



# Drahtlos in die Industrie 4.0

Mike Ludwig

[mike.ludwig@dresden-elektronik.de](mailto:mike.ludwig@dresden-elektronik.de)

[www.dresden-elektronik.de](http://www.dresden-elektronik.de)

- Aktueller Einsatz von Drahtlossystemen
- Drahtlose Industrie 4.0
- Deutschland und die Welt?
- Drahtlose Echtzeitfähig
  - Algorithmisch
  - Physikalisch

**Gründung** Oktober 1990

**Firmenprofil** Elektronikentwicklung, Elektronik- & Gerätefertigung

**Firmenstandort** Dresden



# Aktueller Einsatz von Drahtlossystemen

## Drahtlostechnologien in der Industrieautomatisierung:

		WLAN	IWLAN [2]	Wireless HART	ISA100. 11a	Bluetooth	WISA [3]
<b>Frequenzbänder</b>		2.4 GHz, 5 GHz, 60 GHz	2.4 GHz, 5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
<b>min. Zykluszeit</b>	Luftschnittstelle (theoret.)	n.a.	n.a.	20 ms	20ms	1.5 ms	2 ms
	Regelung [1]	n.a.	6ms	n.a.	n.a.	5-15ms	15 ms
<b>max. Teilnehmeranzahl</b>		n.a.	n.a.	bis 250	bis 250	7	120
<b>max. Datenrate je Teilnehmer</b>		mehrere Mbps	mehrere Mbps	einige kbps	einige kbps	einige Hundert kbps	einige zig kbps

[1] Angegebenen Zykluszeiten gelten für eine beispielhafte Regelung mit einer Steuerung, einem Sensor und einem Aktor.

[2] Proprietäres WLAN Derivat von Siemens.

[3] Ist ein proprietäres Bluetooth-Derivat der Firma ABB.

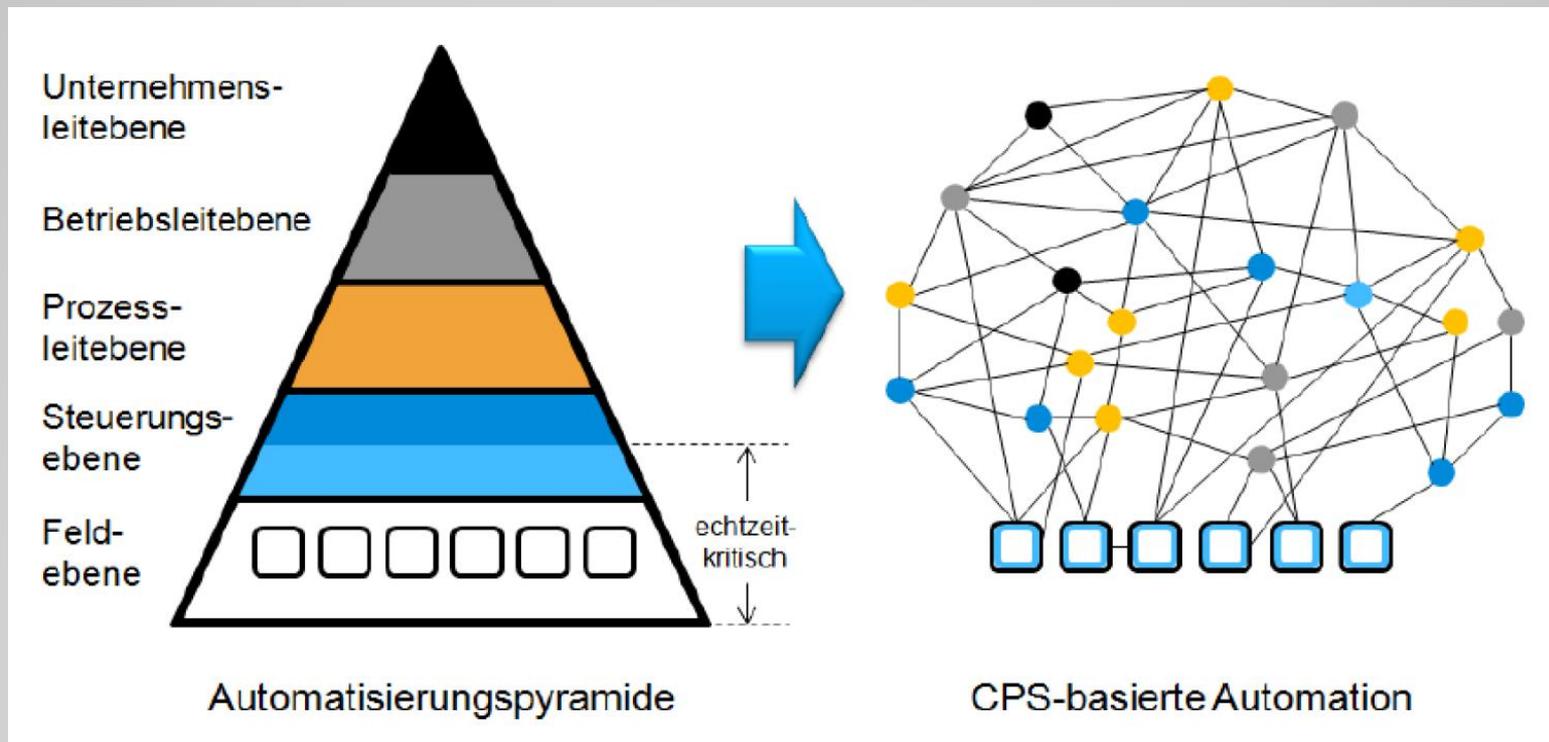
## Klassifizierung der Anwendung (ISA 100.11a usage classes):

<i>Category</i>	<i>Class</i>	<i>Application</i>	<i>Description</i>	
<i>Safety</i>	0	Emergency action	(always critical)	<p>Importance of message timeliness increases</p>
<i>Control</i>	1	Closed loop regulatory control	(often critical)	
	2	Closed loop supervisory control	(usually non-critical)	
	3	Open loop control	(human in the loop)	
<i>Monitoring</i>	4	Alerting	Short-term operational consequence (e.g., event-based maintenance)	
	5	Logging and downloading/uploading	No immediate operational consequence (e.g., history collection, sequence-of-events, preventive maintenance)	



# Drahtlose Industrie 4.0

Realisierung der Industrie 4.0 erfordert einen Paradigmenwechsel

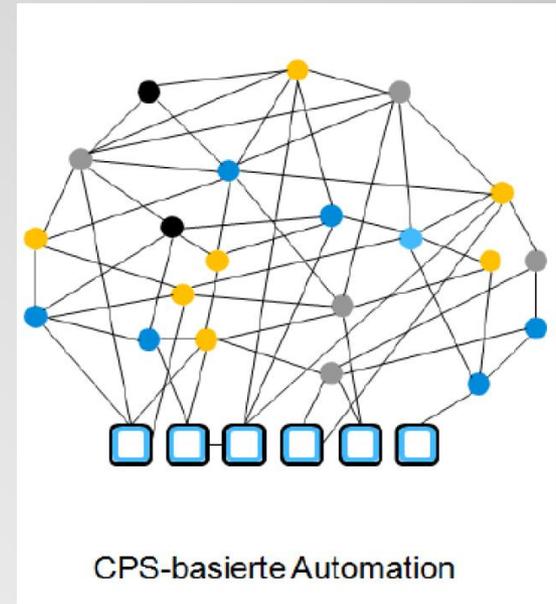


- **Freigabe von Feldbusgeräten für externen Zugriff**

(z.B. Sensoren: Maschine von Hersteller A verwendet die Klimasensoren von Maschine B – oder greift auf die Klimasensoren der Klimaanlage/Hausautomation zurück)

z.B. Aktoren: alle Antriebe werden stationsweise zu einem „Notausüberwacher“ verbunden, welcher die entsprechende Station überwacht)

„Die Maschine selbst ist rudimentär funktionierende Hardware.  
Erst mit der Integration in die Kommunikationsinfrastruktur am Aufstellort und der dort installierten Steuersoftware, kann die Maschine die vorgesehene Aufgabe erfüllen.“



## Meilensteine für die Forschung zur Mikroelektronik:

### Methodik

- 11.1 Systemintegration
- 11.2 Robustheit und Alterungsresistenz
- 11.3 Energy Harvesting mit höchstmöglicher Ausbeute
- 11.4 Embedded Systems on Chip, spezielle echtzeitfähige Mikrocontroller und Hightech-Speicher

### Lösungen

- 11.5 Mikro-Elektro-Mechanische Systeme (MEMS) inkl. Sensoren und Aktoren
- 11.6 Embedded IT-Security
- 11.7 Leistungselektronik für effizient arbeitende Aktuator-Systeme
- 11.8 Funkkommunikation (low power, low latency)

### Voraussetzungen

- 5.1 Erstes aufeinander abgestimmtes Methodenset; erste aufeinander abgestimmte Werkzeugkette
- 10.5 Evolutionäre Weiterentwicklung der Funkstandards, Nahfeldtechnologien und adaptiver Antennensysteme





# Deutschland und die Welt?

- **Deutschland** -> Industrie 4.0 / Referenzarchitekturmodell
- **Europa** -> Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI)
- **USA** -> Industrial Internet Consortium (IIC) / Referenzarchitekturmodell

## **Dr. Soley, was halten Sie ... in den USA vom deutschen Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0?**

Ich denke, dass es notwendig, aber unzulänglich ist. Ich sage das über Referenzarchitektur-Modelle im Allgemeinen. Das schließt auch die IIC-Referenz-Architektur mit ein, die wir veröffentlichen werden. Eine Referenz-Architektur ist praktisch, weil sie es erlaubt, darüber nachzudenken, wie die einzelnen Elemente zusammenpassen. Man kann eruiieren, welche Standards man benötigt, um eine Testumgebung aufzubauen oder ein wirkliches Produkt. Referenzarchitekturen sind unzulänglich, aber sie geben einem Vergleichbarkeit.



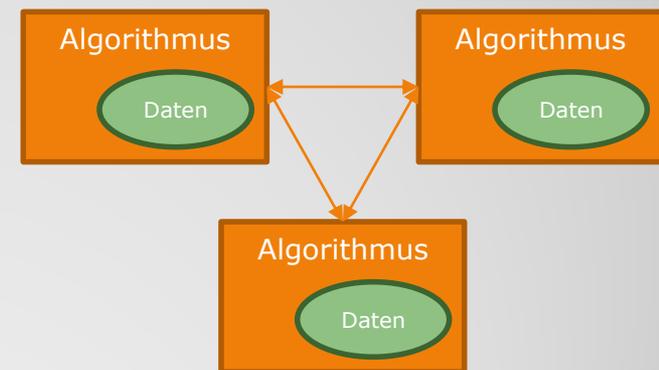
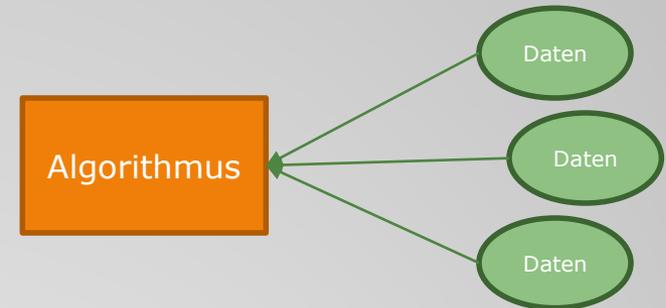
Dr. Richard Mark Soley, Chef des Industrial Internet Consortium

<http://www.produktion.de/aktuell/top-story/iic-chef-soley-rami-4-0-ist-unzulaenglich/>

# Drahtlose Echtzeitfähigkeit

- Algorithmisch
- Physikalisch

- Damit eine Regelung funktioniert muss der eingesetzte Algorithmus konvergieren (d.h. bei Änderungen in absehbarer Zeit ein stabiles Ergebnis erzeugen)
- Viele Algorithmen „versagen“ wenn die gemessenen Eingangsgrößen zeitlich versetzt (zu spät) eintreffen oder ganz fehlen
- Daraus resultieren die Forderung nach:
  - hohe Zuverlässigkeit und
  - Echtzeitfähigkeitin der Kommunikation
- **Algorithmen können auch anders**
  - Zerlegung in Teilprobleme
  - Kommunikation nur wenn algorithmisch notwendig
- Daraus resultieren:
  - geringes Datenaufkommen
  - Dynamische Kommunikationslast



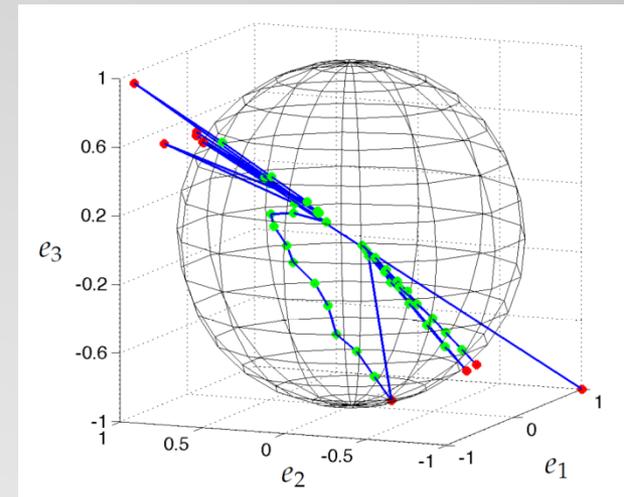
# Drahtlose Echtzeitfähigkeit - algorithmisch



- Test mit dem Max-Planck-Institut in Magdeburg (Prof. Naim Bajcinca)
  - „Drive-by-Wireless“ für Einzelradaktorik
  - Lenkung, Beschleunigung, Bremsen für jedes Rad einzeln gesteuert
  - Ausführung von Fahrmanövern
- Mit jeder Berechnung (ohne Synchronisation) verlässt der Algorithmus das Zentrum der Kugel
- Die Kugel definiert die maximal zulässige Abweichung
- Beim Verlassen der Kugel muss Synchronisiert (Kommuniziert werden)

## UND

- Ein Verlassen der Kugel kann vorhergesagt werden
- Adaptive Steuerung isochroner Kommunikation

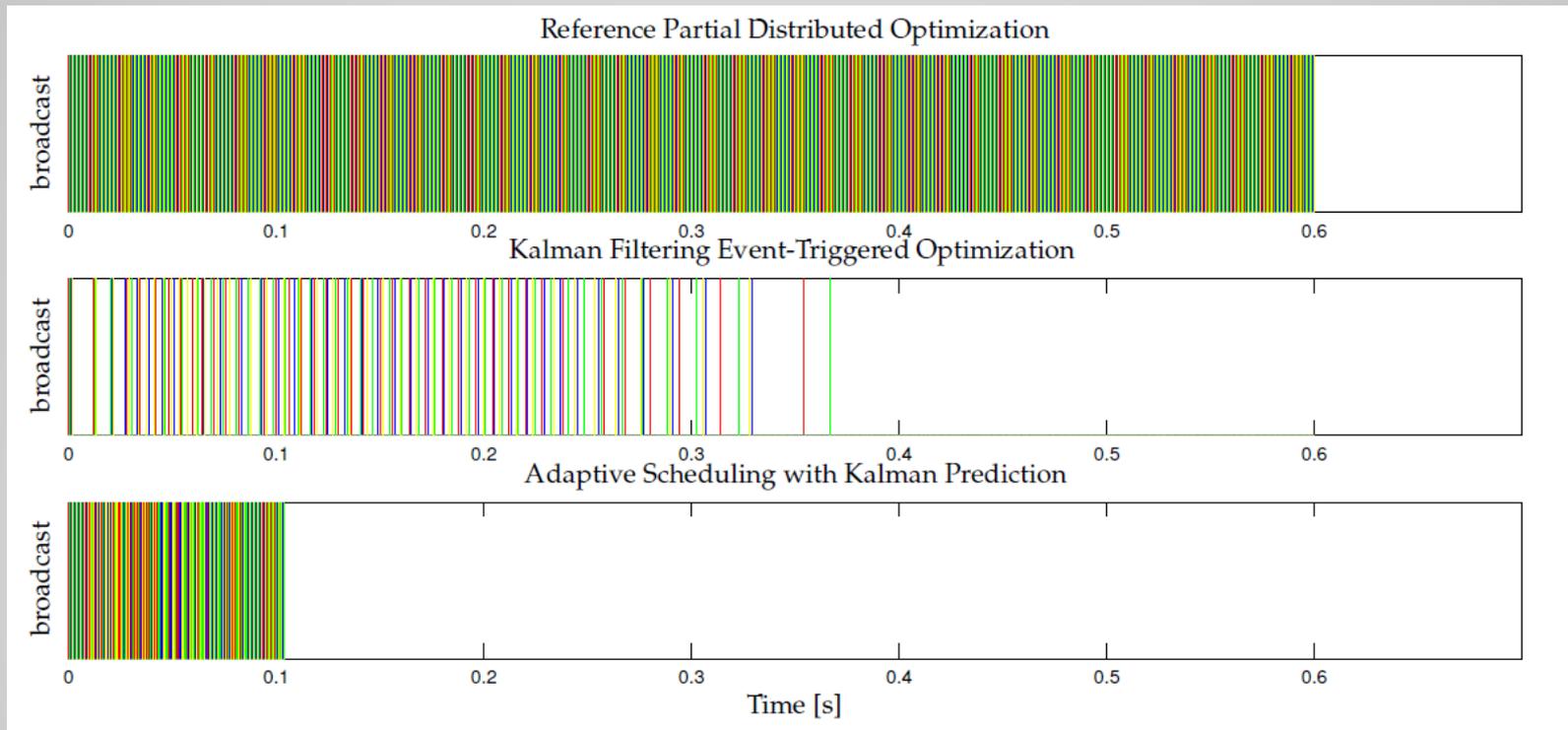


Grün: Berechnungsschritte ohne Kommunikation  
Rot: Berechnungsschritte mit Kommunikation

# Drahtlose Echtzeitfähigkeit - algorithmisch



- Reduktion der Kommunikationslast auf unter 20%
- Fast identisches Verhalten bei den Fahrmanövern





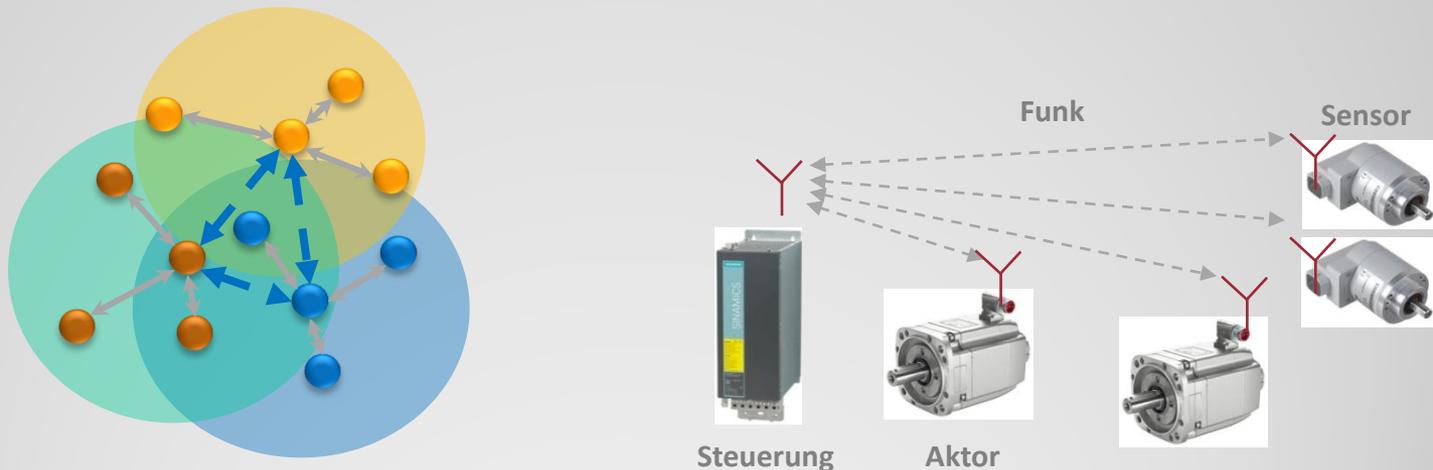
- **Bisher keine Möglichkeit bekannt**
- Funkübertragung kann physikalisch immer gestört werden (auch über größere Entfernungen)
- Es existieren unterschiedliche Störungen:
  - Seltene, kurze Störungen -> Datenverlust aber tolerierbar
  - Häufige, kurze Störungen -> nicht tolerierbar, Reaktion vom Management erforderlich
  - Seltene, lange Störungen -> nicht tolerierbar, Reaktion vom Management erforderlich
  - Häufige, lange Störungen -> nicht tolerierbar, Reaktion vom Management erforderlich
  - Dauerhafte Störungen -> nicht tolerierbar, Reaktion vom Management erforderlich
- Störungen sind erkennbar
  - Kurze Störungen -> Ermitteln der Datenausfälle
  - Lange/Dauerhafte Störungen -> Bewertung des Funkkanals

„Dynamische Veränderungen im Funkkanal erfordern auch eine dynamische Reaktion des Managements. Mit angemessener Dynamik!“

# Drahtlose Echtzeitfähigkeit - physikalisch



- Projekt **fastAutomation** mit zwei Aspekten
  - Echtzeitfähiges PHY/MAC Design
  - Integriertes Funk-Monitoring und automatisches dynamisches Management
- Isochrone Zykluszeit deutlich  $< 1\text{ms}$
- Koexistenz-Management und kooperative Selbstorganisation
- Ad-hoc Kommunikation mit benachbarten, artgleichen Funknetzen
- Einsatz in 3 unterschiedlichen Szenarien (Robotik, Lasertechnik, Sondermaschinen)





# Fragen?

Mike Ludwig  
[mike.ludwig@dresden-elektronik.de](mailto:mike.ludwig@dresden-elektronik.de)  
[www.dresden-elektronik.de](http://www.dresden-elektronik.de)