

TMR – Flexible Sensortechnologie
für Industrie, Automotive und
Consumer-Goods

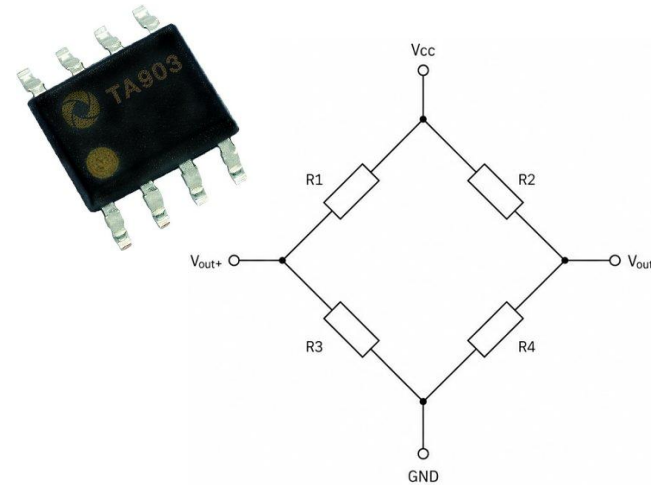
René Buß

CTO / VP Innovation & Sales

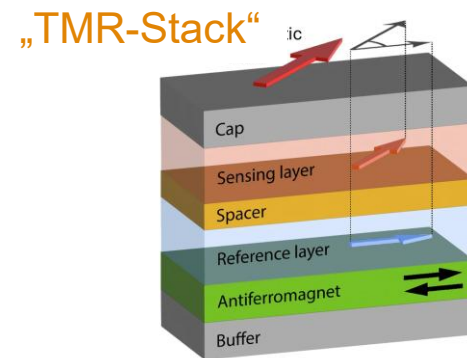
TMR-Sensoren

Simple und flexibel für den Anwender – komplex in der Technologie

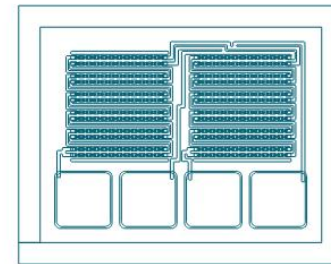
Was der Kunde
nutzt...



Was sich dahinter
verbirgt...



„Sensor-Layout“

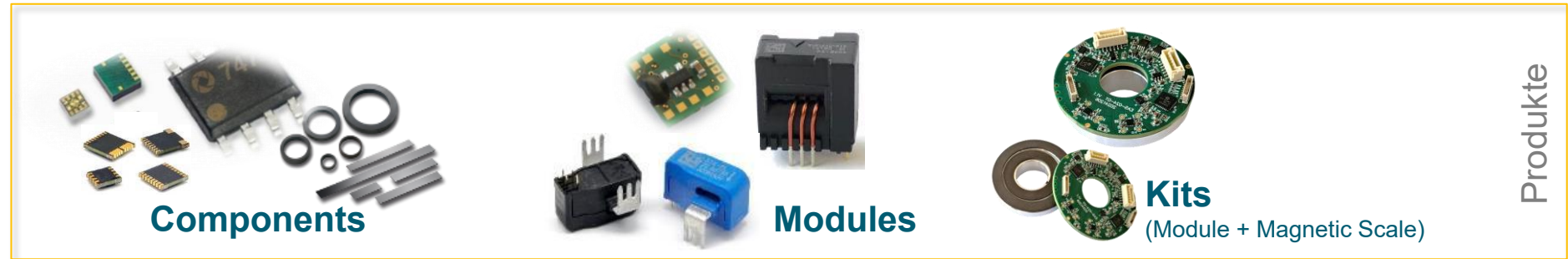


Entwicklung & Herstellung magnetischer Sensoren und Sensorsysteme

✓ **AMR**
Anisotropic Magnetoresistive

✓ **GMR**
Giant Magnetoresistive

✓ **TMR**
Tunnel Magnetoresistive



Sensitec / Sinomags-Gruppe



Sensitec GmbH Mainz/
Wetzlar Germany

INL Portugal
Braga Lisbon



Bengbu



Ningbo



Wuxi



Sinomags Gruppe

Sensitec GmbH

- Waferfab
- Testing
- Chips / Systeme / Magnetics
- Sales

Anhui Sinomags Technologies Co.,Ltd.

- Systeme (Stromsensoren)
- Testing
- Packaging

LerTech Co., Ltd.

- Systeme (Spezial)

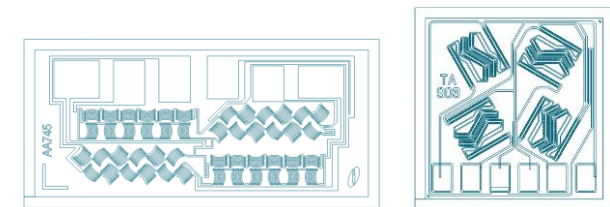
Wuxi ESSTMAGS Co., Ltd.

- Systeme (Position)



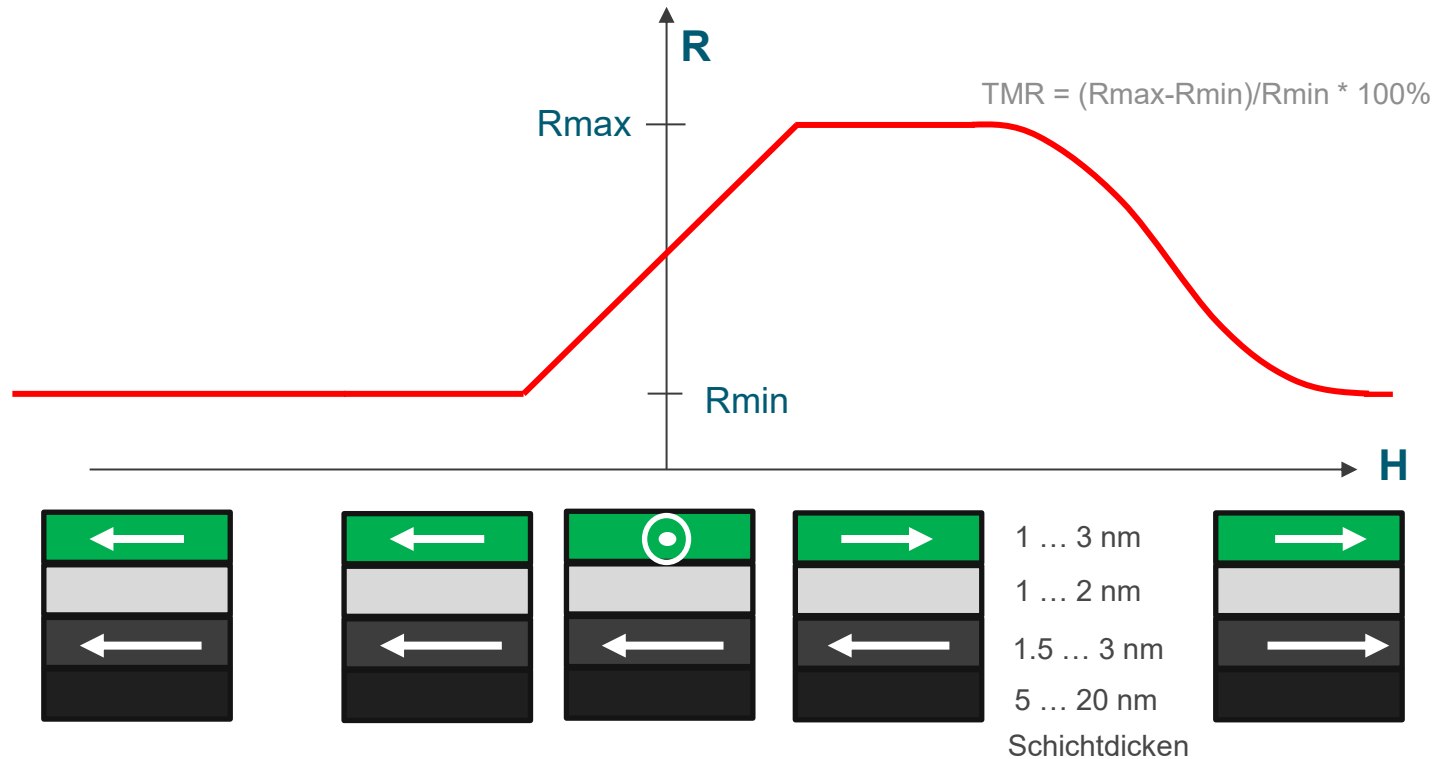
Sensitec GmbH - vom Institut zum IDM

1999	Gegründet aus einem Institut	4" Waferfab + Testing Kapazität: 1000 Wafer	Beispiel: LK40: 10 Mio. Chips/Jahr
2003	Zukauf ehem. IBM Fertigungslinie Mainz Umzug auf 5" Waferfab (Formfaktor 4" → 5": 1,5)	5" Waferfab + Testing Kapazität: 3500 Wafer	Beispiel A745: 48 Mio. Chips/Jahr
2021	Integration Sinomags Gruppe (Intensivierung TMR Aktivität)	Prozessoptimierungen + 8" Tools Kapazität: 9000 Wafer	Beispiel TA903: 155 Mio. Chips/Jahr
ab 2027	Zukünftige Aktivitäten Umzug auf 8" Waferfab (Formfaktor 5" → 8": 2,5)	8" Waferfab + Testing Kapazität: 12000 Wafer	Beispiel: TA903: 430 Mio. Chips/Jahr



AA745 vs. TA903

Etwas TMR-Technologie...



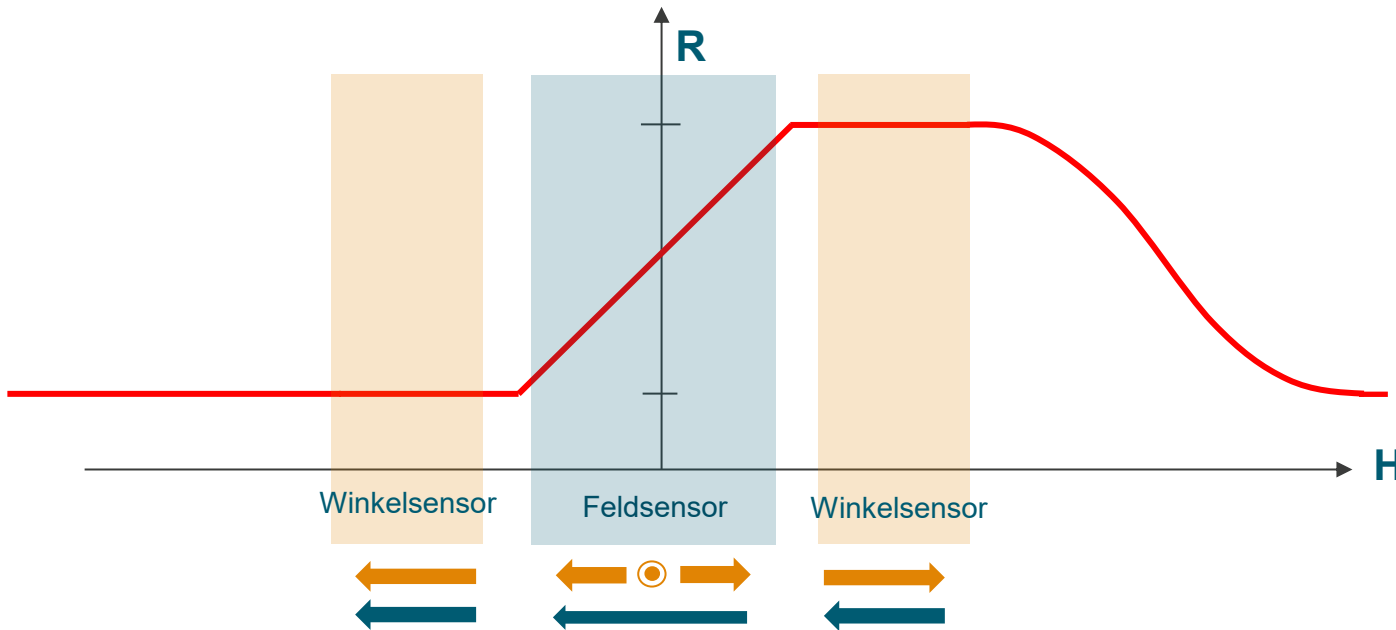
- Das externe Magnetfeld **dreht** den **Free layer** in seiner Magnetisierung
- Ausrichtung** des **Free layers** zum **Pinned layer** bestimmt den Einfluss auf den **Widerstand**
- Pinned layer darf sich nicht “mitdrehen”
→ kein eindeutiges Ergebnis
(ab ca. 200 mT)

Free layer
MgO barrier
Pinned layer
Antiferromagnet
TMR-Stack

← Isolierung (TMR-Effekt)

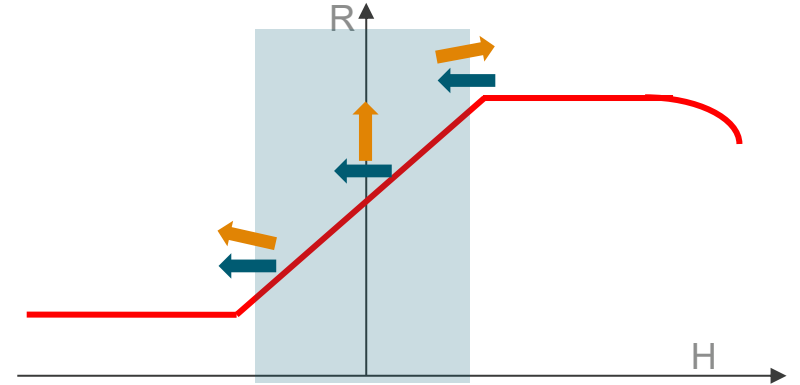
Free- und pinned layer aus
ferromagnetisches Material

Winkelmessung vs. Feldmessung

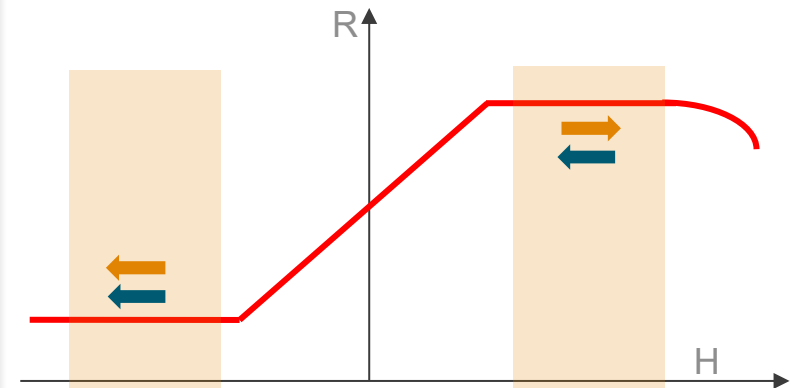


→ Neben dem Stack spielt das Layout (die Anordnung der Sensorelemente) eine entscheidende Rolle!

- Feldsensor
 - Nutzung des "linearen" Bereich zwischen den Sättigungsbereichen

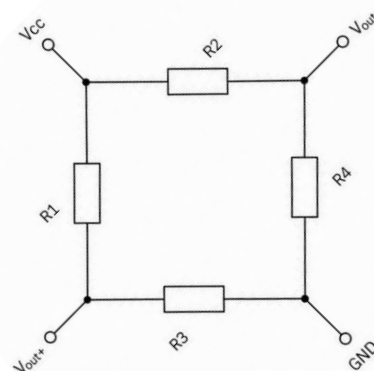
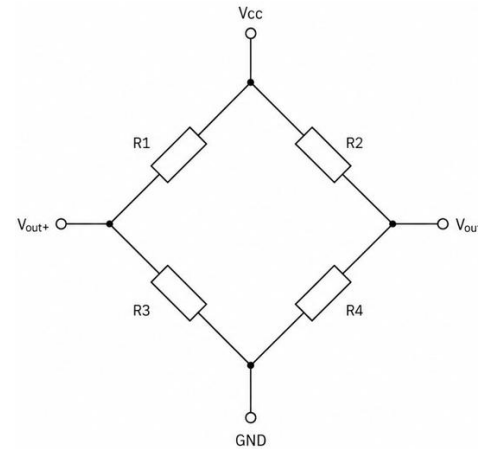
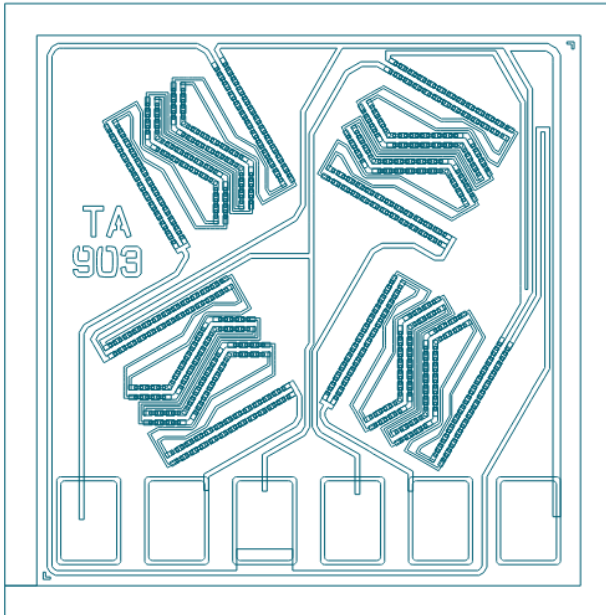


- Winkelsensor
 - Nutzung der Sättigungsbereiche



Im Sättigungsbereich aber kein ΔR ?!

Winkelsensoren (TA-Serie)



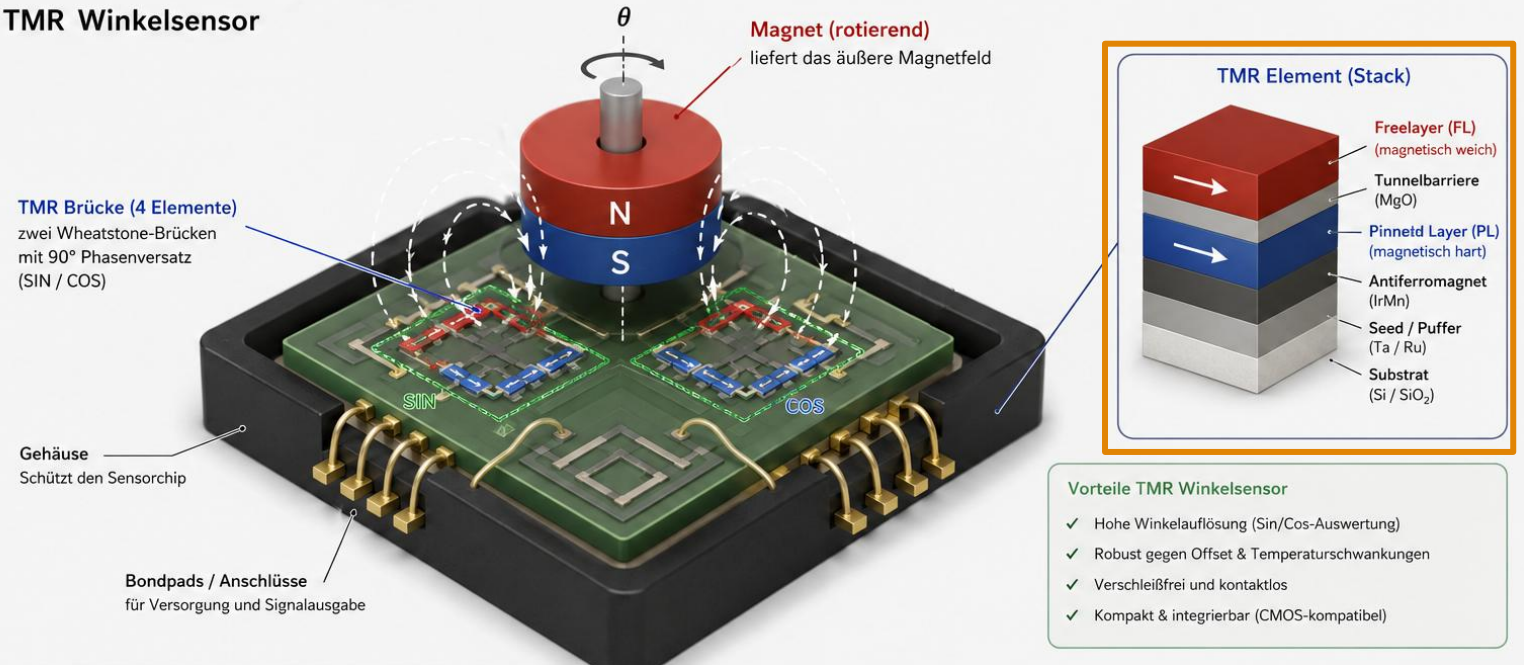
Typischer Aufbau:

- 2 Wheatstone Messbrücken
- Anordnung der Sensorstreifen geometrisch 90° zueinander verdreht
- Gemeinsame Versorgungspannung
- Differenzielle Ausgänge (Sinus & Cosinus)

Die **geometrische Anordnung der Sensorelemente** ergeben zusammen mit **der Eigenschaft des TMR-Stacks** die gewünschten Sensorsignale.

Am Beispiel des Winkelsensors spielt dementsprechend **die Anordnung der TMR Elemente** eine entscheidende Rolle für **die Erzeugung der Sinus- und Cosinussignale** bei rotierendem Magnetfeld.

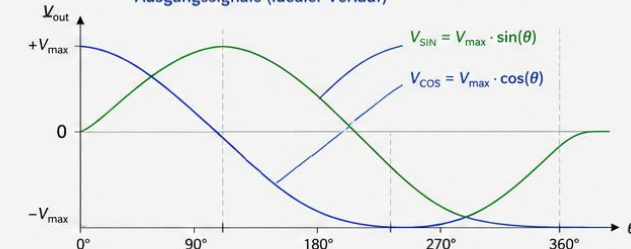
TMR Winkelsensor



Sensorlayout



Ausgangssignale (idealer Verlauf)



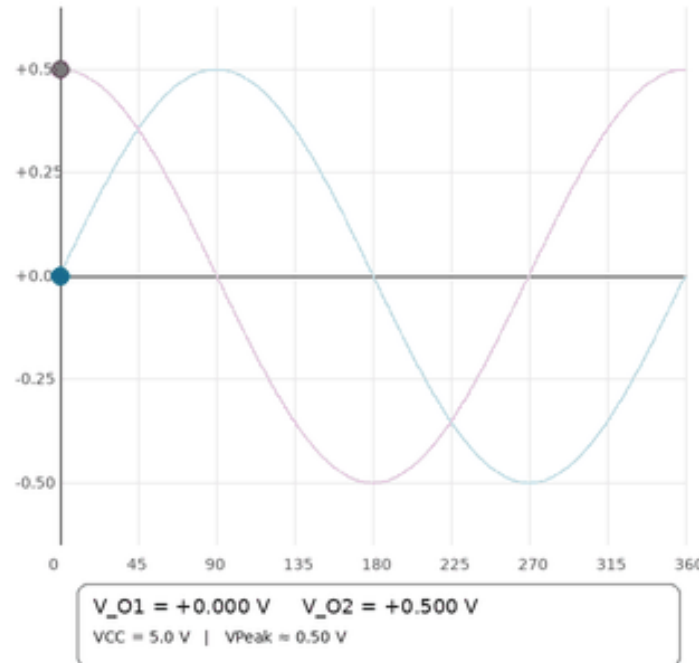
Sinus & Cosinus
90° phasenversetzt
⇒ Winkelbestimmung
über $\text{atan2}(V_{\text{SIN}}, V_{\text{COS}})$

Sensitec TA903 - rotierendes Magnetfeld

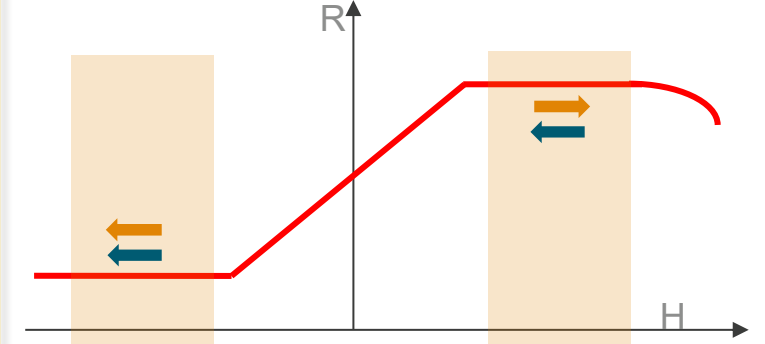


B-Feld in der Sensorebene
 $|B| = 50 \text{ mT}$ (konstant) $\alpha = 0.0^\circ$
 Zwei Wheatstone-Brücken: 90° räumlich versetzt
 $\rightarrow V_{O1} \sim \sin(\alpha) \rightarrow V_{O2} \sim \cos(\alpha)$

Entstehung von SIN / COS

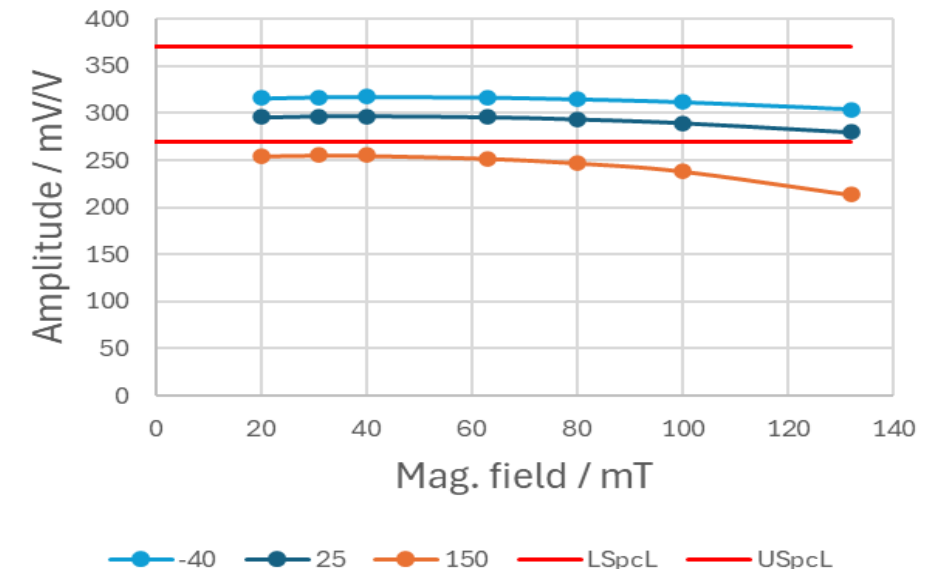


- Winkelsensor
 - Nutzung der Sättigungsbereiche

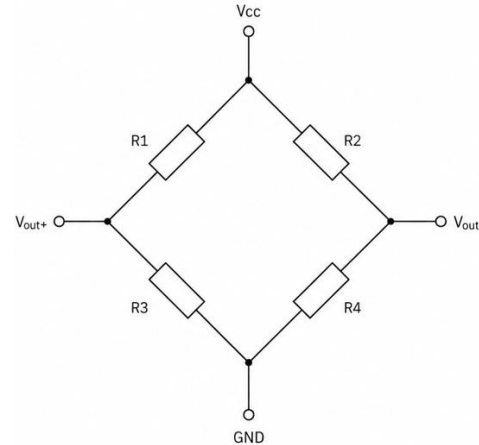
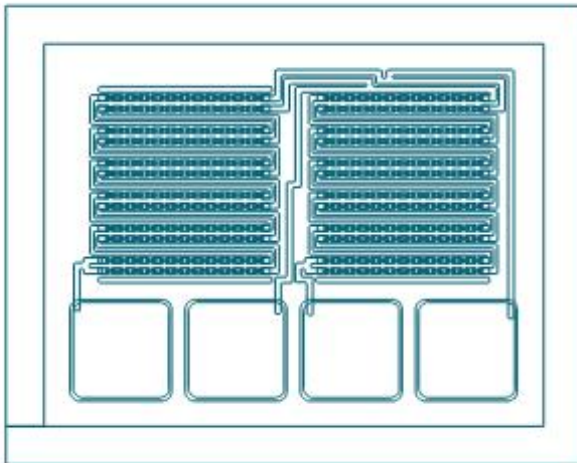


Durch die Nutzung des Sensors im **Sättigungsbereich** bleiben die **Amplituden** über einen breiten Feldbereich **stabil**.

- ✓ Änderungen im Magnet- Sensorabstand weniger Einfluss
- ✓ Sehr flexible Magnetauswahl (Feldstärke)



Feldsensoren (TF-Serie)



Typischer Aufbau:

- 1 Wheatstone Messbrücke
- Anordnung der Sensorstreifen
passend zur Messfeldrichtung
ausgerichtet
(orthogonal zum Pinned Layer)

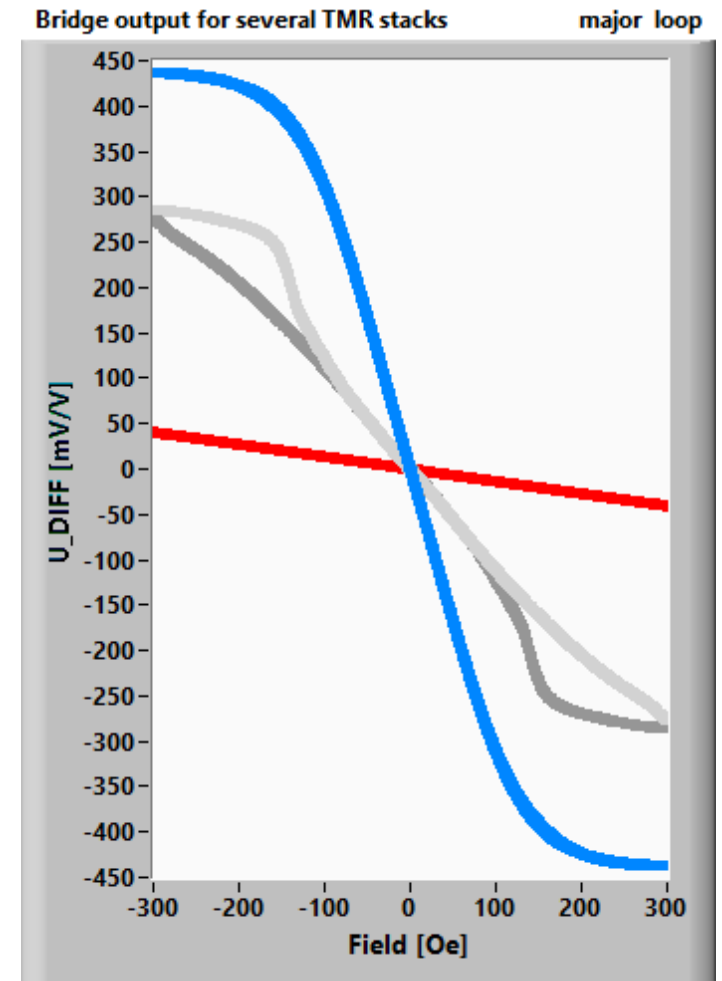
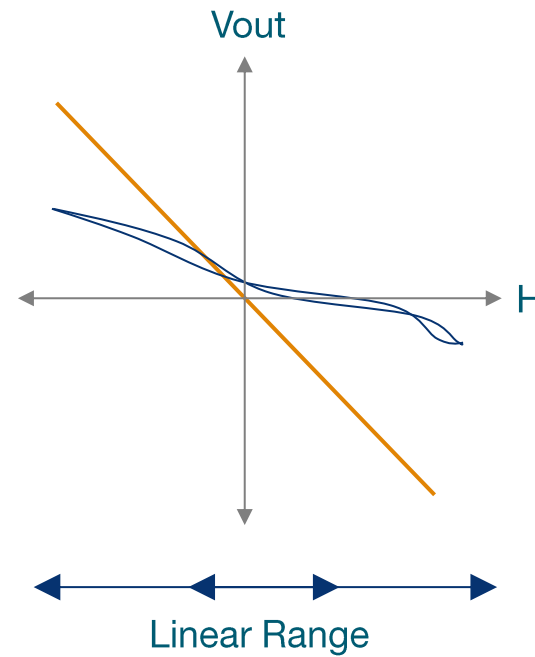
Feldsensoren - lineare Feldmessung

Key parameters:

- High Slope (signal)
- Large Linear range
- High linearity
- Small Hysteresis
- High Signal to Noise
- Low power consumption
- Low Offset drift
- Low Slope drift

Abhängigkeiten der Parameter

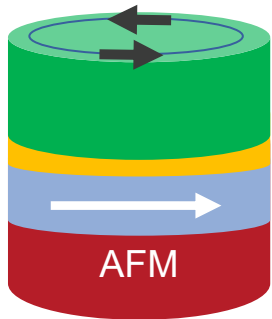
	Slope	Linear range	Linearity	Hysteresis
blue	++	0	0	+
grey	+	+	+	++
red	0	++	++	++



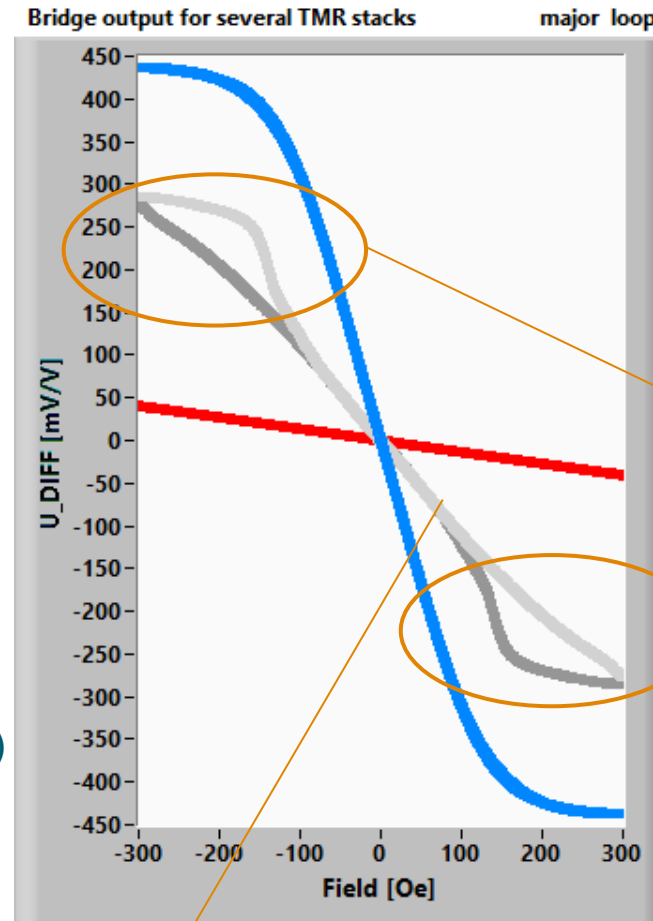
Lineare Feldsensoren

und nochmal etwas Technologie...

Der TMR Vortex freelay

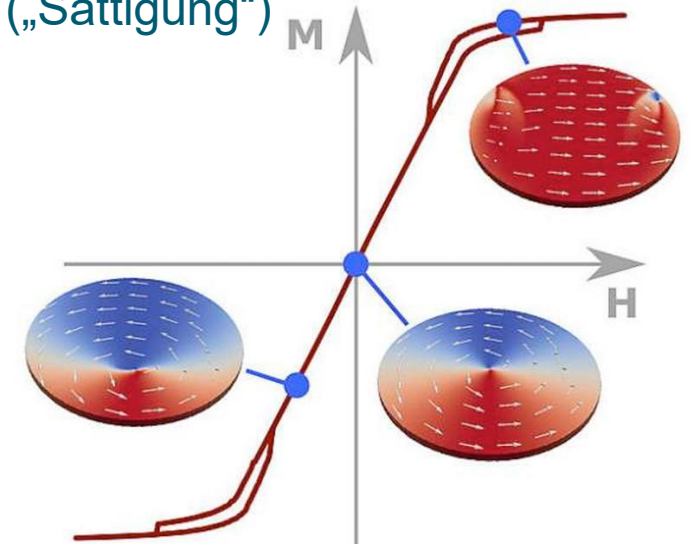


Runde **TMR-Elemente** (ca 1-3 μm Durchmesser) erzeugen einen **magnetischen Wirbel**
→ Verhindert „Festhängen“ der Domänen (Hysterese), aber ...



...bei zu hohen externen Feldern:

Massive Verschiebung des Vortex Kerns („Sättigung“)

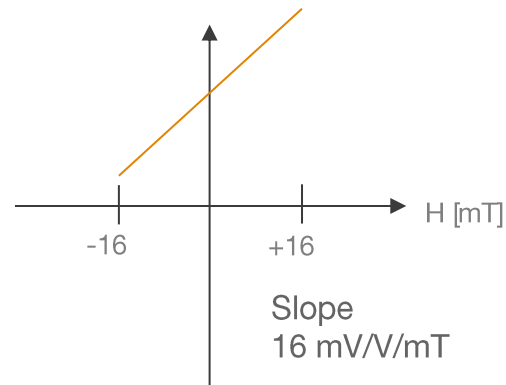
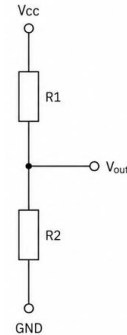
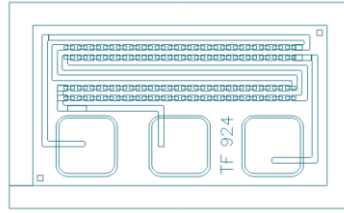


✓ Vorgang ist **reversibel** bei Rückkehr des Feldes in **linearen Messbereich**

Lineare Feldsensoren

Design

1D single ended

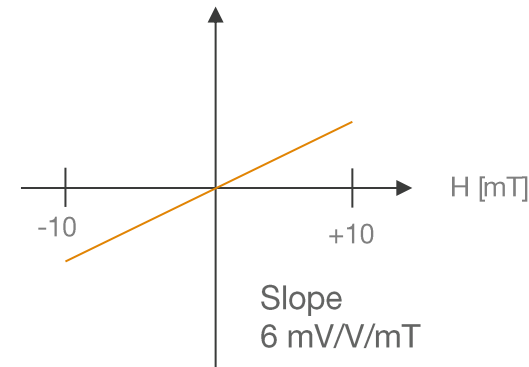
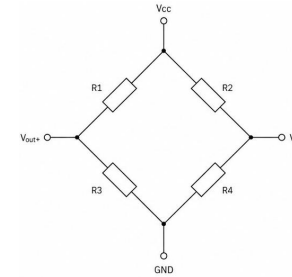
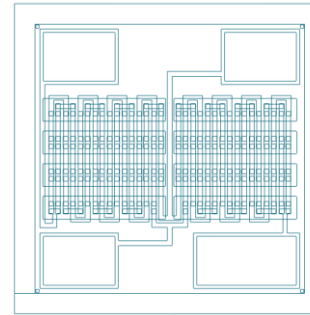


Kennlinie(n)

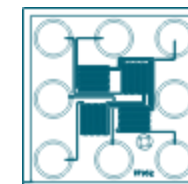
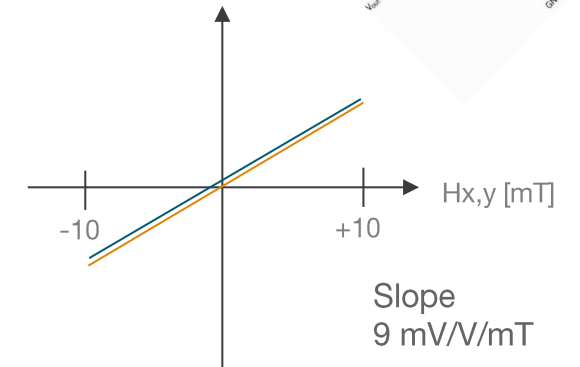
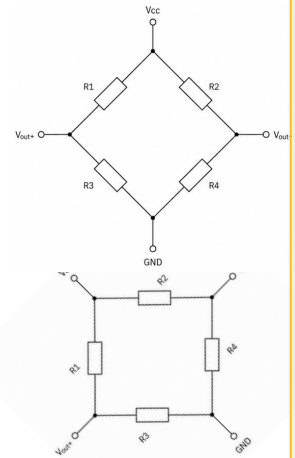
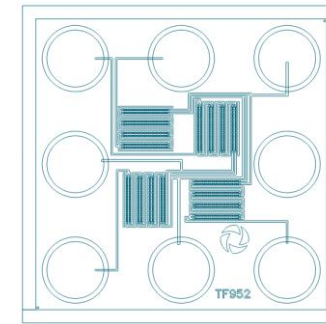
Chipgröße
relative zueinander



1D differential



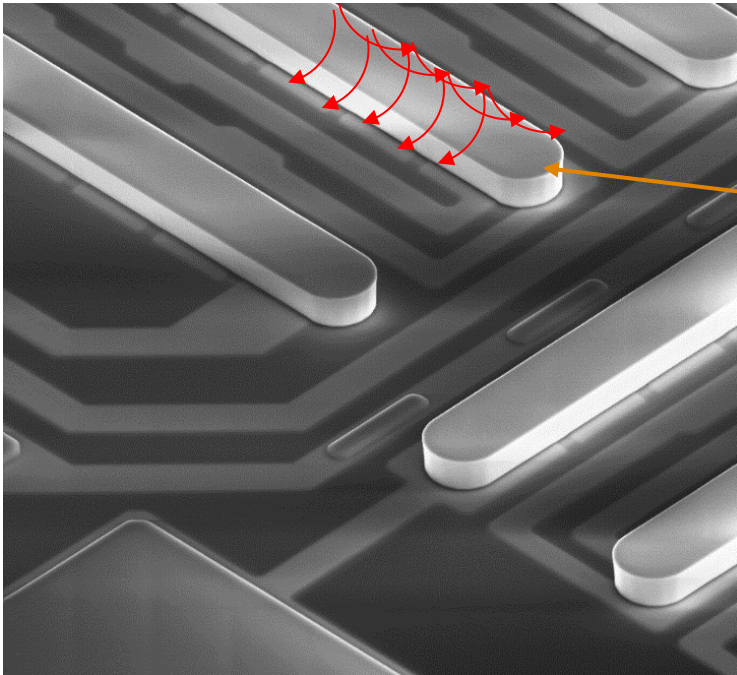
2D differential



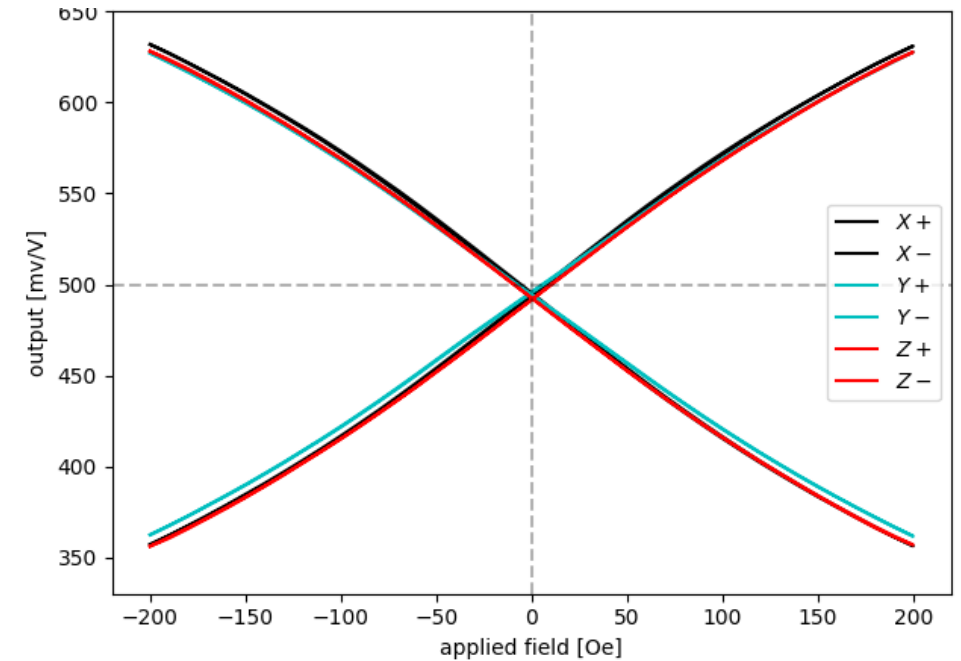
Lineare Feldsensoren Z-Richtung bzw. 3-D

...etwas komplizierter, aber ebenfalls mit einem Chip lösbar!

Magnetfeld der Z-Ebene wird durch
Flussführung in die sensitive Ebene umgeleitet.



Flussführung

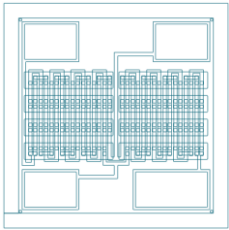


- Linearer Messbereich bis 20 mT (200 Oe)
- Slope: 1.3 mV/V/Oe
- Immun gegenüber Querfeldern von bis zu 10 mT

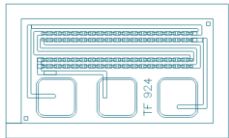
Möglich in einem Chip – aber Querfeldeinfluss bereits bei geringen Feldstärken. Ggf. weiteres “Shielding” notwendig.

Die Vielfalt der Sensorvarianten

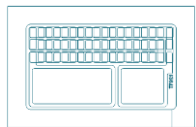
Feldsensoren “TF Serie”



Vollständig
getrennte Brücken



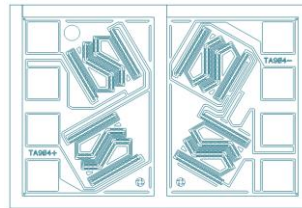
0.22 x 0.37 mm²



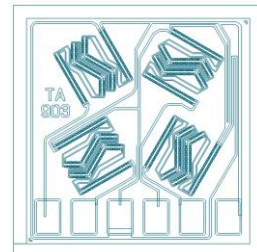
0.2 x 0.3 mm²

Nur ein
Widerstandselement

Winkelsensoren “TA Serie”



0.96 x 0.66 mm²



0.76 x 0.77 mm²

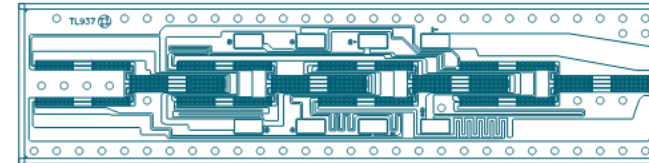
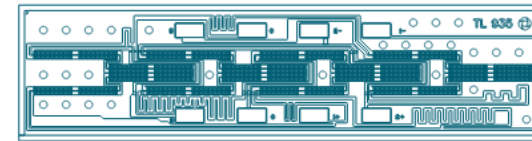


0.38 x 0.41 mm²

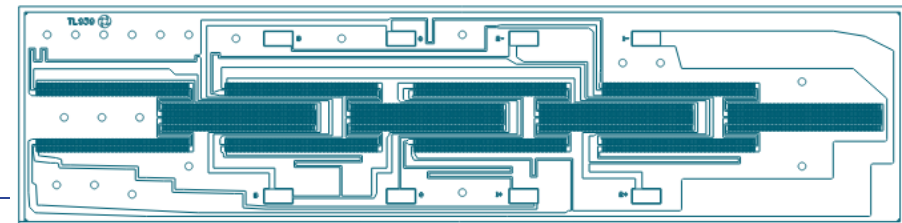
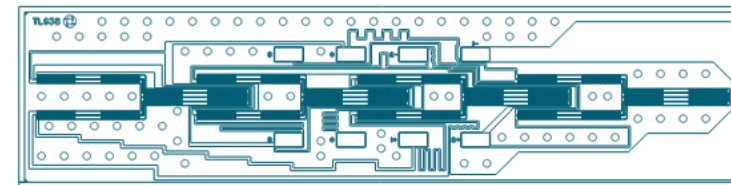
FixPitch-Sensoren “TL Serie”



Polanpassung 1 mm
2 mm Signalperiode
2.45 x 0.7 mm²



Polanpassung 1,5 mm
3 mm Signalperiode



Anwendungen

Consumer

Gaming Controller (Sticks / analog Buttons)

- ✓ Hohe Präzision
- ✓ Kein Stick-Drift
- ✓ Schnelle Reaktion
- ✓ Wenig Stromverbrauch
- ✓ Wettbewerbsfähig im Preis



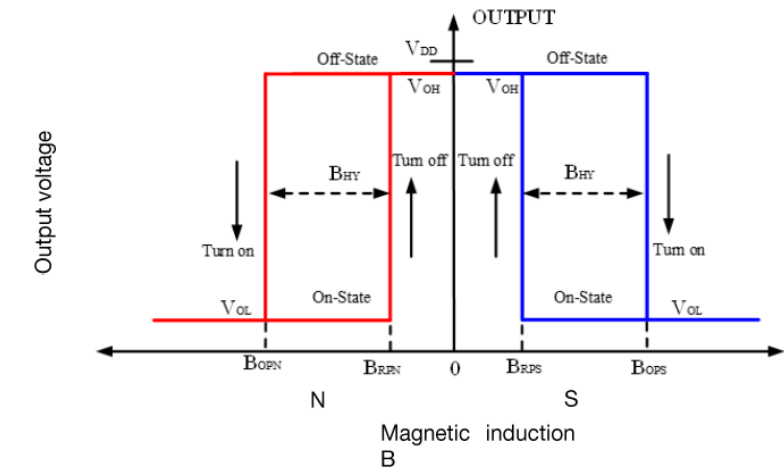
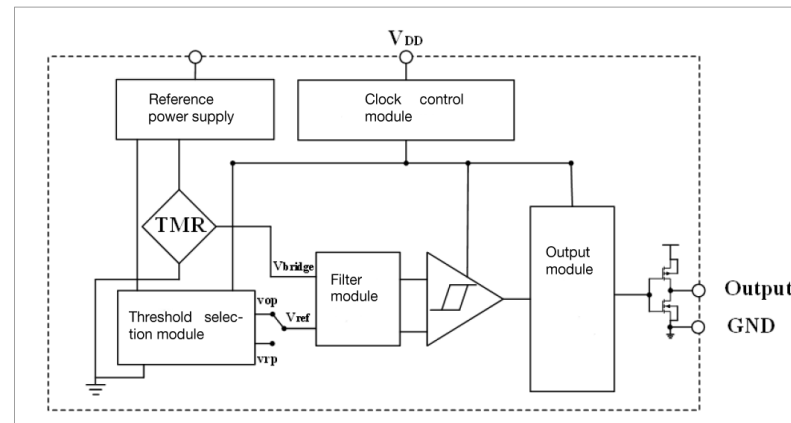
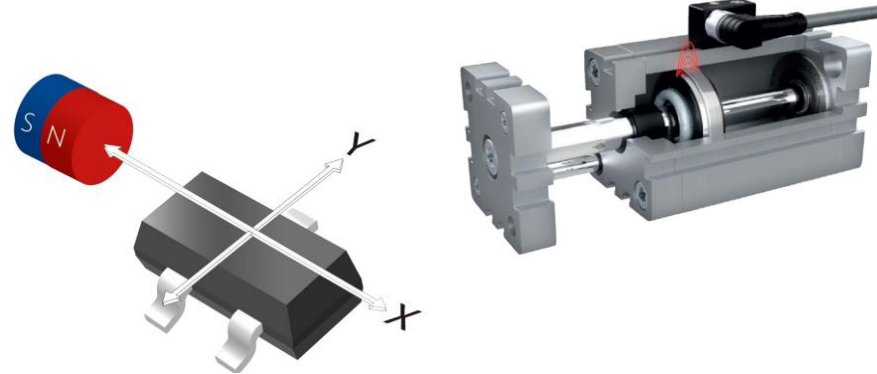
→ TMR Feldsensoren + Verstärker

Anwendungen

Industrie/Consumer (Hochvolumen)

Switch Sensors

- ✓ Variable Schaltschwellen
- ✓ Diverse Ausgangscharakteristika (Omnipolar, Latch, Open-Drain, ...)
- ✓ Geringer Stromverbrauch



→ TMR Feldsensoren + ASIC (Schaltschwelle, Ausgangstreiber,...)

Anwendungen

Industrie

Encoder-IC QFN24 (5x5 mm)

- ✓ Hochintegriert (Multichip in einem Package)
- ✓ bis zu 12 bit Auflösung
- ✓ Autocalibration
- ✓ Differenzielle ABZ-Ausgänge
- ✓ Versorgungsspannung 3.1 5.0 V
- ✓ Breiter Temperaturbereich -40...+125°C
- ✓ Error Monitoring

→ TMR Winkelsensor + ASIC (Interpolator)



EMI8131

High-Performance Multichip Encoder
for Precise Position Sensing



Up to 12 bit
Resolution



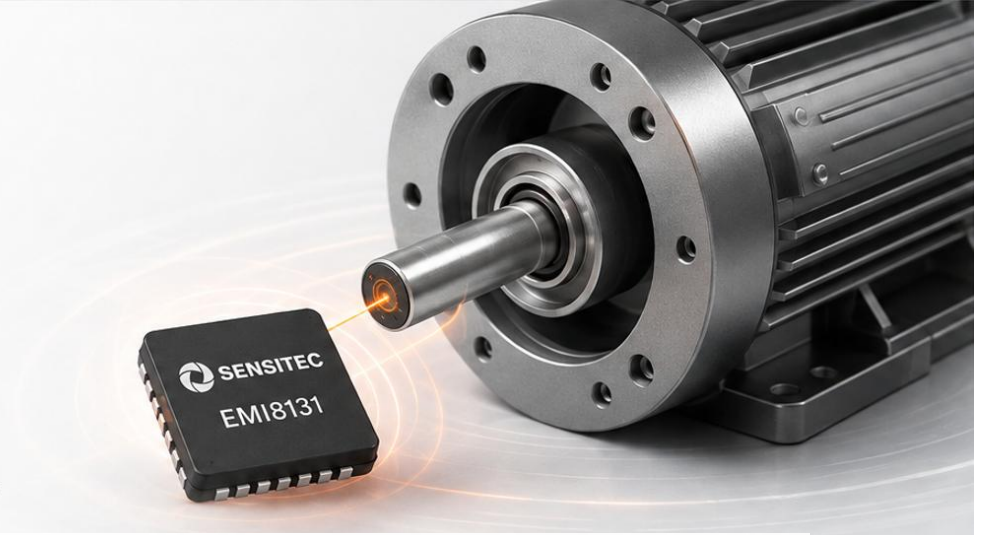
Auto-Calibration
for Highest Accuracy



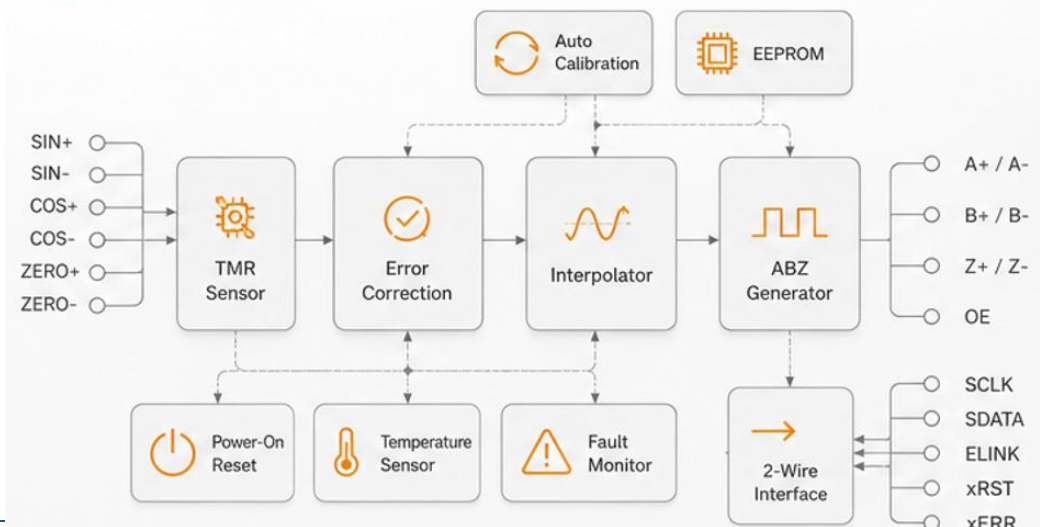
Differential
ABZ Outputs



-40 °C to +125 °C
Wide Temperature Range



EMI8131 – Functional Block Diagram



Zusammenfassung / Ausblick

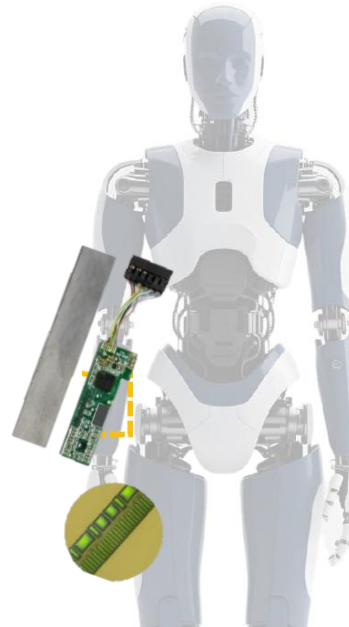
Die vielen **Freiheitsgrade** in der Gestaltung des **TMR-Stacks** und der eigentlichen Funktion durch das **Sensor-Layout** ermöglichen es, **sehr flexibel** die **Sensoreigenschaften** eines TMR-Sensors an die unterschiedlichen Markt- und Kundenanforderungen **anzupassen**.

- ✓ **Funktion** (z.B. Sinus-/Cosinussignal oder low, Power)
- ✓ **Zuverlässigkeit** (z.B. getrennte Brücken)
- ✓ **Preis** (z.B. Chipgröße)

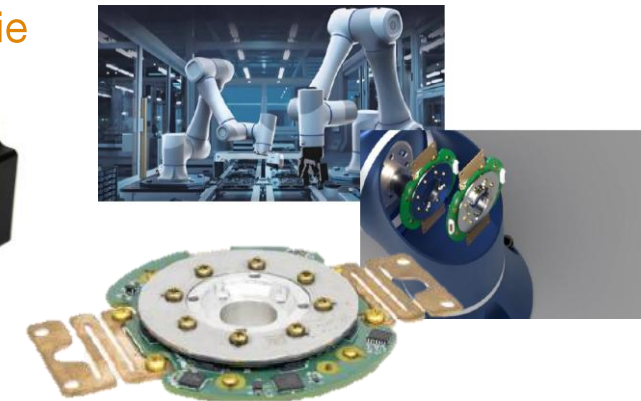
Automotive



Consumer



Industrie





René Buß

CTO / VP Innovation & Sales

rene.buss@sensitec.com

