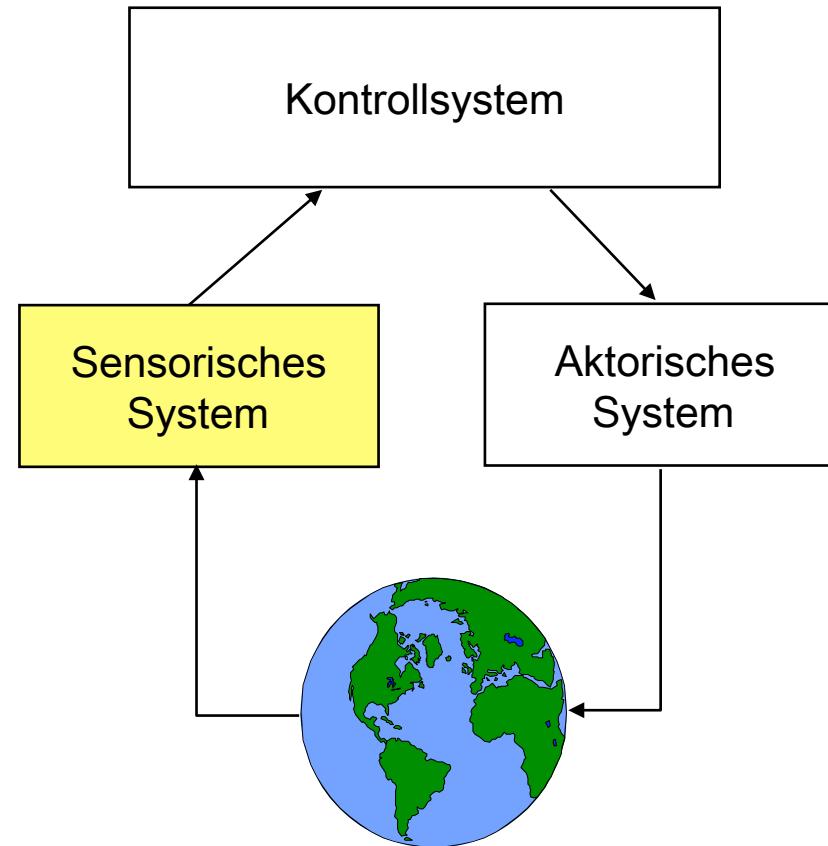


Das Real-World Interface

Sensoren und Aktoren



Die sensorischen Komponenten



Die sechs Sinne: Biosensorik

Sensorleistung: tasten, schmecken, riechen, hören, sehen, orientieren

Die Sensoren: mechanisch, chemisch, akustisch, optisch

Elektromagn. Strahlung: Licht (Sehsinn)
Wärme(Wärme- und Kälterezeptoren in der Haut)

Schall: Hörsinn

Mechanisch: Kinästethisch (propriozeptiv)
Position der Körperteile: Streckrezeptoren in den Muskeln und Gelenken
Haptisch (exterozeptiv) (mit dem Tastsinn)

Chemisch: olfaktorisch (mit dem Geruchssinn)
gustatorisch (mit dem Geschmackssinn)

Beschleunigung: vestibulär (mit dem Gleichgewichtssinn)



Technische Sensoren

Auslösung:

taktil, chemisch, optisch, elektromagnetisch, akustisch, ferromagnetisch

Primäre Physische Größen:

Bewegung: Position, Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abstand, Drehung,
Druck, Temperatur, chem. Konzentration,

Mechanisch: Fliehkraftsensor, Beschleunigungsschalter

Optisch: Codierscheiben, Inkrementalgeber (Lochmasken)

Elektrisch:

Widerstand: Beisp.: Schalter, Magnetfeld, Temperatur, Licht, Druck, Position

Kapazität: Druck, Füllstand, Position,

Induktion: Bewegung, Position,

Hall-Effekt

Fotoelektrische Effekte

Piezo-, Peltier-, ..

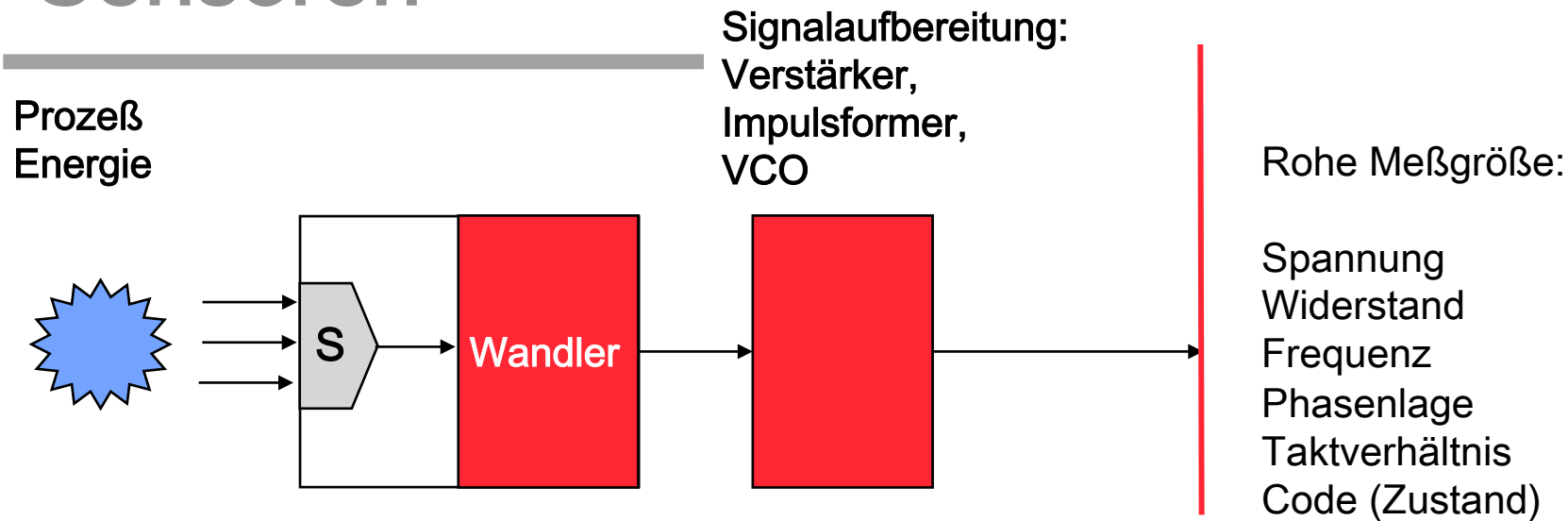
Elektrolytisch (elektrochemisch)

Chemisch:

Gasdetektoren, pH-Detektoren, ...



Sensoren

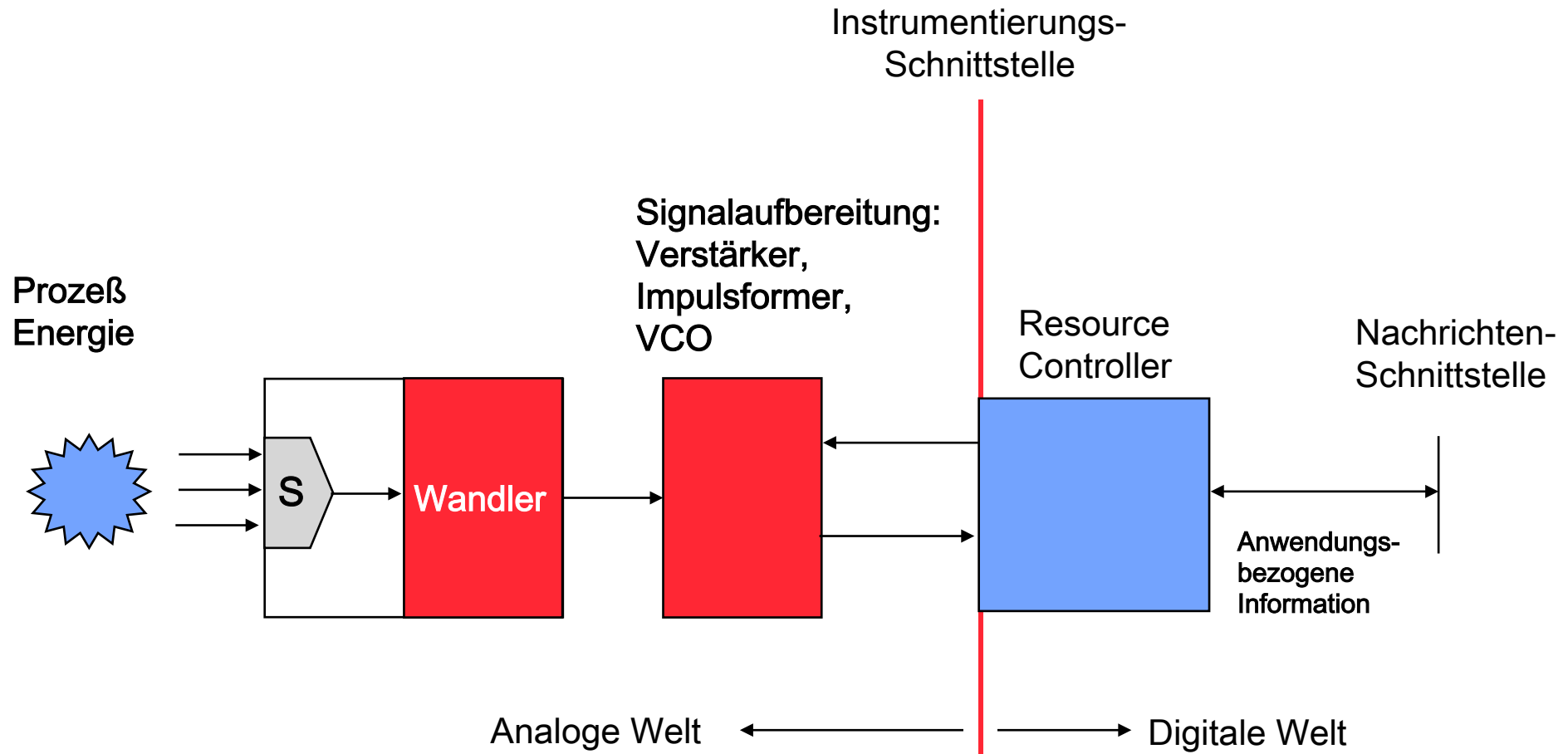


Beispiele:

| | |
|----------------|--|
| Licht | CCD, C-MOS-Array, Photowiderstand, Photodiode, Phototransistor |
| Druck | Dehnungsmeßstreifen, Mikroschalter, Piezoelement |
| Temperatur | Heißleiter, Kaltleiter, Halbleiter, Lithium-Tantal(Wärme-)-Sensor |
| (Ultra)Schall | Wandler, Mikrophon |
| Chem. Sensoren | CO ₂ , CO, Gas, pH-Wert |
| Lage | Neigungsschalter (Quecksilberschalter), Kreisel, Beschleunigungssensor |
| Position | Codierscheibe, Potentiometer |
| Gravitation | Beschleunigungsmesser |
| Magnetfeld | Magnetfeldsensoren |



"Intelligente" Sensoren



Alireza Moini: "smart sensors are information sensors, not transducers and signal processing elements"



Unterscheidung von Sensoren

Passive Sensoren:

Vorhandene Prozeßenergie wird in Information gewandelt

Aktive Sensoren:

Prozeßenergie wird aktiv erzeugt und verarbeitet, d.h. im aktiven Sensor ist eine aktorische und eine sensorische Komponente.

Beispiele: Radar, Infrarot/Ultraschall Entfernungsmessung, Navigationssysteme (GPS), Laserscanner, mobiler Roboter (Mobot).

Intelligente Sensoren:

Enthalten eine Prozessorkomponente zur Verarbeitung der sensorischen Rohdaten und liefern anwendungsbezogene Information, die auch z.B. direkt die Steuerung von Aktoren ermöglicht.

Virtuelle Sensoren:

Eine physische Kenngröße wird nicht direkt gemessen, sondern durch eine andere, direkt gemessene Kenngröße approximiert.

Kooperierende Sensoren:

Mehrere möglicherweise unterschiedliche Sensoren arbeiten zusammen, um ein differenziertes Bild der Umwelt zu erhalten.



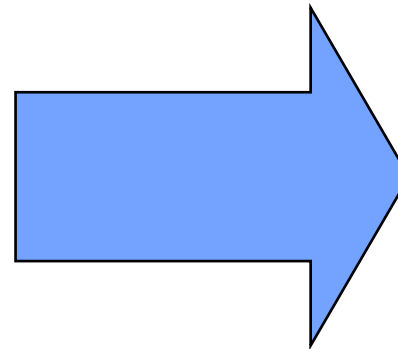
Anforderungen an die Instrumentierungsschnittstelle:

Wandlung analoger
elektrischer Größen:

Spannung,
Strom,
Widerstand

Wandlung kontinuierlicher
zeitlicher Größen:

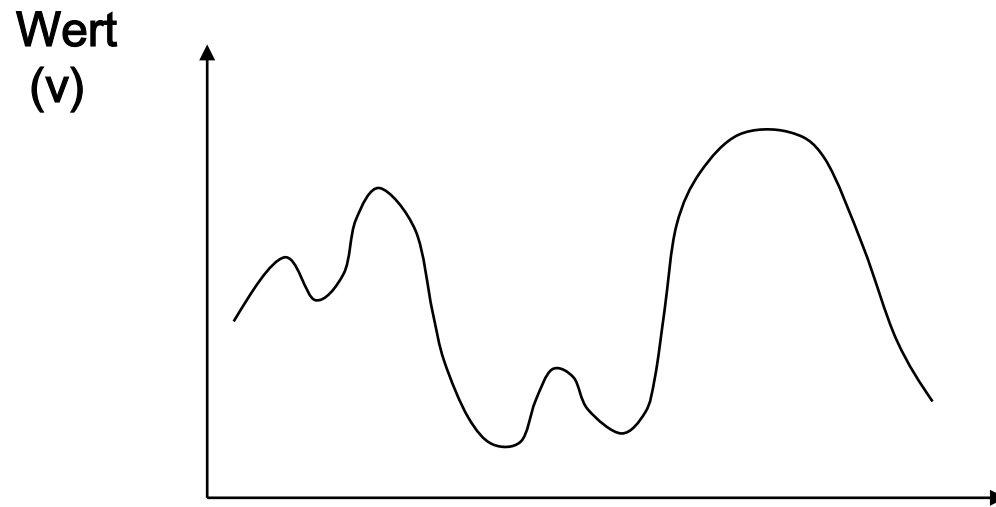
Zeitintervalle,
Perioden,
Frequenzen



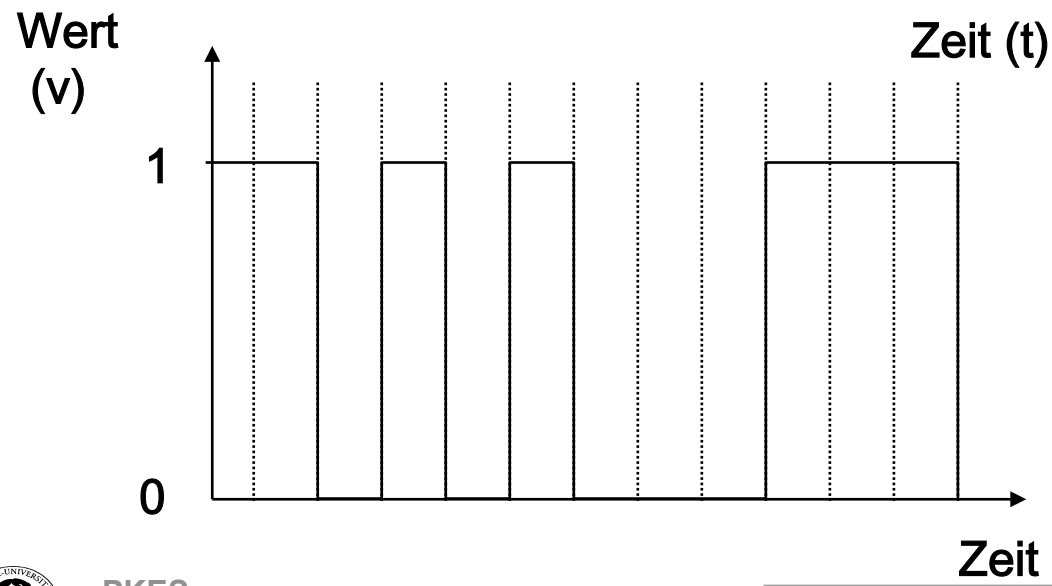
Repräsentation:
- digital
- binär



Analoge und digitale Grössen



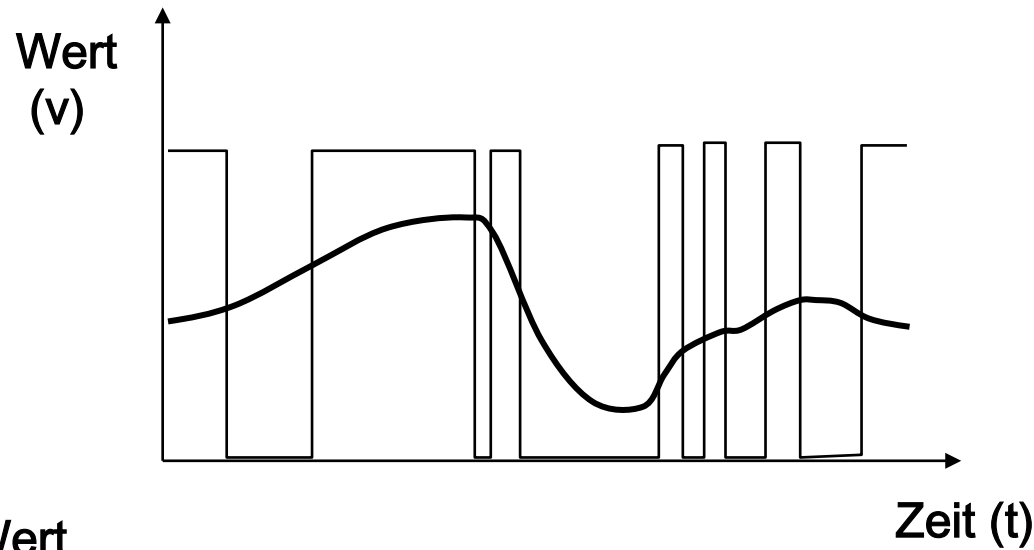
Ein analoges Signal ist kontinuierlich in der Zeit- und der Wertedomäne



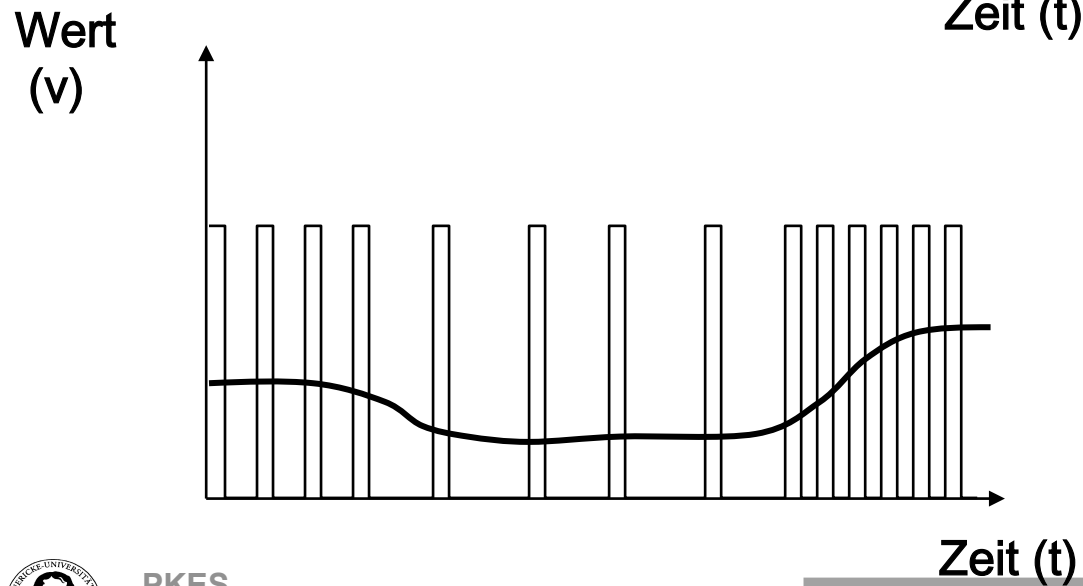
Ein digitales Signal ist diskret in der Zeit- und der Wertedomäne



Analoge Größen in einer kontinuierlichen Zeitdomäne



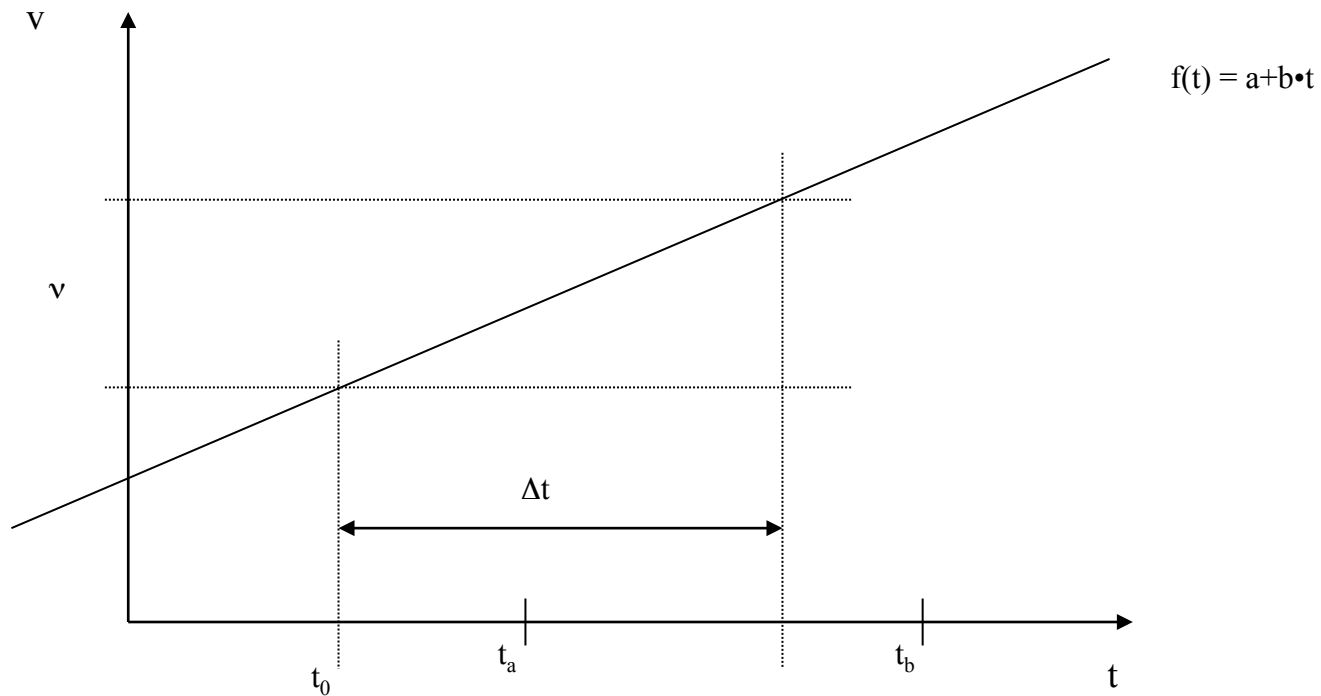
Pulsbreite
Puls/Pausen (Takt)-Verhältnis



Frequenz



Zeitliche Gültigkeit von Sensordaten



t_0 : point of observation
 Δt : temporal validity interval
 t_a : temporally consistent
 t_b : temporally not consistent



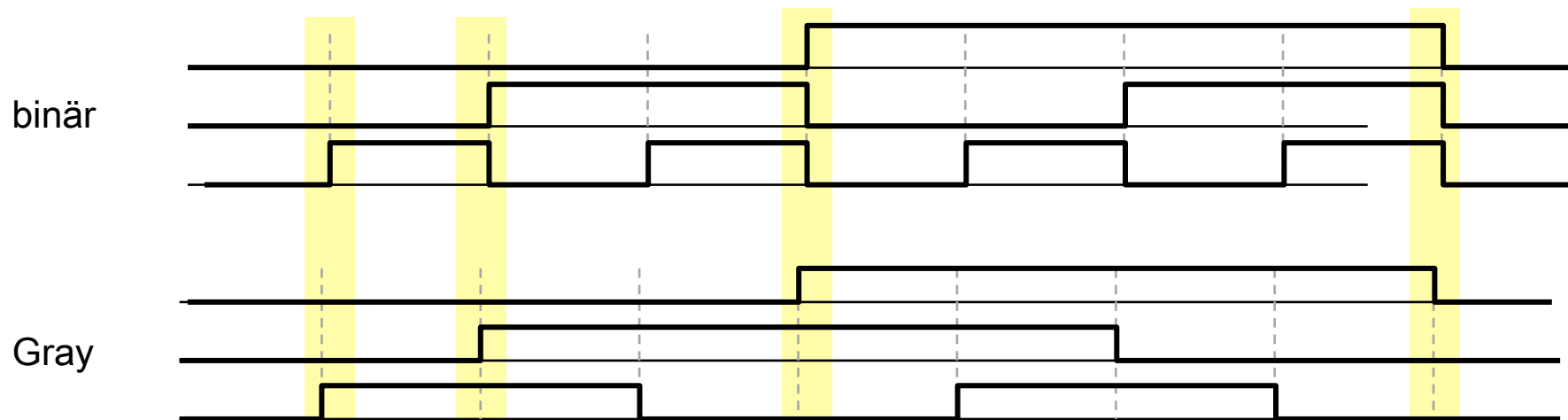
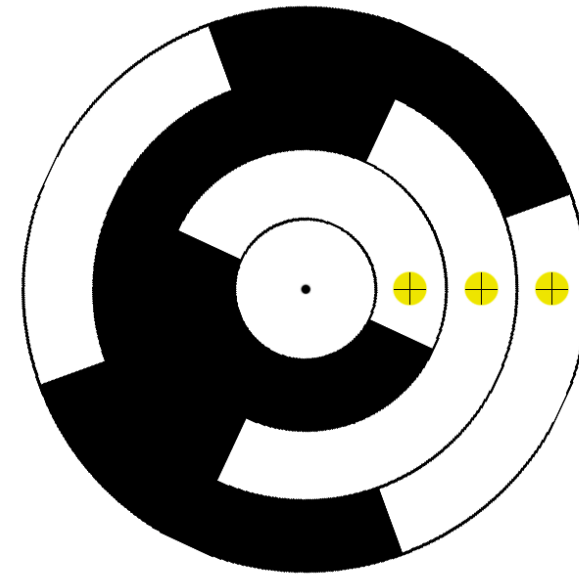
Beispiele von Sensoren



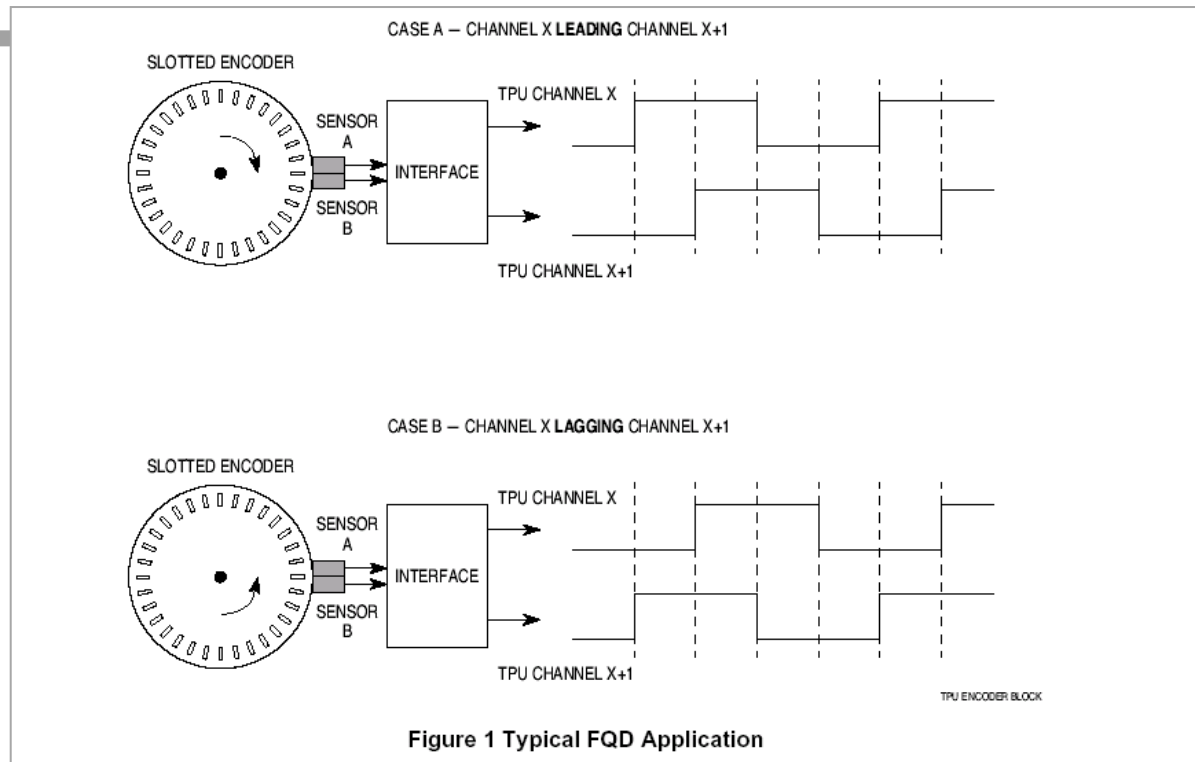
Absoluter Positionssensor

Codierscheibe für Gray Code

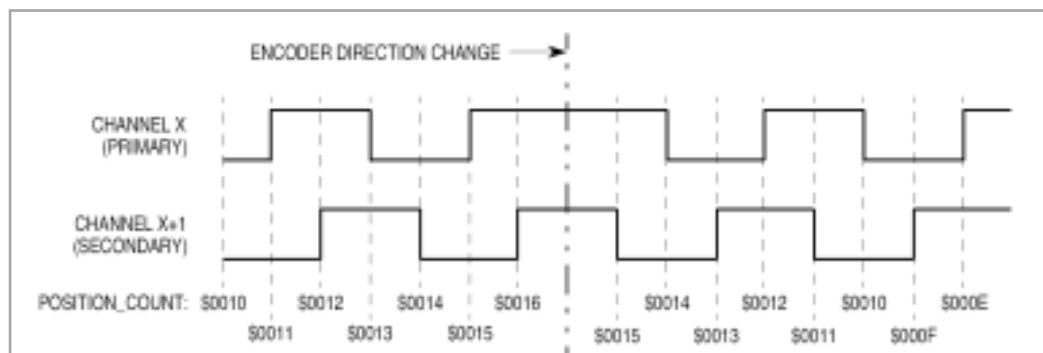
| Dez. Code | Binär Code | Gray Code |
|-----------|------------|-----------|
| 0 | 000 | 000 |
| 1 | 001 | 001 |
| 2 | 010 | 011 |
| 3 | 011 | 010 |
| 4 | 100 | 110 |
| 5 | 101 | 111 |
| 6 | 110 | 101 |
| 7 | 111 | 100 |



Odometrie Sensor (relativer, inkrementeller Positionssensor)



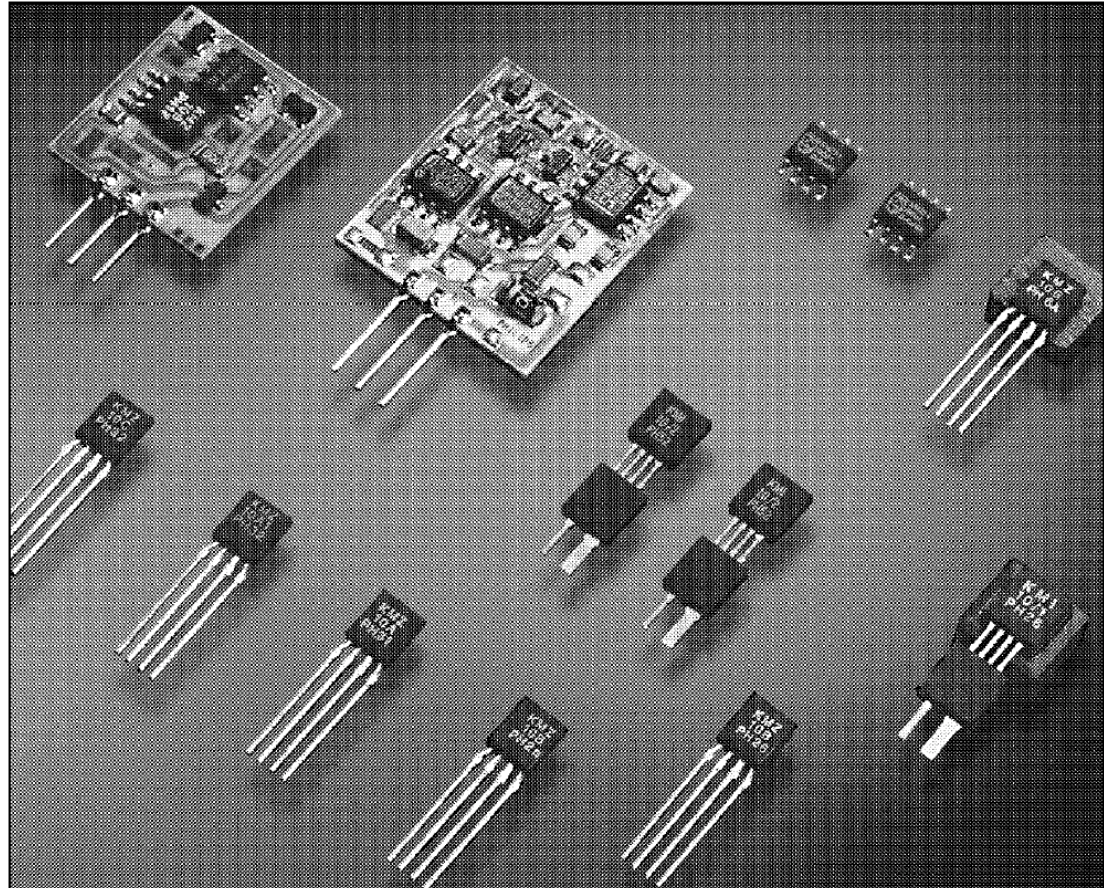
FQD: Fast
Quadrature
Decoder



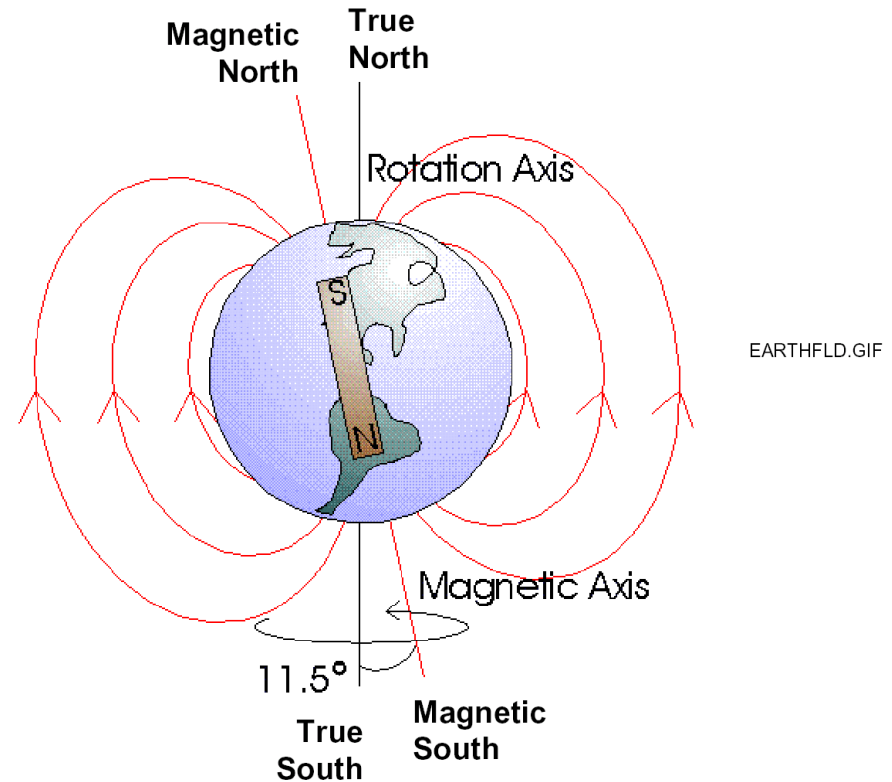
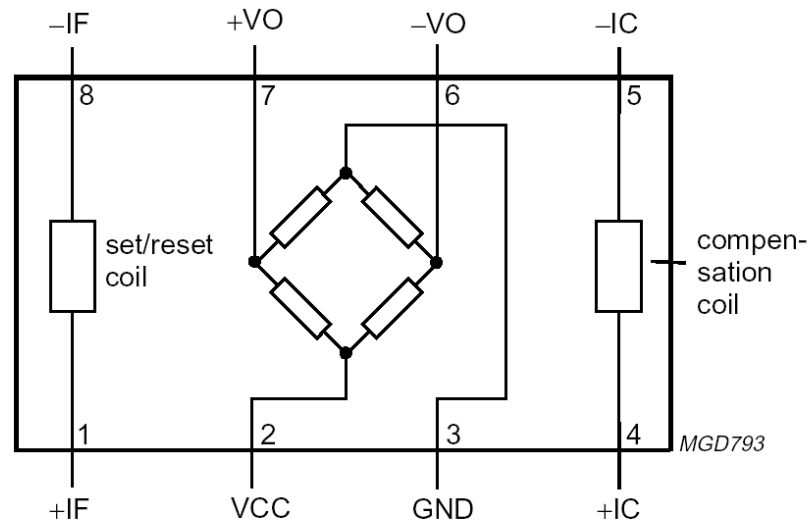
Magnetfeldsensoren

Electronic Compass Design
using KMZ51 and KMZ52
AN00022, Thomas Stork
Philips Semiconductors
Systems Laboratory Hamburg,
Germany, 30.03.2000

Applications of Magnetoresistive Sensors in
Navigation Systems, Michael J. Caruso
Honeywell Inc.



Magnetfeld Sensoren (KMZ 52, Philips)



Deklination: Richtung zum magnetischen Nordpol (missweisend Nord)

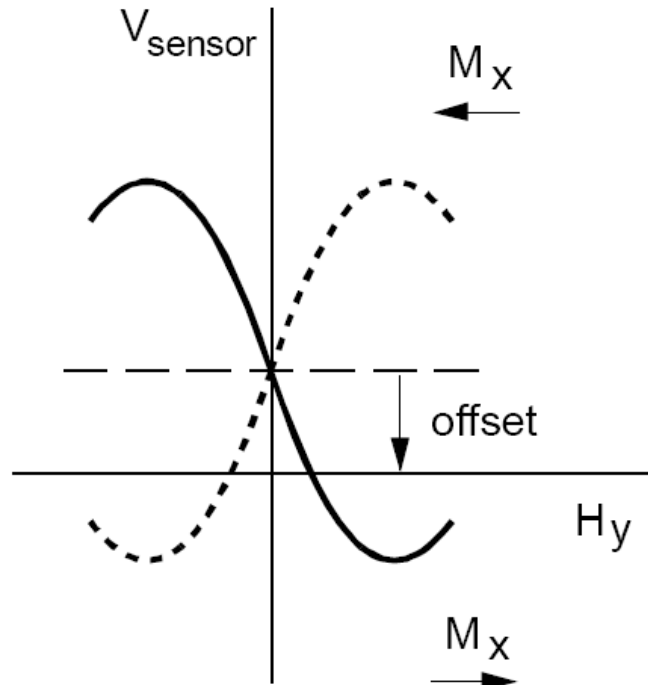
Deviation (Missweisung): Abweichung vom geographischen Nordpol. Abhängig von Pos. bis zu 25°

Inklination: Winkel der Magnetfeldlinien zur Erdoberfläche.

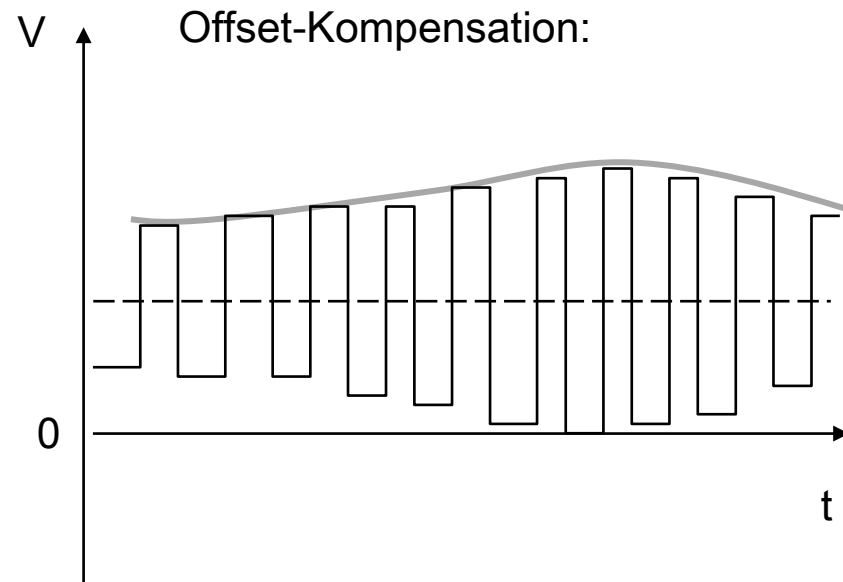
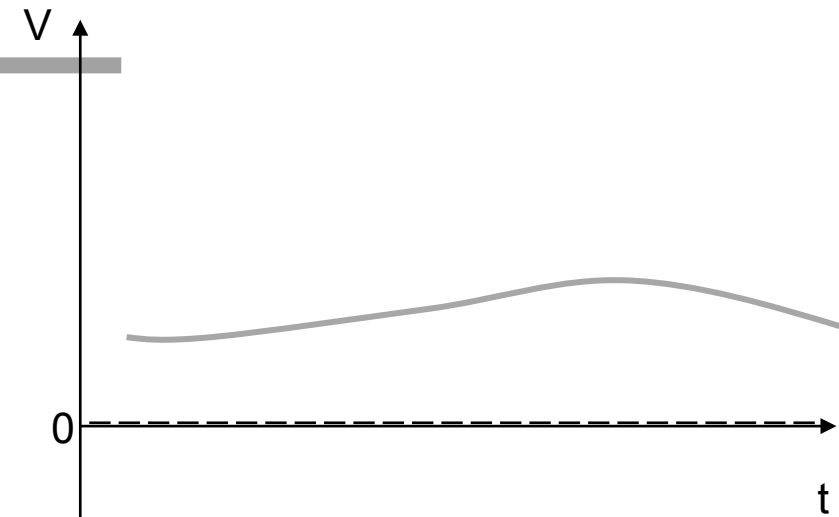
Abweichung: Störungen durch künstliche Magnetfelder.

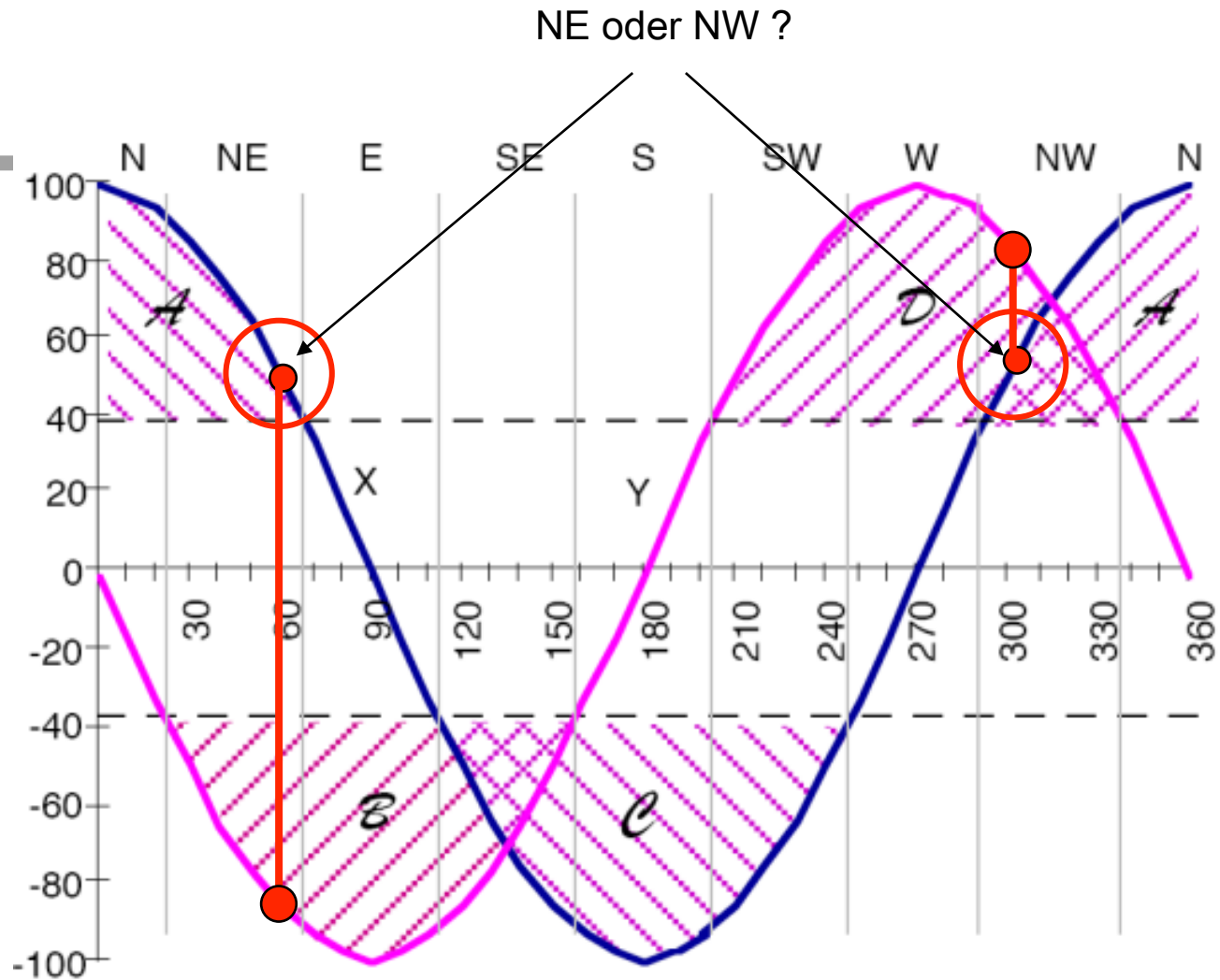


Kompensation des Offsets



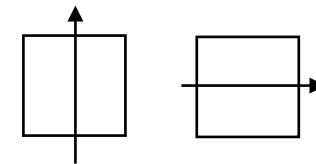
Offset ist temperaturabhängig !



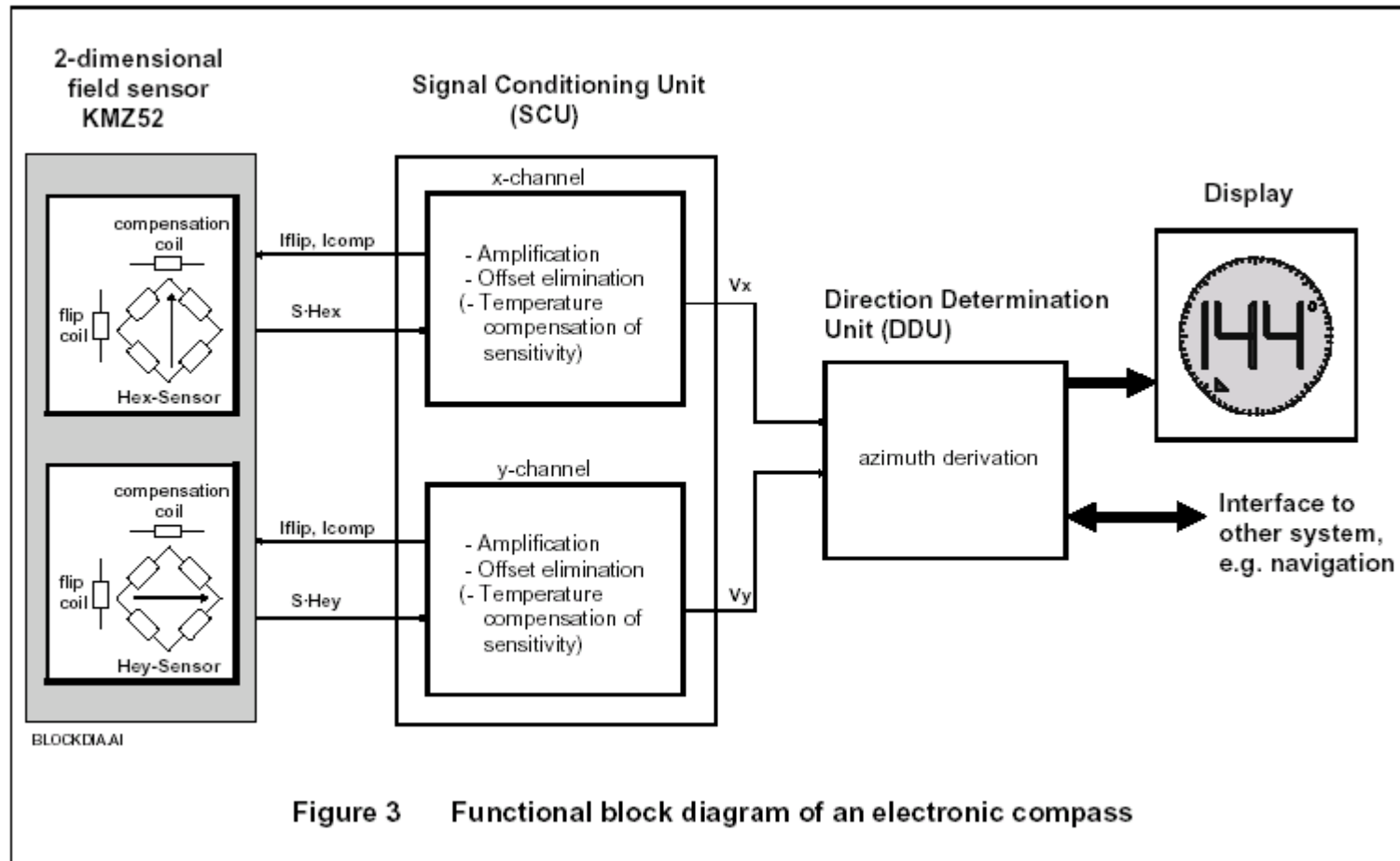


der orthogonale Sensor sorgt für Eindeutigkeit

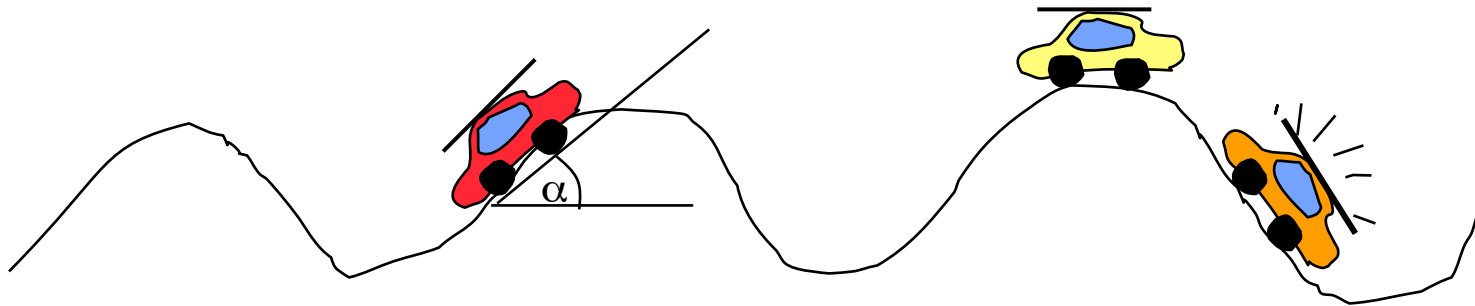
Bestimmung der Richtung durch 2 orthogonale Sensoren



Magnetfeld Sensoren (KMZ 52, Philips)



Empfindlichkeit gegenüber dem Winkel zwischen Erdoberfläche und Meßebene



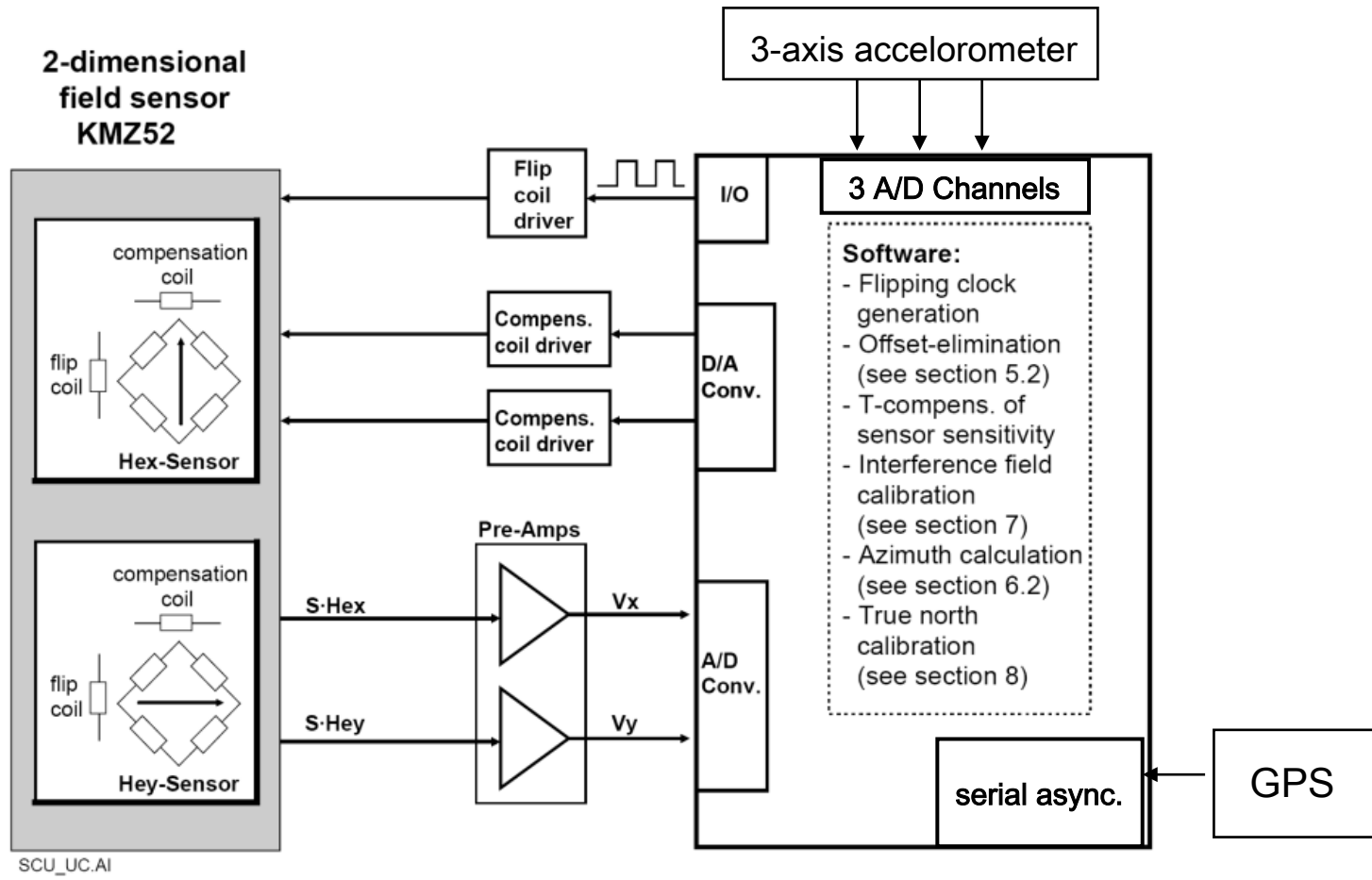
| LOCATION | ANGLE α | | |
|-----------|----------------|-------|-------|
| | 5° | 10° | 15° |
| Zürich | 9.7° | 18.8° | 26.9° |
| Hamburg | 12.5° | 23.8° | 33.3° |
| Anchorage | 17° | 31.2° | 42.1° |
| Singapore | 1.5° | 2.9° | 4.3° |
| Tokyo | 5.7° | 11.2° | 16.5° |

Abweichung von magn. N

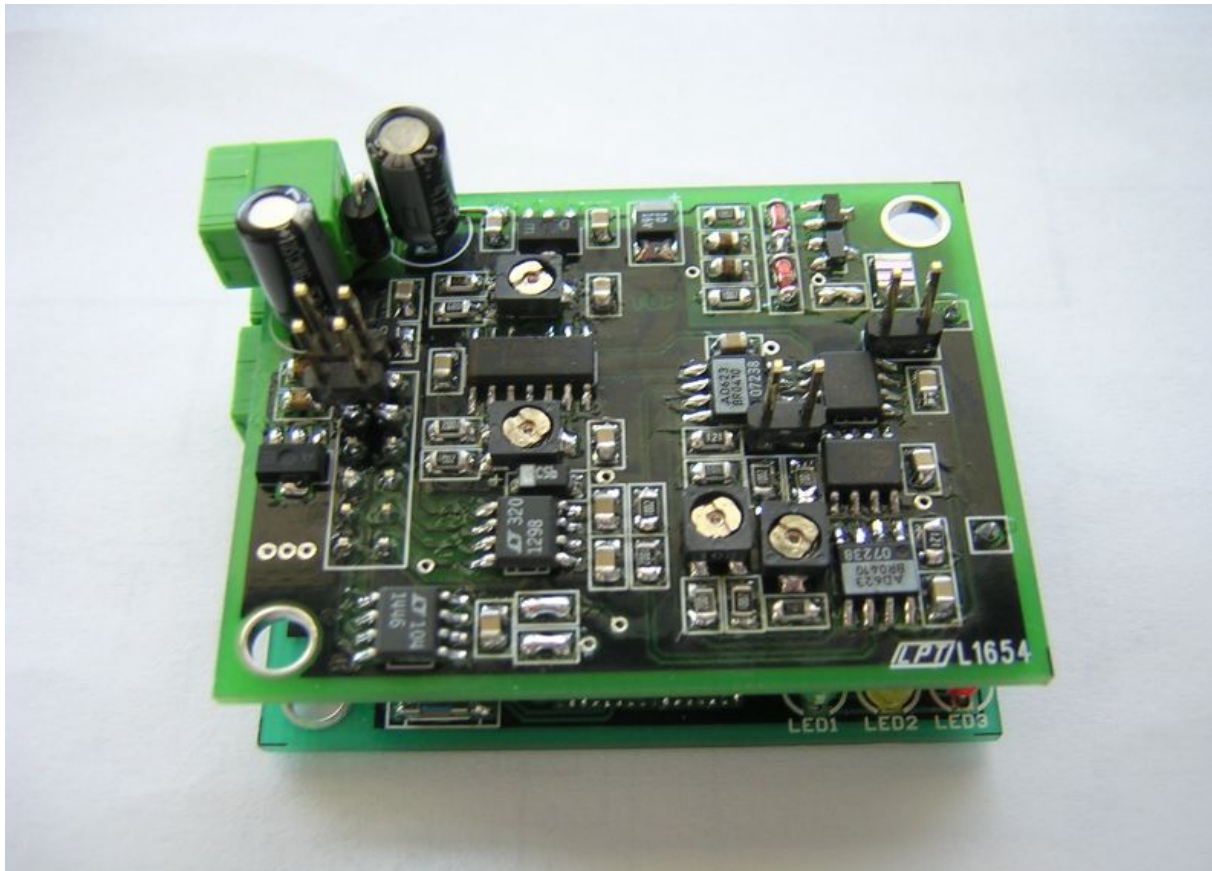
aus: Philips Semiconductors: Magnetic Field Sensors (1998)

→ Tilt-Kompensation





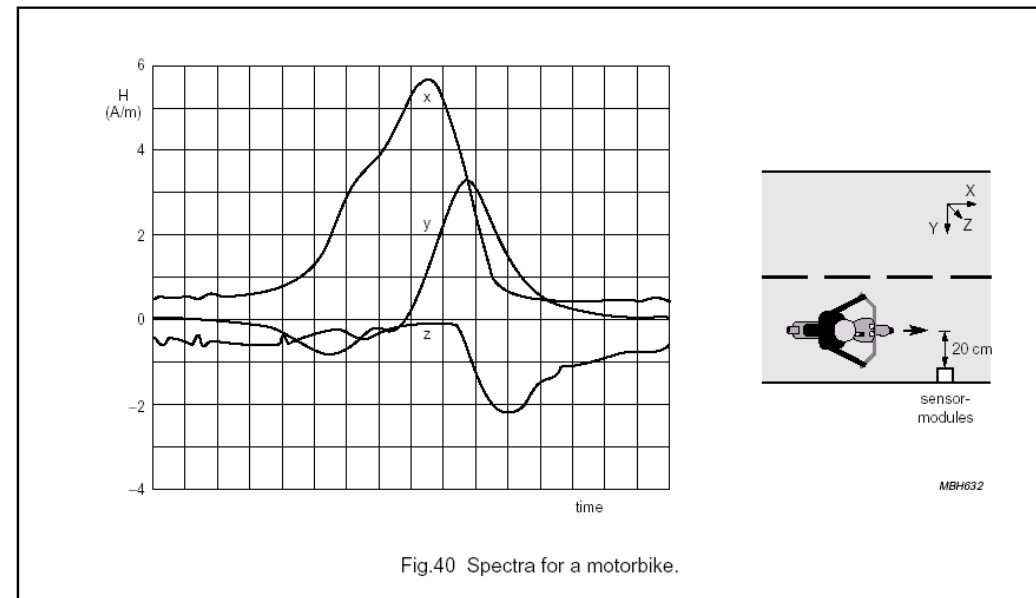
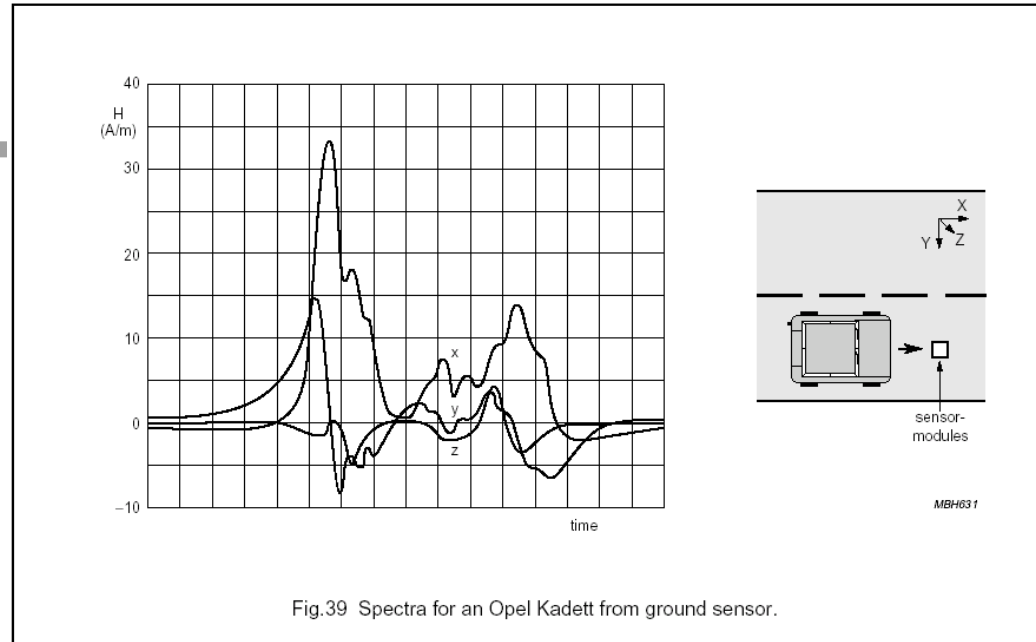
(very) High End Kompass System mit Micro-Controller



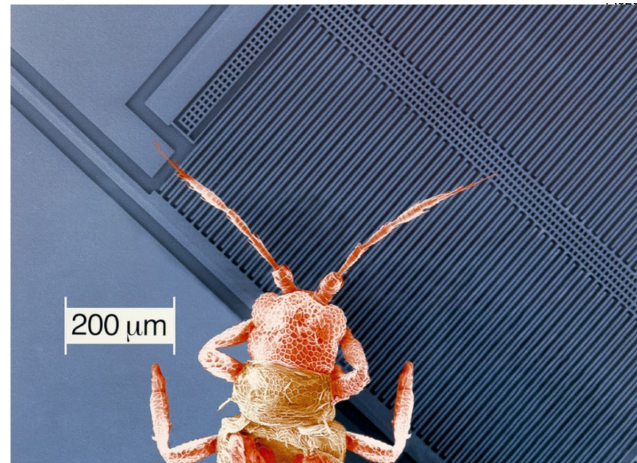
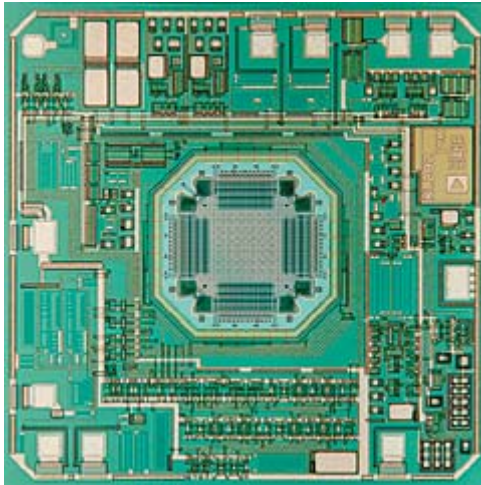
"intelligenter" Kompass für Steuerungsaufgaben mit CAN-Bus Schnittstelle



Einsatz in der Verkehrsüberwachung



MicroElectroMechanical System

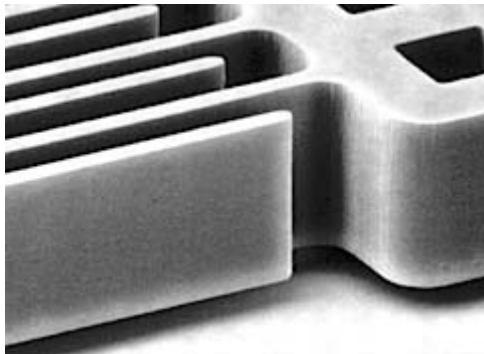


Bescheinigungssensoren

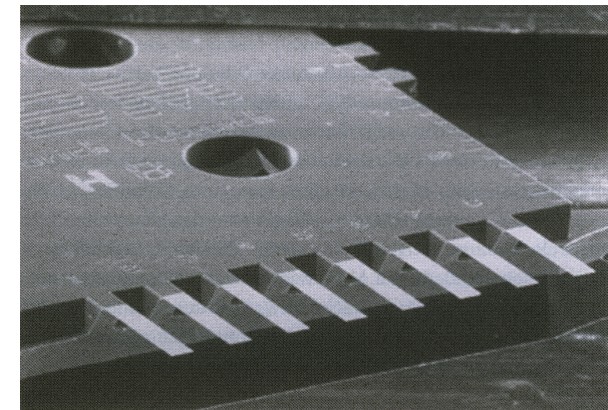
Drucksensoren

Gyroskope

Biosensoren



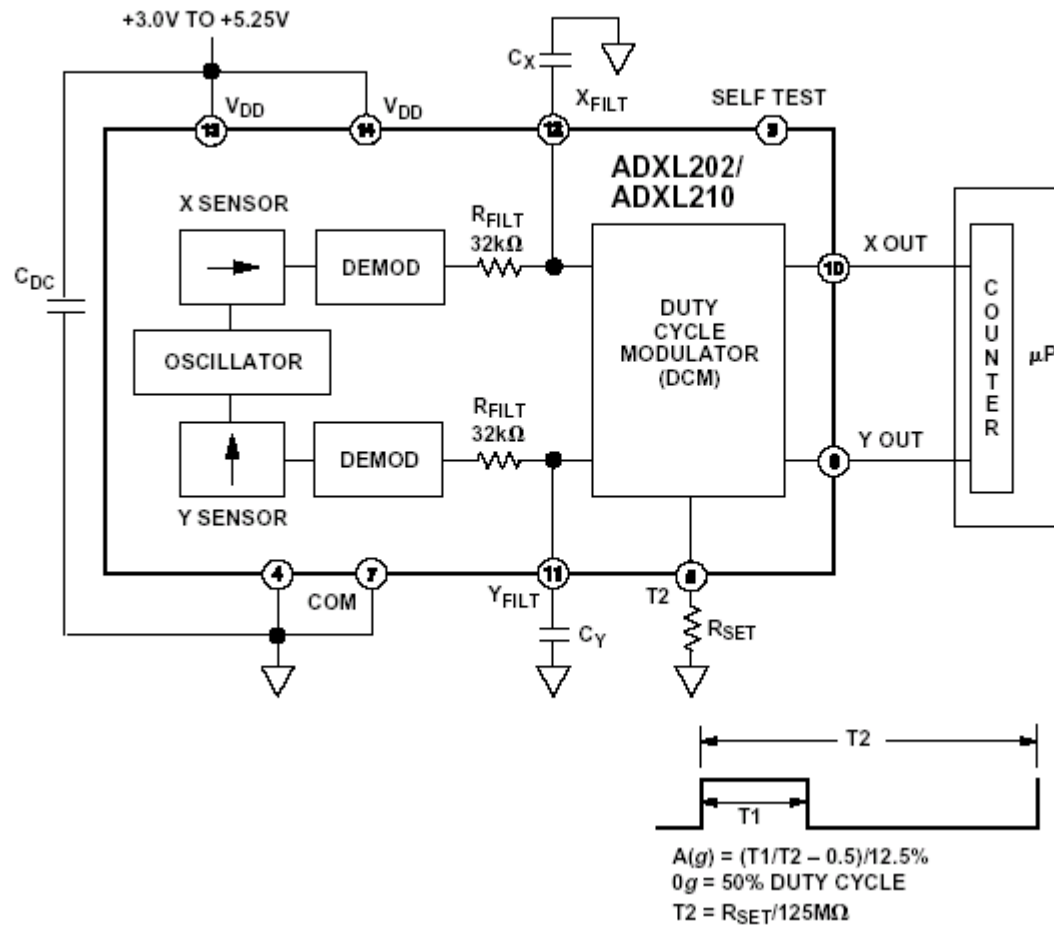
Micromechanischer
Sensor (.Foto: Bosch)



"In particular, the proof mass of a MEMS accelerometer is not much bigger than the pollen grains that Robert Brown saw through his microscope in 1827."



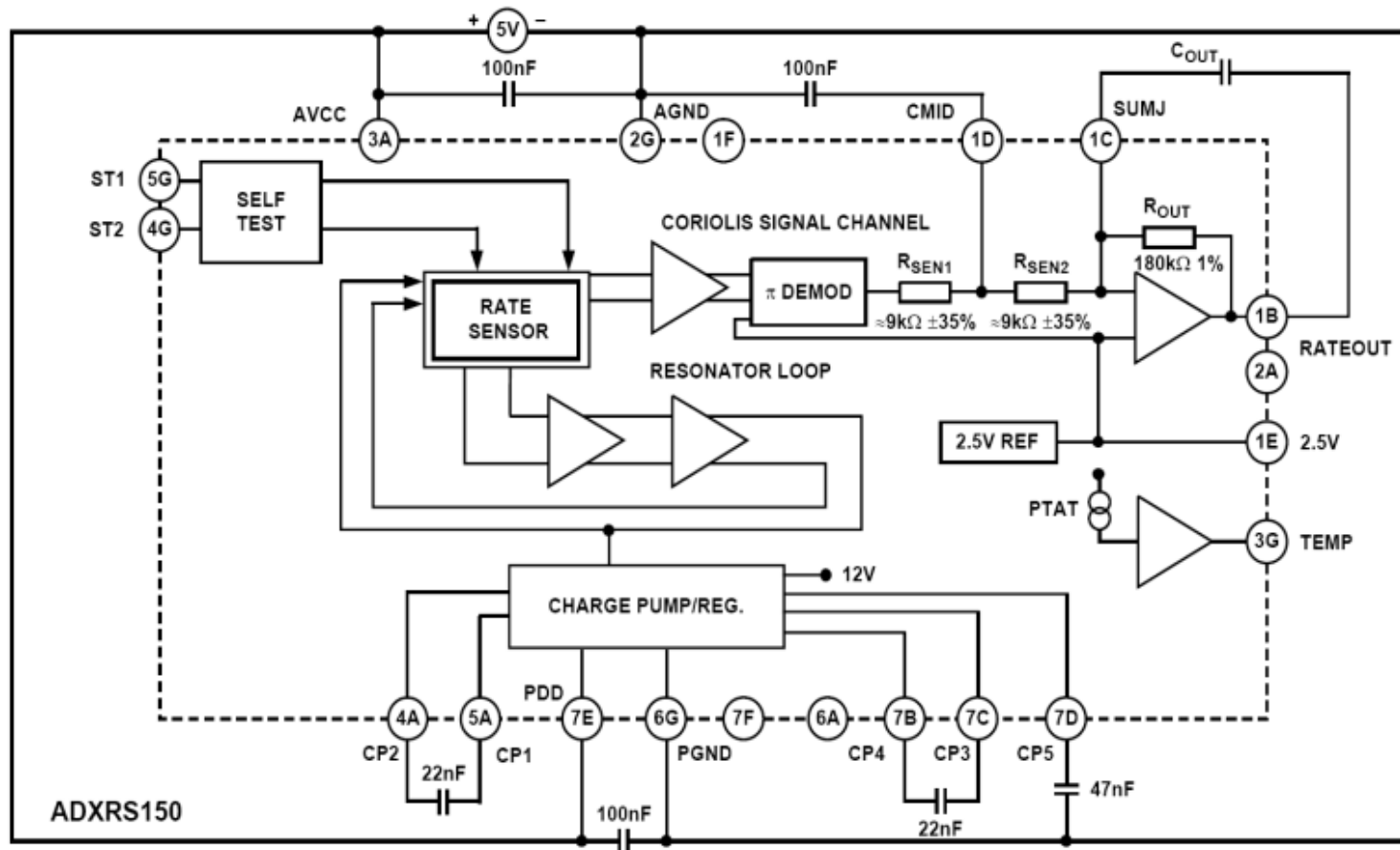
Beschleunigungssensor ADXL 202 (Analog Devices)



Gyro ADXRS150

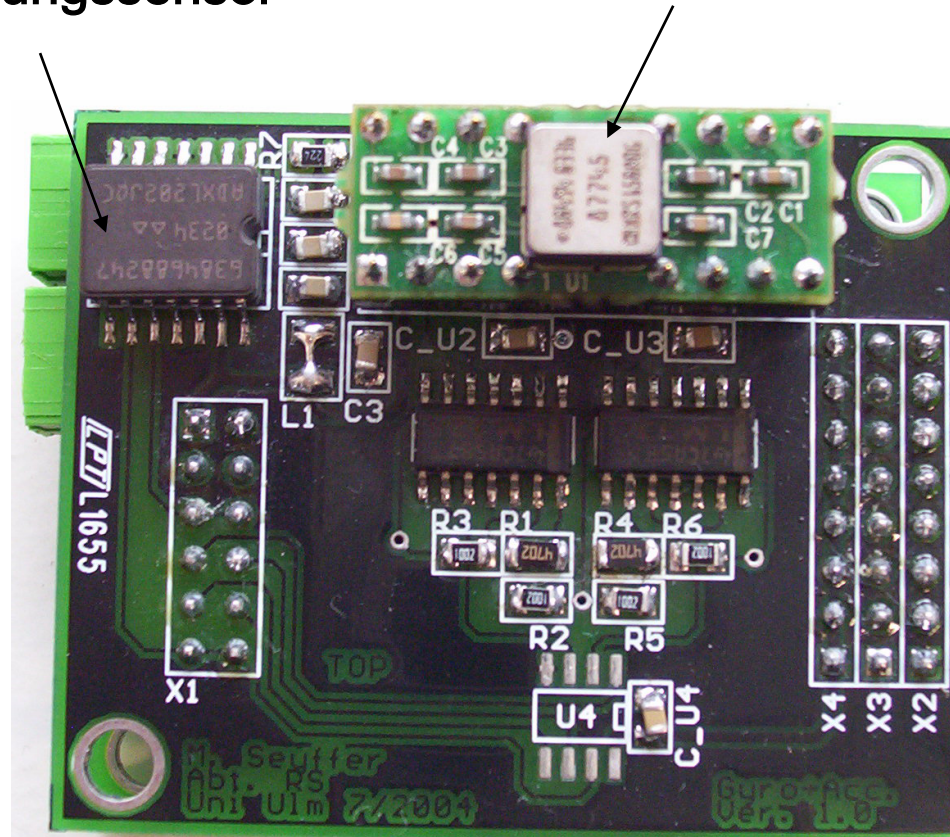
FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

$\pm 150^\circ/\text{s}$ Single Chip Yaw Rate Gyro with Signal Conditioning



Beschleunigungssensor

Gyro



Beschleunigungssensor und Gyro als intelligente Sensoren mit CAN-Bus Schnittstelle

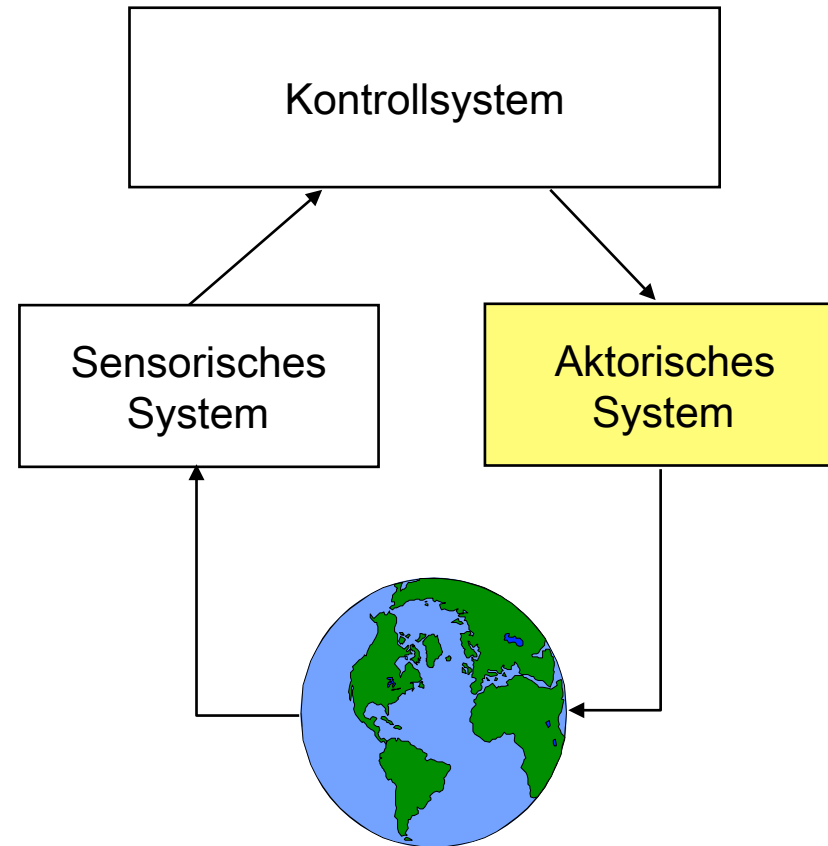


Wichtige Frage:

Welche Mechanismen stehen auf der Seite der Microcontroller zur Verfügung, um die sensorische Schnittstelle zu realisieren ?



Die aktorischen Komponenten



Aktoren

Beispiele:

Motoren (Gleich/Wechsel/Drehstrom, Schrittmotoren)

Lampen

Heizelemente

Kühlelemente

Magneten

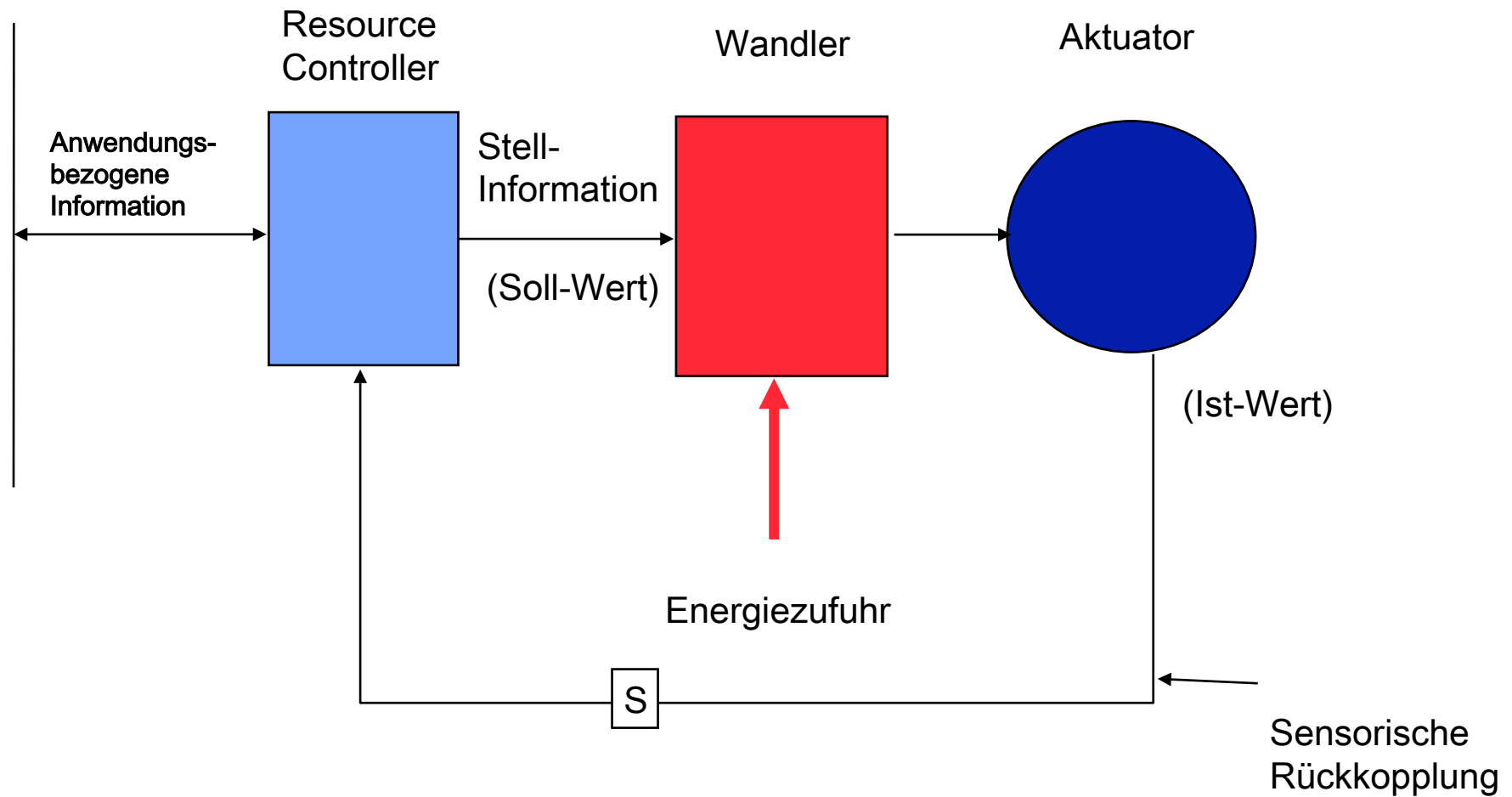
Bi-Metalle

“künstliche Muskeln”



Intelligenter Aktuator

Nachrichten-
Schnittstelle

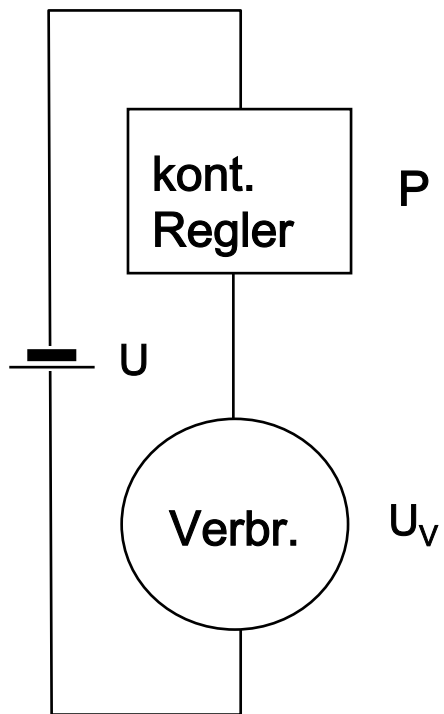
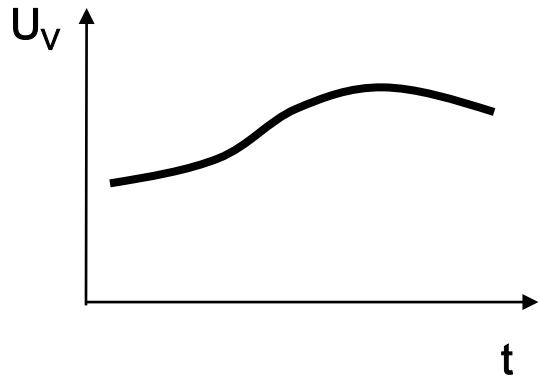


Steuerung von Aktoren:

➔ Analoge Größen, kontinuierlich in Wert und Zeit

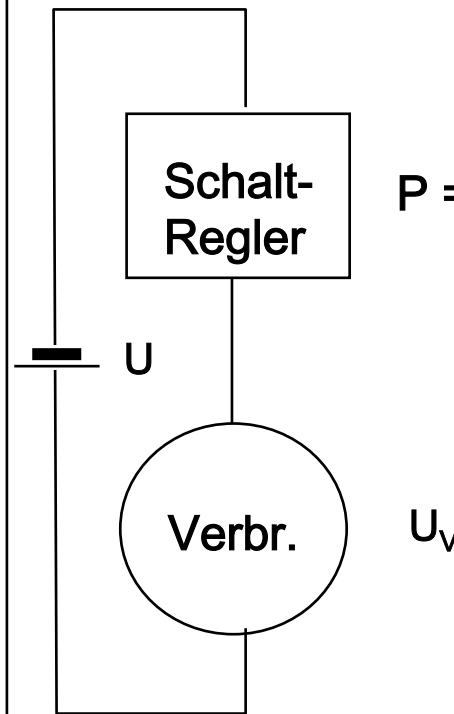
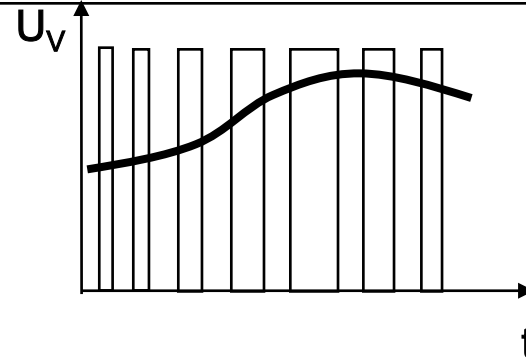
➔ Analoge Größen, fest im Wert, kontinuierlich in der Zeit





$$P = I * U_{diff}$$

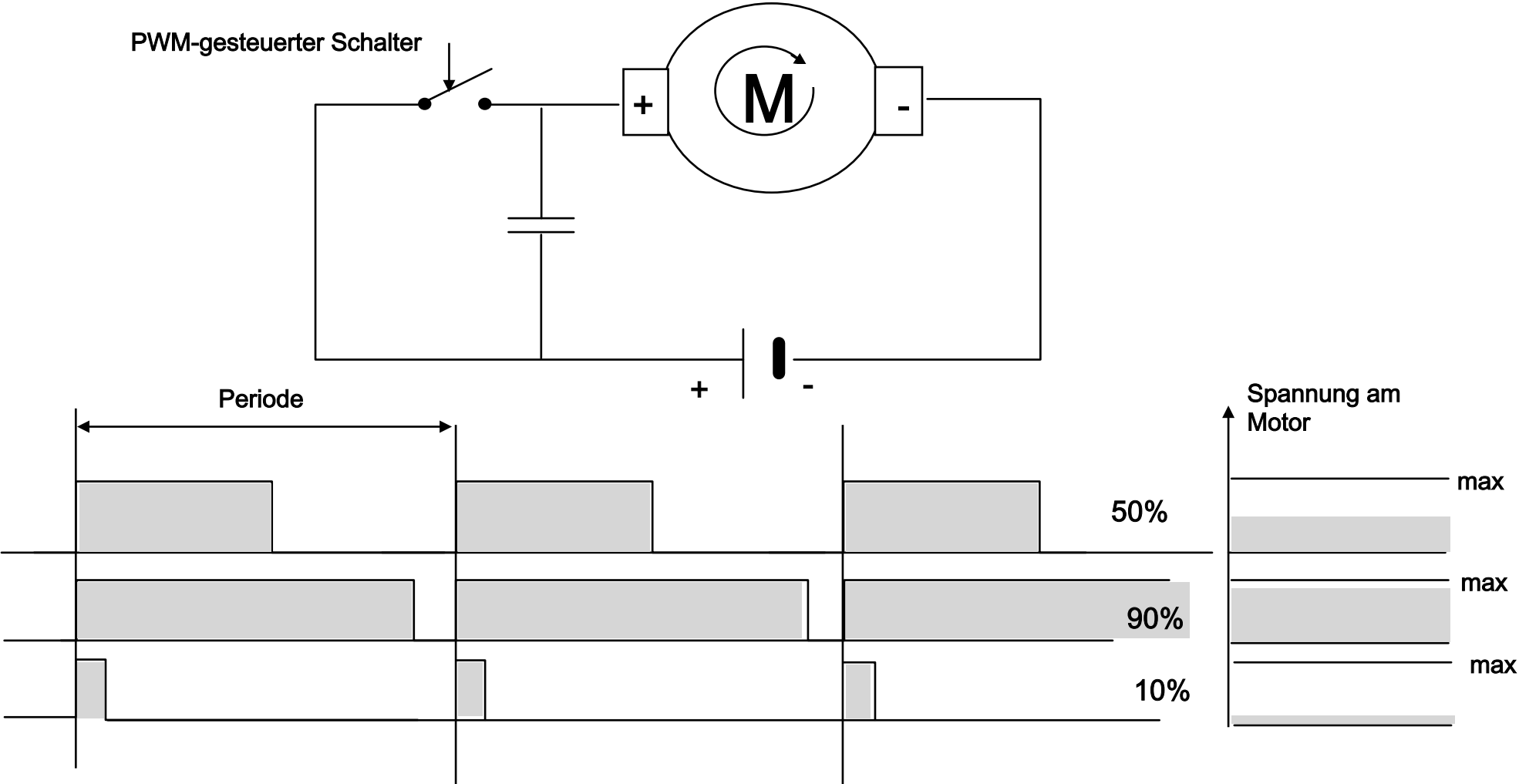
Bei
 $I = 5 \text{ A}$
 $U_{diff} = 10 \text{ V}$
 $P = 50 \text{ W}$



$$P = I * U_{diff}$$

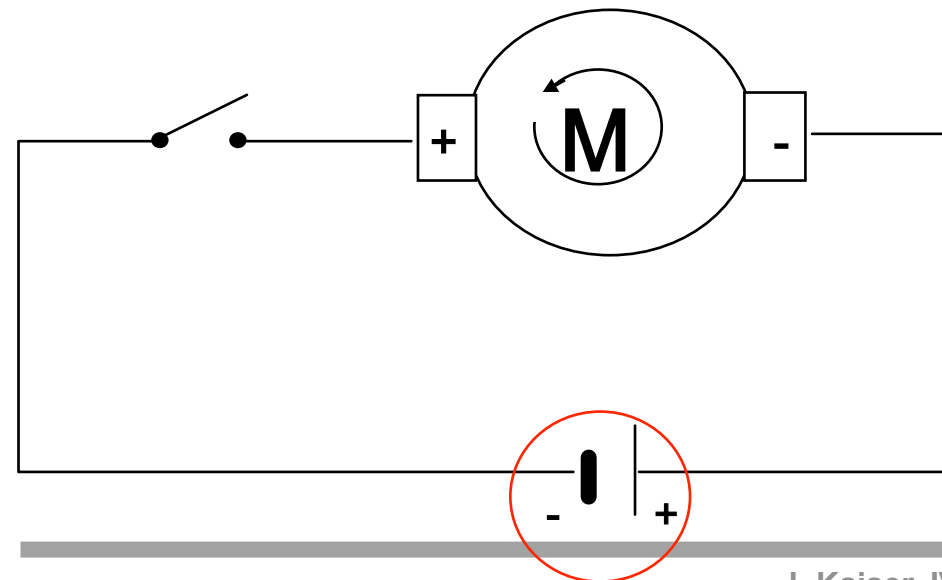
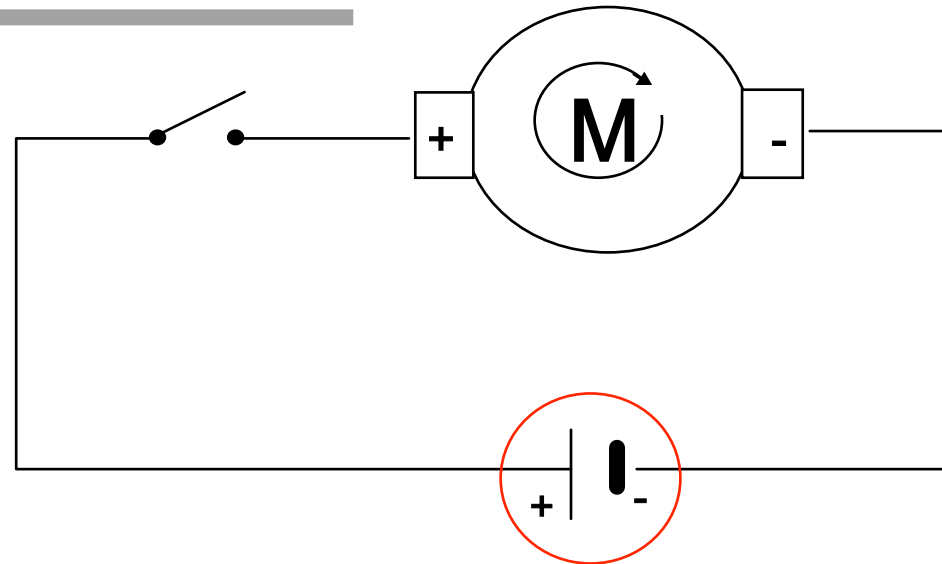
Bei
 $I = 5 \text{ A}$
 $U_{diff} = 0,7 \text{ V}_{offset}$
 $P = 3,5 \text{ W}$

Motorsteuerung mit PWM-Kanälen



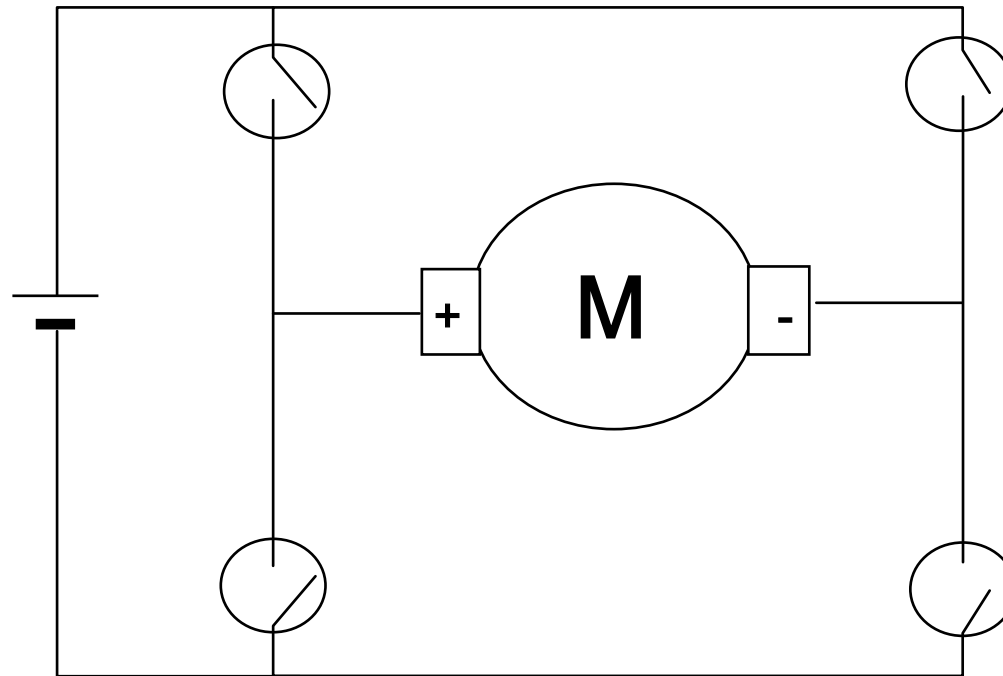
Motorsteuerung mit PWM-Kanälen

Änderung der Drehrichtung durch Umpolen des Gleichstrommotors

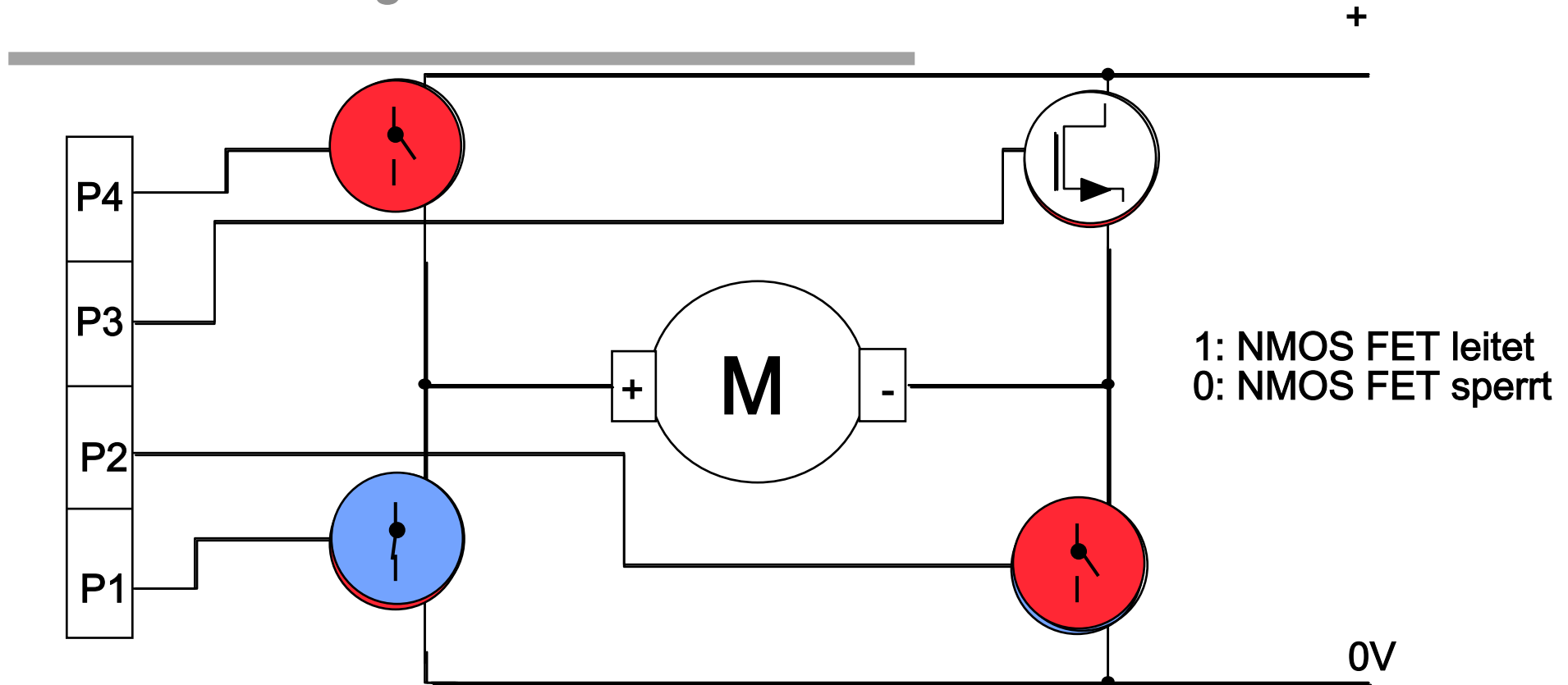


Motorsteuerung mit PWM-Kanälen

Die H-Brücke



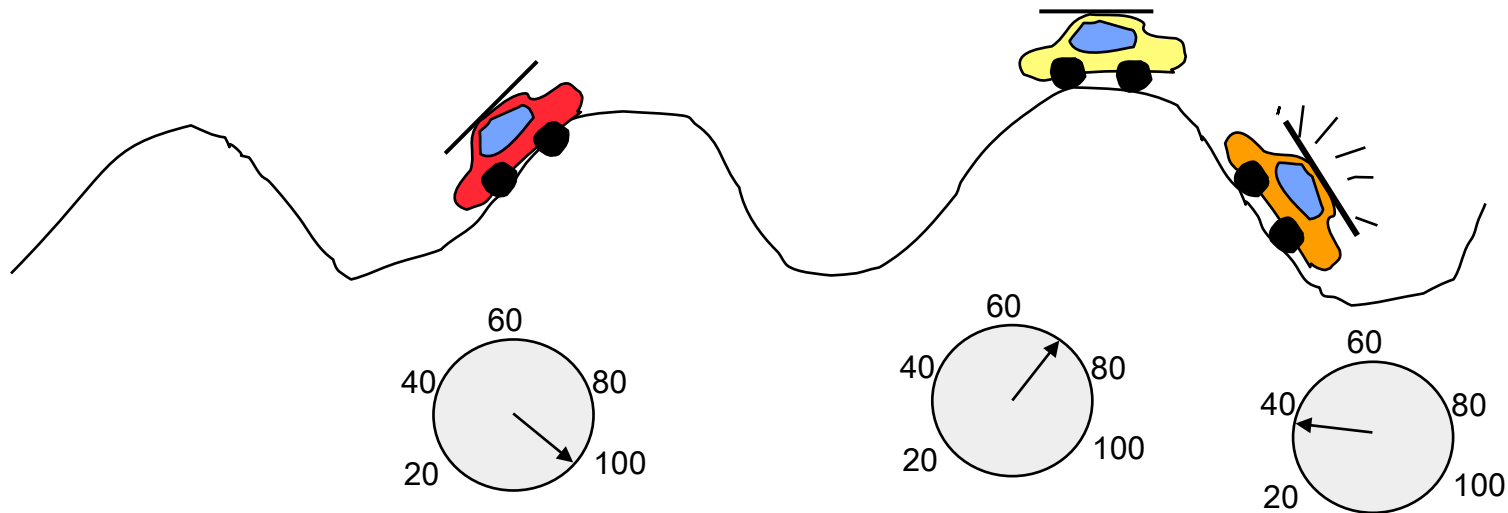
Motorsteuerung mit PWM-Kanälen



| Funktion | P1 | P2 | P3 | P4 |
|-----------|----|----|-----|-----|
| vorwärts | 0 | 1 | 0 | PWM |
| rückwärts | 1 | 0 | PWM | 0 |
| stop | 0 | 0 | dc | dc |



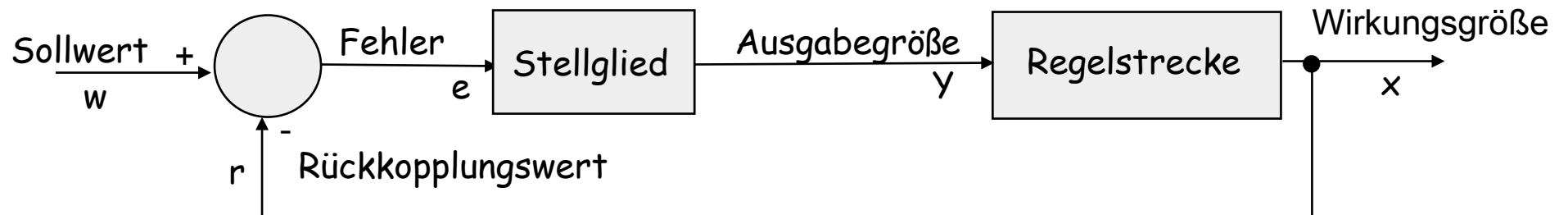
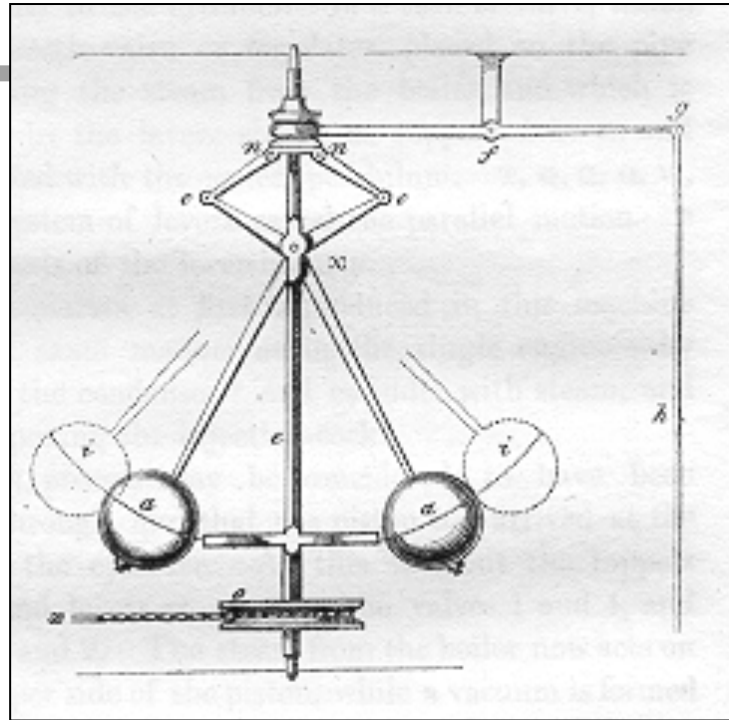
Problem: Konstante Energiezufuhr resultiert in Geschwindigkeitsunterschieden



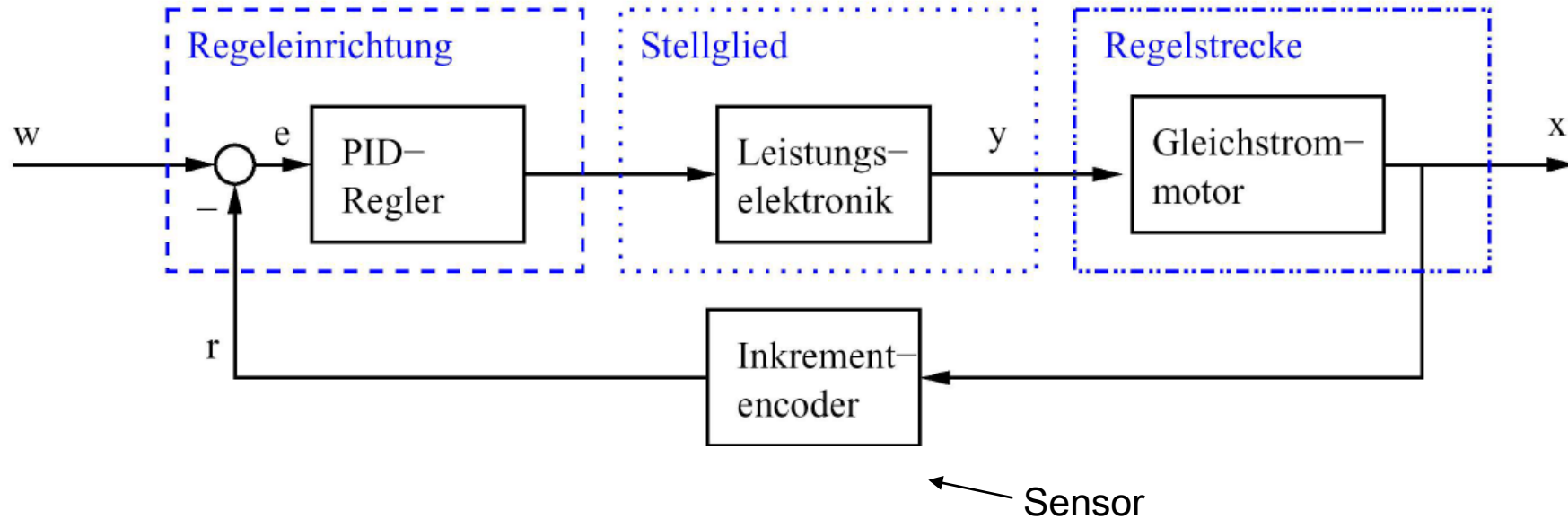
Konstante Geschwindigkeit erfordert zusätzlich: **Regelung**

Regelung

Mechanischer Fliehkraftregler für die Dampfmaschine



Beispiel: Regelung eines Elektromotors



w : gewünschte Größe
 e : Fehler
 y : Ausgabegröße
 x : Wirkungsgröße
 r : Rückkopplungsgröße

Drehzahl (Ticks/Zeit)
 Δ Drehzahl
PWM Wert
Drehzahl
Drehzahl



Regelcharakteristiken:

Fehler e := Abweichung des Istwerts vom Sollwert

1. Binärer Regler (Ein-Aus):
Schwellwert-Regelung

$$y = \begin{cases} 0 & \text{if } e < \text{Schwelle} \\ 1 & \text{if } e > \text{Schwelle} \end{cases}$$

2. Proportional-Regler:

Änderung proportional zur Größe des Fehlers: $y = K_1 e$

3. Proportional-Differential-Regler (PD):

Änderung proportional zur Größe der Fehleränderung: $y = K_1 e + K_2 de/dt$

4. Proportional-Integral-Regler (PI):

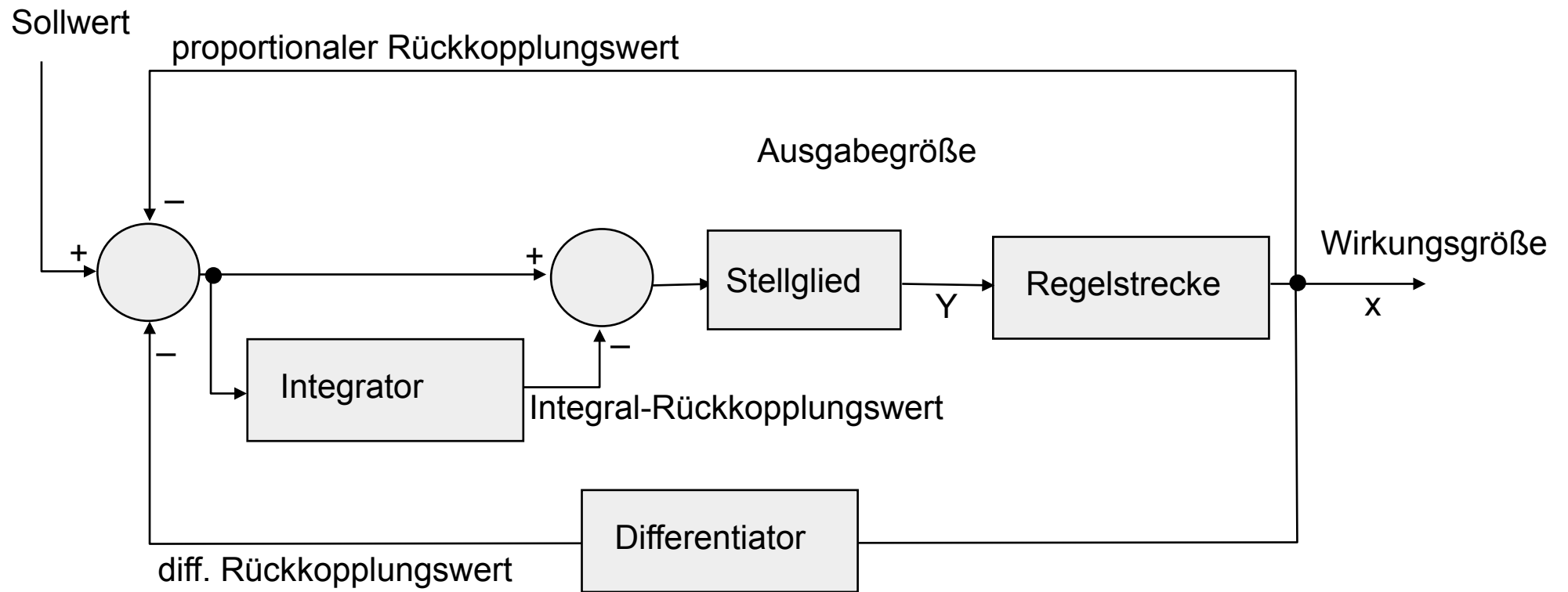
Kleine Restfehler werden aufsummiert und ausgeregelt: $y = K_1 e + K_2 \int e dt$

5. Proportional-Integral-Differential-Regler (PID):

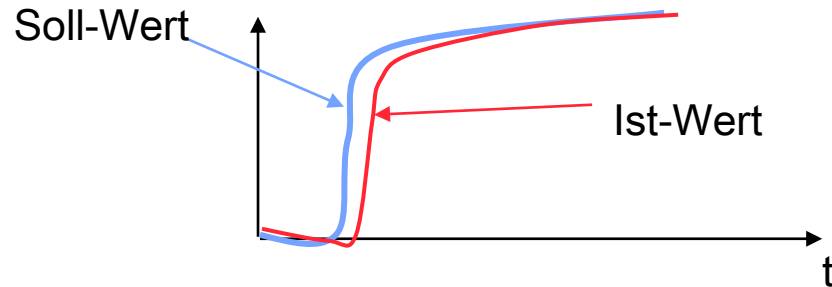
Reagiert auf schnelle Änderungen und Restfehler: $y = K_1 e + K_2 de/dt + K_3 \int e dt$



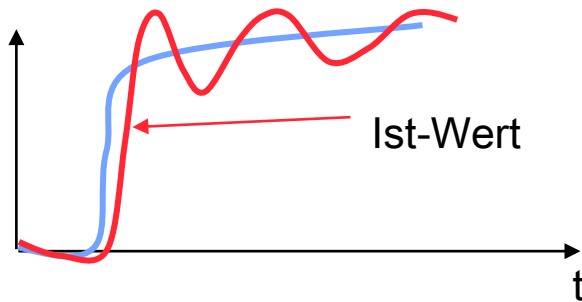
PID-Regler



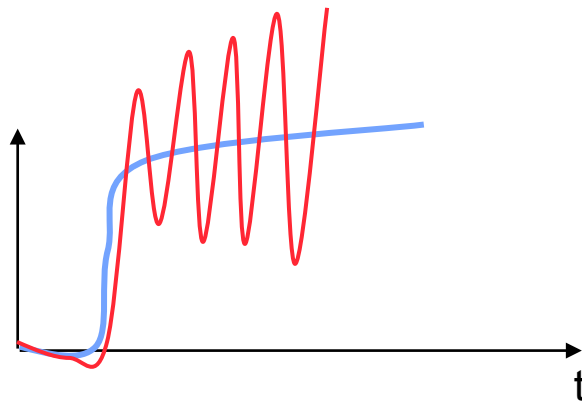
Charakteristik von Regelungen:



(fast) optimales Regelverhalten



Leichtes Überschwingen aber konvergierende Regelkurve



Instabile Regelung (ungedämpfte Rückkopplung)



Wichtige Frage:

Welche Mechanismen stehen auf der Seite der Microcontroller zur Verfügung, um die aktorische Schnittstelle zu realisieren ?



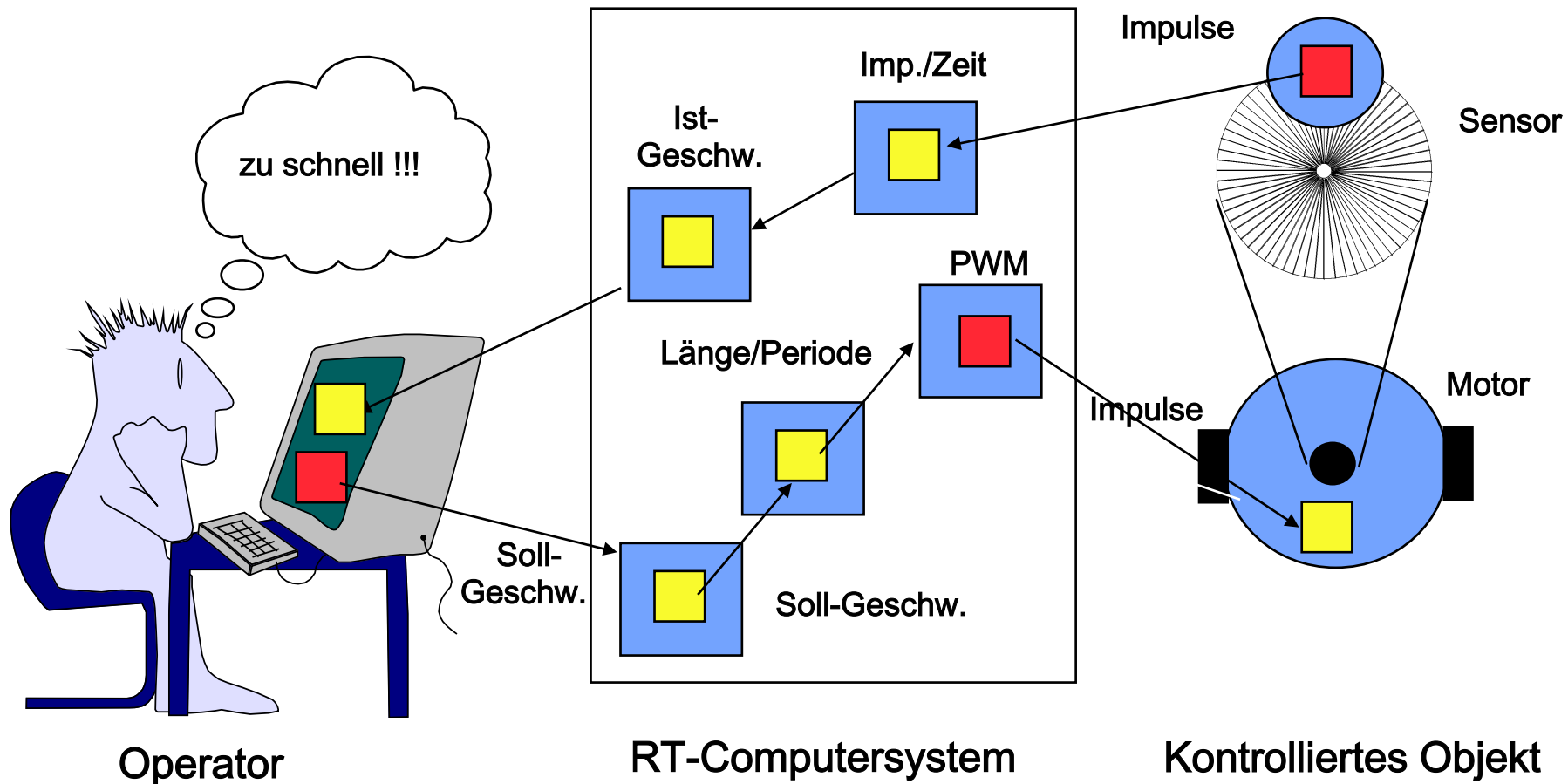
Physische Ereignisse und ihre Repräsentation



RTE: Real Time Entity



RTI: Real Time Image



Instrumentierungsschnittstelle (RWI) und Nachrichtenschnittstelle (MI)

RWI: konkrete low-level Schnittstelle zu einer Komponente, die vom Umfeld festgelegt wird

MI: Interne abstrakte Nachrichtenschnittstelle. Hier wird von physischen Gegebenheiten abstrahiert.

Der **Resource-Controller (RC)** ist die Schnittstellenkomponente zwischen RWI und MI hat die Rolle eines Wandlers (Transducer*, Transduktor) zwischen der spezifischen Informationsrepräsentation der “Welt” und dem vereinbarten (in Struktur und Semantik) Nachrichtenformat.

Der RC verbirgt die physische Schnittstelle der RW-Komponente von der standardisierten Repräsentation der Information im Rechner.

Der RC kann als eine allgemeine Form eines Gateways interpretiert werden.

* Transducer (Webster): A device that receives energy from one system, and retransmits it, often in a different form, to another.



Vergleich RWI und MI

| Charakteristik | RWI | MI |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| Informationsdarstellung | speziell | standard |
| Kopplung | eng | lose(r) |
| Codierung | analog/digital | digital |
| Zeitbasis | kontinuierlich (dense) | diskret (sparse) |
| Responsivität | eng | lose(r) |
| (Netz-)Topologie | 1-zu-1 | Multicast (n-zu-n) |
| Entwurfsfreiheit | begrenzt | frei |

Beispiele für standardisierte MIs:

- **SAE J 1587:** Message Specification for heavy duty vehicle applications
- **MAP MMS:** Manufacturing Automation Protocol
Manufacturing Message Specification
- **CanOpen:** Can Application Layer (low level)
- **IEEE 1451:** Smart Transducer Schnittstelle(n)



IEEE 1451: Ein Standard für Intelligente Sensoren und Aktoren

Standard für "SMART TRANSDUCERS" !! Warum "SMART"?

Smart Transducers (ST) stellen Funktionen zur Verfügung, die eine einfache und kostengünstige Erweiterung von Anwendungen ermöglichen. Plug and Play!

Elektronisches Datenblatt

Selbst-Identifikation

Intelligente (und autonome) Kalibrierung, Diagnose und Adaption

Digitale Schnittstelle

Kommunikation

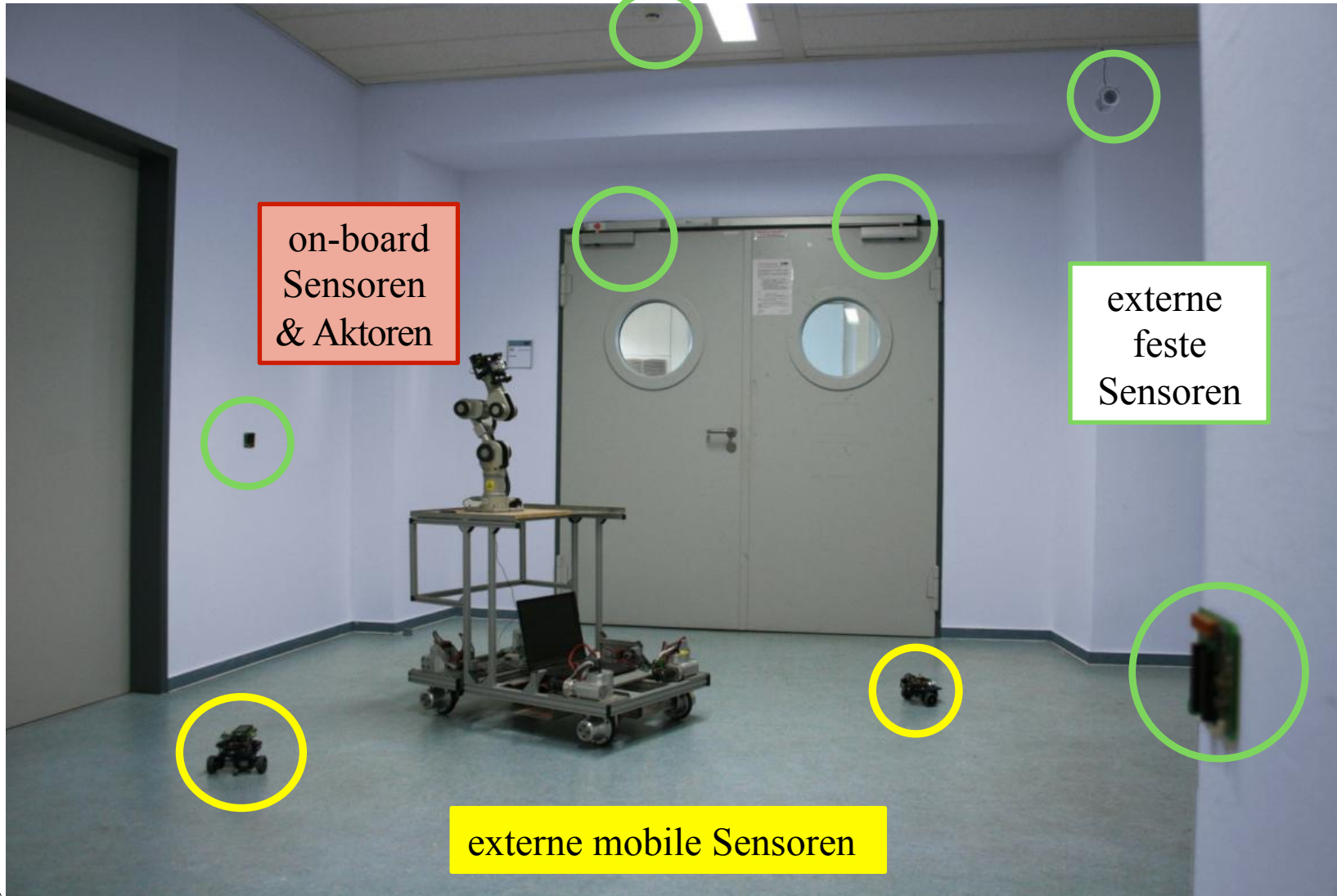
Eigenschaften können "in situ" festgestellt und geändert werden:
Kalibrierung, Korrekturfaktoren, Ort, Typ, Operationsschranken.

In einem dezentralisierten System sind Sensoren nutzlos, wenn nicht:

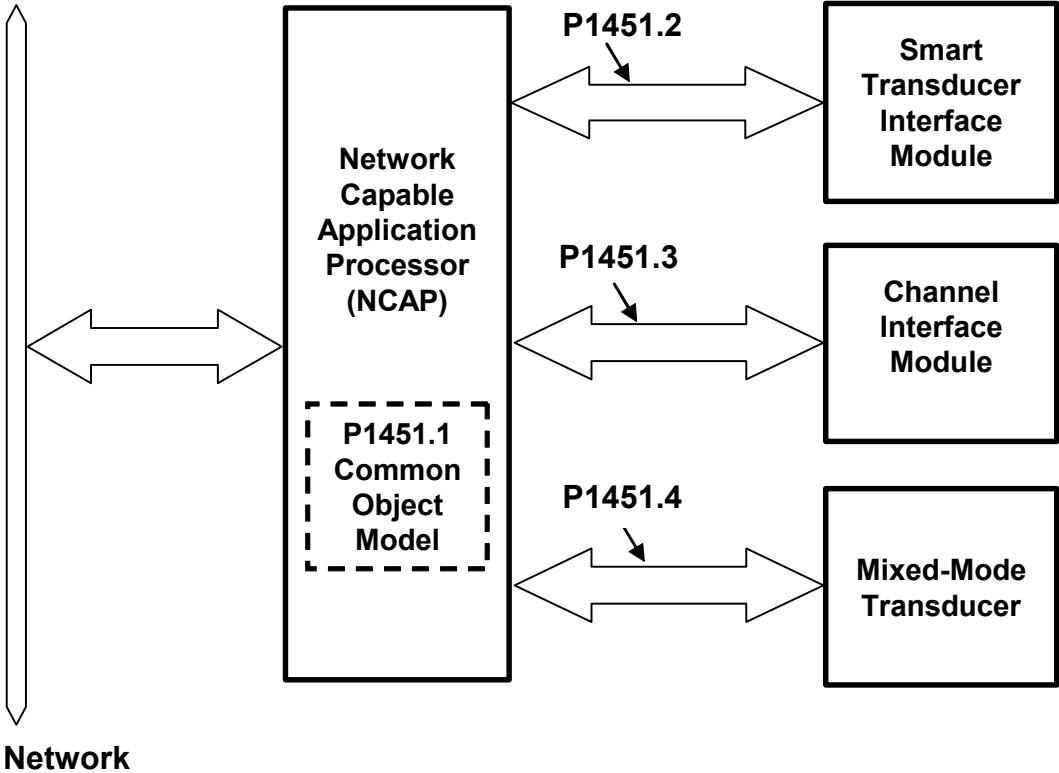
- ihre korrekte Funktion festgestellt werden kann,
- sie nach Typ und Ort identifiziert werden können und
- ihre Betriebsumstände verifiziert werden können, d.h. sie operieren unter den vom Hersteller angegebenen Bedingungen wie Signalbereich und Umgebungsbedingungen.



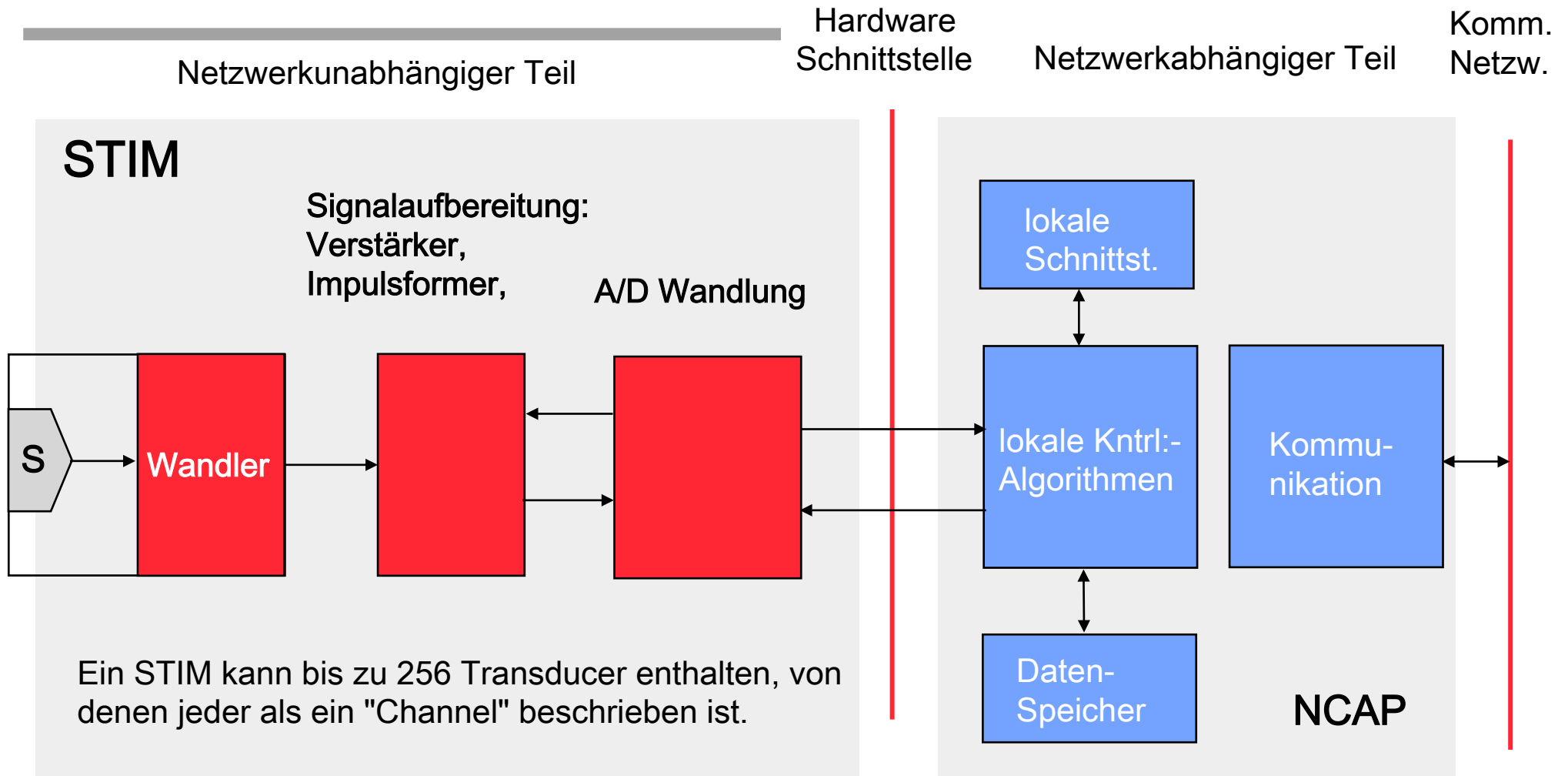
Eine "instrumentierte" Umgebung



Komponenten des IEEE 1451 Standards



IEEE 1451 Smart Transducer Model



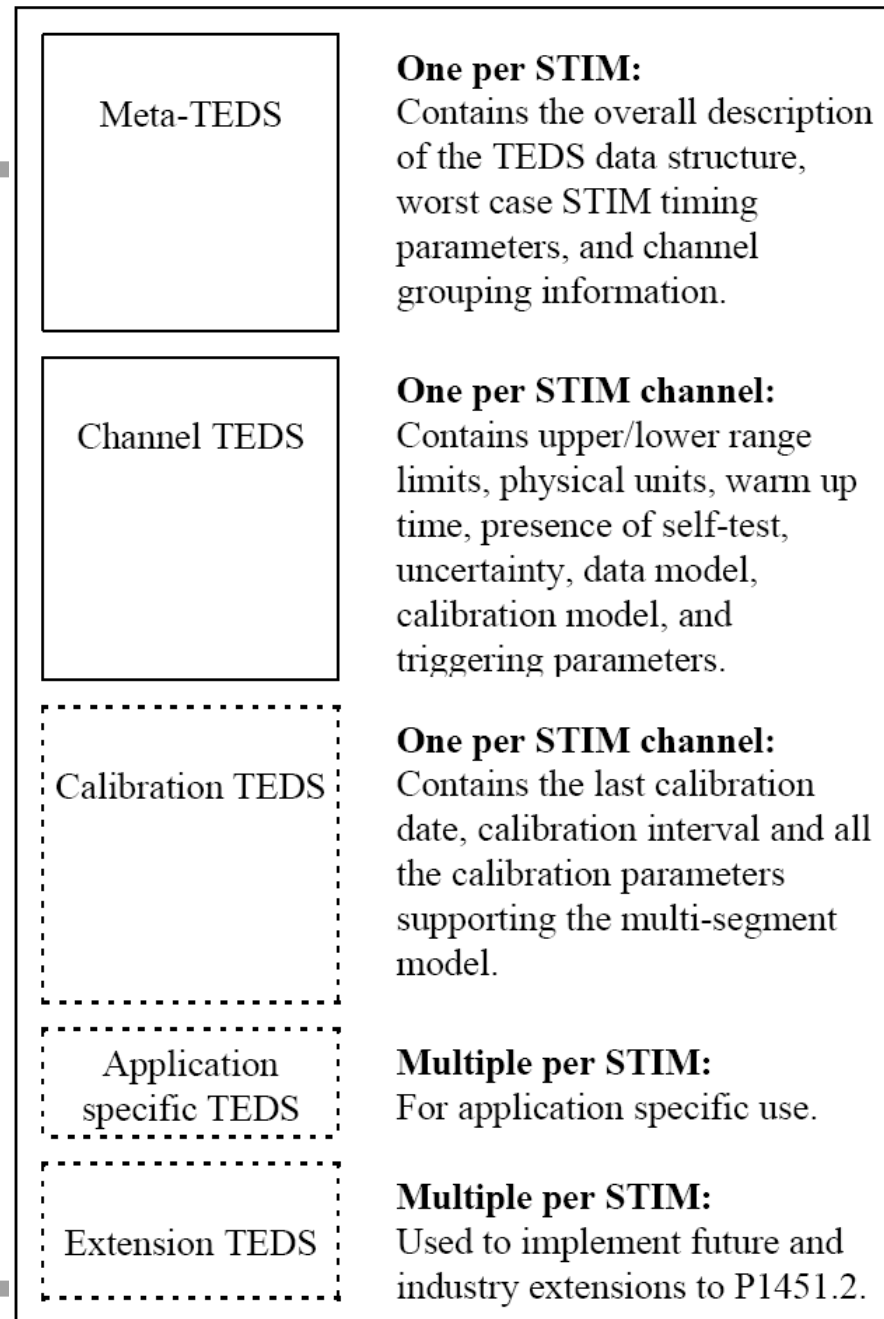
Ein STIM kann bis zu 256 Transducer enthalten, von denen jeder als ein "Channel" beschrieben ist.

1451.2 Smart Transducer Interface Module (STIM) beschrieben durch: TEDS (Transducer Electronic Data Sheet)

NCAP (Network Capable Processor)



Übersicht TEDS



Beispiel: Beschreibung eines Drucksensors

Stan P. Woods, Janusz Bryzek,
Steven Chen, Jeff Cranmer,
Edwin Vivian El-Kareh, Mike Geipel,
Fernando Gen-Kuong, John Houldswort,
Norm LeComte, Kang Lee,
Michael F. Matte, David E. Rasmussen

IEEE-P1451.2 Smart Transducer
Interface Module

U8, U16, U32 are unsigned
integers of length 8, 16 and 32
bits respectively.

F32 is a single precision
IEEE floating point number

STRING is an array of
character bytes

UNITS is the SI representation

| Meta TEDS | | | | |
|---|---|----------------------|-------------|----------------|
| Field # | Description | Field Length (Bytes) | Field type | Field Contents |
| Data structure related information | | | | |
| 1 | Meta-TEDS Length | 4 | U32 | 48 |
| 2 | IEEE 1451 Standards Family Working Group Number | 1 | U8 | 2 |
| 3 | TEDS Major Version Number | 2 | U16 | 2 |
| 4 | Future Extensions Key | 1 | U8 | 0 (NONE) |
| 5 | CHANNEL_ZERO Industry Extensions Key | 1 | U8 | 0 (NONE) |
| 6 | End Users' Application Specific TEDS Key | 1 | U8 | 0 |
| 7 | Number of Implemented Channels | 1 | U8 | 1 |
| 8 | String Language Code | 1 | U8 | 0 |
| 9 | Bytes per Character | 1 | U8 | 1 |
| Timing related information | | | | |
| 10 | Worst Case Channel Data Model Length | 1 | U8 | 2 |
| 11 | Worst Case Channel Data Repetitions | 2 | U16 | 1 |
| 12 | Worst Case Channel Update Time | 4 | F32 | 2.00E-05 |
| 13 | Worst Case Channel Write Setup Time | 4 | F32 | 0 |
| 14 | Worst Case Channel Read Setup Time | 4 | F32 | 8.00E-05 |
| 15 | Input/Output Response Time | 4 | F32 | 5.00E-04 |
| 16 | Calibration TEDS Write Time | 4 | F32 | 0 |
| 17 | Worst Case Data Clock Frequency | 4 | U32 | 2.00E+05 |
| 18 | Worst Case Channel Sampling Period | 4 | F32 | 2.00E-04 |
| 19 | Worst Case Unit Warm Up Time | 4 | F32 | 1 |
| Channel grouping related information | | | | |
| 20 | Channel Groupings Data Sub-Block Length | 2 | U16 | 0 |
| 21 | Number of Channel Groupings = G | 0 | U8 | - |
| 22 | Group Name Length | 0 | U8 | - |
| 23 | Group Name (<= 255) | 0 | STRING | - |
| 24 | Group Type | 0 | U8 | - |
| 25 | Number of Group Members = N | 0 | U8 | - |
| 26 | Member Channel Numbers List = M(N) (<= 255) | 0 | array of U8 | - |
| Data integrity information | | | | |
| 27 | Checksum for Meta-TEDS | 2 | U16 | 62856 |



Beispiel:
Beschreibung eines
Drucksensors

| | | | | |
|----|---|-----|--------|--|
| 28 | Data structure related information Meta-Identification TEDS Length | 4 | U32 | 310 |
| 29 | Identification related information Manufacturer's Identification Length | 1 | U8 | 55 |
| 30 | Manufacturer's Identification (<= 255) | 55 | STRING | Texas Instruments Incorporated Control Product Division |
| 31 | Model Number Length | 1 | U8 | 9 |
| 32 | Model Number (<= 255) | 9 | STRING | EX3514.XX |
| 33 | Revision Code Length | 1 | U8 | 2 |
| 34 | Revision Code | 2 | STRING | 01 |
| 35 | Serial Number Length | 1 | U8 | 5 |
| 36 | Serial Number (<= 255) | 5 | STRING | SN-01 |
| 37 | Date Code Length | 1 | U8 | 25 |
| 38 | Date Code (<= 255) | 25 | STRING | November 1, 1995, Shift 1 |
| 39 | Product Description Length | 2 | U16 | 205 |
| 40 | Product Description (<= 65535) | 205 | STRING | Description: Ratiometric Pressure Transducer Part Number: EX3514.XX Serial Number: SN-01 Pressure Range: 0 To 3000 PSIA Input Voltage: 5 Vdc Output Voltage: 0 To 5 Vdc Temperature Range: -40 To 85° C |
| 41 | Data integrity information data sub-block Checksum for Meta-Identification TEDS | 2 | U16 | 38702 |



Beispiel:
Beschreibung eines
Drucksensors

| Channel TEDS | | | | |
|---|--|----------------------|------------|--|
| Field # | Description | Field Length (Bytes) | Field type | Field Contents |
| Data structure related information | | | | |
| 42 | Channel TEDS Length | 4 | U32 | 80 |
| 43 | Calibration Key | 1 | U8 | 1 (FIXED) |
| 44 | Industry Extension Key | 1 | U8 | 0 (NONE) |
| Transducer related information | | | | |
| 45 | Lower Range Limit | 4 | F32 | 0 |
| 46 | Upper Range Limit | 4 | F32 | 20684190 |
| 47 | Physical Units | 10 | UNITS | Pa (0,128,128,126,130,124,128,128,128,128) |
| 48 | Unit Type Key | 1 | U8 | 0 (SENSOR) |
| 49 | Unit Warm Up Time | 4 | F32 | 1 |
| 50 | Self Test Key | 1 | U8 | 0 (NONE) |
| 51 | Uncertainty | 4 | F32 | 206842 |
| Data converter related information | | | | |
| 52 | Channel Data Model | 1 | U8 | 0 (N BYTE) |
| 53 | Channel Data Model Length | 1 | U8 | 2 |
| 54 | Channel Model Significant Bits | 2 | U16 | 12 |
| 55 | Channel Data Repetitions | 2 | U16 | 1 |
| 56 | Series Increment | 4 | F32 | 0 |
| 57 | Series Units | 10 | UNITS | 0 |
| 58 | Channel Update Time | 4 | F32 | 2.00E-05 |
| 59 | Channel Write Setup Time | 4 | F32 | 0 |
| 60 | Channel Read Setup Time | 4 | F32 | 8.00E-05 |
| 61 | Data Clock Frequency | 4 | U32 | 2.00E+05 |
| 62 | Channel Sampling Period | 4 | F32 | 2.00E-04 |
| 63 | Timing Correction | 4 | F32 | 0 |
| 64 | Trigger Accuracy | 4 | F32 | 5.00E-06 |
| Data integrity information | | | | |
| 65 | Checksum for Channel TEDS | 2 | U16 | 59968 |
| Data structure related information | | | | |
| 66 | Channel Identification TEDS Length | 4 | U32 | 80 |
| Identification related information | | | | |
| 67 | Manufacturer's Identification Length | 1 | U8 | 0 |
| 68 | Manufacturer's Identification (≤ 255) | 0 | STRING | - |
| 69 | Model Number Length | 1 | U8 | 0 |
| 70 | Model Number (≤ 255) | 0 | STRING | - |
| 71 | Revision Code Length | 1 | U8 | 0 |
| 72 | Revision Code (≤ 255) | 0 | STRING | - |
| 73 | Serial Number Length | 1 | U8 | 0 |
| 74 | Serial Number (≤ 255) | 0 | STRING | - |
| 75 | Channel Description Length | 2 | U16 | 0 |
| 76 | Channel Description (≤ 65535) | 0 | STRING | - |
| Data integrity information | | | | |
| 77 | Checksum for Channel Identification TEDS | 2 | U16 | 65527 |



Beispiel:
Beschreibung eines
Drucksensors

| Calibration TEDS | | | | |
|---|--|----------------------|------------|----------------|
| Field # | Description | Field Length (Bytes) | Field type | Field Contents |
| Data structure related information | | | | |
| 78 | Calibration TEDS Length | 4 | U32 | 99 |
| Calibration related information | | | | |
| 79 | Last Calibration Date-Time | 4 | U32 | 0 |
| 80 | Calibration Interval | 4 | U32 | 0 |
| 81 | Number of Correction Input Channels = n | 1 | U8 | 1 |
| 82 | Correction Input Channel List | 1 | U8 | 1 |
| 83 | Correction Input Channel-Key List | 1 | U8 | 0 |
| 84 | Channel Degree List = D(k) | 1 | U8 | 1 |
| 85 | Number of Segments List = N _k | 1 | U8 | 5 |
| 86 | Segment Boundary Values Table (Pa) | 24 | F32 | 0 |
| | (segment 1 high boundary) | | F32 | 4136838 |
| | (segment 2 high boundary) | | F32 | 8273676 |
| | (segment 3 high boundary) | | F32 | 12410514 |
| | (segment 4 high boundary) | | F32 | 16547352 |
| | (segment 5 high boundary) | | F32 | 20684190 |
| 87 | Segment Offset Values Table (Pa) | 20 | | |
| | (segment 1 offset) | | F32 | 5051 |
| | (segment 2 offset) | | F32 | 5051 |
| | (segment 3 offset) | | F32 | 5051 |
| | (segment 4 offset) | | F32 | 5051 |
| | (segment 5 offset) | | F32 | 5051 |
| 88 | Multinomial Coefficients | 40 | | |
| | A ₀₀ (Pa) | | F32 | -126372 |
| | A ₀₁ (Pa/count) | | F32 | 5244 |
| | A ₁₀ | | F32 | -44141 |
| | A ₁₁ | | F32 | 5144 |
| | A ₂₀ | | F32 | 111220 |
| | A ₂₁ | | F32 | 5049 |
| | A ₃₀ | | F32 | 331826 |
| | A ₃₁ | | F32 | 4959 |
| | A ₄₀ | | F32 | 610811 |
| | A ₄₁ | | F32 | 4874 |
| Data integrity information | | | | |
| 89 | Checksum for Calibration TEDS | 2 | U16 | 57092 |



Physikalische Basiseinheiten: http://de.wikipedia.org/wiki/Internationales_Einheitensystem

| Quantity | Unit | Symbol |
|-----------------------------|-----------|--------|
| Länge | meter | m |
| Masse | Kilogramm | kg |
| Zeit | Sekunden | s |
| Elektr. Strom | Ampère | A |
| Thermodynamische Temperatur | Kelvin | K |
| chem. Masseinheit | Mol | mol |
| Lichtintensität | Candela | cd |

ISO 31-0:1992(E), "General Introduction to ISO 31—General Principles Concerning Quantities, Units and Symbols," International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1974.



| Derived quantity | Special name | Special symbol | Expression in terms of other SI units | Expression in terms of SI Base units |
|---|----------------|--------------------|---------------------------------------|--|
| plane angle | radian | rad | | $\text{m m}^{-1}=1$ |
| solid angle | steradian | sr | | $\text{m}^2 \text{m}^{-2}=1$ |
| frequency | hertz | Hz | | s^{-1} |
| area (square meter) | | | | m^2 |
| volume (cubic meter) | | | | m^3 |
| acceleration (meter per second squared) | | | | m/s^2 |
| wave number (reciprocal meter) | | | | m^{-1} |
| mass density(density) (kilogram per cubic meter) | | | | kg/m^3 |
| specific volume (cubic meter per kilogram) | | | | m^3/kg |
| current density (ampere per square meter) | | | | A/m^2 |
| magnetic field strength (ampere per meter) | | | | A/m |
| amount-of-substance concentration (mole per cubic meter) | | | | Mol/m^3 |
| luminance (candela per square meter) | | | | cd/m^2 |
| force | newton | N | | m kg s^{-2} |
| pressure, stress | pascal | Pa | N/m^2 | $\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$ |
| energy, work, quantity of heat | joule | J | N m | $\text{M}^2 \text{kg s}^{-2}$ |
| power, radiant flux | watt | W | J/s | $\text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$ |
| electric charge, quantity of electricity | coulomb | C | | s A |
| electric potential, potential difference, electromotive force | volt | V | W/A | $\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$ |
| capacitance | farad | F | C/V | $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{S}^4 \text{A}^2$ |
| electric resistance | ohm | Ω | V/A | $\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-2}$ |
| electric conductance | siemens | S | A/V | $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{A}^2$ |
| magnetic flux | weber | Wb | V s | $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$ |
| magnetic flux density | tesla | T | Wb/m^2 | $\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$ |
| inductance | henry | H | Wb/A | $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$ |
| Celsius temperature | degree Celsius | $^{\circ}\text{C}$ | | K |
| luminous flux | lumen | lm | | cd sr |
| illuminance | lux | lx | lm/m^2 | $\text{m}^{-2} \text{cd sr}$ |



Normierte Darstellung physikalischer Parameter in 1451.2

| Field # | Description | # bytes |
|---------|---|---------|
| 1 | ENUMERATION | 1 |
| | 0: Unit is described by the product of SI base units raised to the powers recorded in fields 2 through 10. | |
| | 1: Unit is U/U, where U is described by the product SI base units raised to the powers recorded in fields 2 through 10. | |
| | 2: Unit is $\log_e(U)$, where U is described by the product of SI base units raised to the powers recorded in fields 2 through 10. | |
| | 3: Unit is $\log_e(U/U)$, where U is described by the product of SI base units raised to the powers recorded in fields 2 through 10. | |
| | 4: The associated quantity is digital data (e.g. a bit vector) and has no unit. Fields 2-10 shall be set to 128. | |
| | 5-255: Reserved | |
| 2 | $(2 * \langle \text{exponent of radians} \rangle) + 128$ | 1 |
| 3 | $(2 * \langle \text{exponent of steradians} \rangle) + 128$ | 1 |
| 4 | $(2 * \langle \text{exponent of meters} \rangle) + 128$ | 1 |
| 5 | $(2 * \langle \text{exponent of kilograms} \rangle) + 128$ | 1 |
| 6 | $(2 * \langle \text{exponent of seconds} \rangle) + 128$ | 1 |
| 7 | $(2 * \langle \text{exponent of amperes} \rangle) + 128$ | 1 |
| 8 | $(2 * \langle \text{exponent of kelvins} \rangle) + 128$ | 1 |
| 9 | $(2 * \langle \text{exponent of moles} \rangle) + 128$ | 1 |
| 10 | $(2 * \langle \text{exponent of candelas} \rangle) + 128$ | 1 |

SI: Le **S**ystème **I**nternational d'Unités.



Beispiele:

Nur die Dimension, nicht der Wert wird codiert!

Länge in Metern

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 130 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 |

Fläche in m²

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 132 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 |

Druck in pascal = m⁻¹ kg s⁻²

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 126 | 130 | 124 | 128 | 128 | 128 | 128 |

Widerstand in Ω = m² kg s⁻³ A⁻²

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | -3 | -2 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 132 | 130 | 122 | 124 | 128 | 128 | 128 |

Noise Spectral Density : volts per root Hertz (V/√hz = m² kg s^{-5/2} A⁻¹)

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | -5/2 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 132 | 130 | 123 | 126 | 128 | 128 | 128 |

Power Quantity - Bel (log₁₀ W/W) W = m² kg s⁻³

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 132 | 130 | 122 | 128 | 128 | 128 | 128 |



Beispiele:

Switch Positions

| | Enum | rad | sr | m | kg | s | A | K | mol | cd |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| exponent | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| decimal | | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 |

Lee H. Eccles (Boeing Commercial Airplane Company): Physical Units Representation in IEEE 1451.2



COsmic embedded DEvice Specifications

Hubert Piontek, Jörg Kaiser. **Self-describing devices in COSMIC**. Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2005

1. General information

device name, manufacturer, ...

2. Events and their properties

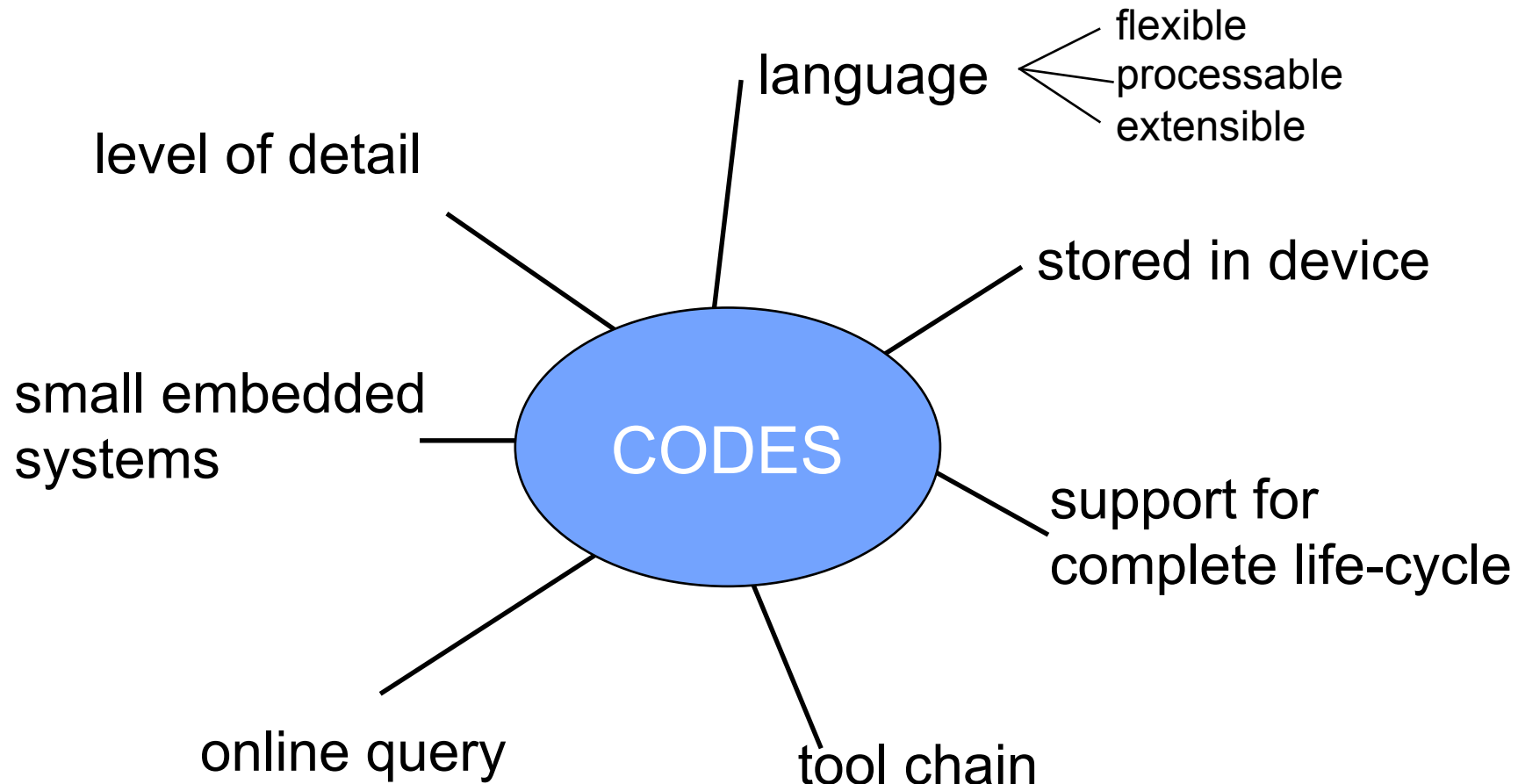
subject, attribute list (e.g. expiration time, position, range, precision), contents (encoding, units)

3. Event Channels and their properties

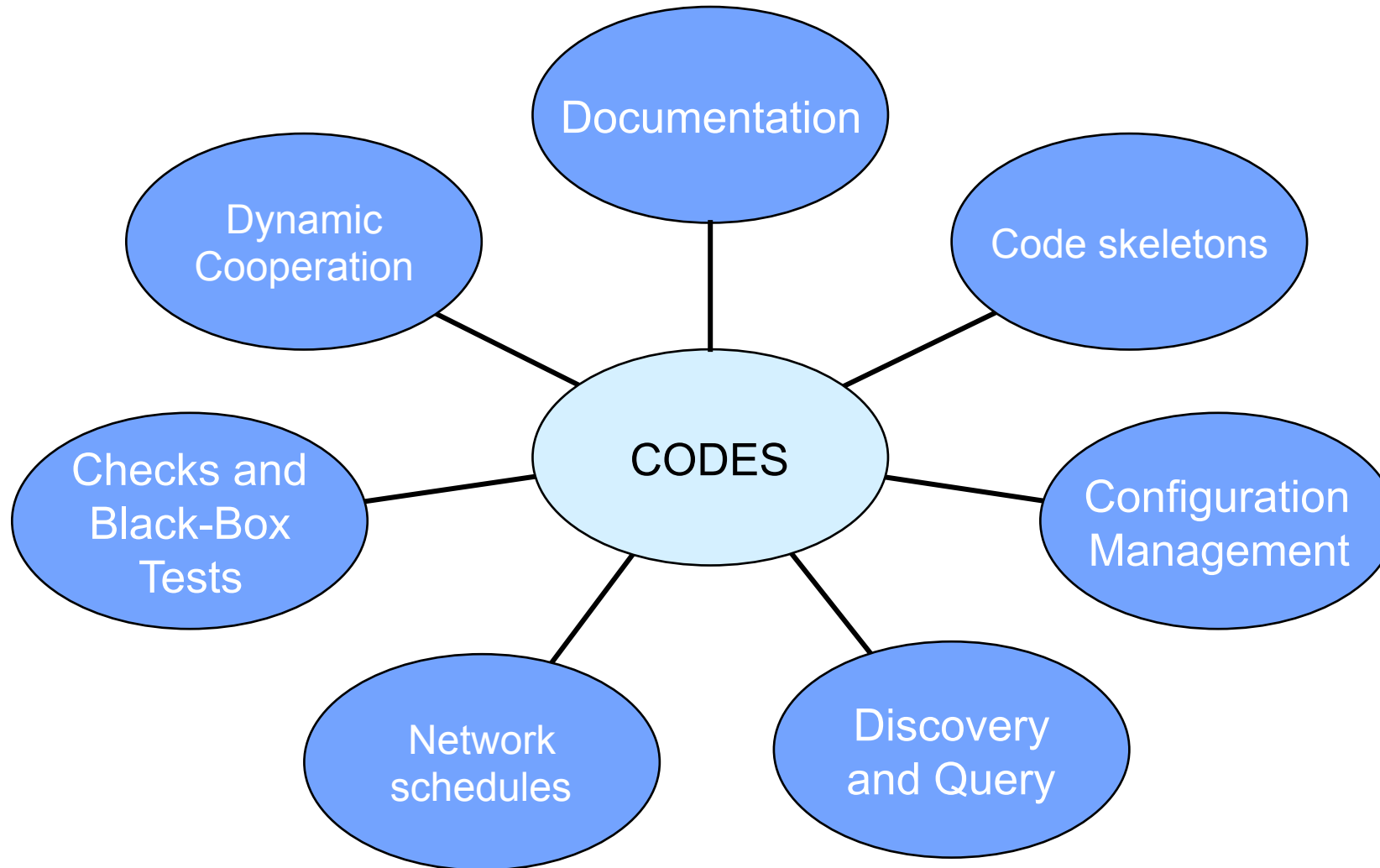
subject, attribute list (e.g. channel type, period, deadline, omission degree)



CODES – Overview



CODES – Benefits



CODES – Details

```

<CODES>
  <GeneralInformation>
    <NodeUID>0xC4D70E
    <DeviceName>IR Dista
  </GeneralInformation>
  <EventDefinitions>
    <Event />
  </EventDefinitions>
  <EventChannelDe
  <EventChannel>
    <SubjectUID>0
    <EventChanne
    <Direction>pro
    <Attributes>
      <Attribute><N
        <Dimensi
        <Seconds
        <Magnitu
        </Dimens
      </Attribute></
    </EventChannel:
  </EventChannelD
</CODES>
  
```

```

<Event>
  <Subject />
  <Attributes>
    <Attribute>
      <Name>ExpirationTime</Name>
    </Attribute>
  
```

```

<Name>Distance</Name>
<DataType>u_int_16_t</DataType>
<Dimension>
  <SIUnit>
    <Meters>1.0</Meters>
    <Magnitude>-3.0</Magnitude>
  
```

The screenshot shows the CODES Creator application window with the following details:

- Node UID:** 0xc4d70e320292b5f6
- Device Name:** KURT2++
- Device Type:** Motor Controller
- Manufacturer:** (empty)
- Processor:** C167CS
- Connections:** CAN 2.0b
- Hardware Version:** 1.1
- System Software Version:** 2.5
- Description:** Kurt's "central" controller. Manages odometry and motor control. Can be remotely operated or act on input from a line tracking camera
- Full Information:** <http://www.informatik.uni-ulm.de/rs/mitarbeta>
- Supported Event Channel Types:**
 - Hard Real-Time
 - Soft Real-Time
 - Non Real-Time

Events Table:

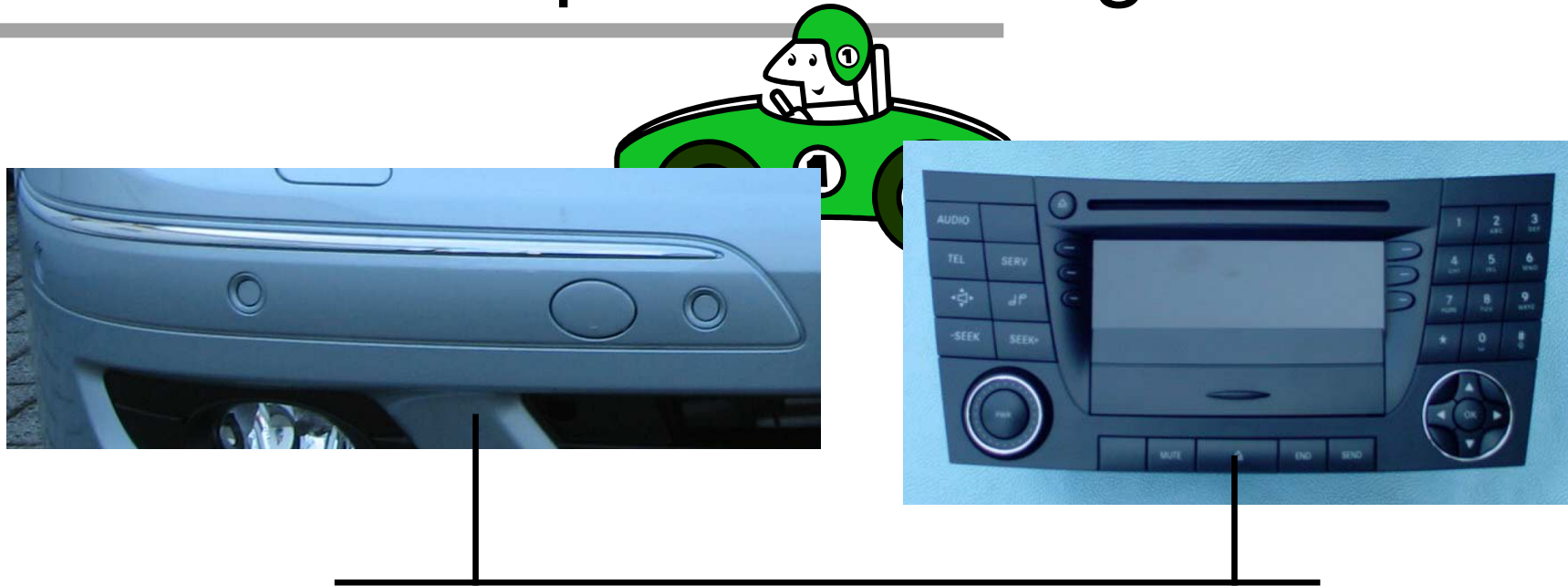
| UID | Subject | Fieldcount | Payload size | Attributes |
|--------------------|----------------|------------|--------------|------------------|
| 0x2001 | IR distance | 8 | 64 | Expiration time: |
| 0x2002 | ir emergency | 8 | 64 | Expiration time: |
| 0x5245475f5041524d | Regelparameter | 5 | 64 | Expiration time: |
| 0x5345545350454544 | set speed | 4 | 48 | Expiration time: |
| 0x4b325f4d4f44455f | Mode Selection | 5 | 64 | Expiration time: |
| 0x1001 | John Silver IR | 8 | 64 | Expiration time: |
| 0x43414c49425f4b32 | Calibration | 3 | 40 | Expiration time: |

Event Channels Table:

| Subject | Type | Direction | Attributes |
|------------------|------|-----------|---------------------|
| John Silver IR | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| Calibration | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| line detection | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| Automatik start | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| Wait For JS | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| Auto Follow Mode | NRT | consuming | Period=010^-3 * s^1 |
| BLIR | NRT | producing | Period=010^-3 * s^1 |
| Odometrie | NRT | producing | Period=010^-3 * s^1 |



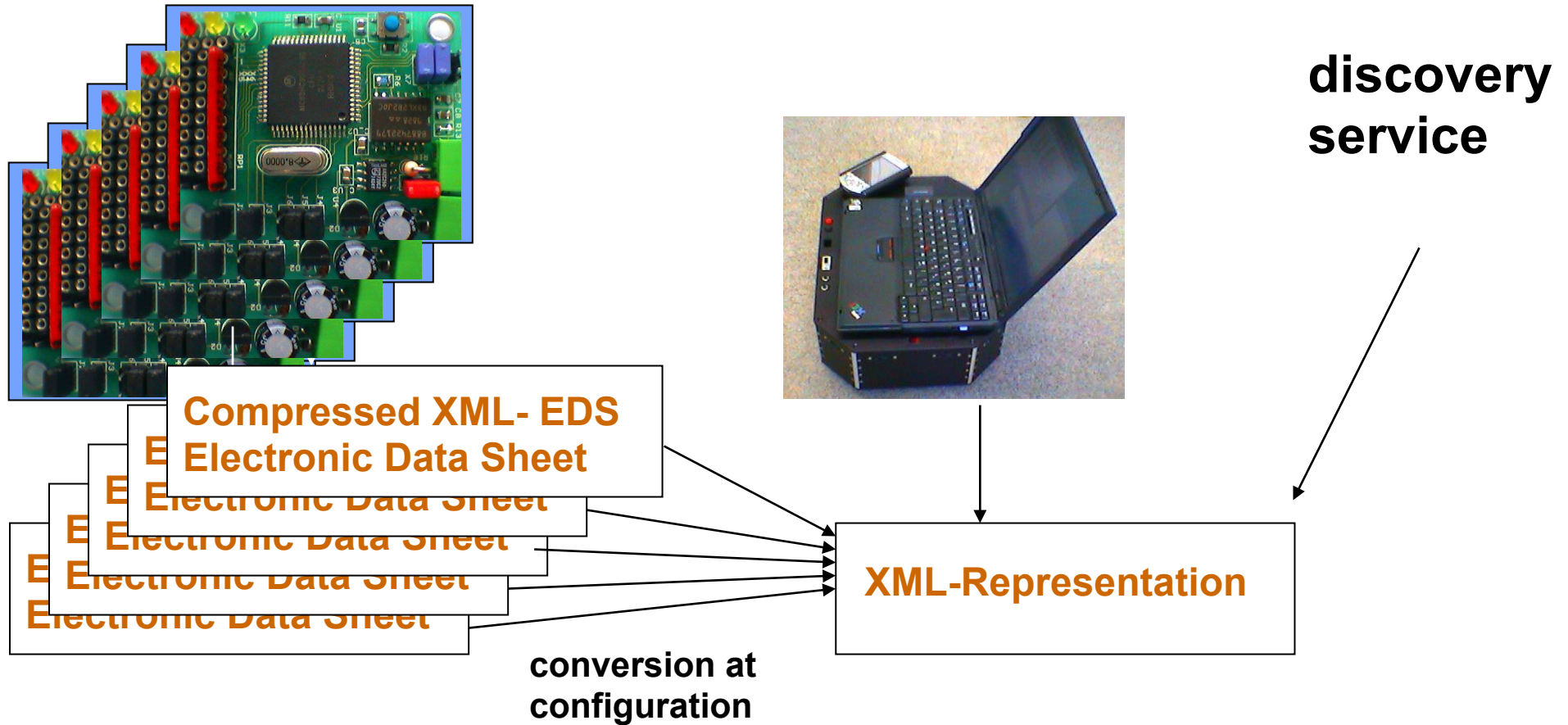
Example: A Parking Aid



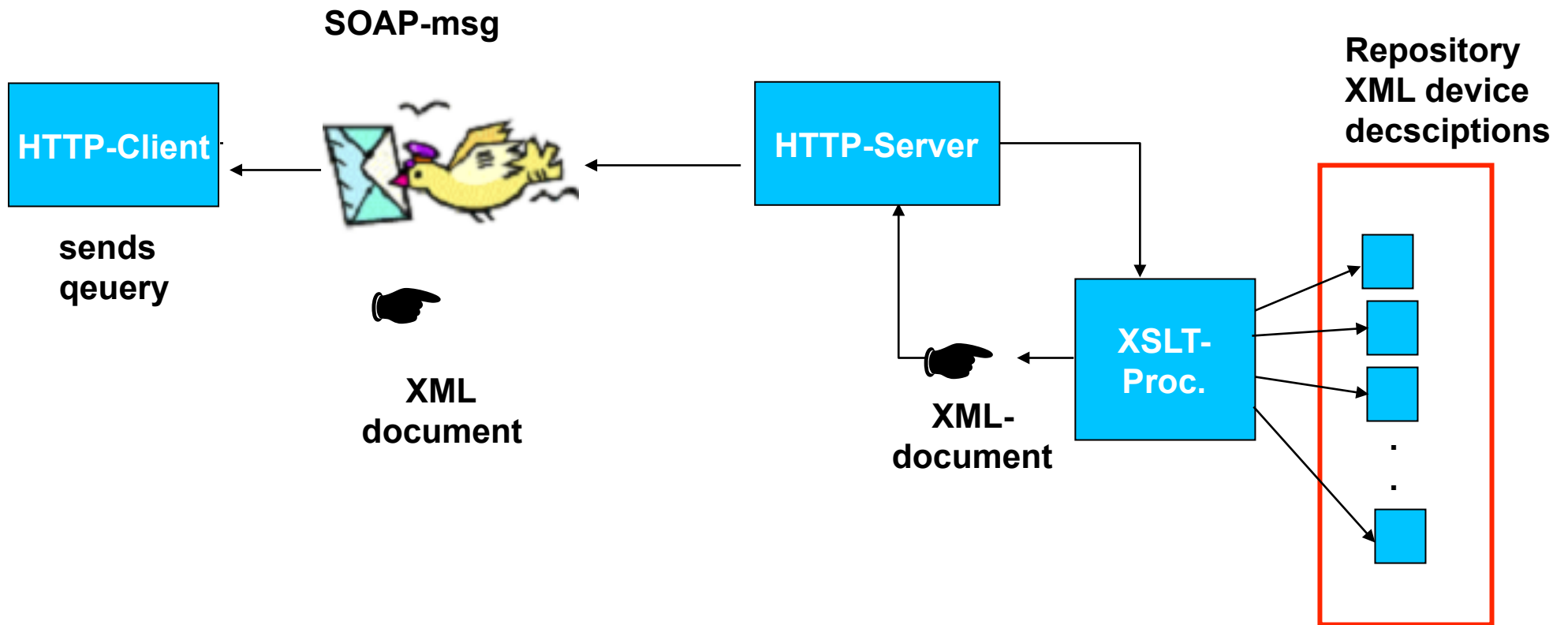
- Physical compatibility
- Communication parameters
- Awareness
- Application configuration

CODES

supporting dynamic interactions:
self-description and discovery



Supporting dynamic interactions: Self-Description and Discovery



Wesentliche Punkte:

Sensoren und Aktoren sind äußerst diversitär was ihre spezifischen Eigenschaften, die Schnittstelle und die Art ihrer Informationsdarstellung betrifft.

Eine informationsverarbeitende Komponente ermöglicht eine anwendungsangepasste Aufbereitung, standardisierte (Netzwerk-) Schnittstelle und Informationsdarstellung.

Eine Beschreibung der Sensoren und Aktoren ermöglicht eine dynamische Konfiguration und Erweiterung eines Sensor/ Aktor-Systems.

