



innovations  
for high  
performance  
microelectronics

# Sensornetze im medizinischen Umfeld

**Prof. Dr.-Ing Rolf Kraemer**

**IHP Frankfurt/Oder**

**Lehrstuhl für System BTU-Cottbus**

**CTO Lesswire AG**

**IHP**

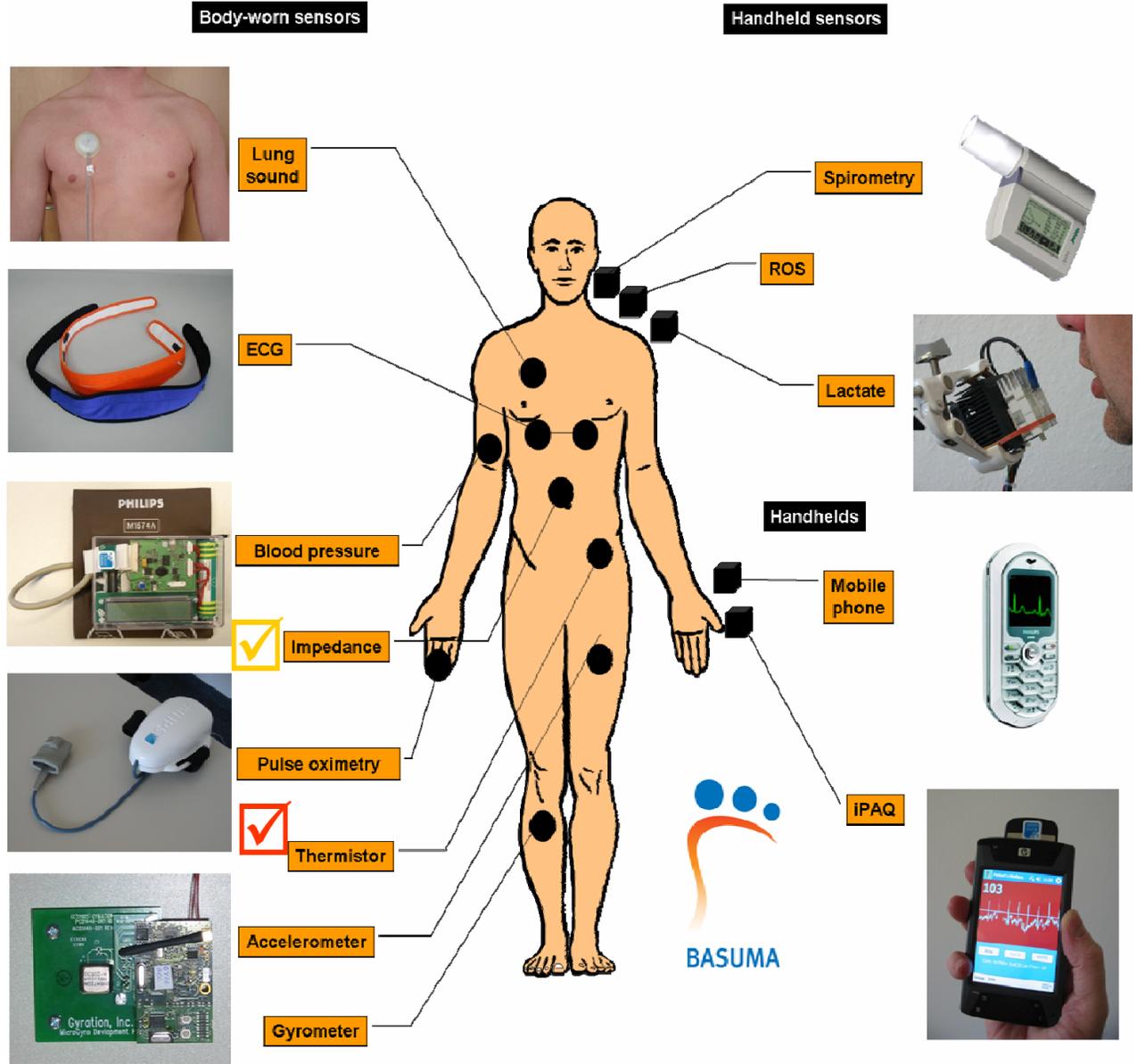
**Im Technologiepark 25**

**15236 Frankfurt (Oder)**

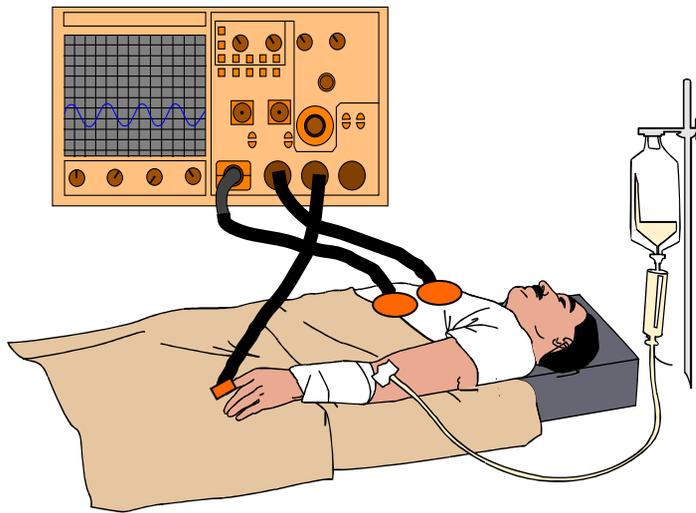
**Germany**

- **Anwendungen für Body-Area Networks im medizinischen Umfeld**
- **Architekturen von Sensornetzen**
  - **Zentrale oder dezentrale Systemkontrolle**
- **Sensorknoten als Wireless Engine**
  - **Knotenaufbau**
  - **Hardware- und Softwaresicht auf ein dezentrales Sensornetz**
  - **Middlewararchitektur**
  - **Single-Chip Knotenarchitektur**
  - **Sicherheit als Kernelement**
- **Kommunikationsansätze**
  - **Standards in Diskussion**
  - **ZigBee und UWB**
    - **Eine UWB Architektur**
- **Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

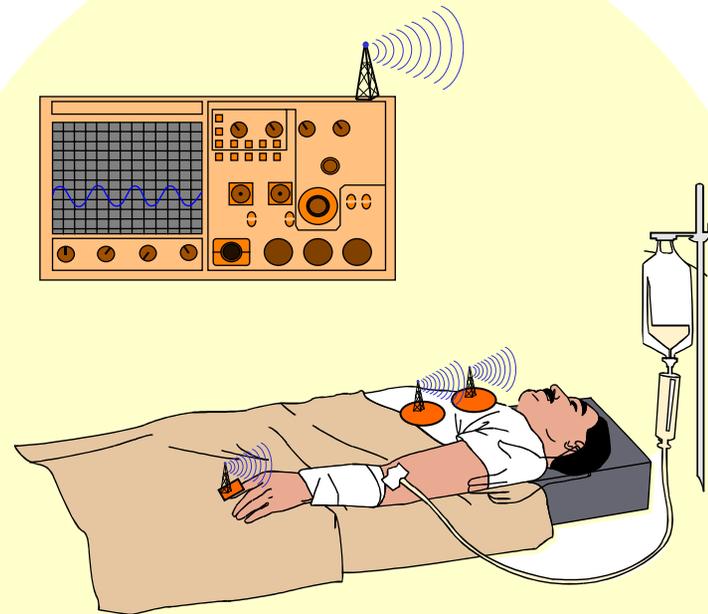
# Body Area Network im medizi'nischen Bereich



**Heute: verkabelt**

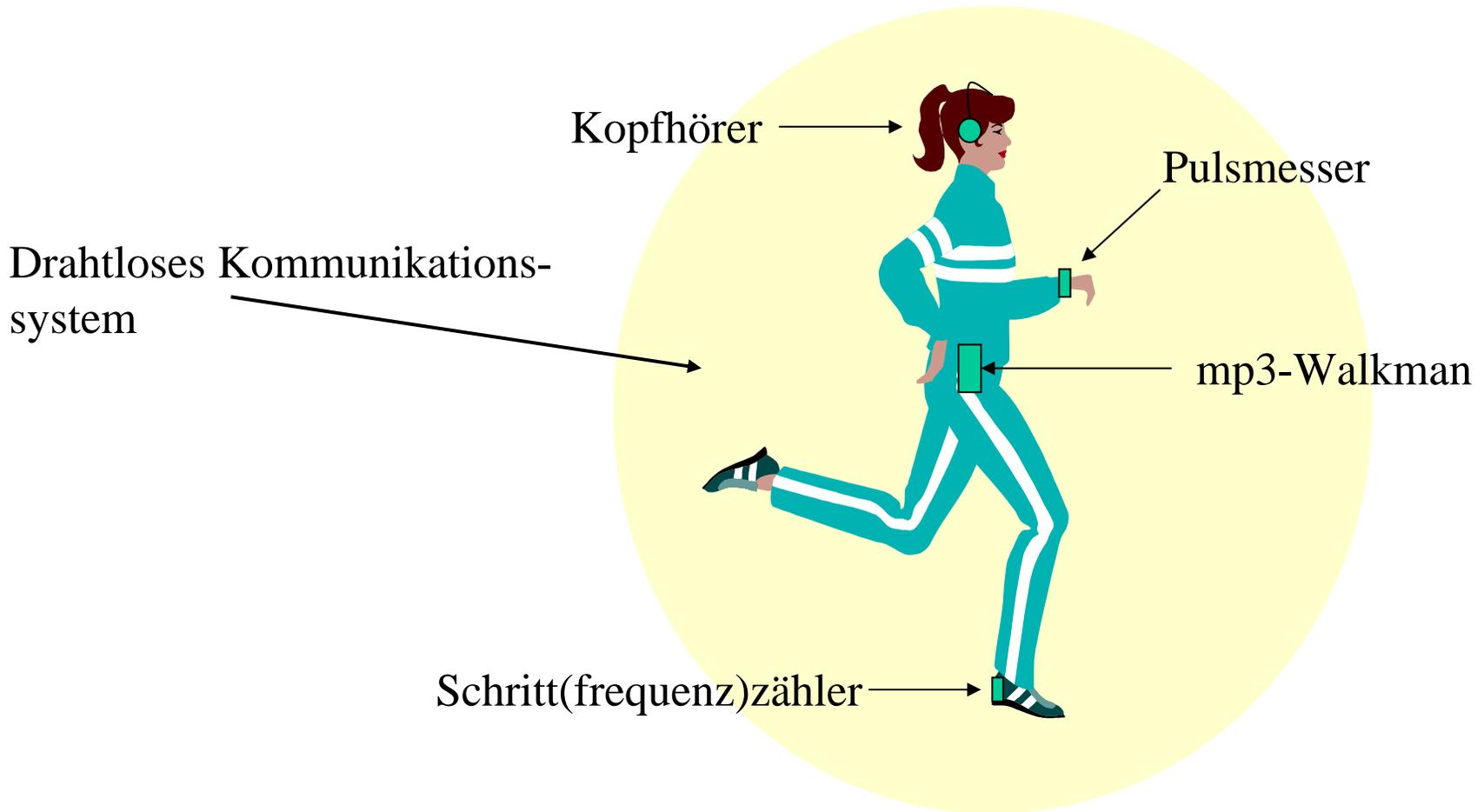


**Morgen: drahtlos**

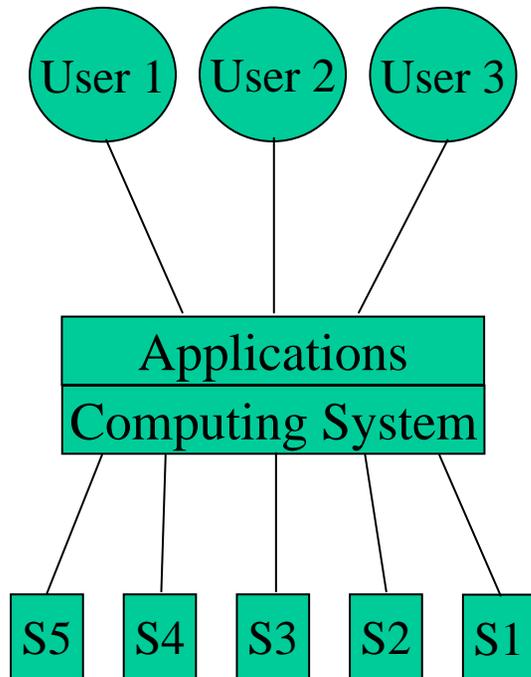


Minimale Strahlenbelastung durch  
“Low Emission Technology” →

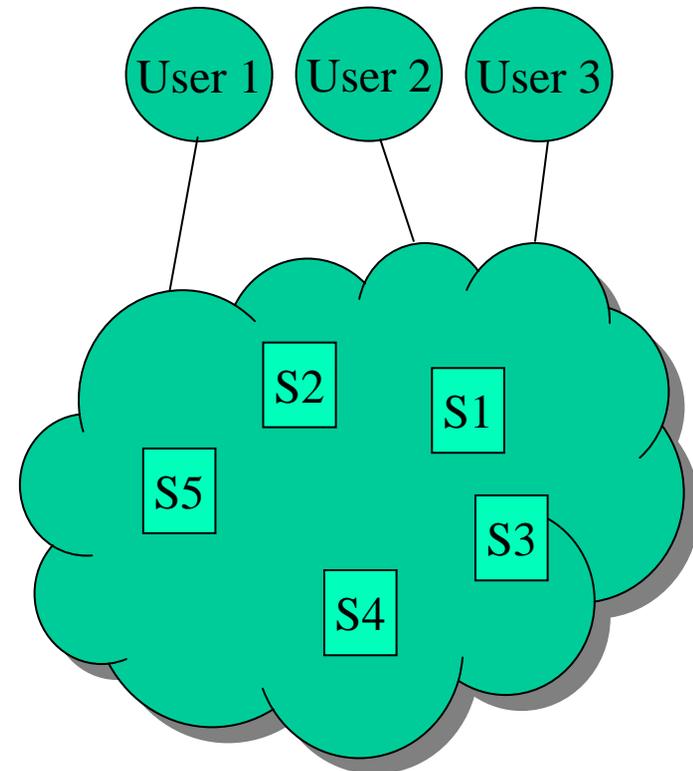
# Eine einfache Anwendung: Persönlicher Trainer



## Traditional Sensor System



## WSN System



## Charakteristik:

Alle Komponenten arbeiten nur mit einer zentralen Steuerung

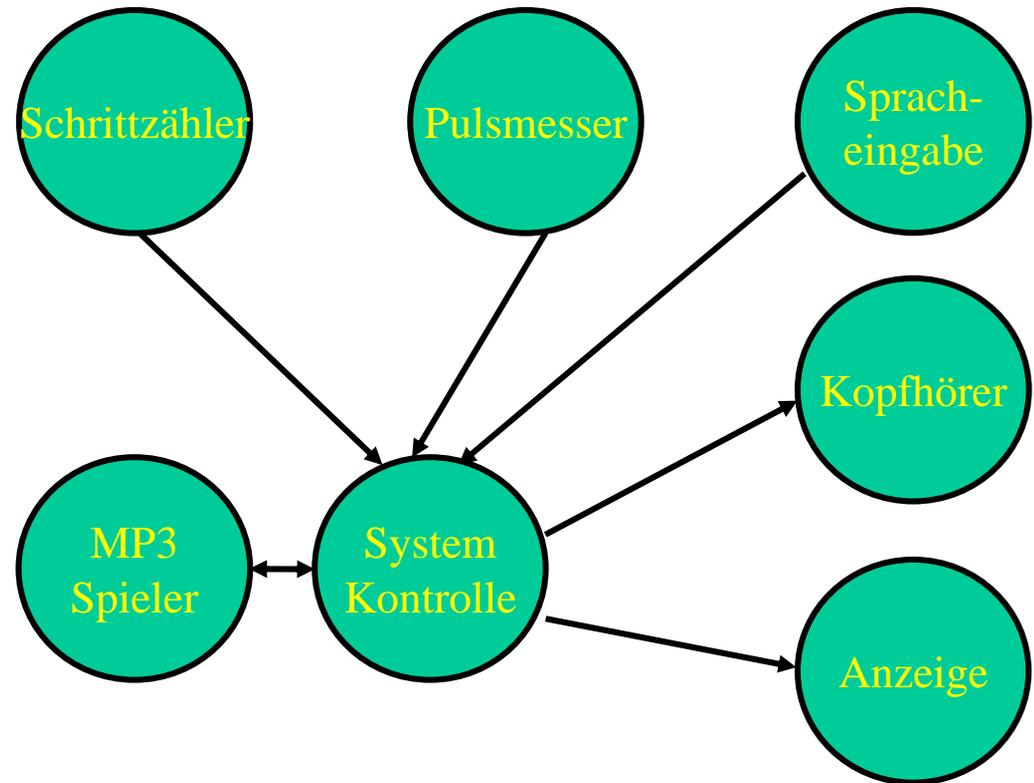
Die Komponenten benötigen keine eigene Intelligenz

## Vorteile:

Einfache Struktur  
potentielle Kostenvorteile

## Nachteile:

Schlechte Erweiterbarkeit  
Keine direkte Kommunikation zwischen den Modulen



## Charakteristik:

Jede Komponente ist selbstverantwortlich

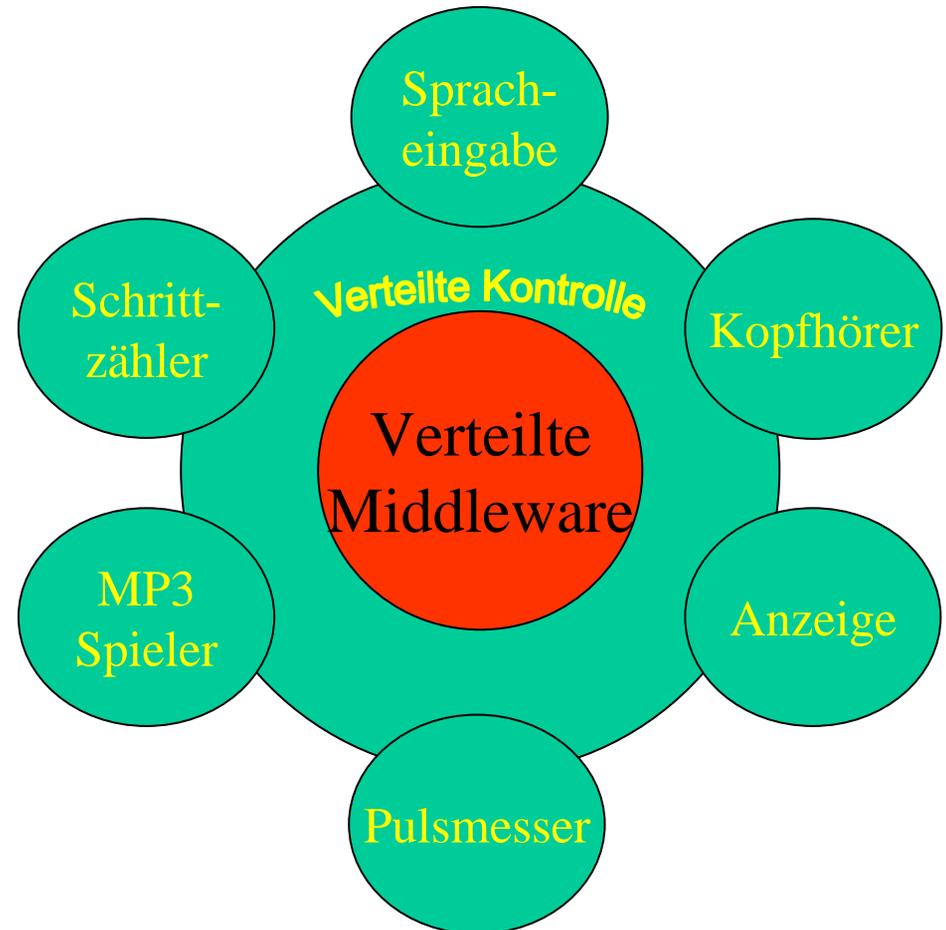
Kommunikation tritt als Folge von Funktionsaufrufen anderer Komponenten auf

## Vorteile:

Einfache modulare Skalierbarkeit  
Identische Kommunikationsstruktur  
Lokale Intelligenz

## Nachteile:

Potentiell höhere Kosten



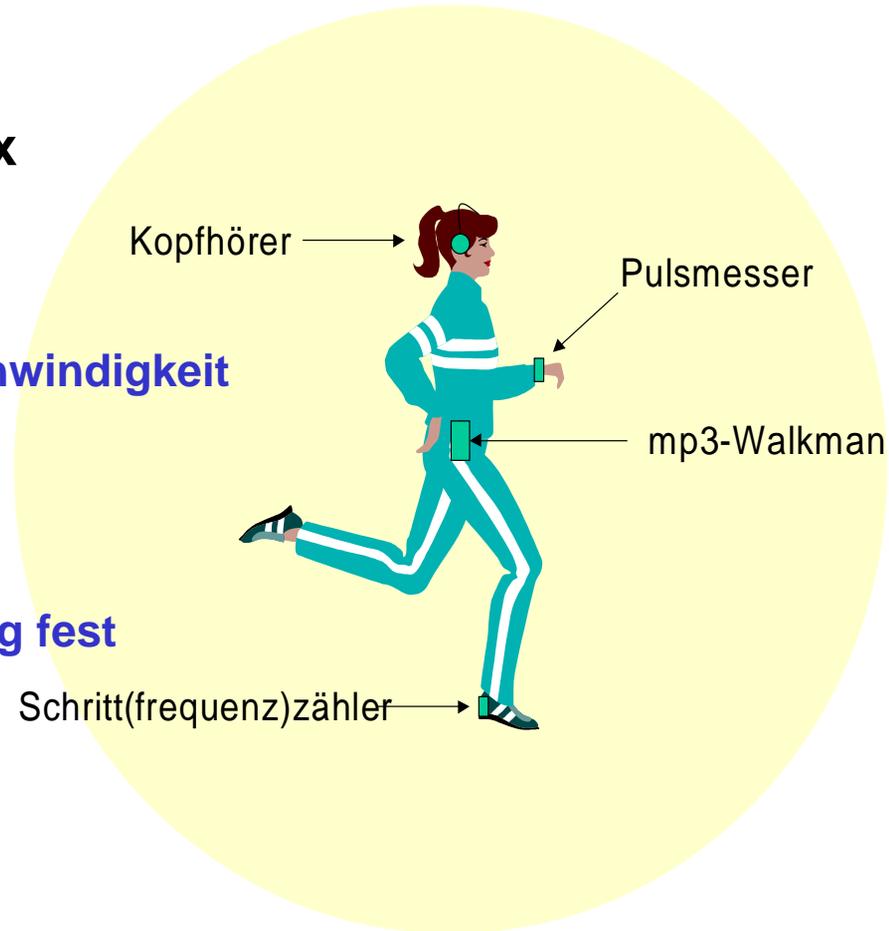
**Voreingestelltes Ziel: 10 km in Zeit x**

## Szenario 1:

**Schrittzähler meldet zu geringe Geschwindigkeit  
→ Zeit wird nicht geschafft**

## Szenario 2:

**Pulsmesser stellt zu hohen Herzschlag fest  
→ Langsamer machen, sonst K.O.**

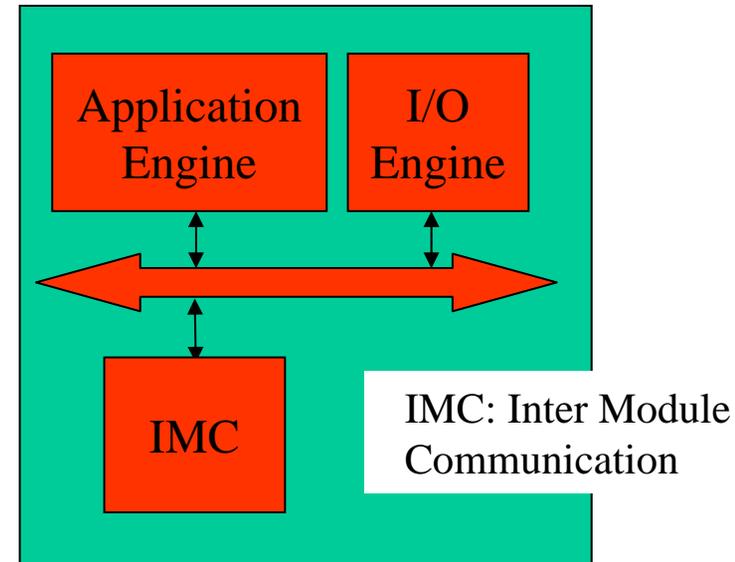


- **Jedes Modul realisiert eine “Wireless Engine” bestehend aus:**

**Application Engine,  
I/O Engine,  
Communication engine**

- **Das Modul besteht aus einem “System on Chip” mit folgenden Eigenschaften:**

**Ultra low power consumption,  
sämtliche Sparmodi werden genutzt  
IMC nur aktiv beim Senden und Empfangen  
vertikale Optimierung durch Management Plane  
Small package size,  
Single-Chip-Ansatz**





- Die “Application Engine” realisiert die Intelligenz jeder einzelnen Komponente.
- Sie wird (voraussichtlich) als integrierte “KVM” aufgebaut und unterstützt RMI als RPC-Protokoll.
- Das Interface zur “Inter Modul Communication” wird in die “Java Engine” integriert.
- Zur Sicherung der Übertragung kann optional eine Encryption-Einheit in die JVM integriert werden.

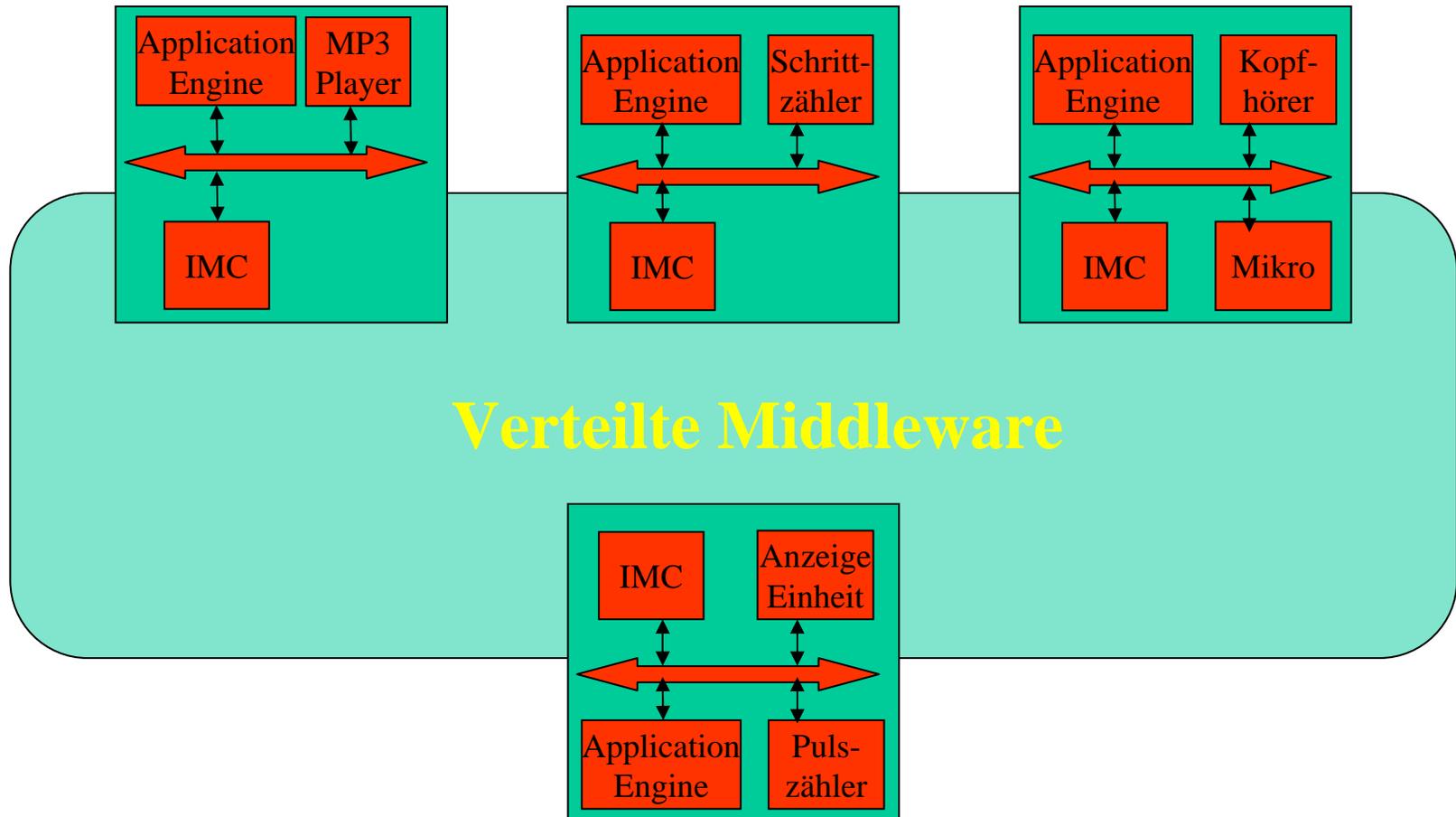


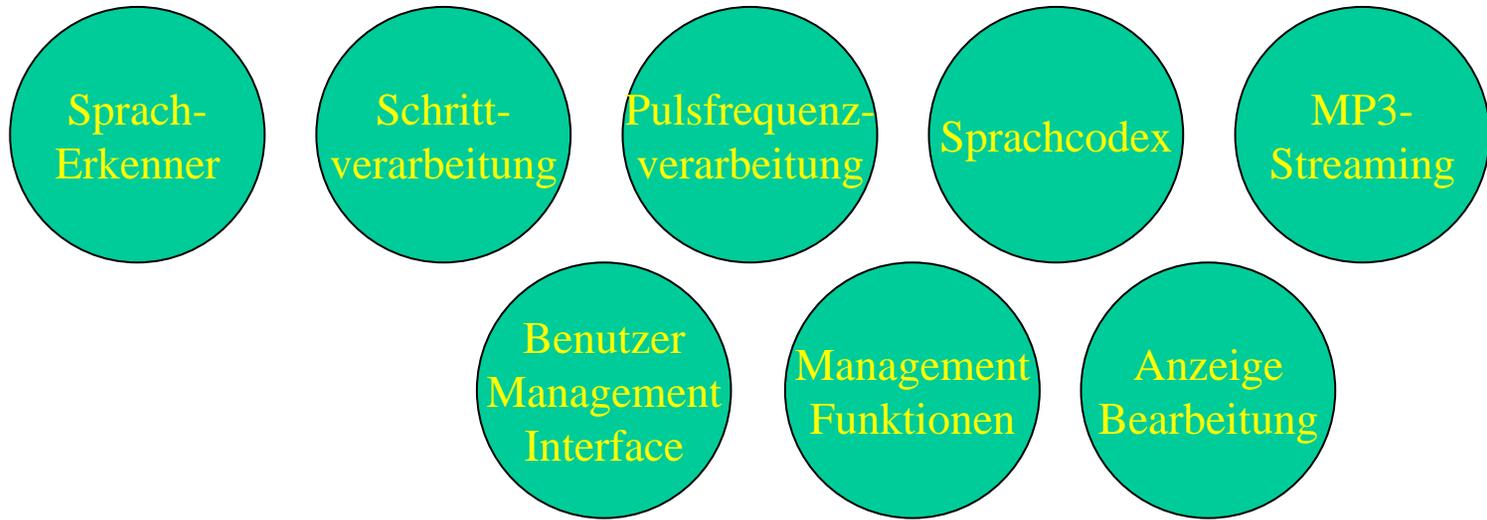
- **Realisiert die Kommunikation mit externen Komponenten, wie beispielsweise Sensoren, Lautsprechern, Mikrofonen, Tastaturen oder anderen Kommunikationssystemen wie Bluetooth, WLAN oder GSM/UMTS.**
- **Alle speziellen Hardware-/Softwaremodule für die spezifische Applikationskomponente (z. B. Sensor, MP3-Player etc.) werden in der I/O Engine realisiert.**



- Die “Communication Engine” realisiert die interne Kommunikation zwischen den Applikationskomponenten (IMC Inter Module Communication).
- Folgende Hardware/Software-Module werden realisiert:
  - das HF-Frontend zur drahtlosen Kommunikation
  - den Baseband-Prozessor, der für die Kanalkodierung, Modulation und Vielfachzugriff verantwortlich ist
  - Den Protokoll-Prozessor, der den logischen Zugriff auf das Medium koordiniert und die Transporteinheiten sichert
  - Das Socket Layer Interface zur Einbindung in die JVM der Application Engine

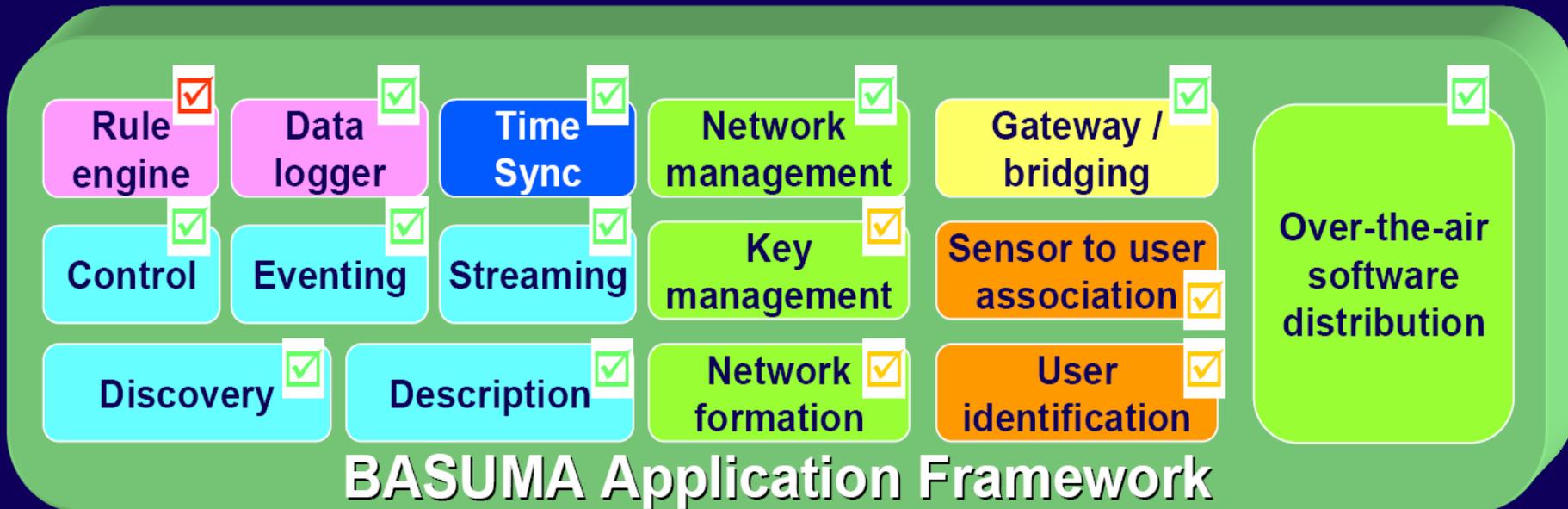
- **Die verteilte Middleware managt das gesamte System. Im Einzelnen werden folgende Funktionen erbracht:**
  - Objekterzeugung und Löschen**
  - Interobjektkommunikation (Invocation Handling)**
  - Konfigurationsmanagement**
  - Fehlermanagement**
  - Performance Management**
  - Sicherheitsmanagement**
  - Konsistenzmanagement**
- **Die Komponenten der Middleware laufen auf der Application Engine ab und bilden mit Hilfe des IMC die verteilte Infrastruktur.**





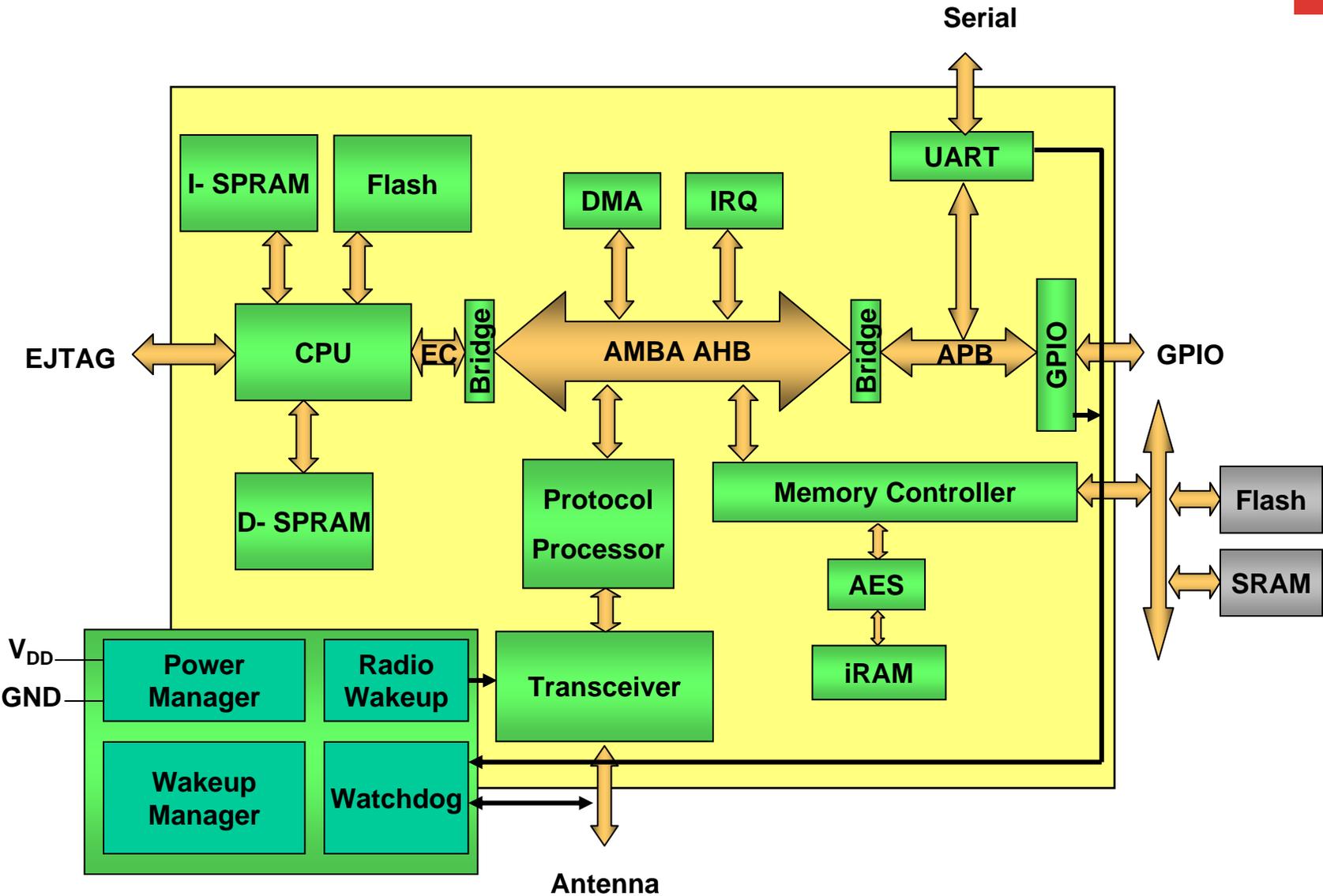
**Verteilte Middleware**

## Applications



## Wireless communication protocols

# Hochintegrierter Sensorknoten



- **Duty Cycle**

In vielen Sensoranwendungen ist die Veränderung der Information über der Zeit langsam. In diesen Zeiten kann ein Großteil des Systems ausgeschaltet werden

- **Watch-Dogs**

Durch intelligente Überwachung der Interfaces auf relevante Änderung der Signale kann der Sensorknoten häufig in den Schlafzustand versetzt werden

- **Radio Wake-Up**

Cognitive Überwachung des Radiospektrums erlaubt es den Transceiver lange im Schlafzustand zu halten und nur bei Bedarf zu aktivieren

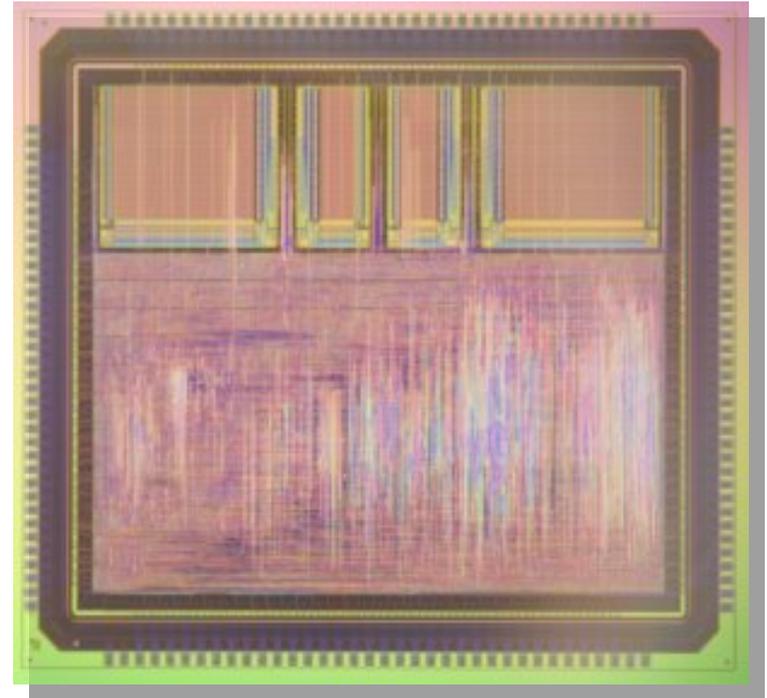
- **Datenreduktion**

Da der größte Teil der Energie durch die Kommunikation verbraucht wird kann durch Informationsverdichtung die Anzahl der Kommunikationsvorgänge reduziert werden

# Chip Photo of prototype Sensor Node based on Leon\_2

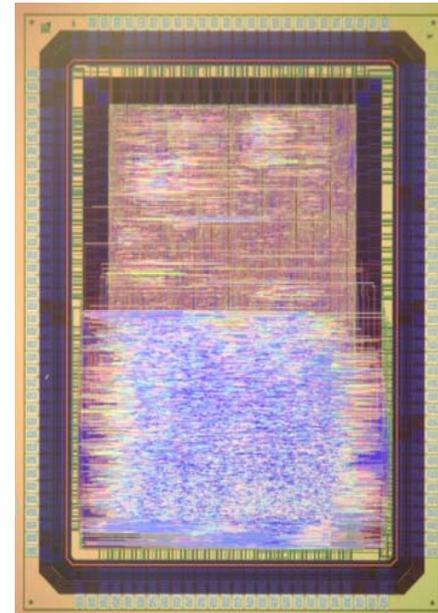


Area: 27 mm<sup>2</sup>  
Transistors: ~ 1,523,000  
Memory: 20 kByte (2 x 8 kByte Cache)  
Speed: 67 MHz @ 2.5V (83 MHz @ 3.1V)  
Power: 8.9 mW/MHz @ 2.5 V  
Package: LQFP-176 / 144 pins used

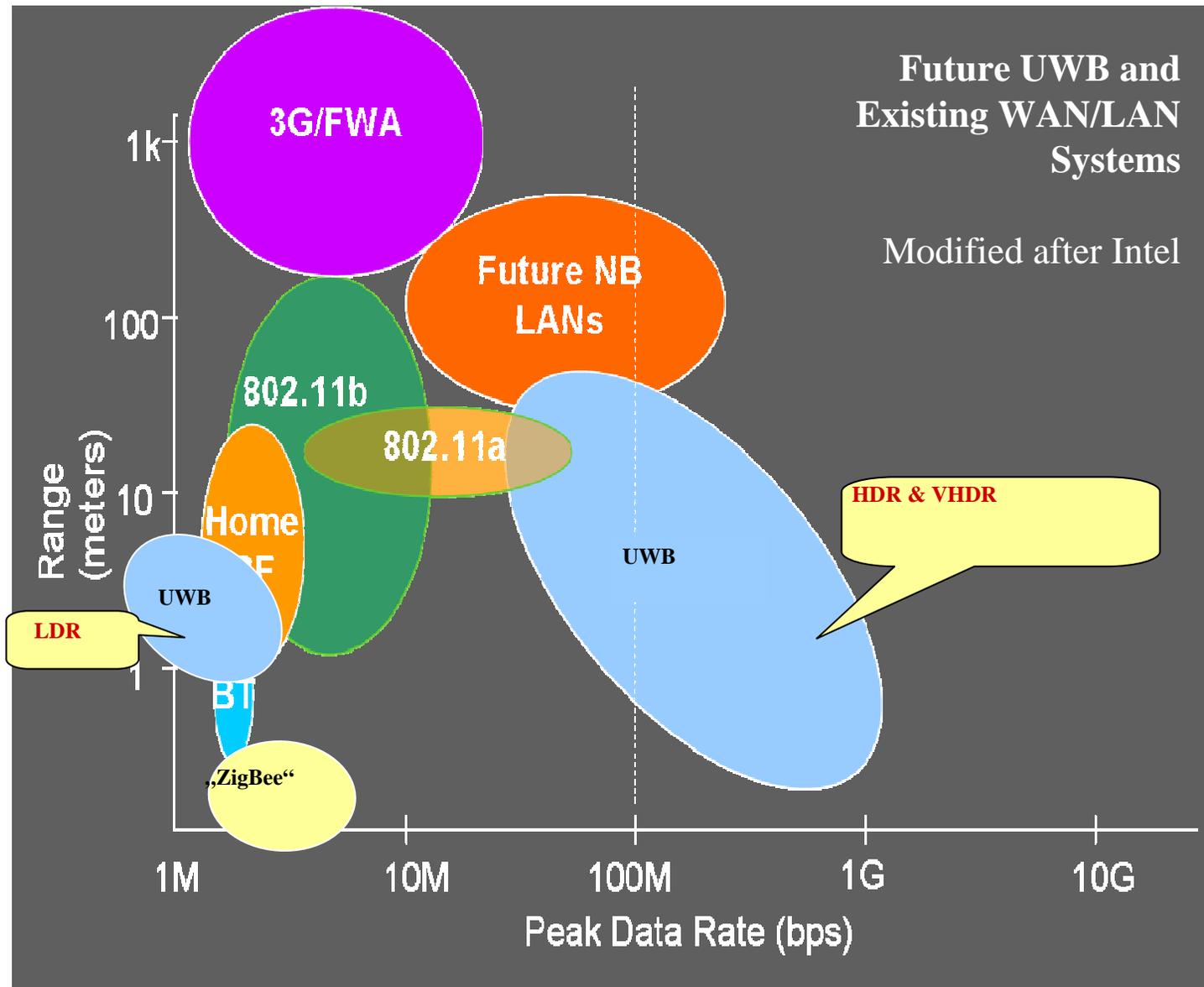


- **Dual Crypto Support:**
  - Secret Key Cryptography: Advanced Encryption Standard (128bit)
  - Public Key Cryptography: Elliptic Curve Cryptography (233 bit)
- **Dual Interface**
  - PCMCIA
  - Cardbus
- **Characteristics**

	AES (128bit)	ECC (233bit)
Throughput @33Mhz	42Mbit/sec	0.85 Mbit/sec
Power consumption @33MHz	9,59 mW	56,85mW
Complexity KGates	14.44	27.26
Rate (clock cycles)	100	9000
Size (mm <sup>2</sup> @ .25μ Technology)	1.01 mm <sup>2</sup>	2.11



# Welche Funkstandards ?





- **IEEE802.11**
  - WLAN Basic Standard**
  - 802.11 a,b,g : 11 Mb/s – 54 Mb/s in 2.4 GHz and 5.2 GHz**
  - 802.11 n: Fast WLAN with up to 600 Mb/s based on MIMO**
  - 802.11 e: QoS extension**
  - 802.11 i: Security extension**
- **IEEE802.11p**
  - Standard for Car-2-Car communication and for DSRC services**

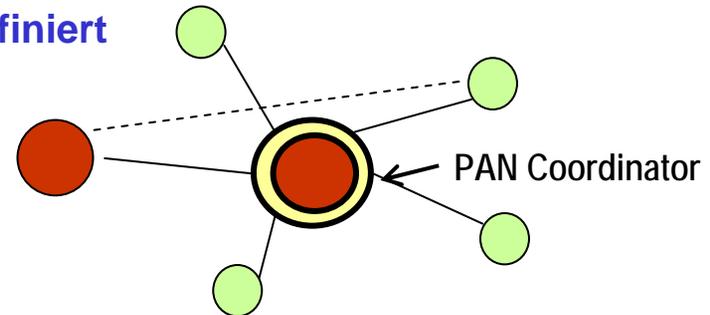
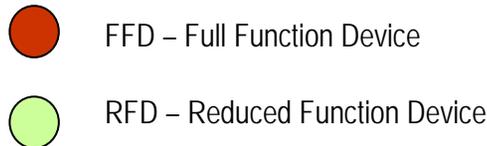
- **Stern Topologie**

Ein Full-Function-Master und bis zu 254 Reduced-Function-Clients bilden ein Netzwerk

Full Function Device (FFD) ist der Netzwerkkordinator und koordiniert alle RFDs

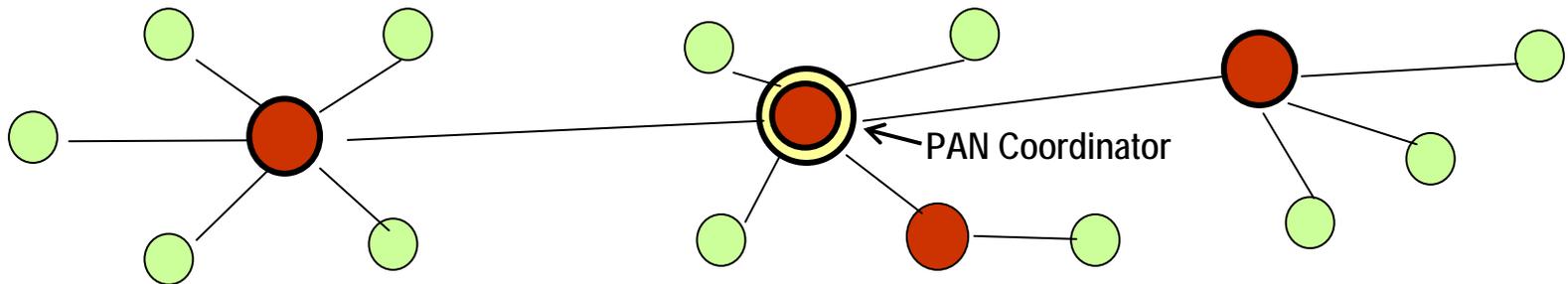
Reduced Function Device (RFD) begrenzen die Stern-Topologie und kommunizieren ausschließlich mit dem Master

Eine virtuelle peer-to-peer-Verbindung ist definiert



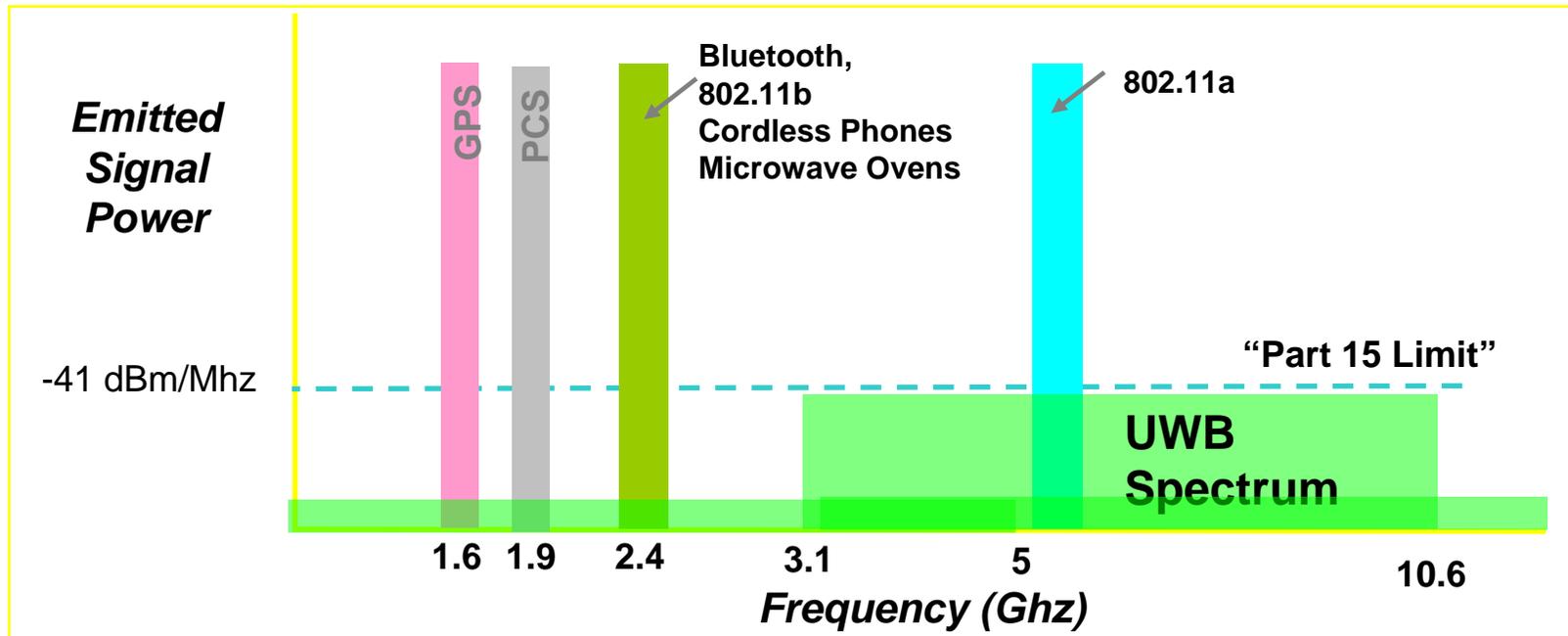
- **Geclusterte Stern-Topologie**

Master FFDs können mit anderen Master FFDs kommunizieren und die Nachrichten zwischen den Clients routen.



Bis zu 100 verbundenen Netzwerken ist prinzipiell möglich

- FCC ruling permits UWB spectrum overlay



- FCC ruling issued 2/14/2002 after ~ 4 years of study & public debate
- FCC believes current ruling is conservative

# Was ist Ultra Wideband?

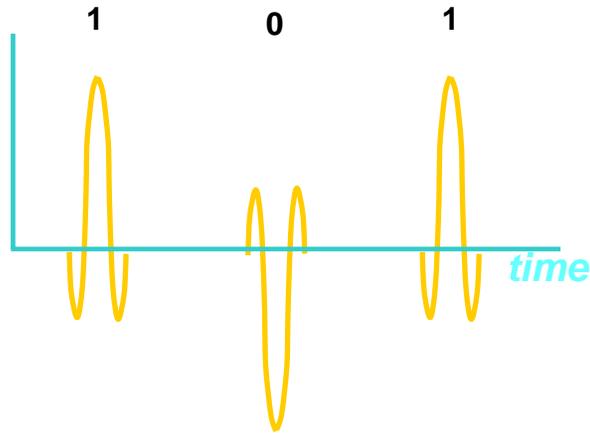


Radio technology that modulates impulse based waveforms instead of continuous carrier waves

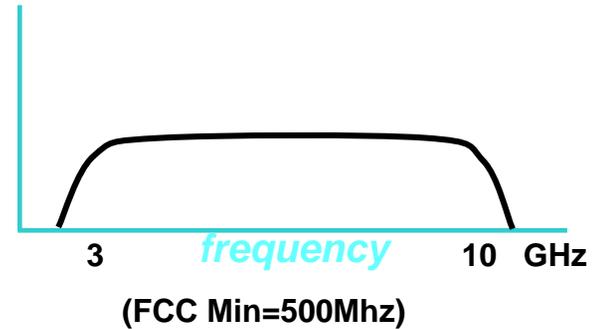
Ultrawideband  
Communication

Impulse  
Modulation

*Time-domain behavior*

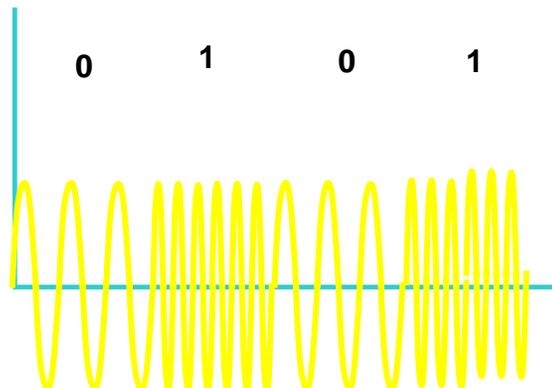


*Frequency-domain behavior*



Narrowband  
Communication

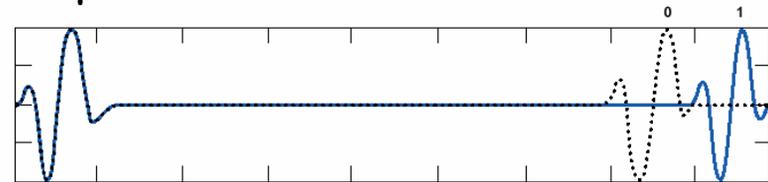
Frequency  
Modulation



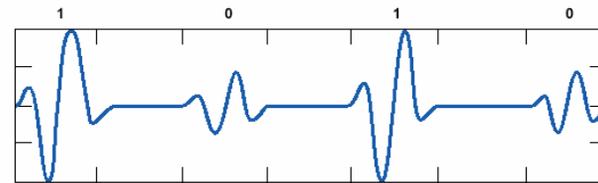
Pulse length  $\sim 200$  ps; Energy concentrated in 2 - 6 GHz band;

Voltage swing  $\sim 100$  mV; Power  $\sim 10$   $\mu$ W

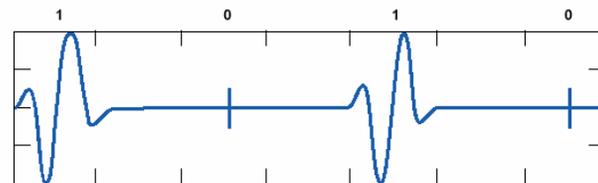
- **Pulse Position Modulation (PPM)**



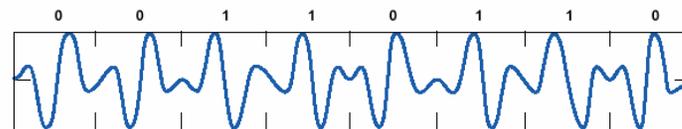
- **Pulse Amplitude Modulation (PAM)**



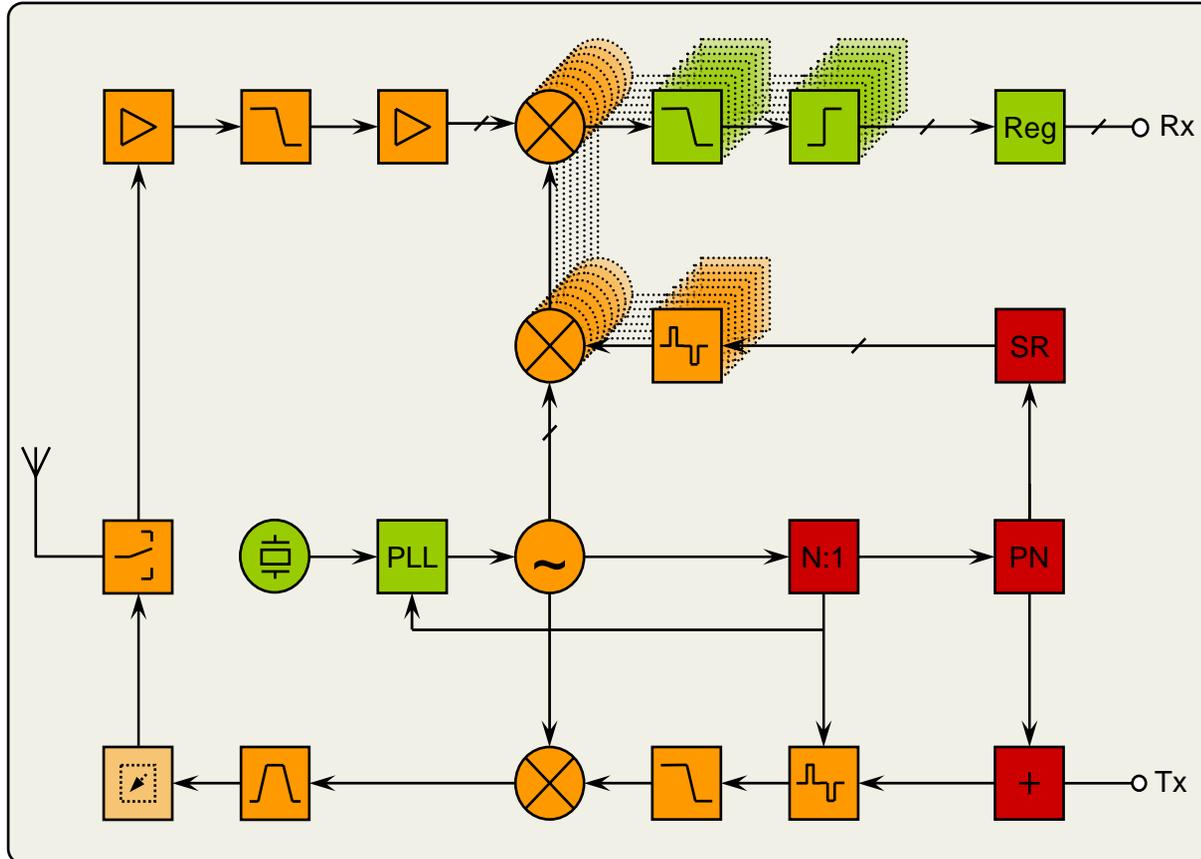
- **On-Off Keying (OOK)**



- **Bi-Phase Modulation (BPSK)**



# 3.1 to 5.1 GHz UWB Transceiver des IHP



- **Verteilte und zentrale Sensoransätze sind möglich und bieten unterschiedliche Perspektiven**  
Wenn Energieverbrauch im Vordergrund steht sind verteilte Ansätze überlegen
- **Neue Kommunikationssysteme wurden eingeführt**  
UWB wird in Zukunft gerade im Bereich der Sensornetze eine große Bedeutung erlangen