruktur:

## Radargestützte Überwachung der Oberleitung im Betrieb





## Realistisch bleiben: Einsatz im Bahnumfeld

### Der Einsatz im Bahnbetrieb bleibt besonders:

- hohe mechanische Belastungen
- viele Schaltvorgänge
- lange Lebenszyklen der Investitionsgüter

### Wie können die Vorteile der Sensorik dennoch genutzt werden?

- Einbauorte wählen, die einfachen Austausch bei Obsoleszenz erlauben
- Dokumentation nachvollziehbar gestalten und Rückwirkungsfreiheit von Microcontroller-Technik, drahtloser Kommunikation und Vernetzung prüfen
- Empirische Nachweise der Bahntauglichkeit im Betriebseinsatz für die Zulassung nutzen

# Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit

## Kompensation der fehlenden räumlichen Flexibilität

- Einbindung von schienengebundenen Angeboten in ganzheitliche Transportketten
- Möglichkeiten durch Digitalisierung und Miniaturisierung

## Originelle Lösungen wieder neu denken

- Öffentlicher Verkehr mit kleinen, autonom agierenden Transportgefäßen zu Tagesrand- und Nachtzeiten (Überwachung durch eine Leitzentrale)
- Güterverkehr auf Stadtbahngleisen



Universität Stuttgart

# Thomas Kirschbaum, Timo Strobel und Corinna Salander sagen Ihnen Danke fürs Zuhören!

Die Uni Stuttgart dankt der Bosch Engineering GmbH  
für die freundliche Unterstützung mit Ansichtsgeräten!



**Kontakt: Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander**

E-Mail [corinna.salander@ima.uni-stuttgart.de](mailto:corinna.salander@ima.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685-666 63

Fax +49 (0) 711 685-660 99

Universität Stuttgart

Professur für Schienenfahrzeugtechnik

am Institut für Maschinenelemente

Pfaffenwaldring 9

70569 Stuttgart

# Bildnachweis

- Folie 1: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=7252>
- Folie 7 (Ameise): [http://www.bachlertal.de/bachler\\_schpotz/egon/ameisenhaufen.htm](http://www.bachlertal.de/bachler_schpotz/egon/ameisenhaufen.htm)
- Folie 7 (Paket): <http://fishki.net/1569192-pochta-rossii-neskolko-hitrostej-o-kotoryh-vy-vozmozhno-ne-znali.html>
- Folie 7 (Mensch): <http://www.terre-des-femmes.ch/de/blog>
- Folie 8: s. Folie 7
- Folie 9 links: [https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all\\_products/bmg160](https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmg160)
- Folie 9 rechts: [https://de.wikipedia.org/wiki/Kreiselinstrument#/media/File:Gyroscope\\_hg.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Kreiselinstrument#/media/File:Gyroscope_hg.jpg)
- Folie 12: © Bosch Engineering GmbH
- Folie 13: © Knorr Bremse AG
- Folie 14: <http://www.latrobe.edu.au/technology-infusion/innovation/transport/improving-safety-at-level-crossings> (beide)
- Folie 15: © Bosch Engineering GmbH
- Folie 16: © Timo Strobel