

Sensoren und Aktoren

Wahlpflichtfach 5. Semester Elektrotechnik

Prof. Dr. Felix Hüning

FB Elektrotechnik und Informationstechnik

FH Aachen

Die Folien sind für den persönlichen Gebrauch im Rahmen des Moduls gedacht. Eine Veröffentlichung oder Weiterverteilung an Dritte ist nicht gestattet (F. Hüning)

SUA – Sensoren

Inhalt

- Drehzahl
- Gase

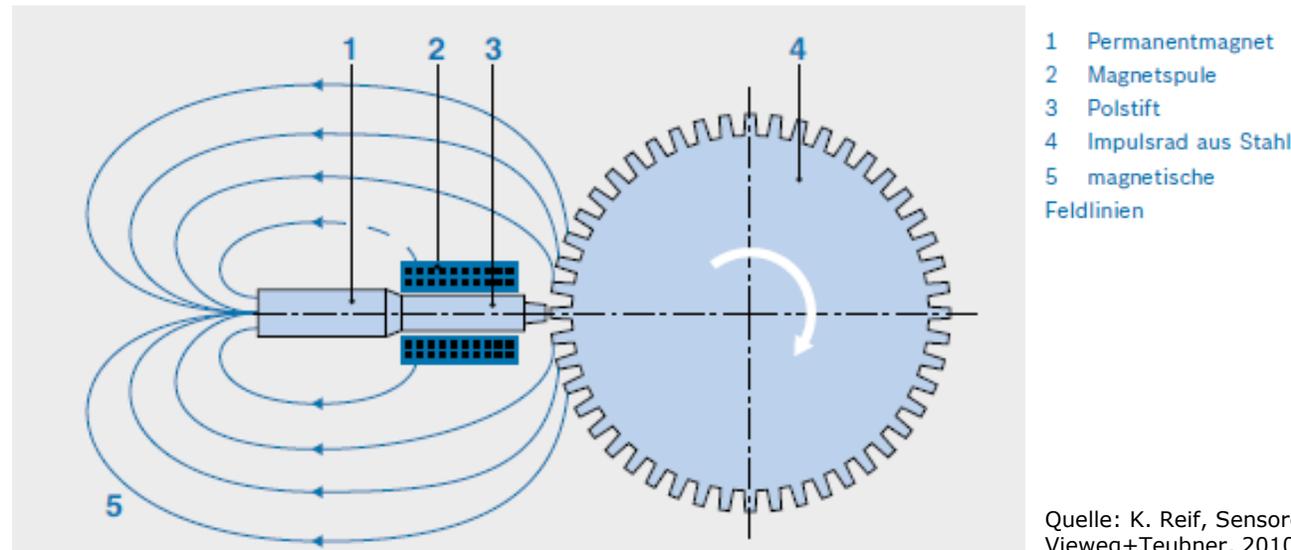
- Drehzahl
 - Anzahl von Umdrehungen pro Zeiteinheit
- Drehzahlsensor
 - Messung des pro Zeiteinheit zurückgelegten Winkels relativ zu einem festen Bezugspunkt
- Inkrementalgeber
 - Diskontinuierliche Messung von Pulsen zur Bestimmung der Drehzahl
- Aktive und passive Ausführung

- Unterschiedliche physikalische Effekte zur Drehzahlmessung mittels Inkrementalgeber nutzbar
 - Induktiv
 - Hall-Effekt
 - AMR/GMR
 - Optisch
 - Kapazitiv
 - Wiegand
- Optische und kapazitive Sensoren können aufgrund der Umgebungsbedingungen (z.B. Schmutz) vielfach nicht eingesetzt werden

- Ausführung als induktive Spulensensoren:
 - Polstift mit Dauermagneten verbunden
 - Spule um Polstift (Weicheisenkern) gewickelt
 - Magnetischer Fluss durch Spule wird von Umgebung (Zahnrad bzw. Impulsrad) beeinflusst
- Änderung des magnetischen Flusses induziert Spannung in der Spule
- Sensor wird, durch Luftspalt getrennt, gegenüber ferromagnetischem Zahnrad montiert
- Zahn bündelt den Streufluss des Magneten (größerer Fluss durch Spule)
- Lücke schwächt magnetischen Fluss

Drehzahlsensor induktiv

- Ausführung als induktive Spulensensoren:
 - Polstift mit Dauermagneten verbunden
 - Spule um Polstift (Weicheisenkern) gewickelt
 - Magnetischer Fluss durch Spule wird von Umgebung (Zahnrad bzw. Impulsrad) beeinflusst



Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz,
Vieweg+Teubner, 2010

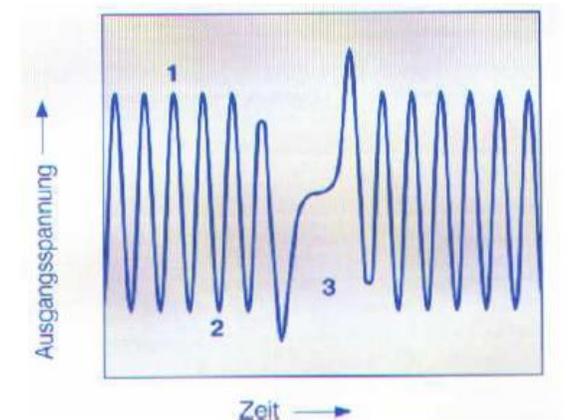
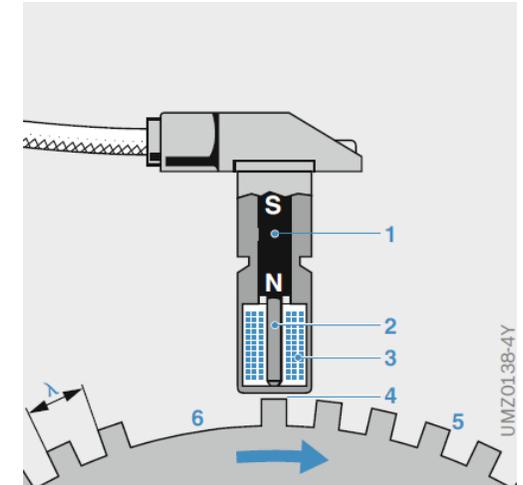
Drehzahlsensor induktiv

- Induzierte Spannung abhängig von der Drehzahl und Luftspalt (und Material und Zahnform)

$$U_{ind} = -n \cdot \frac{d\Phi(x, d_L)}{dt}$$

- Weiter Bereich der induzierten Spannung
 - mV bis >100V
- Ausreichende Amplitude ab Mindestdrehzahl (z.B. ca. 30/min)
- Bezugsmarke (große Lücke) zur Positionsbestimmung
- Luftspalt $\sim 1-2$ mm

- 1 Stabmagnet
- 2 weichmagnetischer Polstift
- 3 Induktionsspule
- 4 Luftspalt d_L
- 5 ferromagnetisches Zahnrad (oder Rotor bzw. Impulsrad)
- 6 Umfang bzw. Bezugsmarke
- λ Zahnabstand

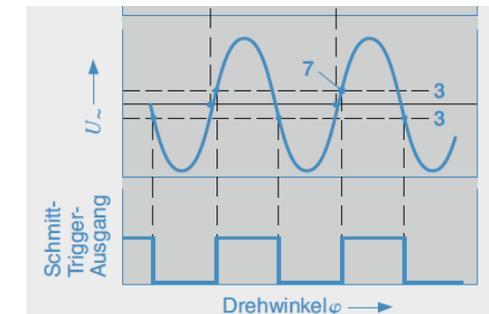
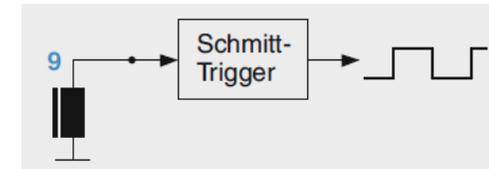


- 1 Zahn
- 2 Zahnücke
- 3 Bezugsmarke

Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz, Vieweg+Teubner, 2010

Drehzahlsensor induktiv

- Sinusförmiger Signalverlauf bei gleichmäßiger Zahnstruktur
- Digitalisierung des Signals z.B. durch Schmitt-Trigger (nicht im Sensor)
- Vorteile
 - Günstig
 - Keine Elektronik vor Ort
 - Temperaturbereich
- Probleme
 - Drehzahlabhängiges Ausgangssignal
 - Kleine Drehzahlen
 - Luftspalttoleranz
 - Baugröße



3 Schaltschwellen

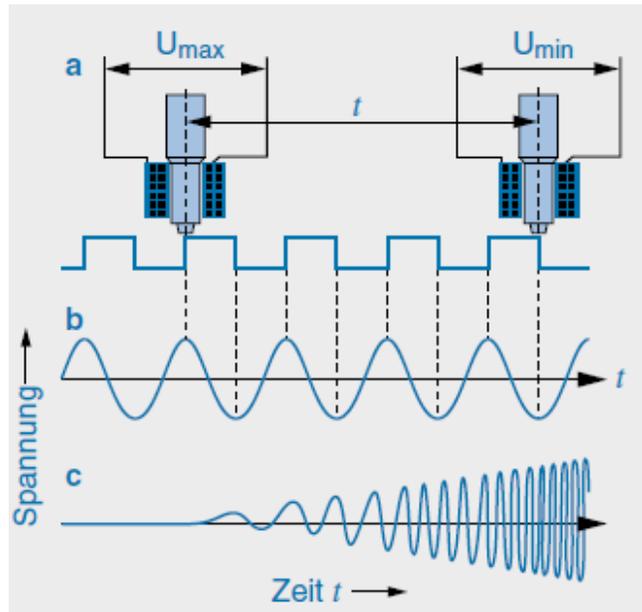
7 Schaltpunkt

9 Sensor

Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz,
Vieweg+Teubner, 2010

Drehzahlsensor induktiv

- Einsatzbeispiele induktive Drehzahlsensoren
 - Raddrehzahl (ABS/ESP/ASR)
 - Kurbel- und Nockenwellendrehzahl (Motorsteuerung)
 - Getriebedrehzahl



Ausgangssignal: Konstante Geschwindigkeit

Ausgangssignal: Steigende Geschwindigkeit

Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz,
Vieweg+Teubner, 2010

Raddrehzahlsensor



Drehzahlsensor

induktiv – Bosch 0 261 210 104

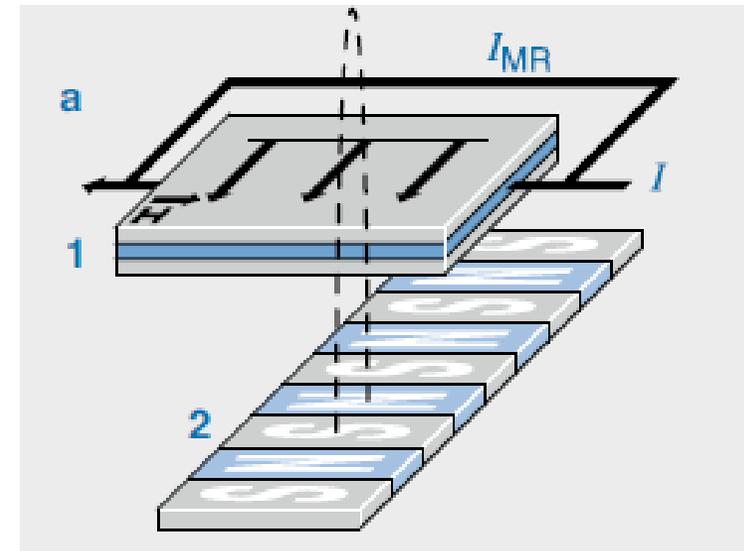
- Laut Datenblatt Ausgangsimpuls abhängig von
 - Drehzahl
 - Luftspalt
 - Zahnform
 - Rotormaterial



Kabellänge mit Stecker	mm	360 ± 15
Drehzahlmessbereich ¹⁾ n	min ⁻¹	≈ 20 ... 7000
Dauerumgebungstemperatur Kabelzone	°C	- 40 ...+ 120
Dauerumgebungstemperatur Spulenzzone	°C	- 40 ...+ 150
Schüttelbeanspruchung max.	m/s ²	1200
Windungszahl		4300 ± 10
Wicklungswiderstand bei 20 °C ²⁾	Ω	860 ± 10 %
Induktivität bei 1 kHz	mH	370 ± 15 %
Schutzart		IP 67
Ausgangsspannung ²⁾ U_A	V	0 ... 200
Signalfrequenz		1 ... 2500 Hz

Quelle: Bosch, Datenblatt 0261210104 induktiver Drehzahlsensor

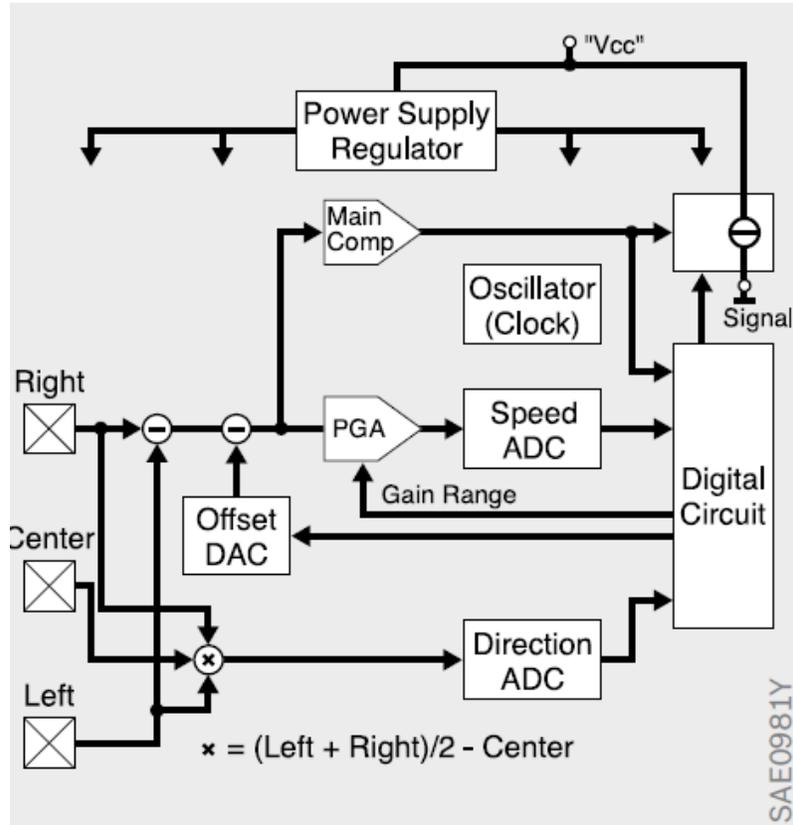
- Hall-Element als Sensor, der magnetfeldabhängig Spannung erzeugt
- Spannung unabhängig von Drehzahl (bis nahezu Stillstand)
- Polrad mit Multipolring (Magnete in Polarität wechselweise auf Umfang angeordnet)
- Im Sensor sind integriert
 - Hall-Sensor
 - ASIC zur Signalverstärkung und -aufbereitung



Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz,
Vieweg+Teubner, 2010

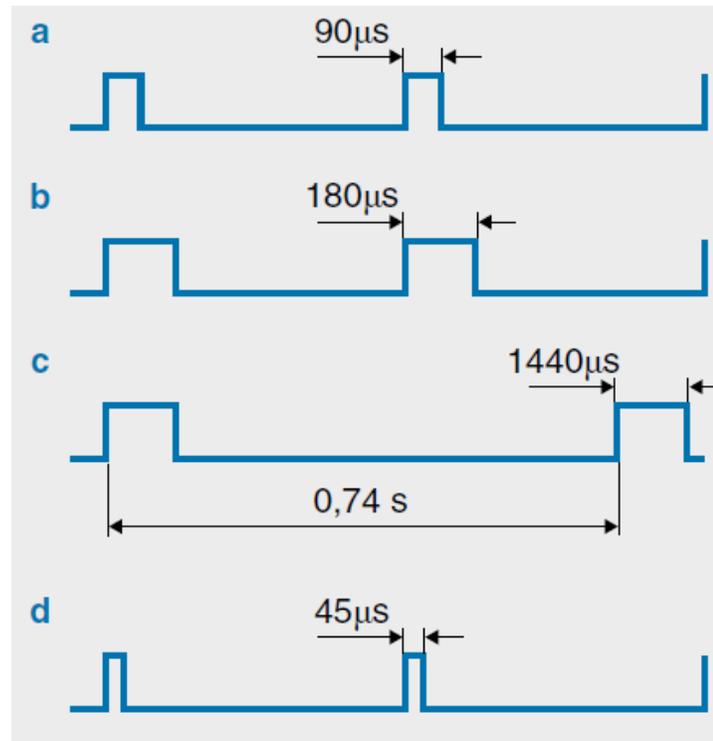
- Hall-Sensoren können in MEMS Technologie miniaturisiert werden
- Integration mehrerer (z.B. 3) Hall-Sensoren mit einem Versatz und des Auswert-ASIC in einem Sensor (intelligenter Sensor)
- Neben der Drehzahlerfassung kann Drehrichtung bestimmt werden
- Es können zusätzliche Informationen zum Steuergerät übertragen werden, z.B. Fehler, Stillstand, Selbsttest
- Übertragung als PWM-Strom (z.B. 7mA/14mA):
 - Drehzahl (PWM-Frequenz)
 - Informationen (Pulsweite)

Hall-ASIC



Quelle: K. Reif, Sensoren im Kfz,
Vieweg+Teubner, 2010

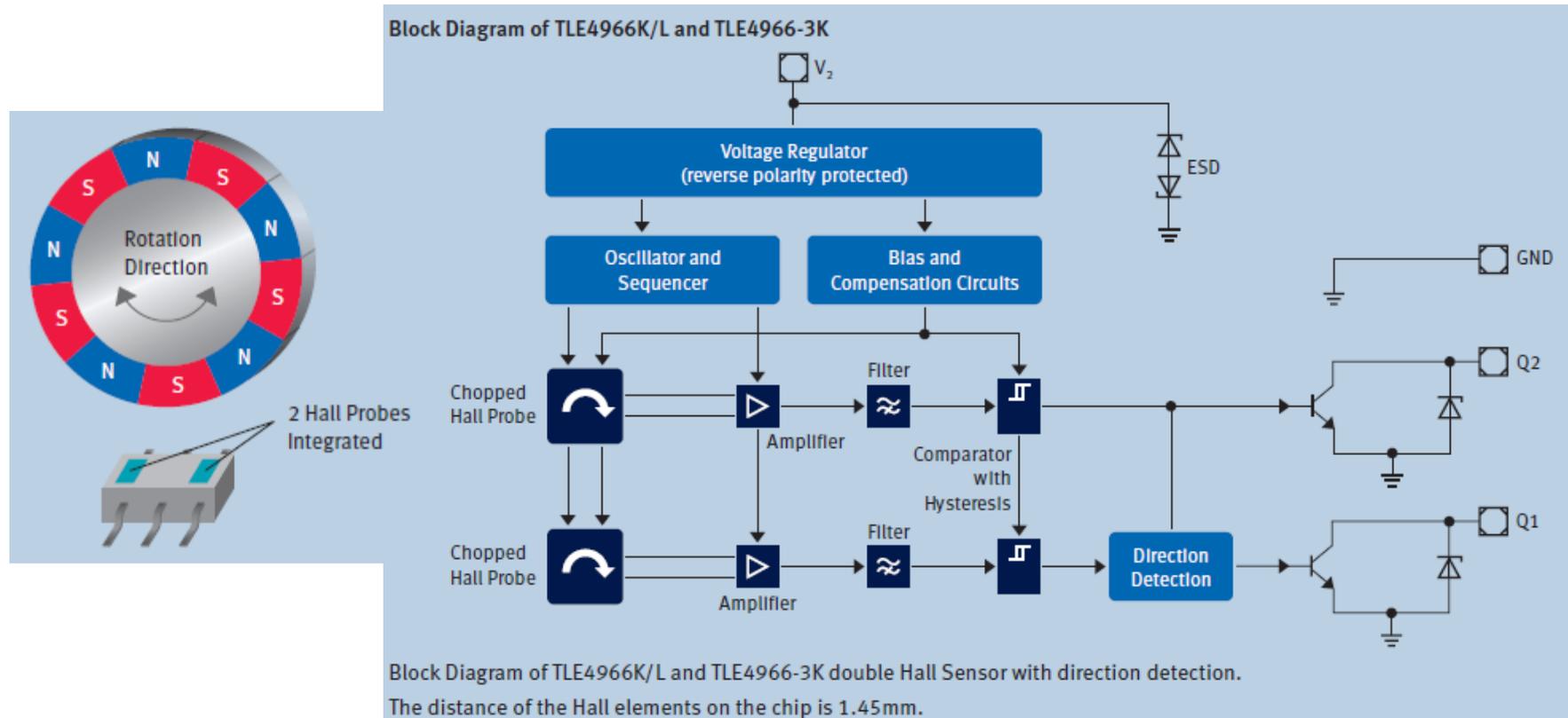
PWM-Signalübertragung



- a Geschwindigkeitssignal bei Rückwärtsfahrt
- b Geschwindigkeitssignal bei Vorwärtsfahrt
- c Signal bei Fahrzeugstillstand
- d Signalqualität des Sensors, Eigendiagnose

Drehzahlsensor

Hall – MEMS Hall-ASIC



Quelle: Infineon, Datenblatt
TLE4966-3K

- Raddrehzahl (ABS/ESP/ASR)
- Kurbel- und Nockenwellendrehzahl (Motorsteuerung)
- Getriebedrehzahl
- Raddrehzahlsensor
 - Kleine Bauform
 - Störsichere PWM Übertragung
 - Signal unabhängig von Drehzahl
 - Zusätzliche Funktionalität durch mehrere Sensoren und Intelligenz:
 - Hill Hold Control / Navigation
 - Eigendiagnose

- Laut Datenblatt
 - Integrierte Signalaufbereitung und Ausgangstransistor
 - Selbsttest der Signalqualität



Minstdrehzahl des Geberrades	$n_{\min.}$	0 min ⁻¹
Höchstzahl des Geberrades	$n_{\max.}$	4500 min ⁻¹
Maximaler Arbeitsluftspalt		1,8 mm
Minimaler Arbeitsluftspalt		0,2 mm
Versorgungsnennspannung	U_N	5 V
Versorgungsspannungsbereich	U_V	4,5 ...16V
Versorgungsstrom	I_V	typisch 5,6
Ausgangsstrom	I_A	0 ... 20 mA
Ausgangs-Sättigungsspannung	U_s	≤ 0,5 V
Schaltzeit	$t_f^{1)}$	≤ 1 μs
Schaltzeit	$t_f^{2)}$	≤ 15 μs
Dauertemperatur in der Sensor- und Übergangzone		-40°C...+150°C
Dauertemperatur in der Steckerzone		-40°C...+130°C

Quelle: Bosch, Datenblatt Hall-Drehzahlsensor 0232103097

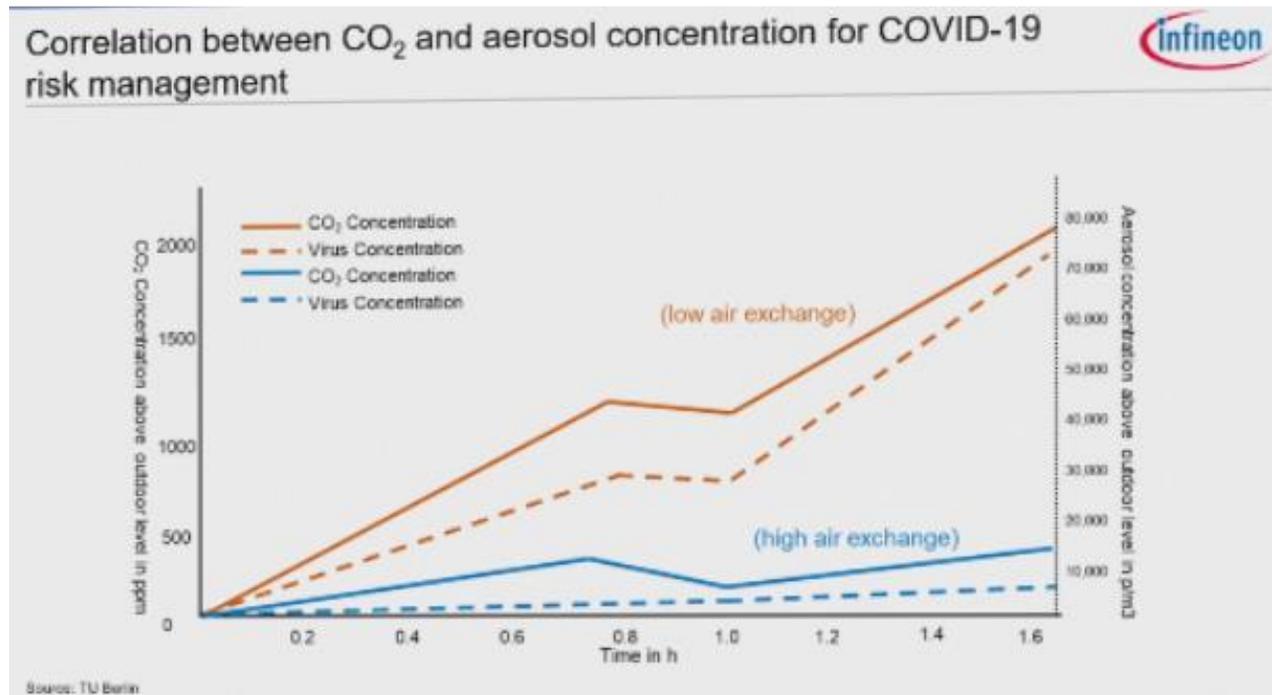
- Selektivität
 - Erkennung nur von der Zielsubstanz
- Empfindlichkeit
 - Erfassung der Gaskonzentration in der richtigen Größenordnung (ppm/%/...)
- Beständigkeit gegen chemische Substanzen
- Handhabbarkeit
- Kalibrierfähigkeit

Gassensoren

Beispiel CO₂-Sensor

- Messung der CO₂-Konzentration, z.B. in Räumen

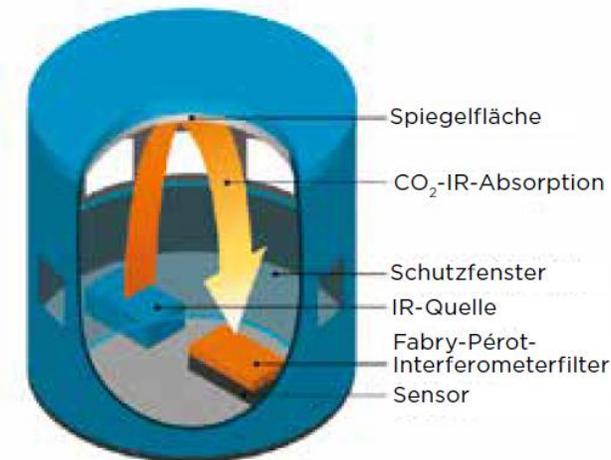
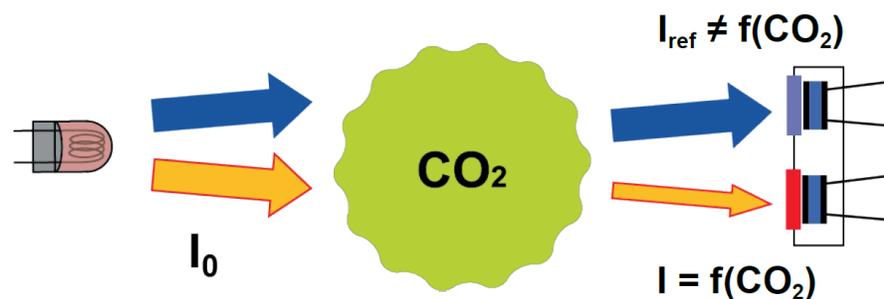
40.000ppm	Anteil in ausgeatmeter menschlicher Atemluft (20l CO ₂ /h)
5.000ppm	Grenzwert für CO ₂ -Konzentration am Arbeitsplatz
1.000ppm	Müdigkeit und Konzentrationsschwäche machen sich bemerkbar
1.000ppm	empfohlener Grenzwert für Raumluft
400ppm	Frischluf



Gassensoren

Beispiel CO₂-Sensor – EE895

- Sensor für Umweltparameter CO₂, Temperatur, Umgebungsdruck
- CO₂-Messbereich 0 – 10000 ppm
- Ansprechzeit 140 s
- NDIR-Verfahren mit Autokalibration
 - Absorption von IR-Strahlung in Abhängigkeit der Gaskonzentration
- 35 mm x 15 mm x 7 mm
- I2C und UART Schnittstelle

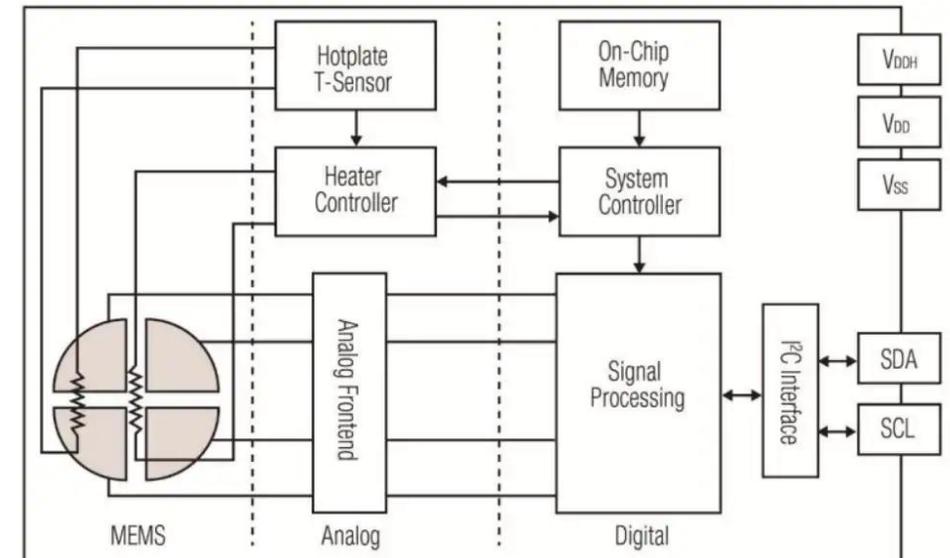
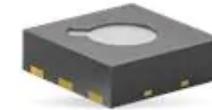


Quelle: Vaisala

Gassensoren

Beispiel CO₂-Sensor – Sensirion SGP-30

- Sensor für Umweltparameter CO₂, Feuchtigkeit, Temperatur, Feinstaub, flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Metalloxid Gassensor
 - Widerstandsänderung des Metalloxids durch Gasabsorption
- 2.5 mm x 2.5 mm x 0.9 mm DFN-Gehäuse
- Berechnet CO₂-Äquivalente auf Basis der Feuchtigkeit und VOC

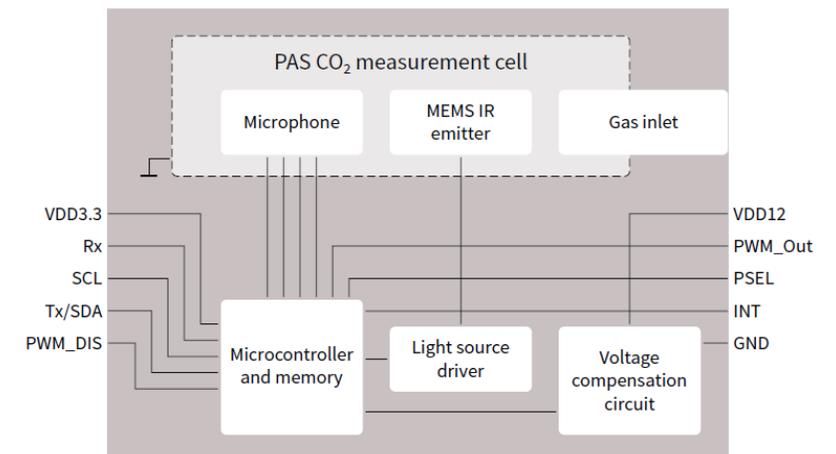
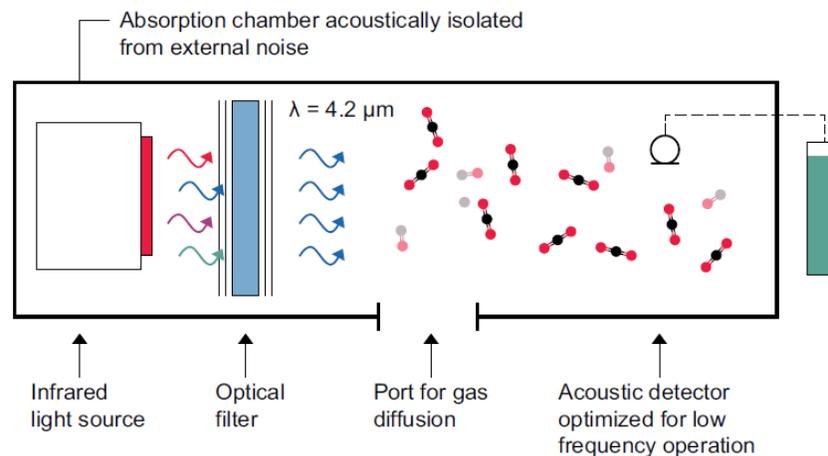


Quelle: Sensirion

Gassensoren

Beispiel CO₂-Sensor – Infineon XENSIC™ PAS CO2

- Sensor für Umweltparameter CO₂ auf Basis der photoakustischen Spektroskopie
 - CO₂ Moleküle werden durch IR-Strahlung (4.2 μm) zum Schwingen angeregt -> Druckwelle
 - Detektion der Druckwelle durch Mikrofon
- 14 mm x 14 mm x 7.5 mm
- Hohe Genauigkeit
- UART, I2C, PWM



FH Aachen
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Prof. Dr. rer. nat. Felix Hüning
Eupener Straße 70
52066 Aachen
T +49 (0)241 6009 51979
F +49 (0)241 6009 52191
huening@fh-aachen.de
www.huening.fh-aachen.de