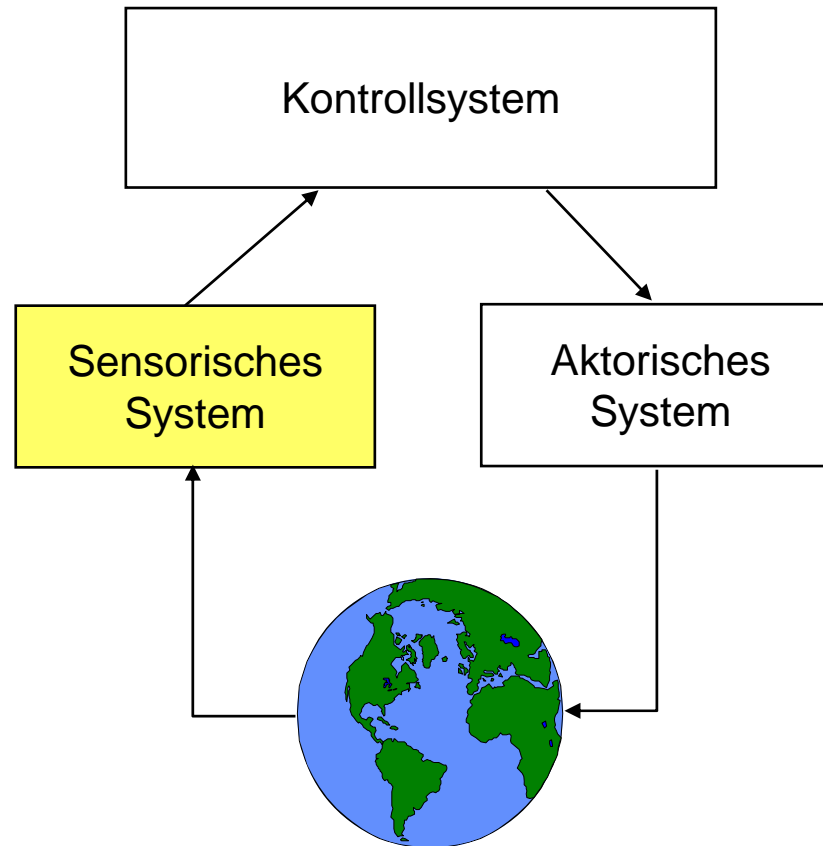
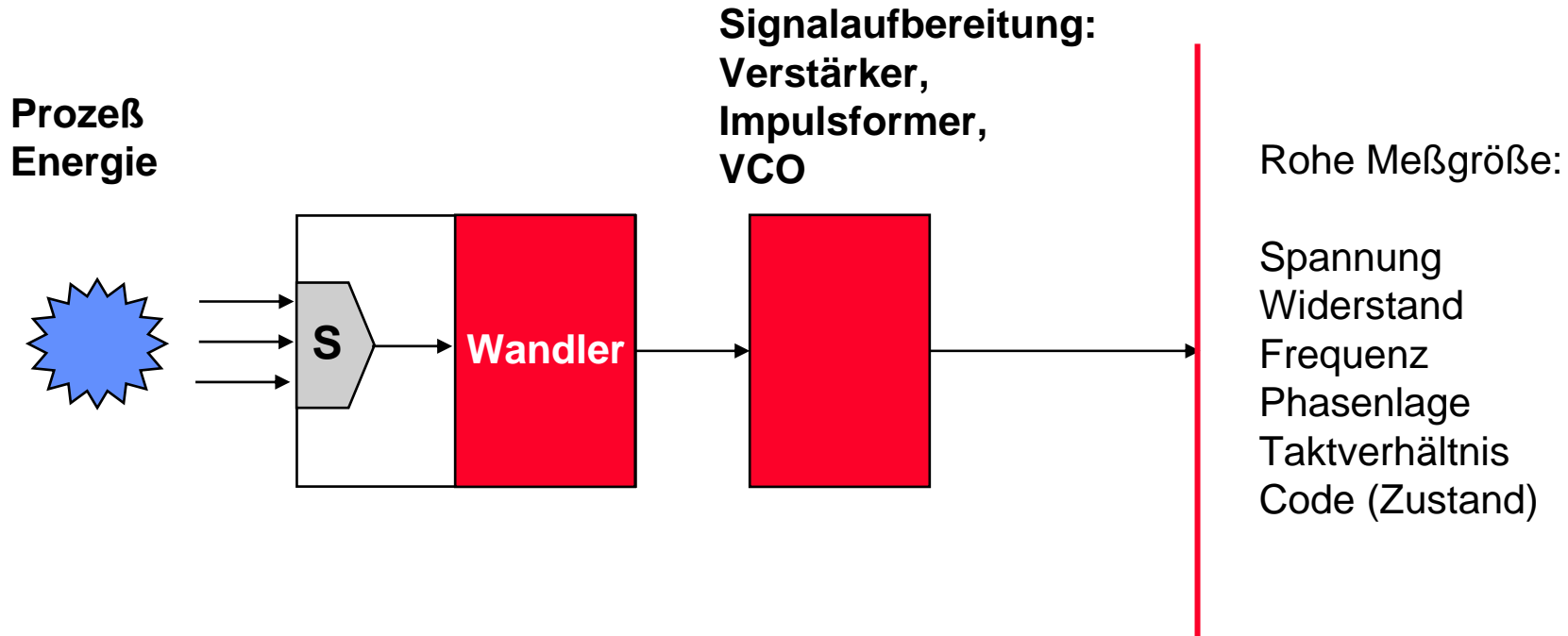


Das Real-World Interface:

Sensoren
und
Aktoren

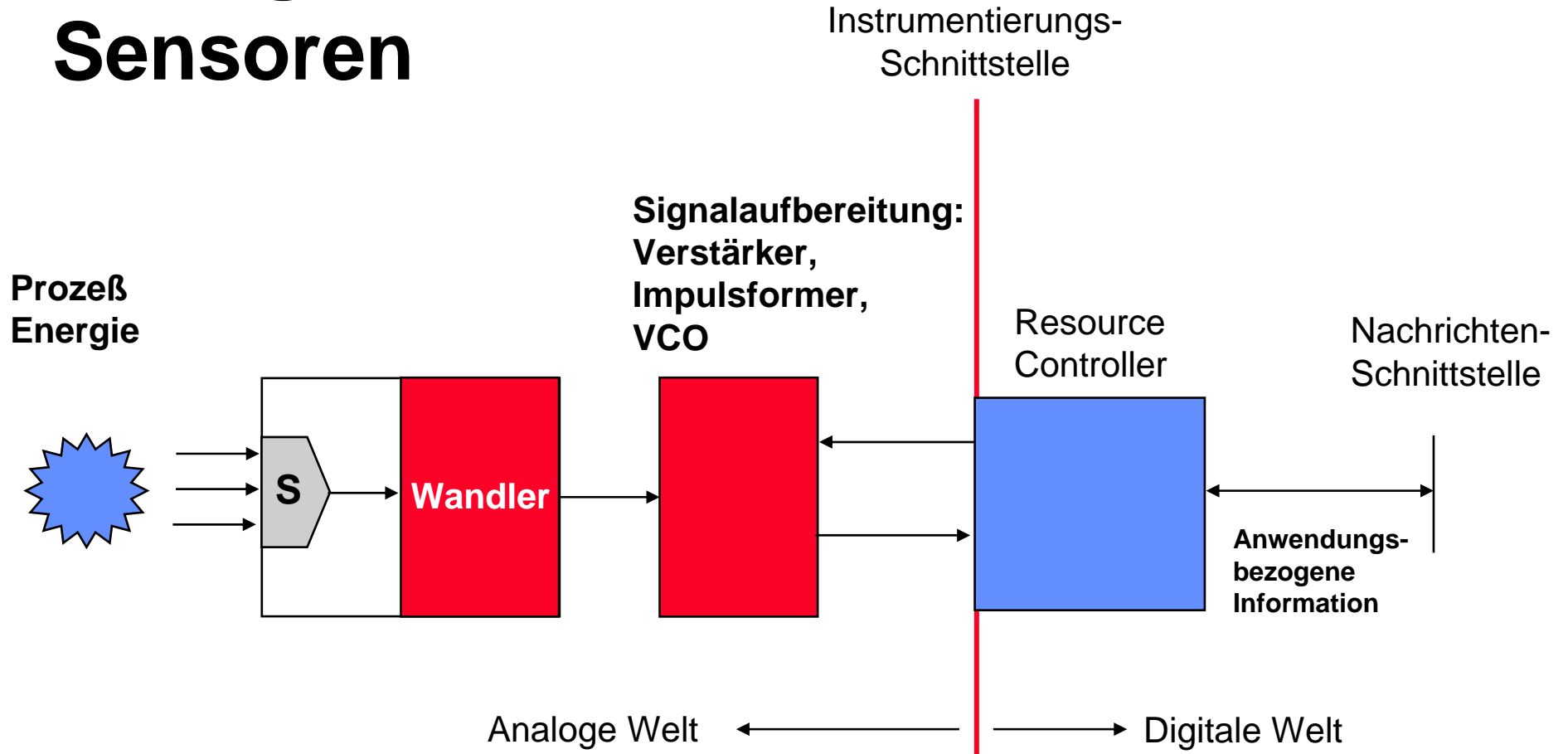
Die sensorischen Komponenten





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



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.

Beispiel: 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.

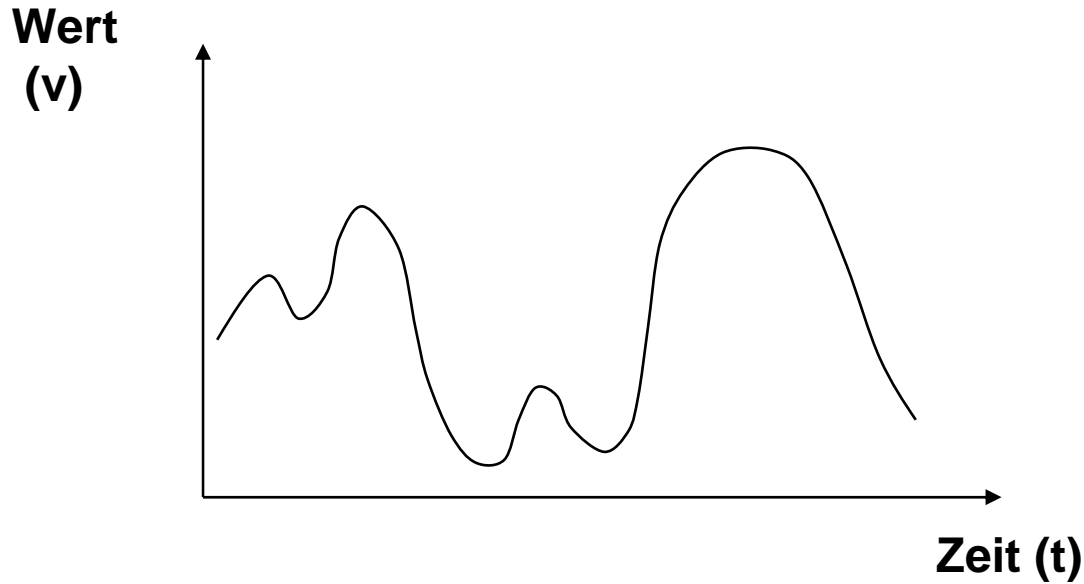
Virtuelle Sensoren:

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

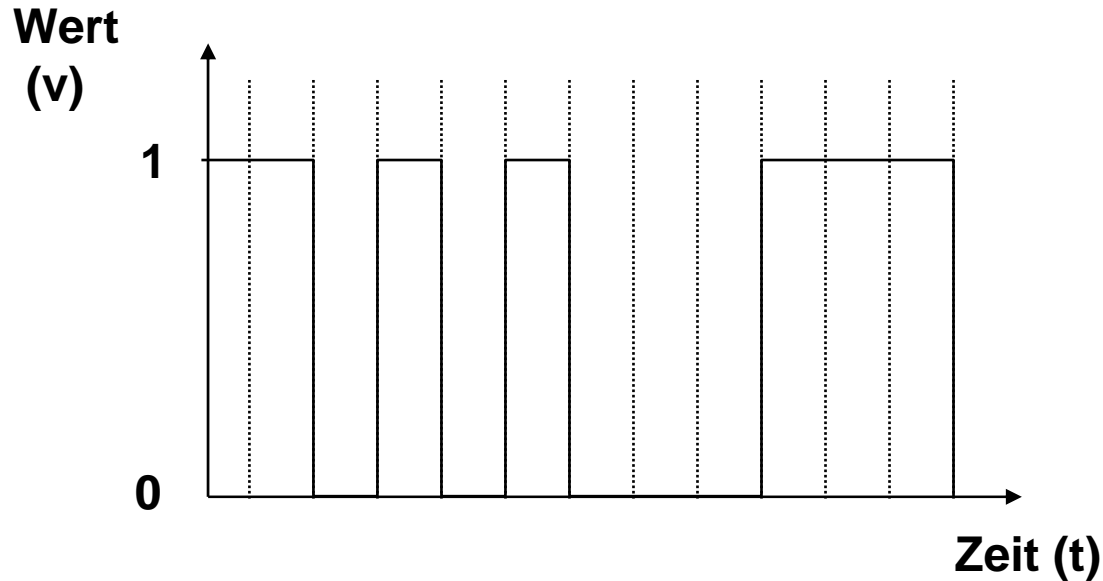
Kooperierende Sensoren:

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

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

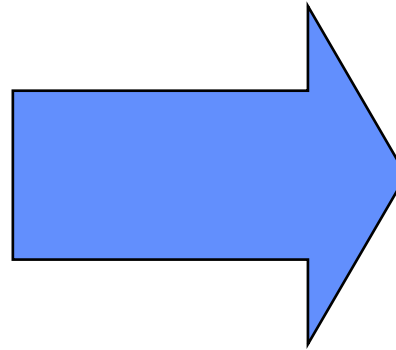
Anforderungen an die Instrumentierungsschnittstelle:

Wandlung analoger
elektrischer Größen:

Spannung,
Strom,
Widerstand

Wandlung kontinuierlicher
zeitlicher Größen:

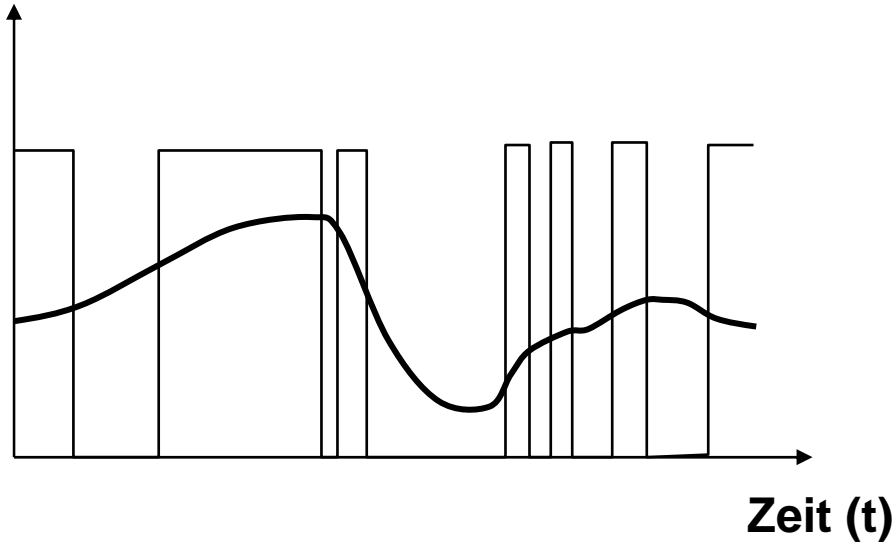
Zeitintervalle,
Perioden,
Frequenzen



Repräsentation:
- digital
- binär

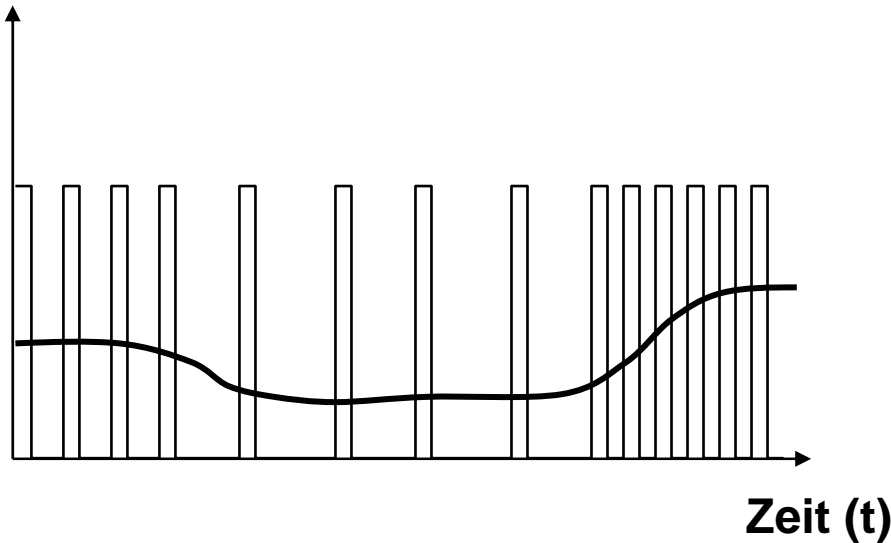
Analoge Grössen in einer kontinuierlichen Zeitdomäne

Wert
(v)



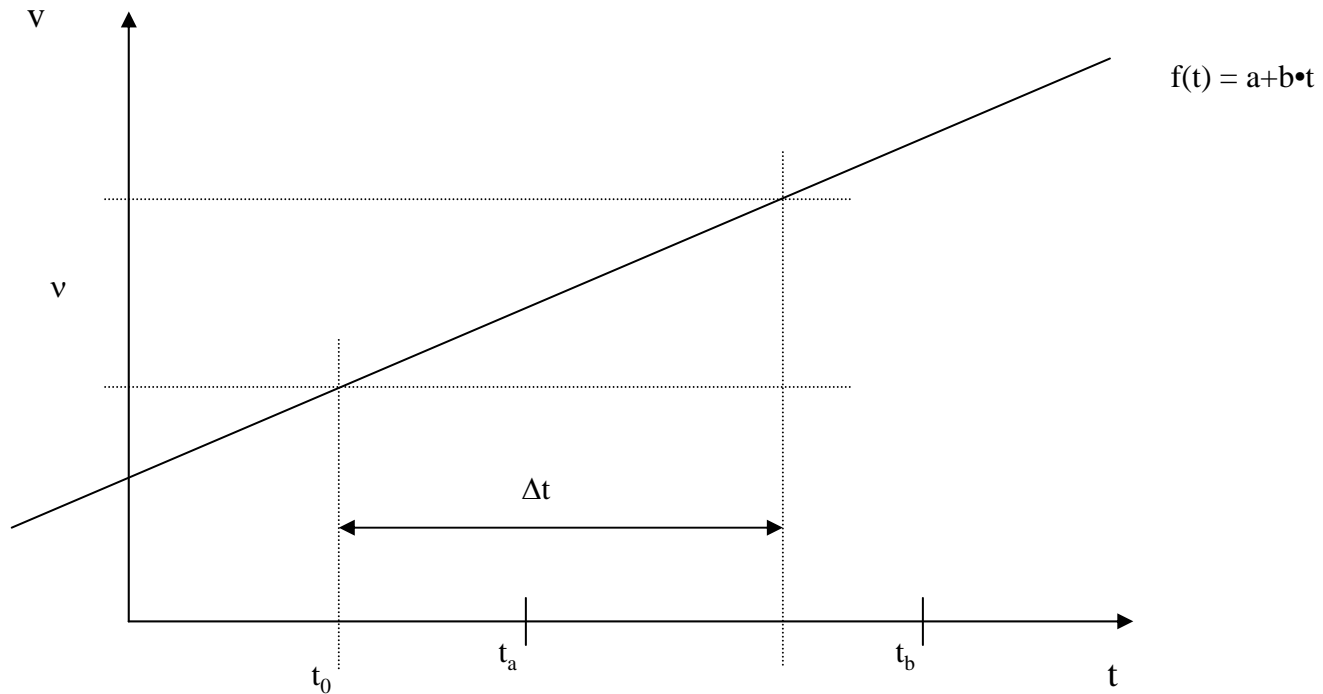
Pulsbreite
Puls/Pausen (Takt)-Verhältnis

Wert
(v)



Frequenz

Zeitliche Gültigkeit von Sensordaten



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

Odometrie Sensor

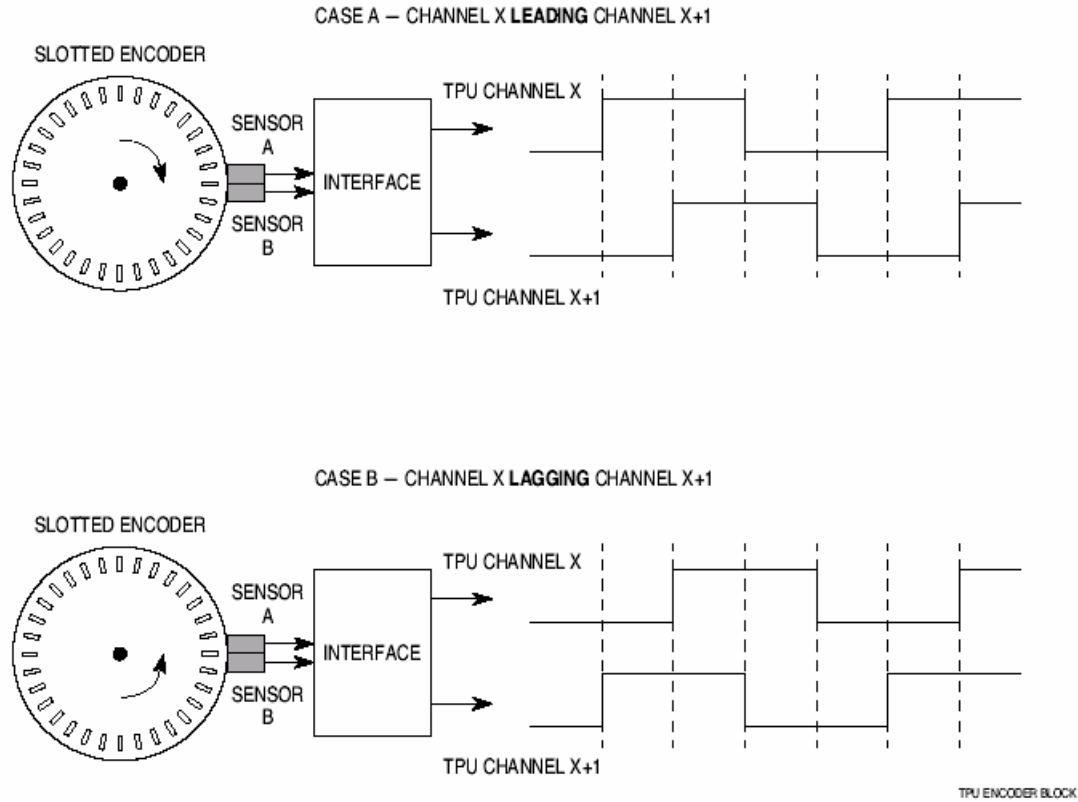
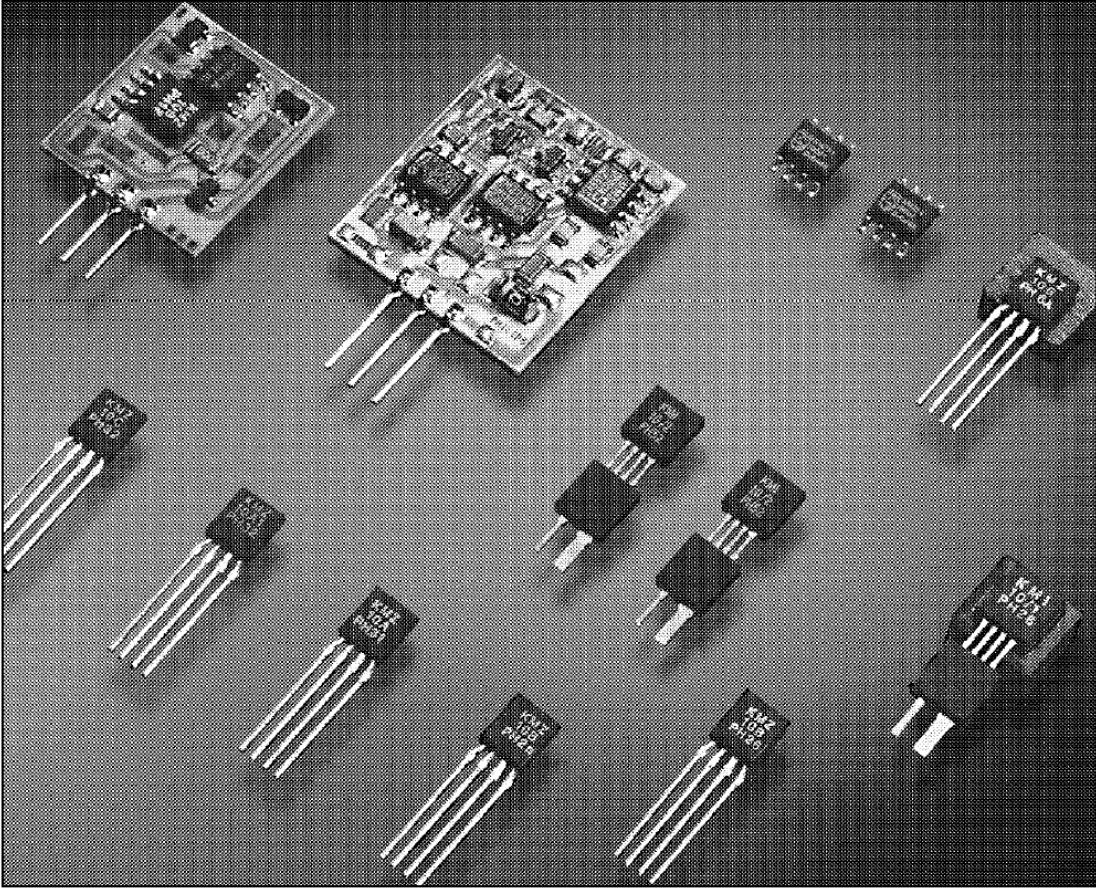
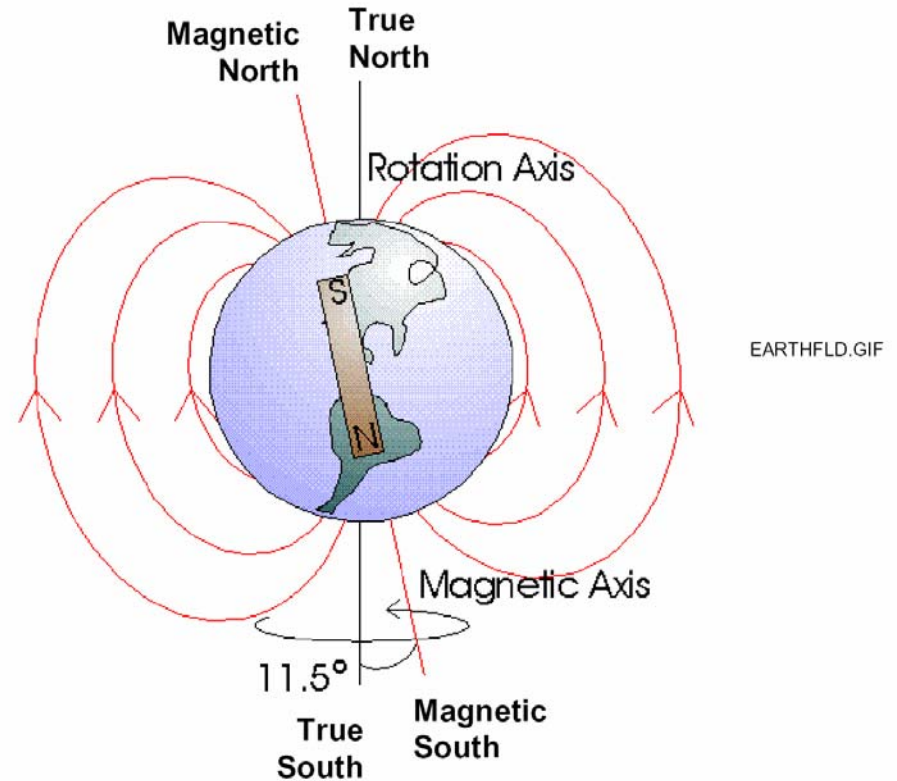
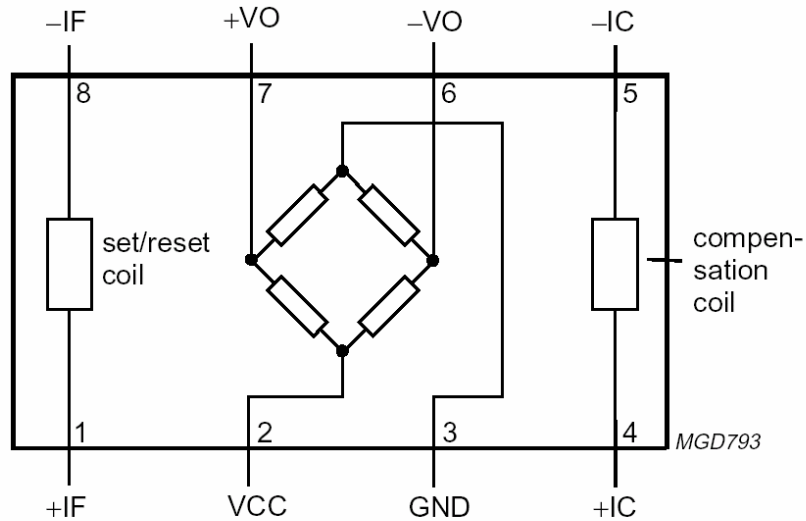


Figure 1 Typical FQD Application

Magnetfeldsensoren



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.

Magnetfeld Sensoren (KMZ 52, Philips)

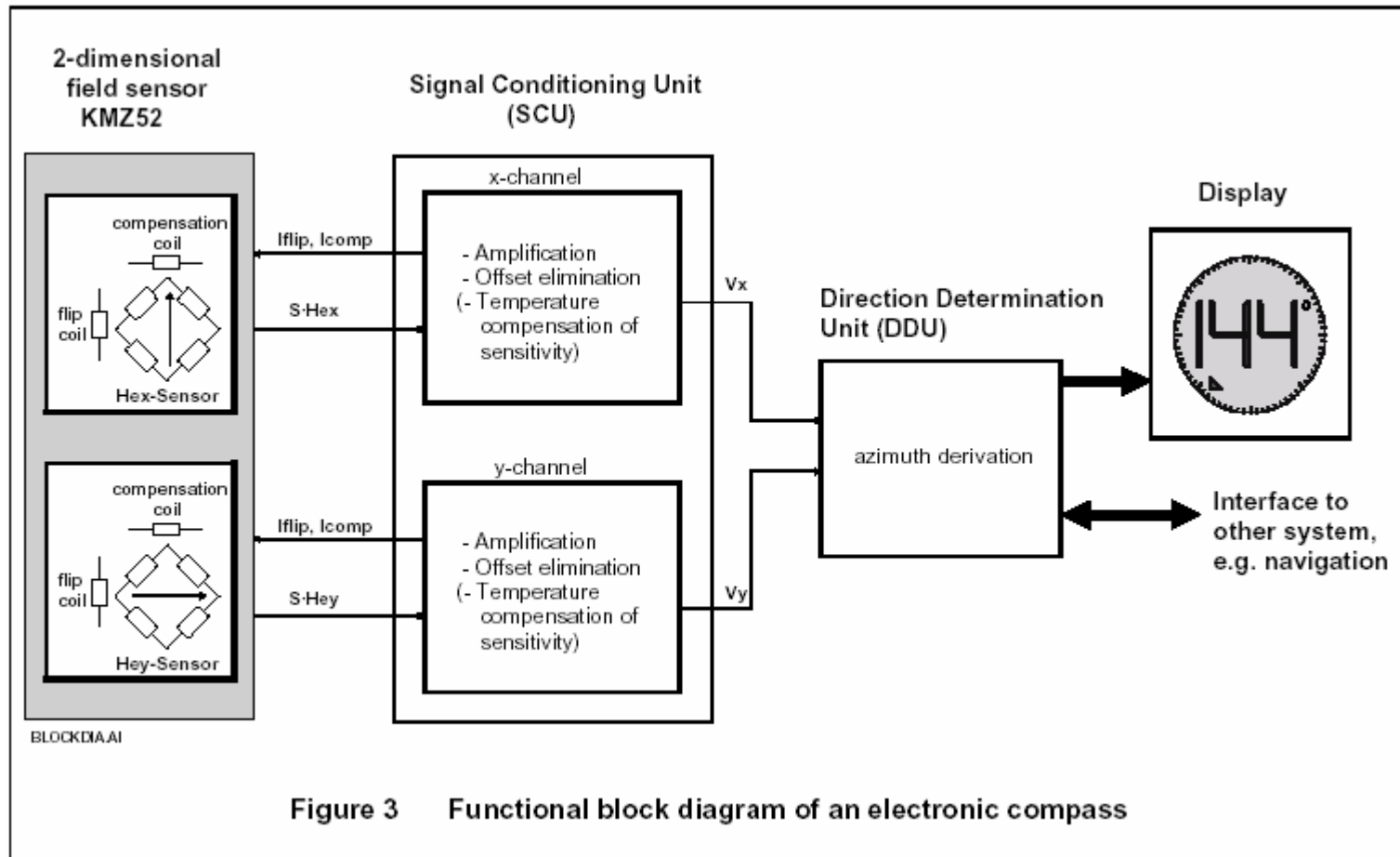
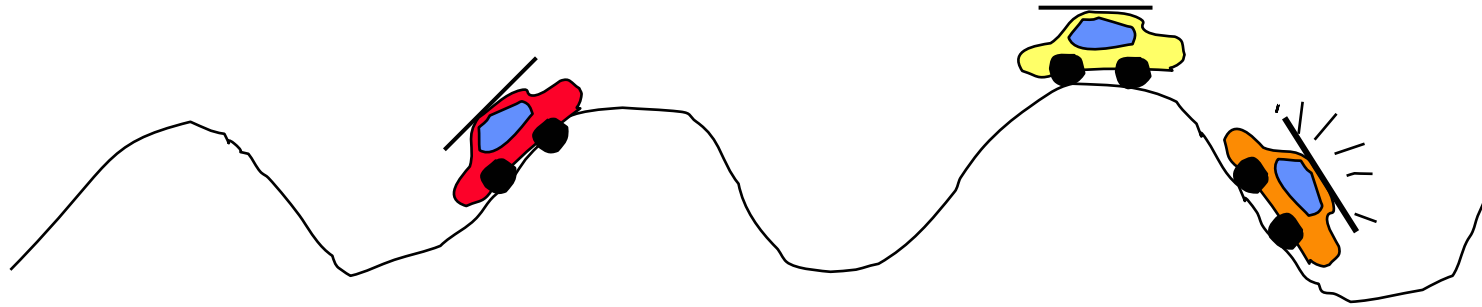


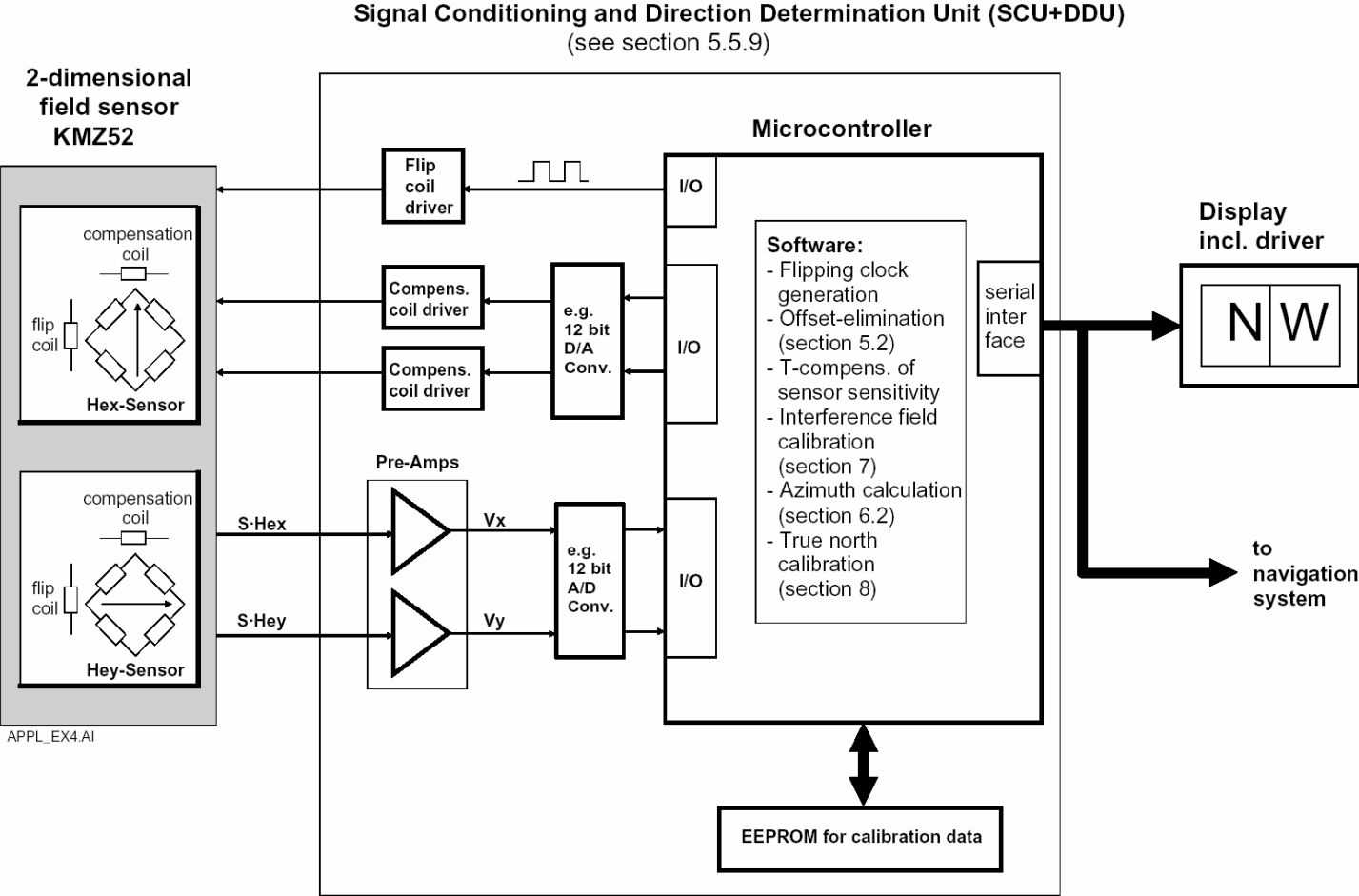
Figure 3 Functional block diagram of an electronic compass

Empfindlichkeit gegenüber dem Winkel zwischen Erdoberfläche und Meße Ebene



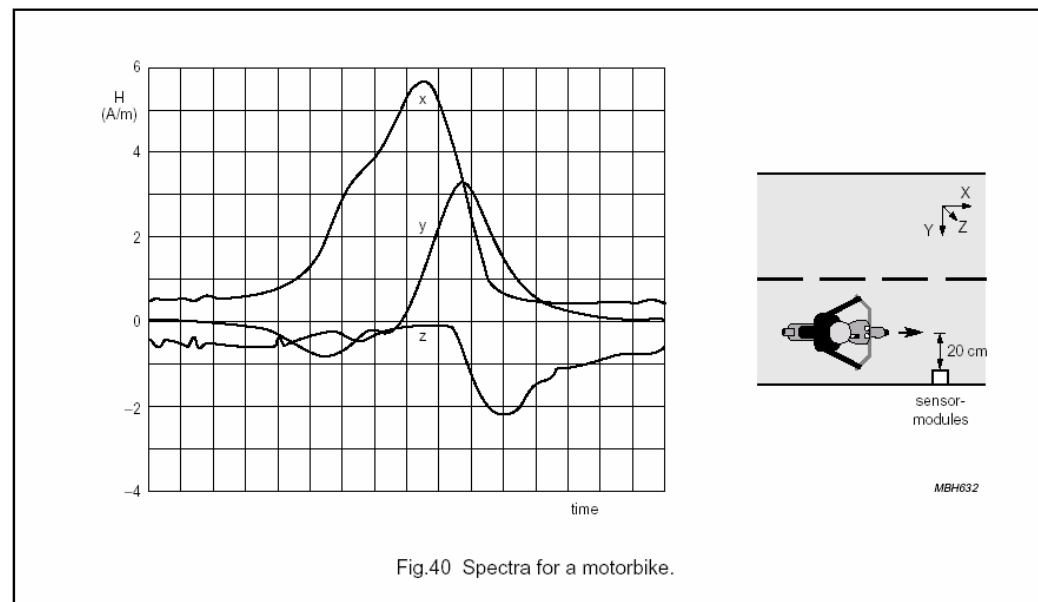
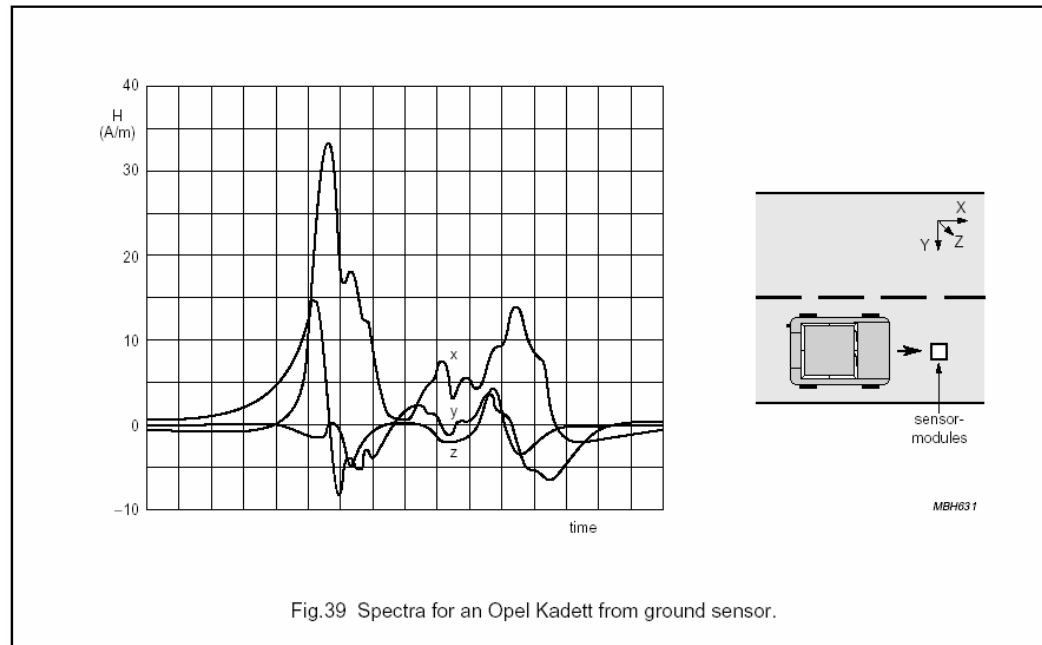
LOCATION	ANGLE α		
	5°	10°	15°
Zürich	9.7°	18.8°	26.9°
Hamburg	12.5°	23.8°	33.3°
Anchorage	17°	31.2°	42.1°
Singapore	1.5°	2.9°	4.3°
Tokyo	5.7°	11.2°	16.5°

Magnetfeld Sensoren (KMZ 52, Philips)

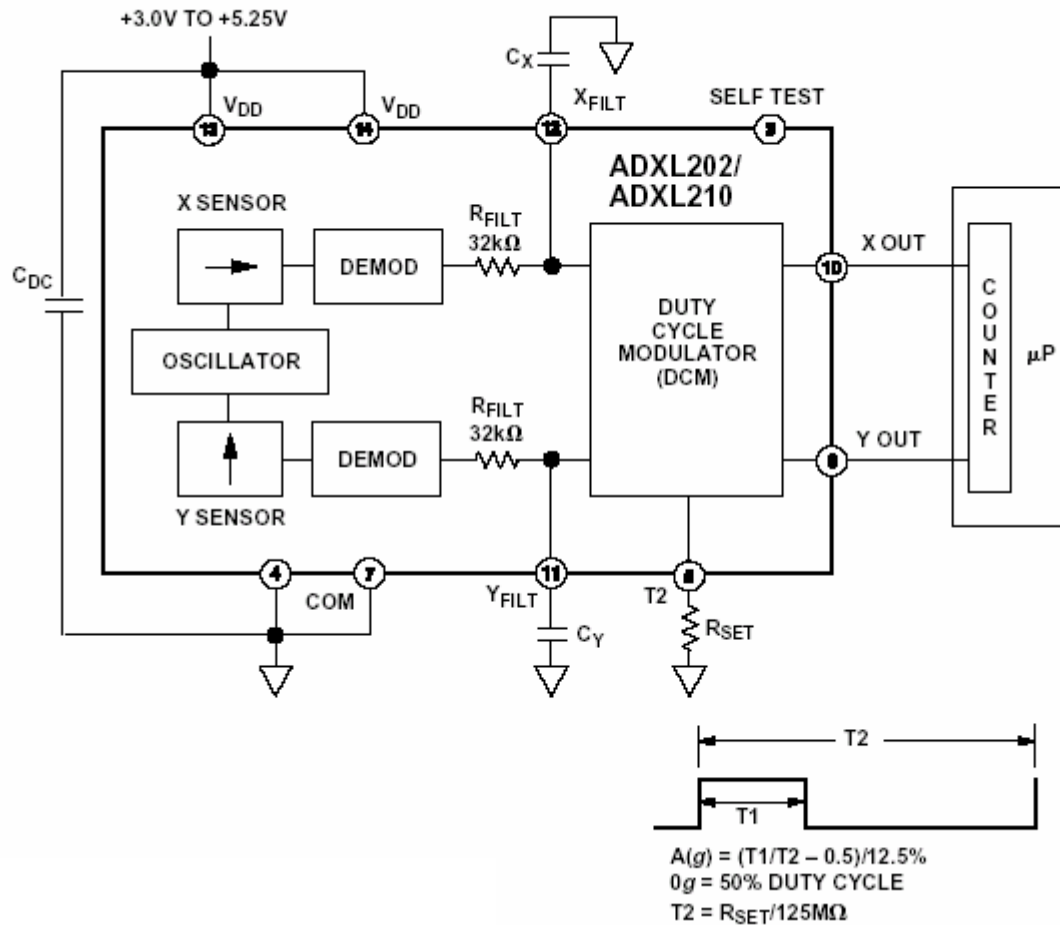


High End Kompass System

Einsatz in der Verkehrsüberwachung

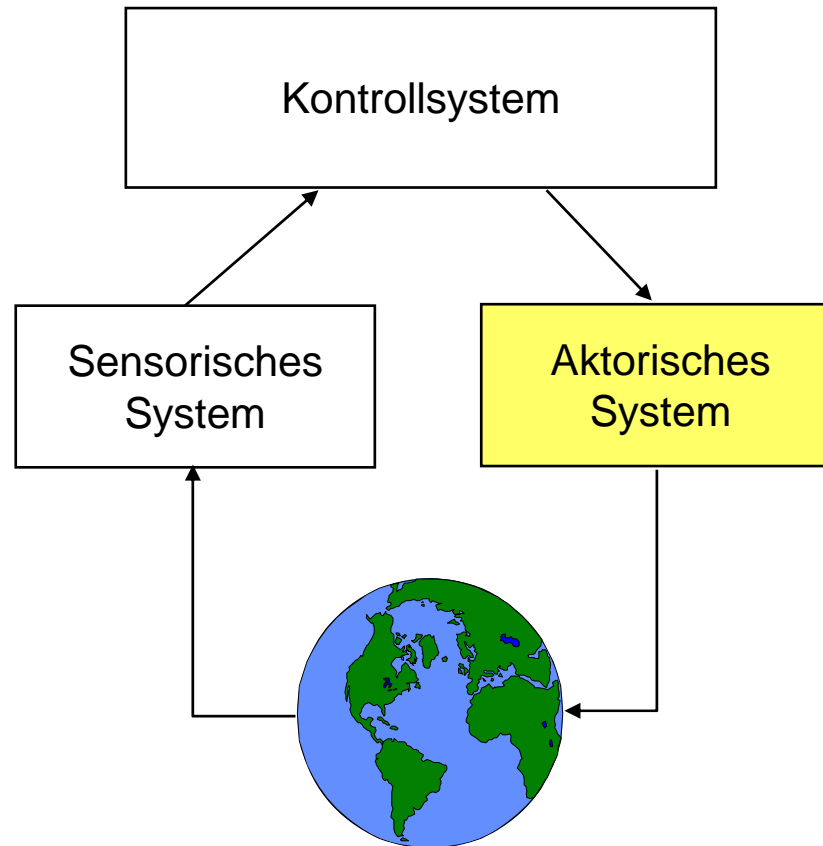


Beschleunigungssensor ADXL 202 (Analog Devices)



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

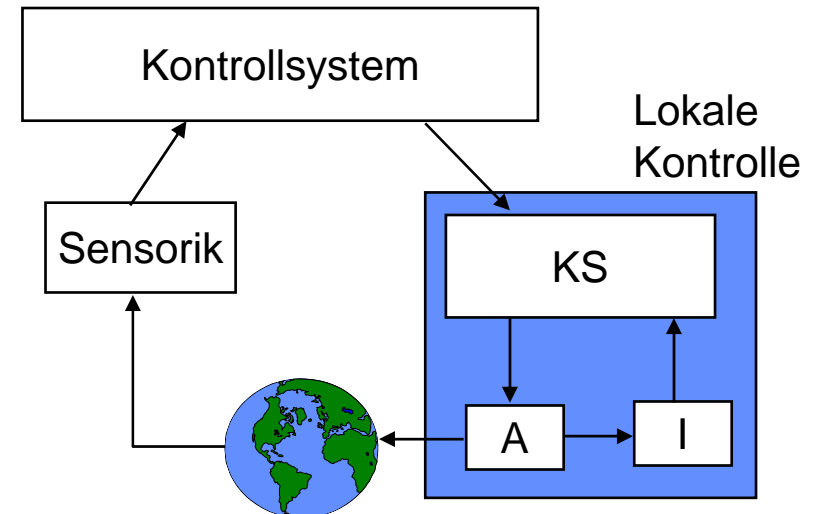
Heizelemente

Kühlelemente

Magneten

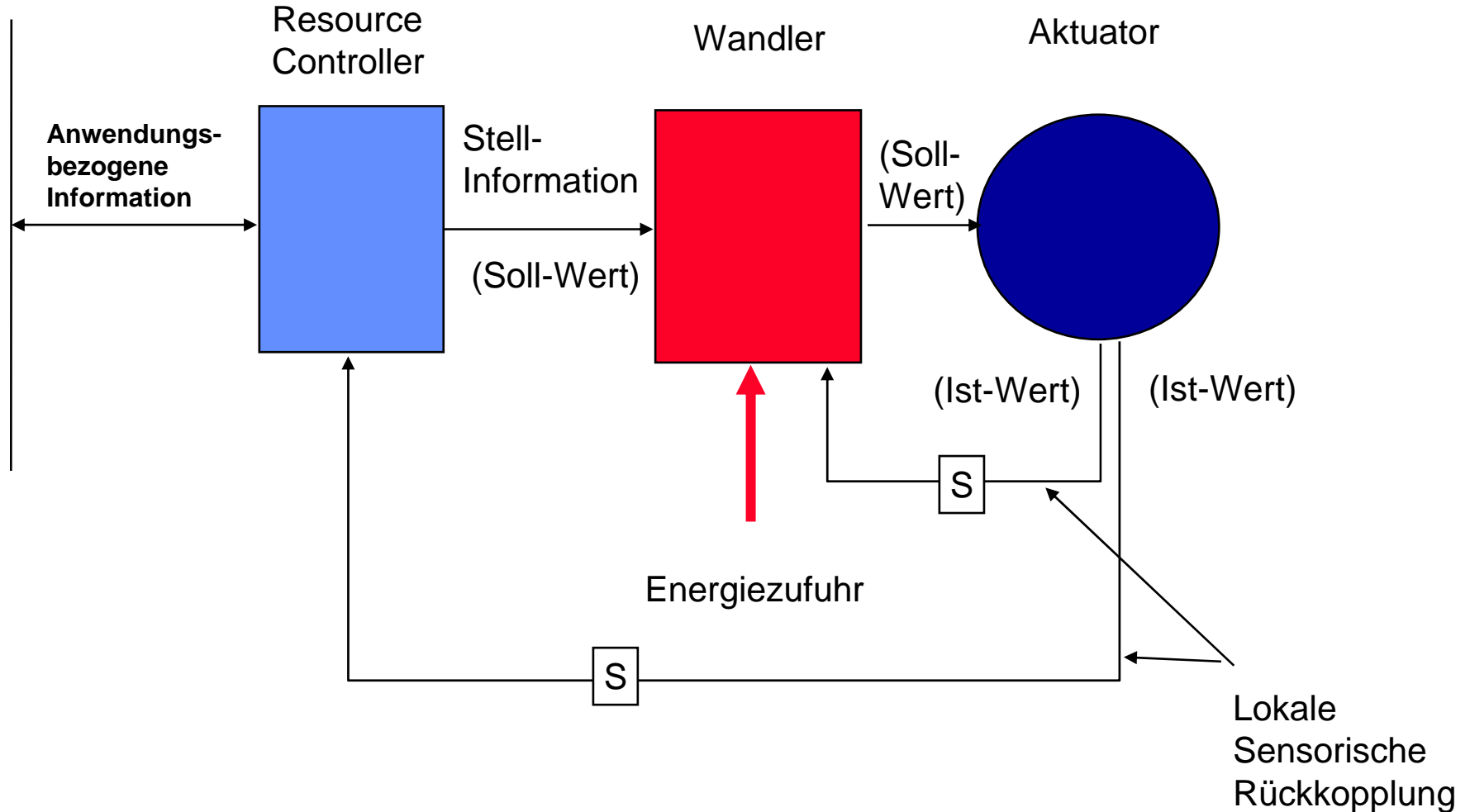
Bi-Metalle

“künstliche Muskeln”



Intelligenter Aktuator

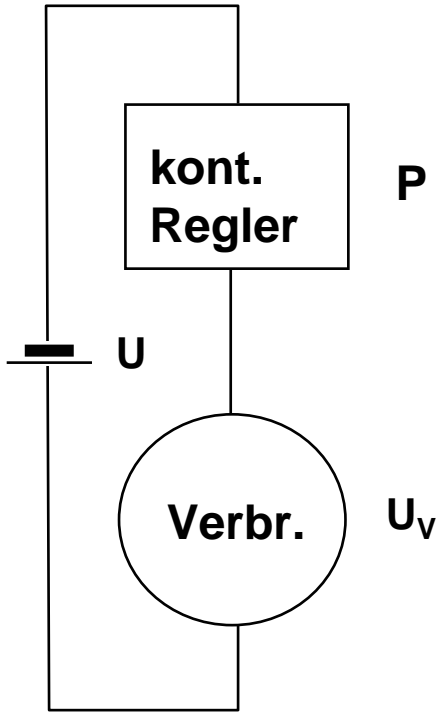
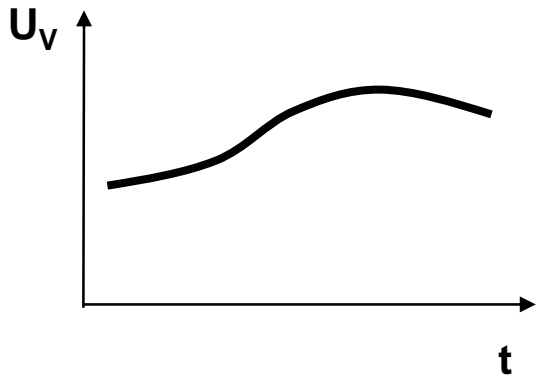
Nachrichten-
Schnittstelle



Steuerung von Aktoren:

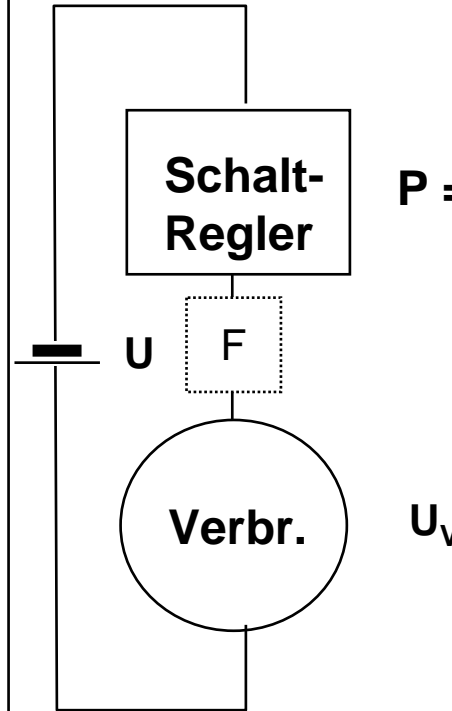
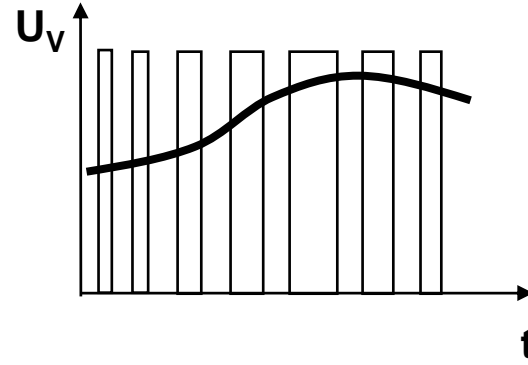
 **Analoge Größen, kontinuierlich in Wert und Zeit**

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



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

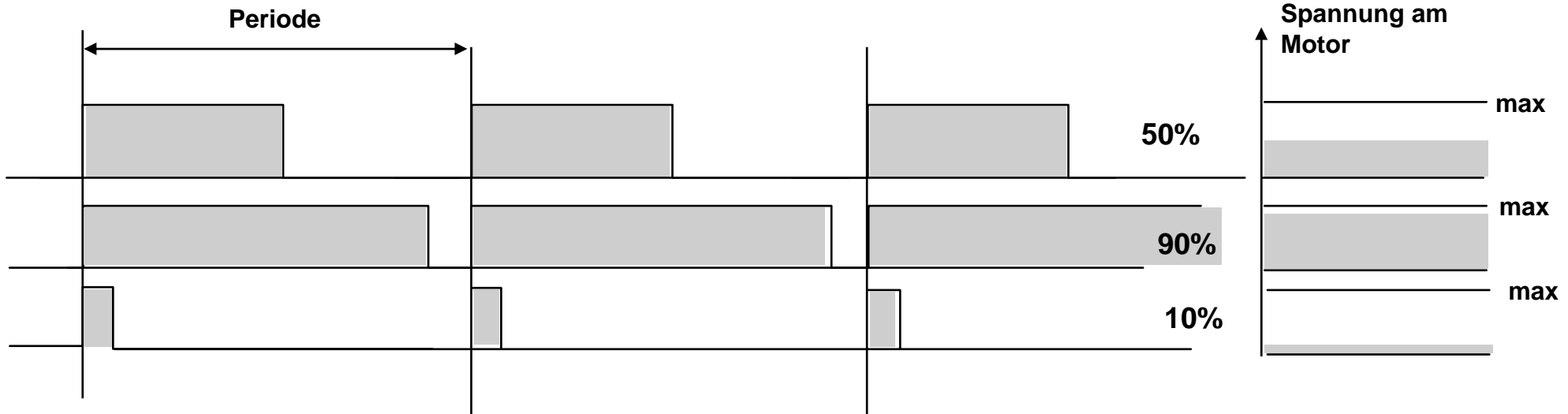
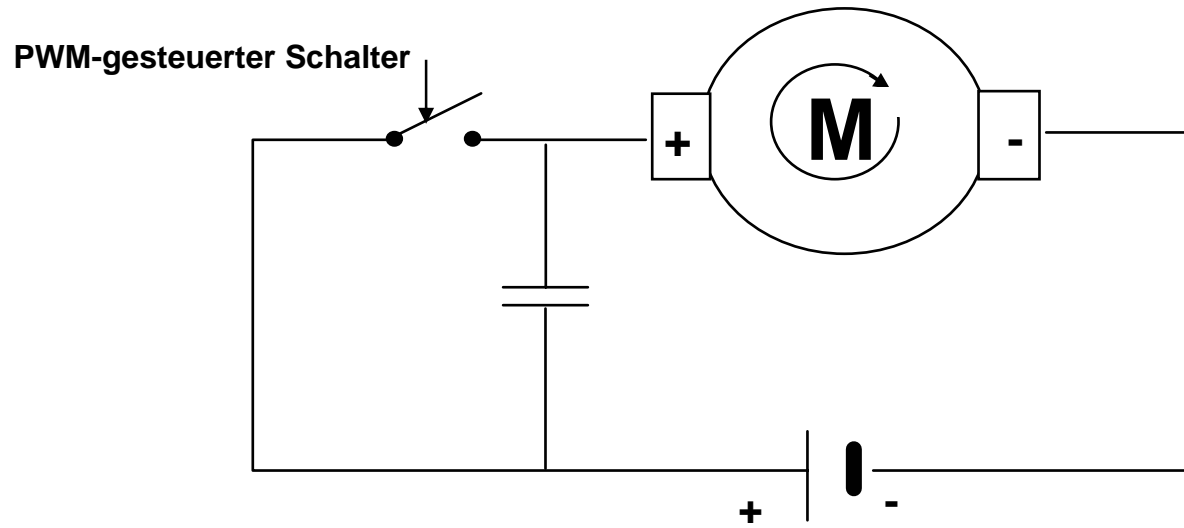
Bei
 $I = 5 \text{ A}$
 $U_{diff} = 10 \text{ V}$
 $P = 50 \text{ W}$



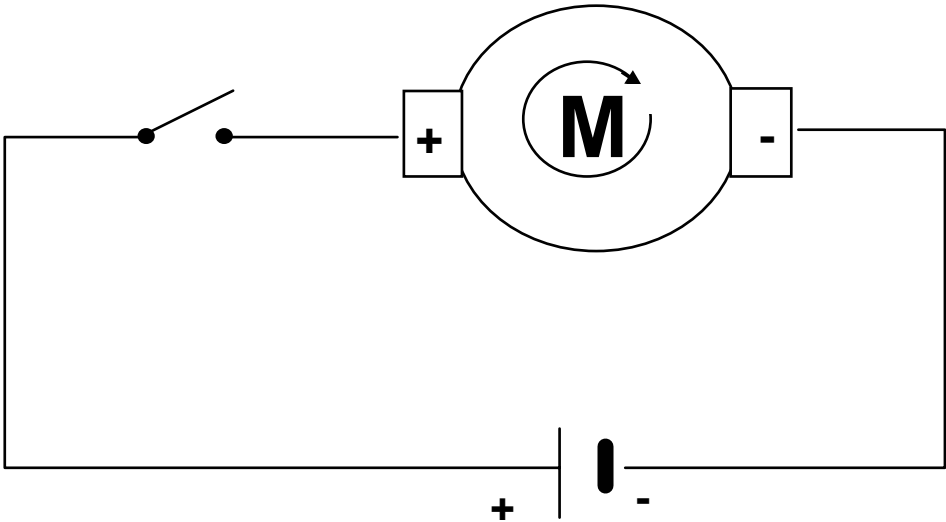
$$P = I * U_{diff}$$

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

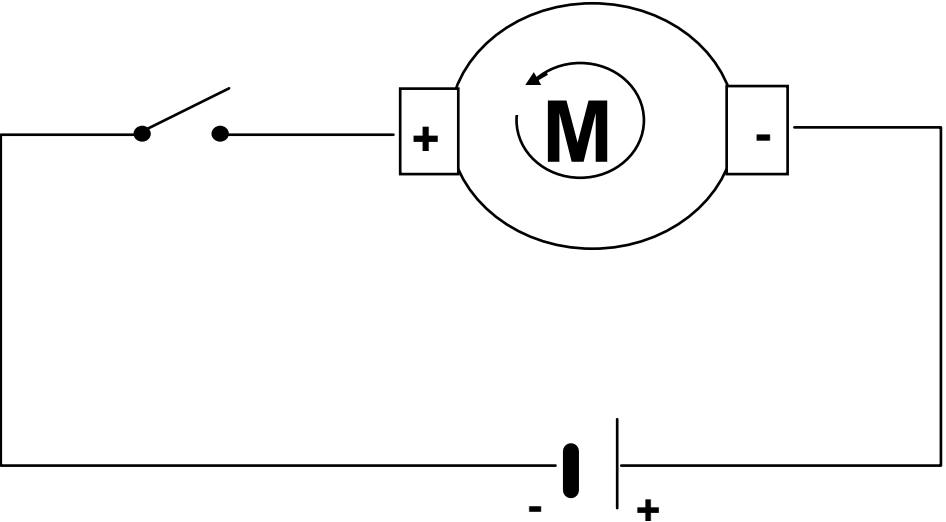
Motorsteuerung mit PWM-Kanälen



Motorsteuerung mit PWM-Kanälen

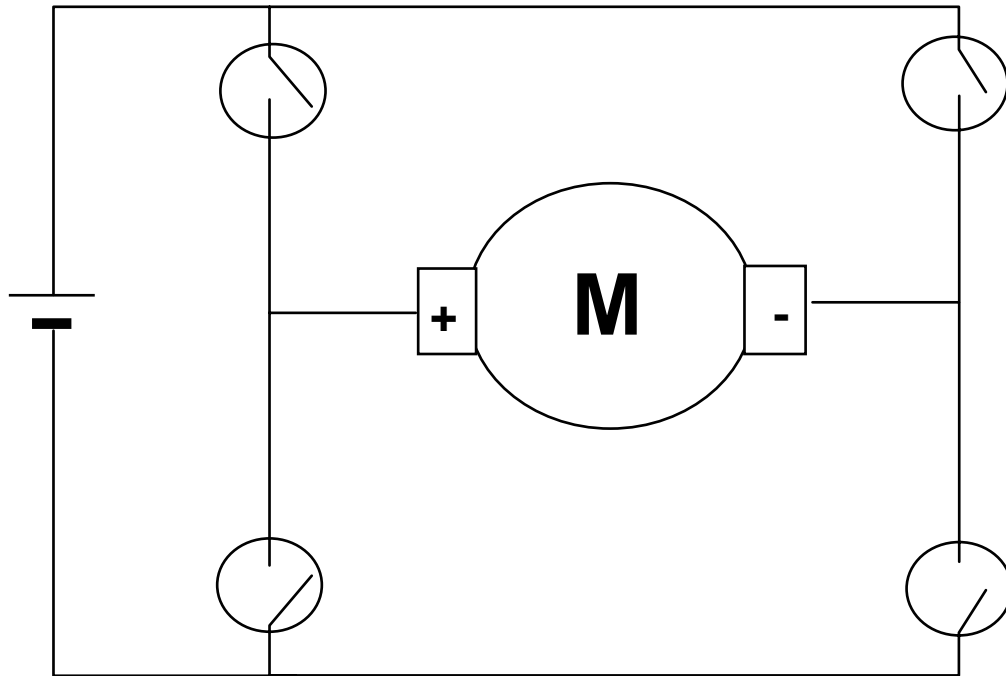


Änderung der Drehrichtung durch Umpolen des Gleichstrommotors

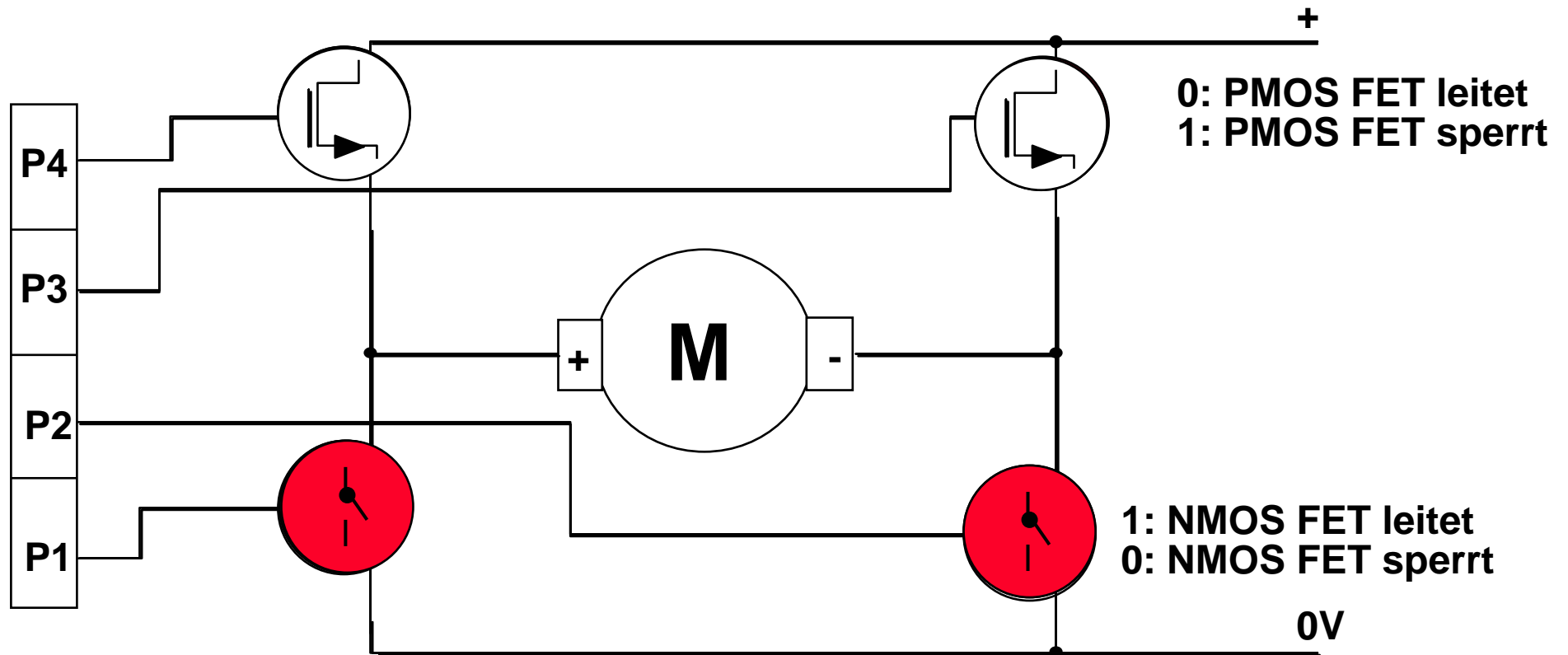


Motorsteuerung mit PWM-Kanälen

Die H-Brücke

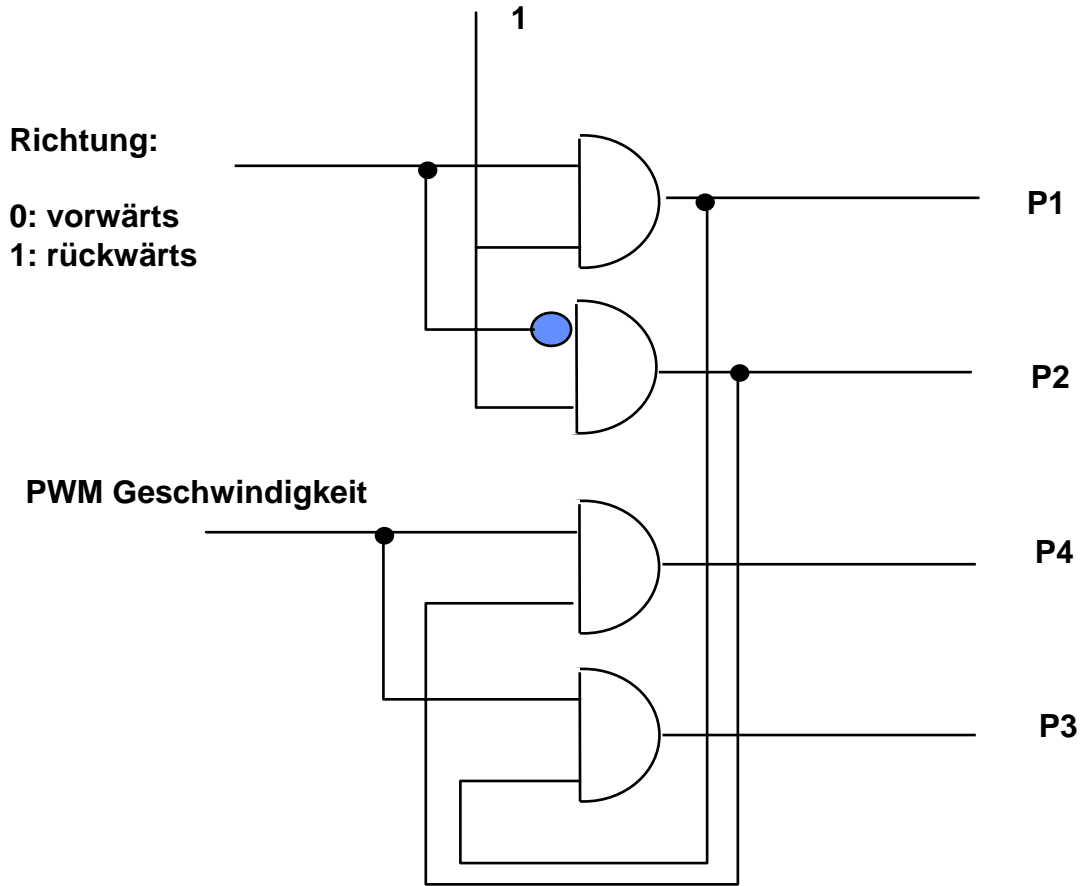


Motorsteuerung mit PWM-Kanälen



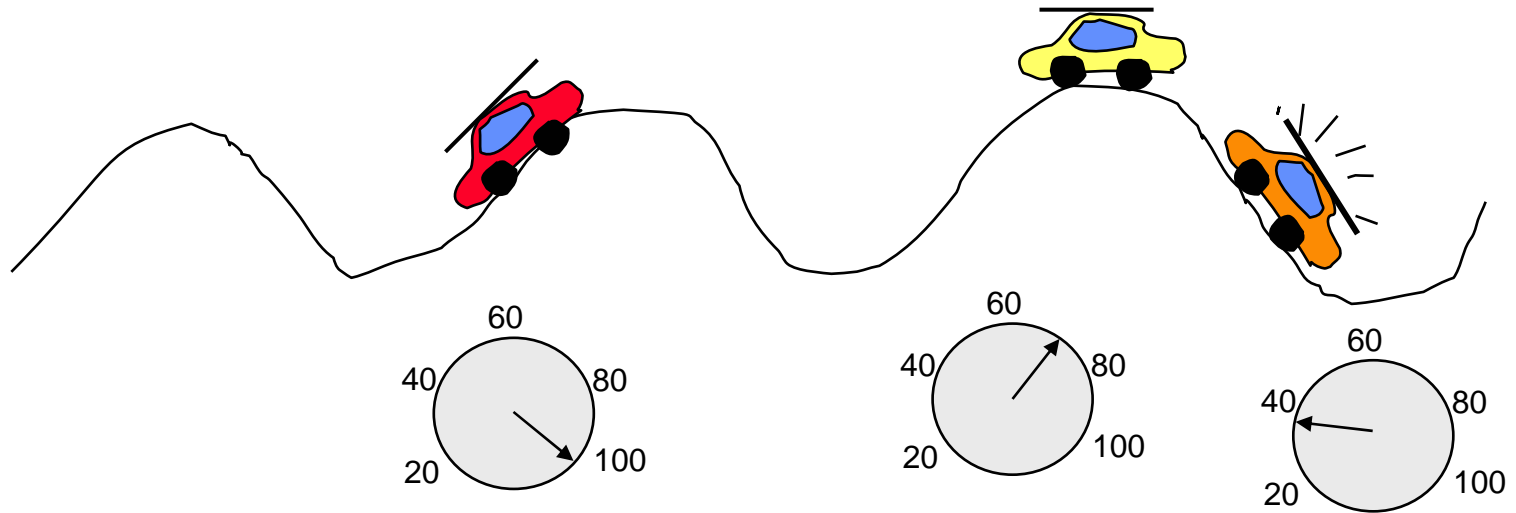
Funktion	P1	P2	P3	P4
vorwärts	0	1	0	PWM
rückwärts	1	0	PWM	0
stop	0	0	dc	dc

Motorsteuerung mit PWM-Kanälen



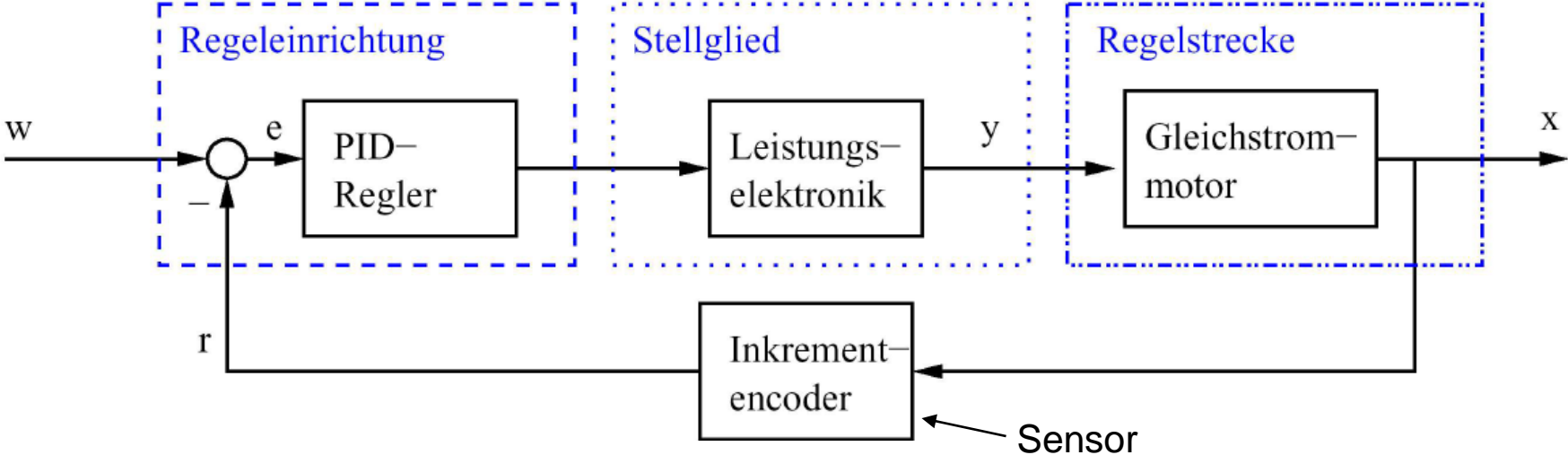
Funktion	P1	P2	P3	P4
vorwärts	0	1	0	PWM
rückwärts	1	0	PWM	0
stop	0	0	dc	dc

Problem: Konstante Energiezufuhr resultiert in Geschwindigkeitsunterschieden



Konstante Geschwindigkeit erfordert zusätzlich: **Regelung**

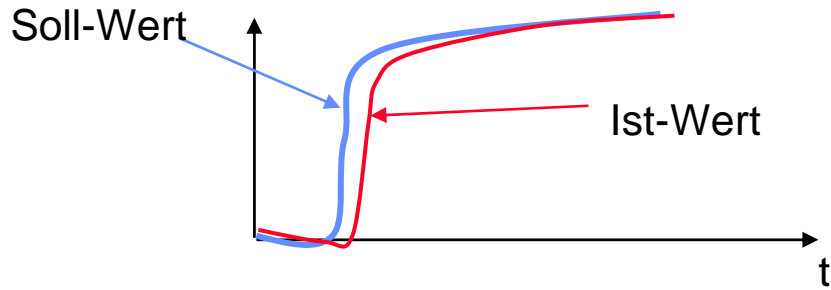
Beispiel: Regelung eine Elektromotors



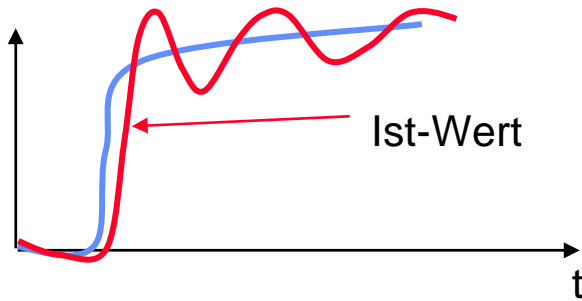
w : gewünschte Größe
 e : Fehler
 y : Ausgabegröße
 x : Wirkungsgröße
 r : Rückkopplungsgröße

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

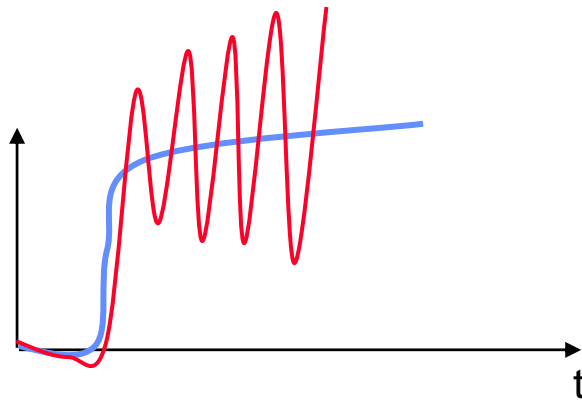
Charakteristik von Regelungen:



(fast) optimales Regelverhalten



Leichtes Überschwingen aber konvergierende Regelkurve



Instabile Regelung (ungedämpfte Rückkopplung)

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

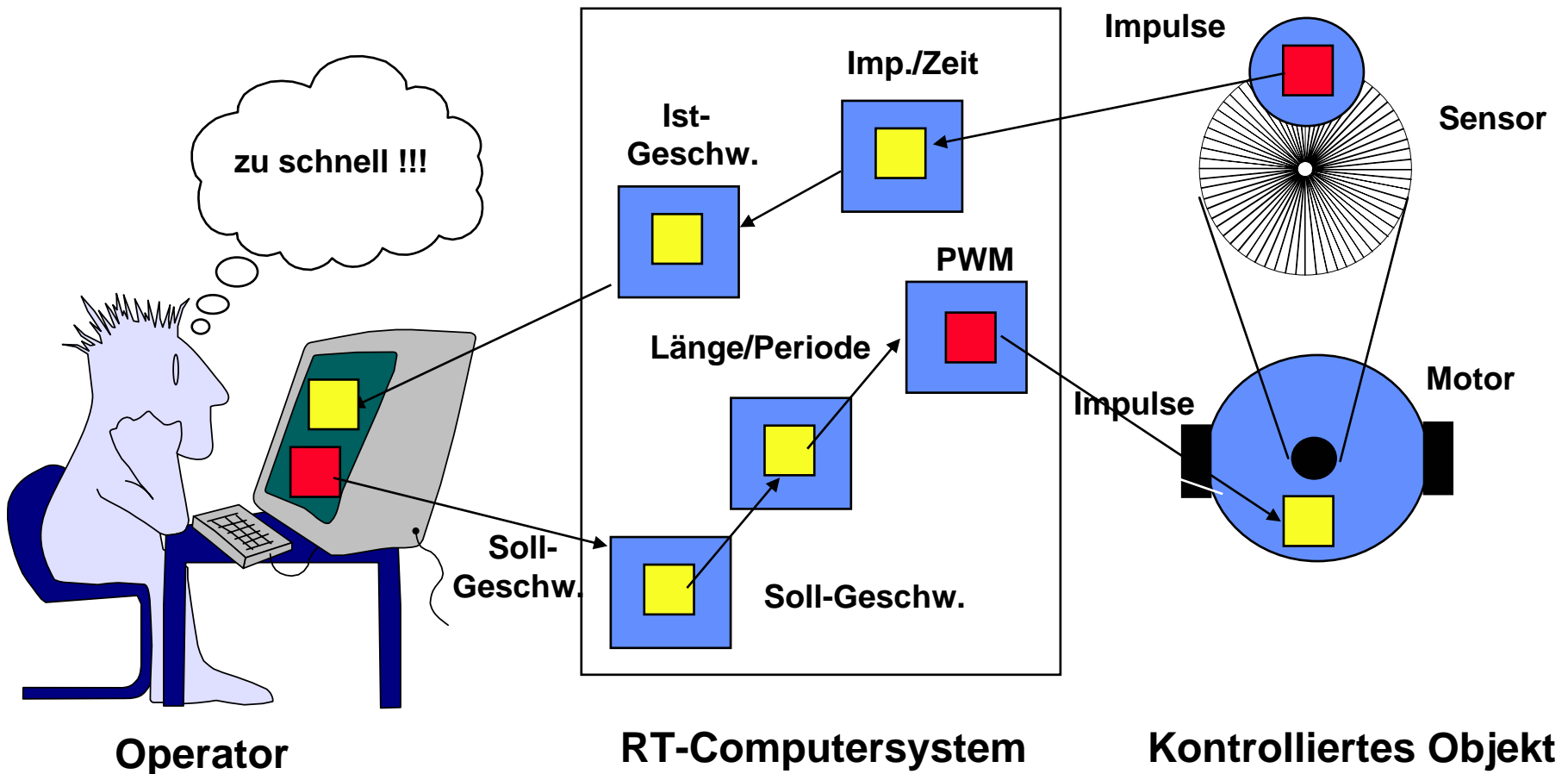
Physische Ereignisse und ihre Repräsentation



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.

Die Schnittstellekomponente 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.

Sie wird als Resource-Controller (RC) bezeichnet.

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
- **CAL**: Can Application Layer (low level)

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

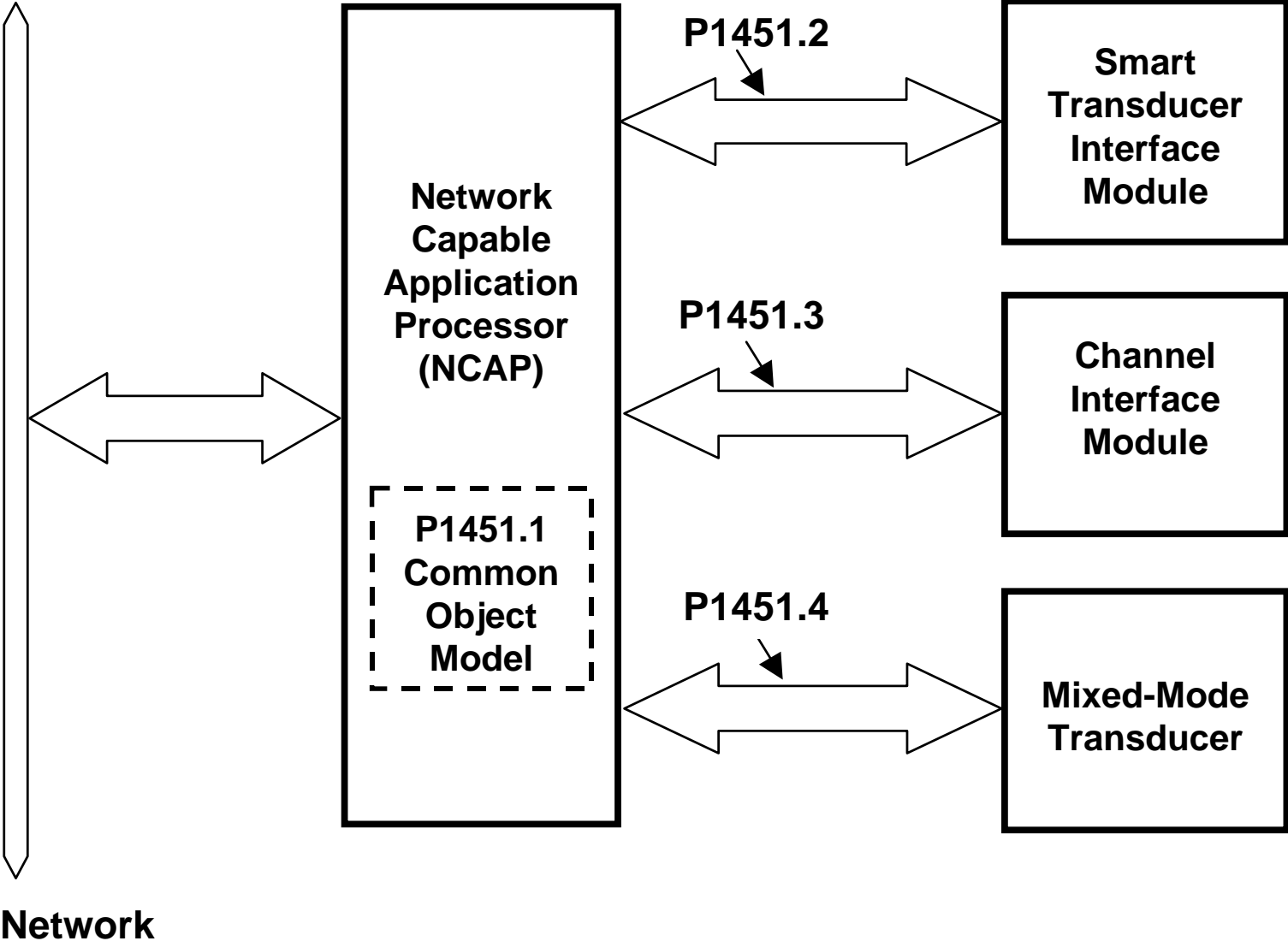
Kommunikation

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

In einem dezentralisierten System sind Sensoren nutzlos, wenn:

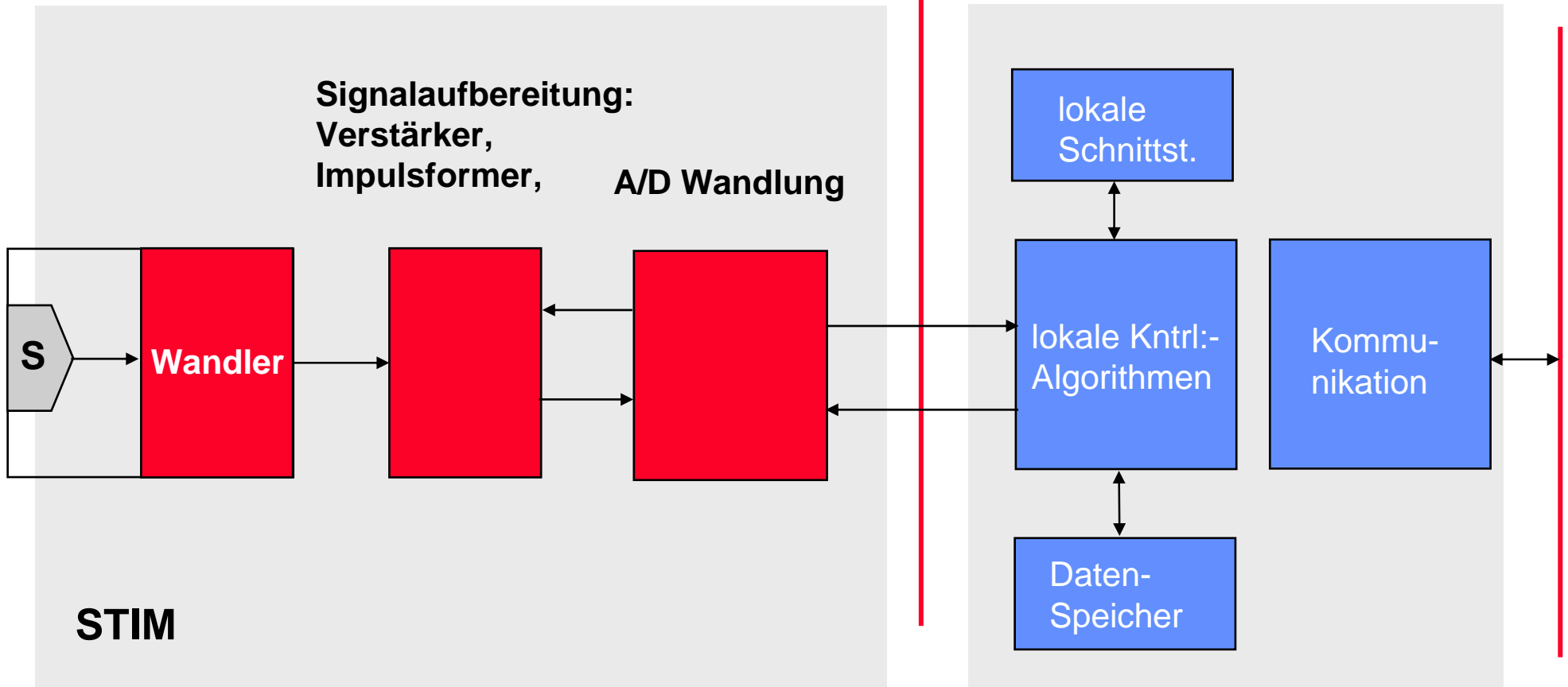
- nicht ihre korrekte Funktion festgestellt werden kann,
- sie nach Typ und Ort identifiziert werden können und
- ihre Betriebsumstände verifiziert werden können, d.h. sie operieren unter den vom Hersteller angegebenen Bedingungen wie Signalbereich und Umgebungsbedingungen.

Komponenten des IEEE 1451 Standards



IEEE 1451 Smart Transducer Model

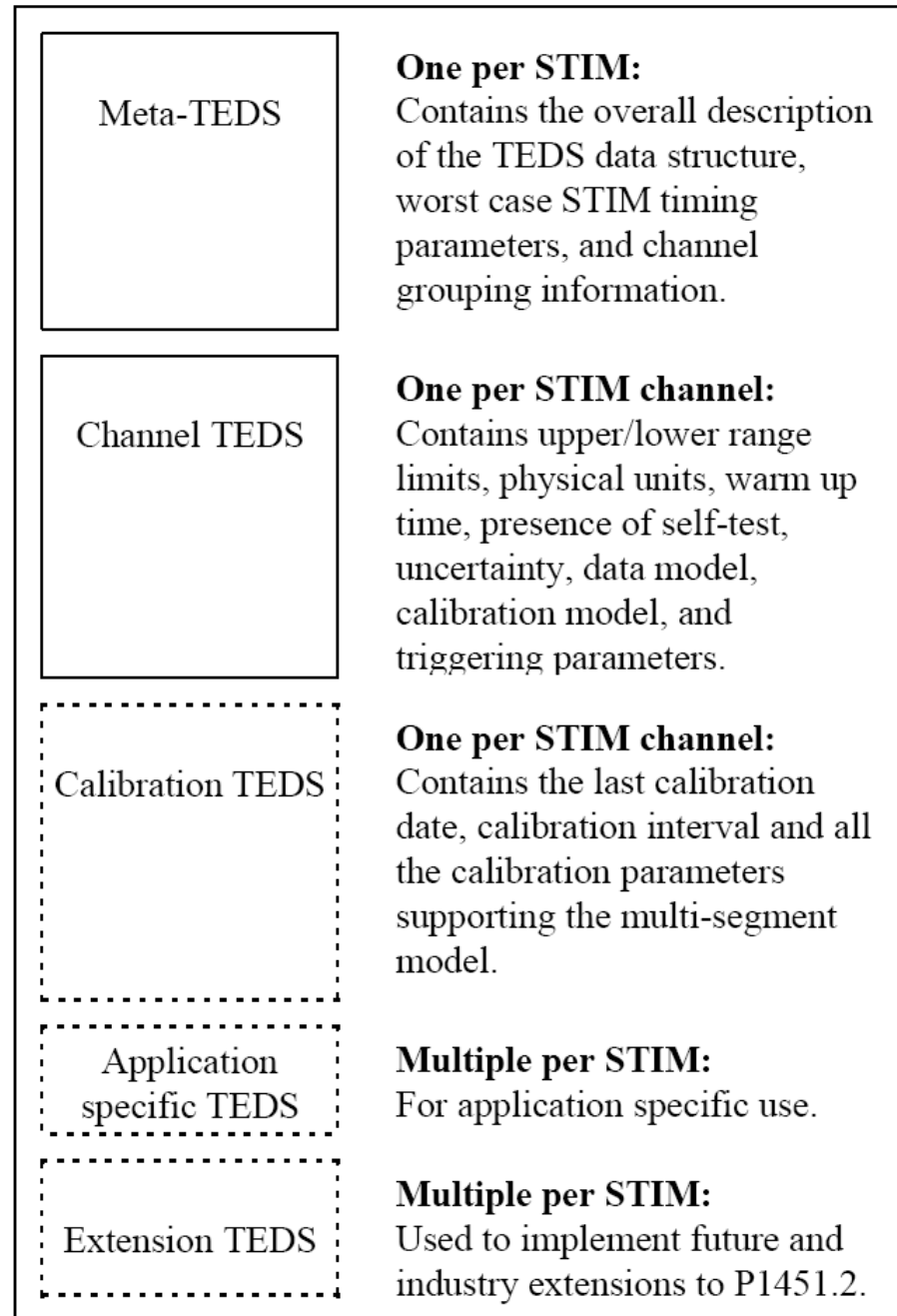
Netzwerkunabhängiger Teil Hardware Schnittstelle Netzwerkabhängiger Teil Komm. Netz.



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

NCAP (Network Capable Processor)

Übersicht TEDS



Physikalische basiseinheiten

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

Normierte Darstellung physikalischer Parameter in 1451.2

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

jeder Wert ist: $128+2x$ (der Wert der logischen Repräsentation jeder SI Basiseinheit)

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

Beispiele:

Distanz in Metern

logische Darstellung: 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0

TEDS Felder: 0, 128, 128, 130, 128, 128, 128, 128, 128, 128

Druck in Pascals 1N/m^2 oder $\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{sec}^{-2}$

logische Darstellung: 0, 0, 0, -1, 1, -2, 0, 0, 0, 0

TEDS fields: 0, 128, 128, 126, 130, 124, 128, 128, 128, 128

Beschleunigung in Meter-second⁻²

logische Darstellung: 0, 0, 0, 1, 0, -2, 0, 0, 0, 0

TEDS Felder: 0, 128, 128, 130, 128, 124, 128, 128, 128, 128

Mechanische Spannung in meter/meter

logische Darstellung: 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0

TEDS Felder: 1, 128, 128, 130, 128, 128, 128, 128, 128, 128

**Beispiel:
Beschreibung eines
Drucksensors**

Stan P. Woods, Janusz Bryzek,
Steven Chen, Jeff Cranmer,
Edwin Vivian El-Kareh, Mike Geipel,
Fernando Gen-Kuong, John Houldsworth,
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
<i>Data structure related information</i>				
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
<i>Timing related information</i>				
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
<i>Channel grouping related information</i>				
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	-
<i>Data integrity information</i>				
27	Checksum for Meta-TEDS	2	U16	62856

Beispiel:
Beschreibung eines
Drucksensors

Data structure related information				
28	Meta-Identification TEDS Length	4	U32	310
Identification related information				
29	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
Data integrity information data sub-block				
41	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	8
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

