

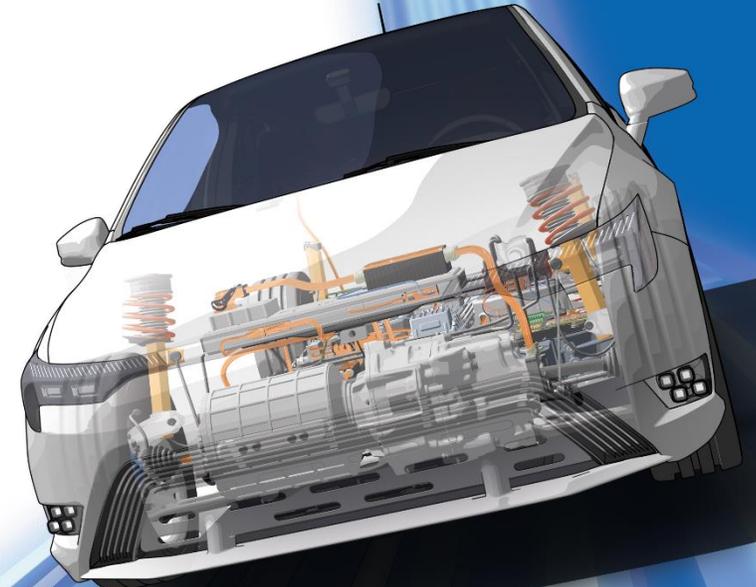
VECTOR > CSM

TECHDAY

2023

MÜNCHEN DÜSSELDORF WOLFSBURG

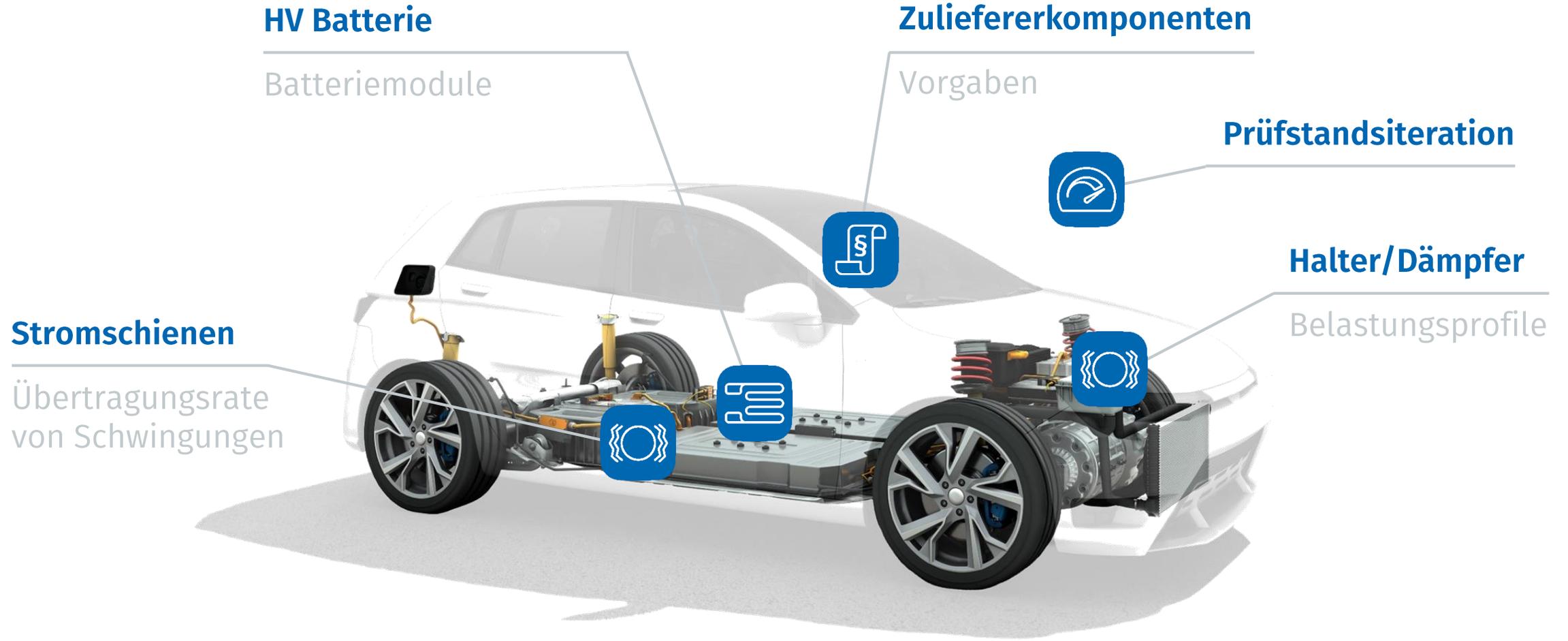
Mechanische Belastungen sicher und smart im E-Mobility Umfeld erfassen



Agenda

- 1) Ziele und Herausforderungen bei der Ermittlung mechanischer Belastungen im E-Mobility Umfeld
- 2) Messtechnik-Lösungen von CSM für mechanische Belastungen
- 3) Professionelle Applikation von Dehnungsmessstreifen auf Fahrzeug-Bauteilen von **AXON**
- 4) Telemetrie-Systeme von **AXON** zur Erfassung mechanischer Belastung an rotierenden Bauteilen, insbesondere in Elektrofahrzeugen

Notwendigkeit der Ermittlung von mechanischen Belastungen (Beispiele)



Ziele bei der Ermittlung von mechanischen Belastungen

- ▶ Reduzierung der Masse eines Bauteils

- ▶ Geringerer Kraftstoffverbrauch
- ▶ Weniger Materialverbrauch
- ▶ Weniger Herstellkosten
- ▶ Mehr Nutzlast

- ▶ Gewährleistung der Funktion des Bauteils

- ▶ Sichere Funktion des Bauteils über die gesamte Lebensdauer (keine Ausfälle)

HV Batterie

Zuliefererkomponenten

Vorgaben

Prüfstandsiteration

Halter/Dämpfer

Belastungsprofile

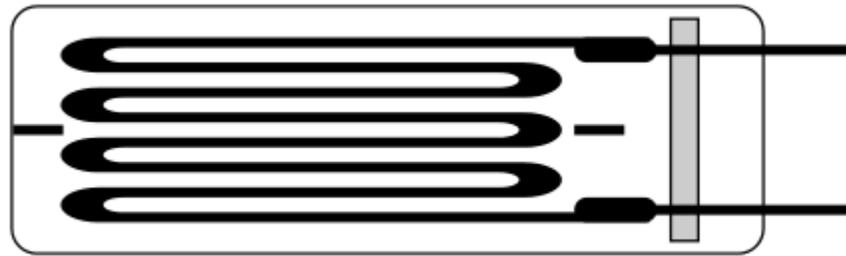
Stromschienen

Übertragungsstruktur
von Schwingungen

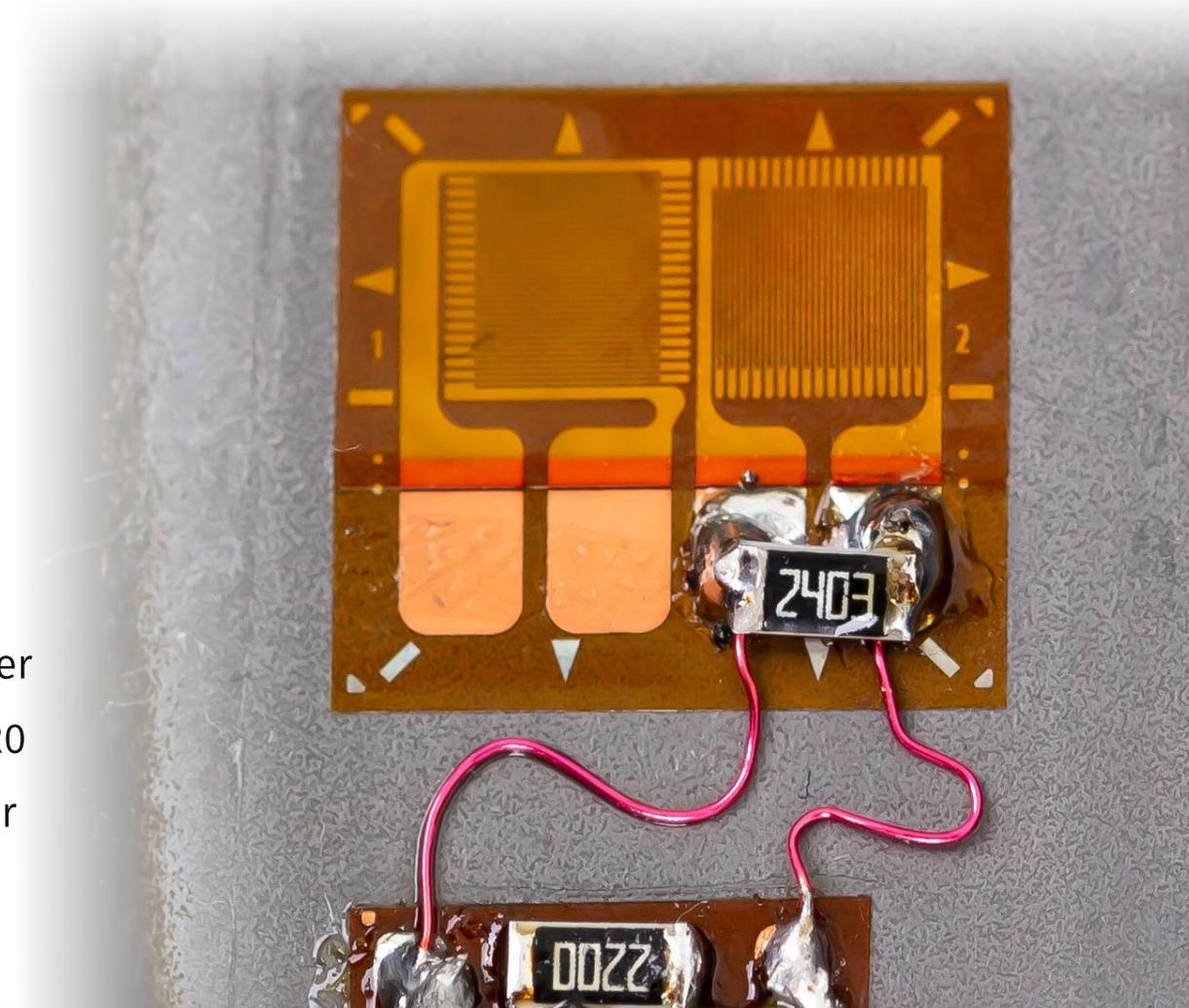
Geeignete Messgrößen zur Bestimmung mechanischer Belastungen



Sensorprinzip – Dehnungsmessstreifen (DMS)

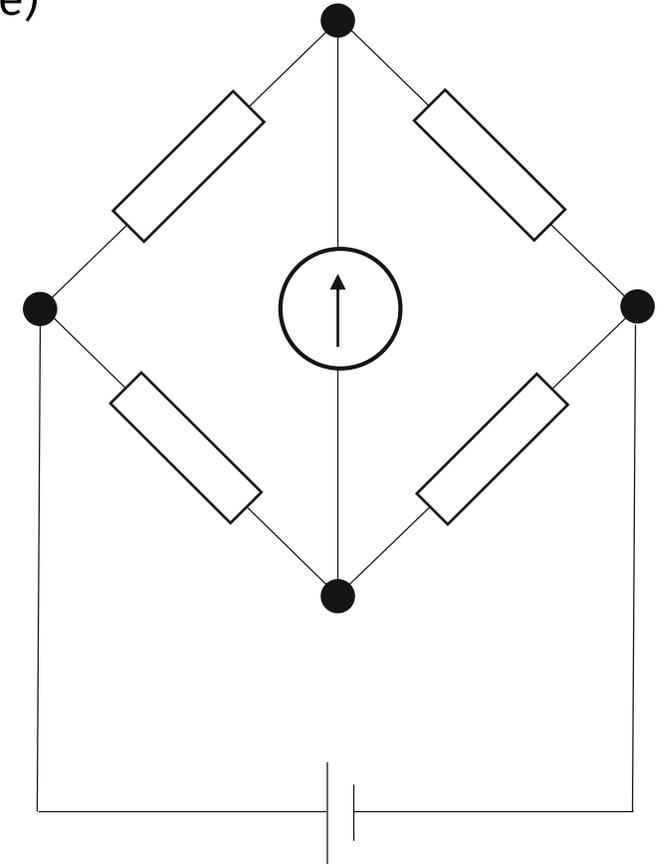


Gestaucht: R wird kleiner
Ausgangszustand: $R = R_0$
Gestreckt: R wird größer



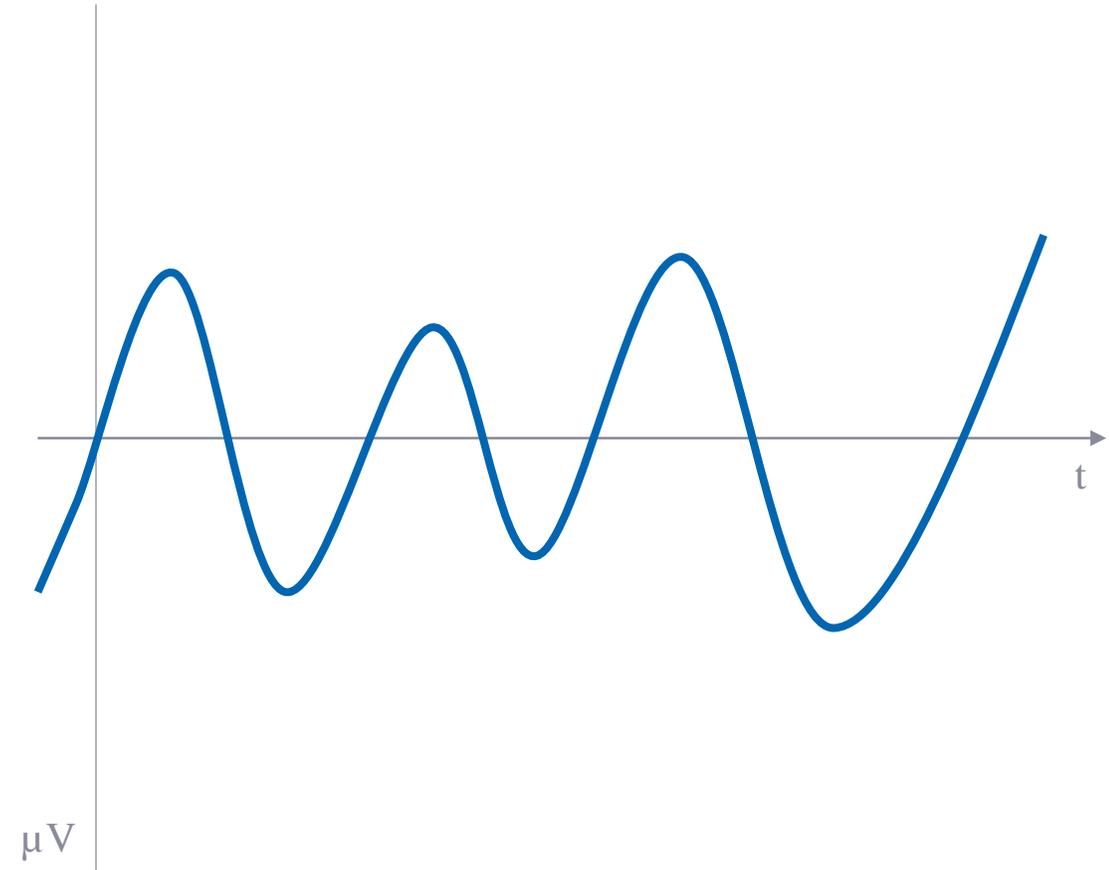
Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)



Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)



Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit
durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)

GRID RESISTANCE IN OHMS		TC OF GAGE FACTOR, %/100°C
350.0±0.4%		(+1.3±0.2)
GRID	GAGE FACTOR @ 24°C	TRANSVERSE SENSITIVITY
1	2.110±0.5%	(+0.5 ±0.2)%
2	2.125±0.5%	(+0.4 ±0.2)%
3	2.110±0.5%	(+0.5 ±0.2)%
NOM	2.12 ±1.0%	
THERMAL OUTPUT COEFFICIENTS FOR 1018 Steel @ A G.F. OF 2.00		
ORDER	FAHRENHEIT	CELSIUS
0	-2.66E+2	-1.10E+2
1	+6.04E+0	+6.82E+0
2	-3.90E-2	-1.02E-1
3	+8.29E-5	+4.48E-4
4	-4.78E-8	-5.01E-7
5		

Angaben auf Rückseite DMS-Verpackung

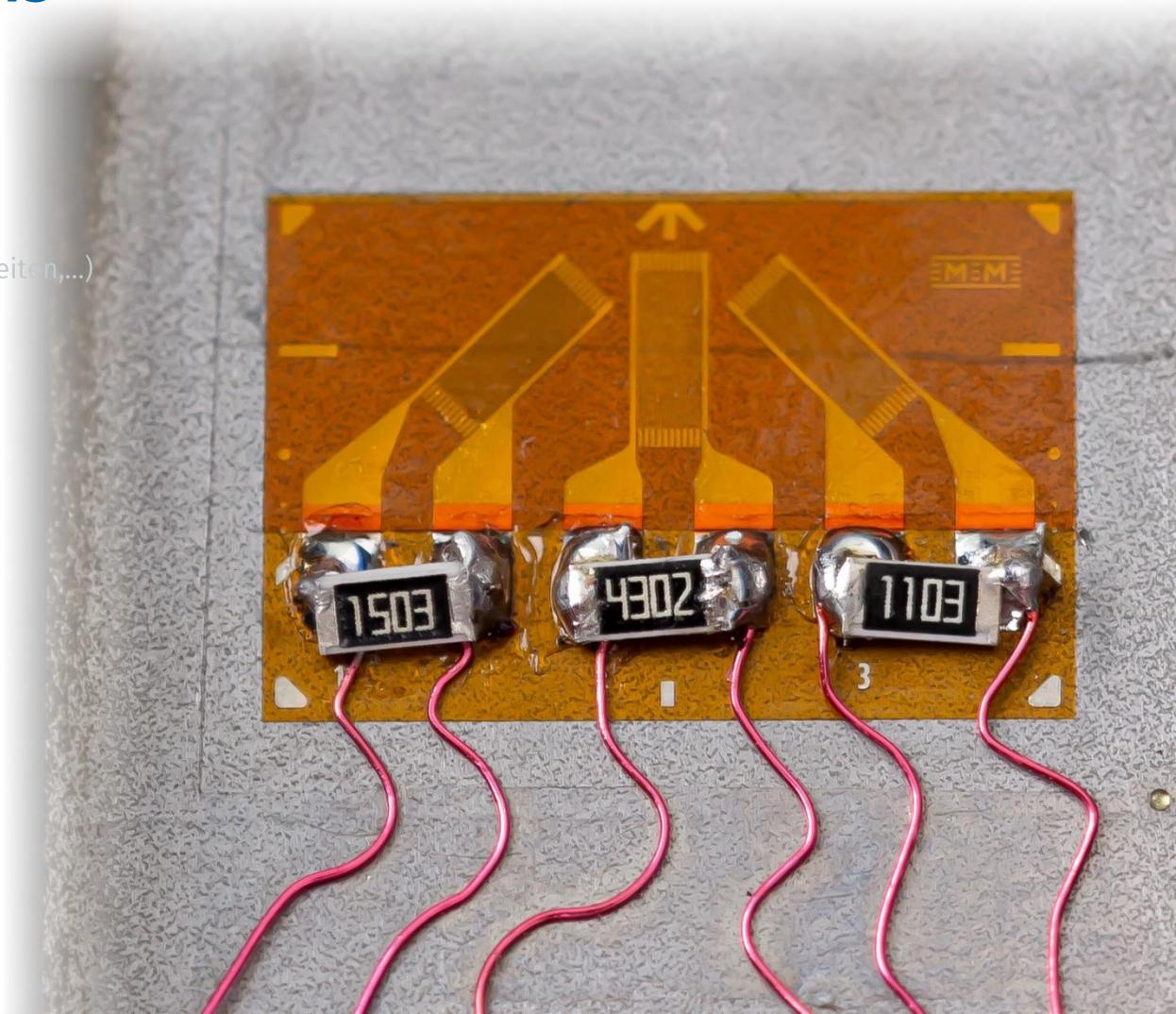
Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)
- ▶ Exakte Applikation des DMS ist extrem wichtig!
(Untergrund vorbereiten, sauber arbeiten,...)



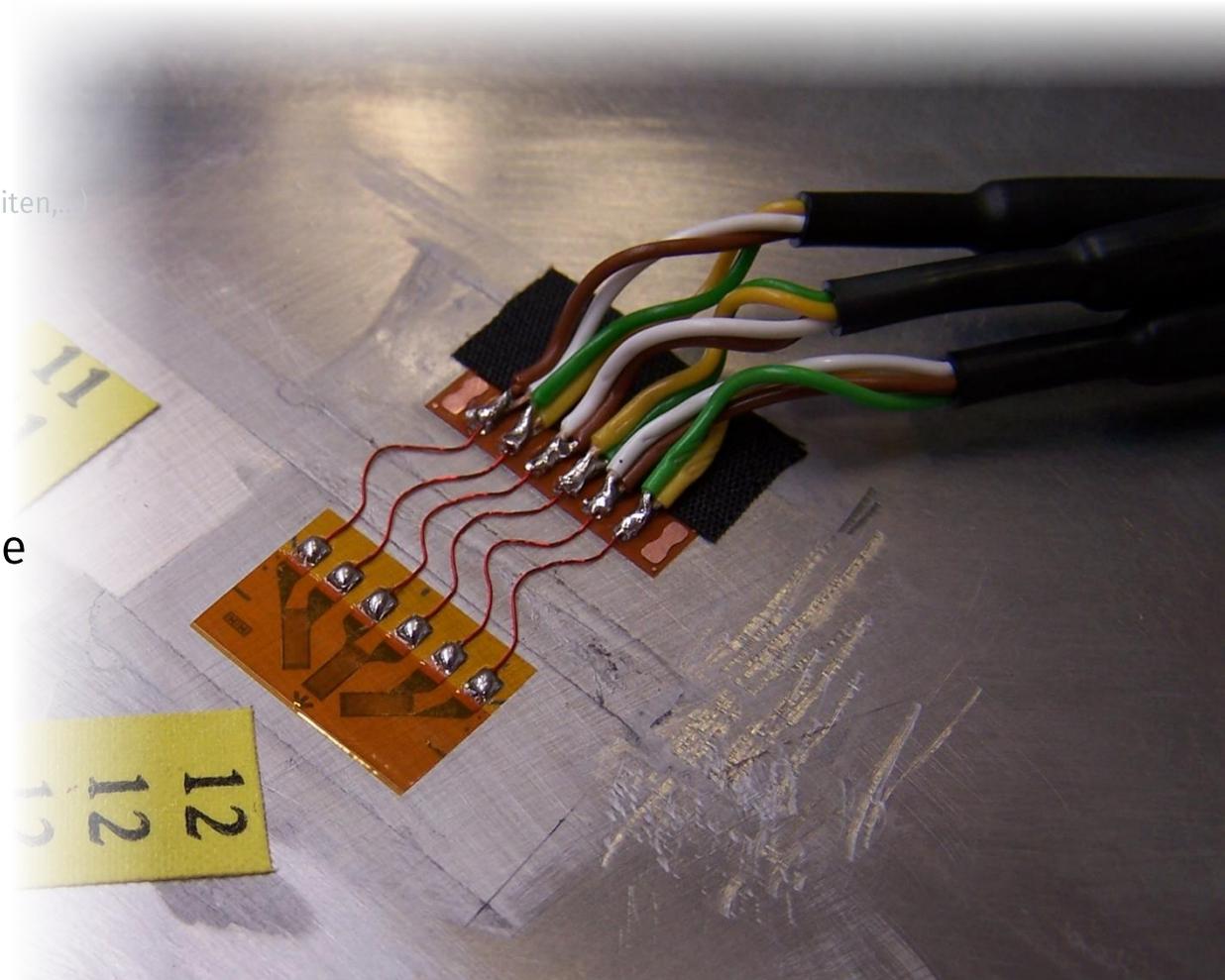
Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)
- ▶ Exakte Applikation des DMS ist extrem wichtig! (Untergrund vorbereiten, sauber arbeiten,...)
- ▶ Raumrichtungsanordnung muss beachtet werden
 - Ist diese bekannt...?
 - Alternative: DMS-Rosette
 - Benötigt jedoch 3 Messkanäle...



Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)
- ▶ Exakte Applikation des DMS ist extrem wichtig! (Untergrund vorbereiten, sauber arbeiten,...)
- ▶ Raumrichtungsanordnung muss beachtet werden → Ist diese bekannt...?
 - Alternative: DMS-Rosette → Benötigt jedoch 3 Messkanäle...
- ▶ Brückenspeisespannung notwendig
 - Je höher U_{Supply} , desto mehr Signalstärke
 - ABER: Schlecht temperatur-leitfähige Untergründe limitieren die Brückenspeisung!

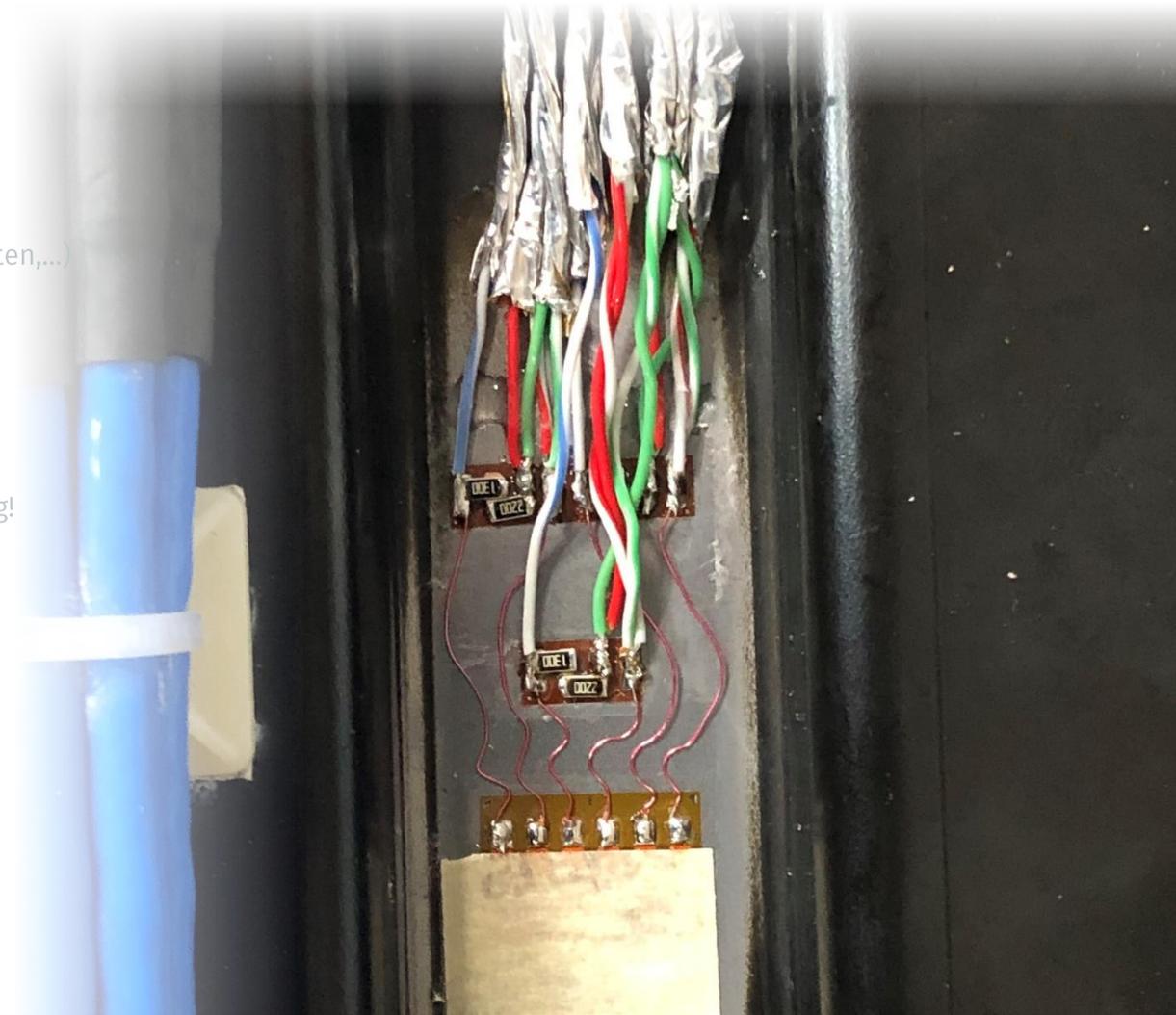


Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)
- ▶ Exakte Applikation des DMS ist extrem wichtig! (Untergrund vorbereiten, sauber arbeiten,...)
- ▶ Raumrichtungsanordnung muss beachtet werden → Ist diese bekannt...?
 - Alternative: DMS-Rosette → Benötigt jedoch 3 Messkanäle...
- ▶ Brückenspeisespannung notwendig
 - Je höher U_{Supply} , desto mehr Signalstärke
 - ABER: Schlecht temperatur-leitfähige Untergründe limitieren die Brückenspeisung!
- ▶ **Sense-Ausgleichsleitung(en) für hohe Messgenauigkeiten unabdingbar**

Herausforderungen beim Messen mit DMS

- ▶ Wheatstone-Brückenbeschaltung notwendig (Viertel-, Halb-, Vollbrücke)
- ▶ Sehr kleine Signalamplituden (μV und nV Bereich)
- ▶ Temperaturabhängigkeit durch Materialkonstanten (DMS: K-Faktor)
- ▶ Exakte Applikation des DMS ist extrem wichtig! (Untergrund vorbereiten, sauber arbeiten,...)
- ▶ Raumrichtungsanordnung muss beachtet werden → Ist diese bekannt...?
 - Alternative: DMS-Rosette → Benötigt jedoch 3 Messkanäle...
- ▶ Brückenspeisespannung notwendig
 - Je höher U_{Supply} , desto mehr Signalstärke
 - ABER: Schlecht temperatur-leitfähige Untergründe limitieren die Brückenspeisung!
- ▶ Sense-Ausgleichsleitung(en) für hohe Messgenauigkeiten unabdingbar
- ▶ **Aufwändige Verkabelung notwendig**





Zusätzliche Herausforderungen im Hochvolt-Umfeld

Verschärfung aller Herausforderungen durch das Hochvolt-Umfeld

- ▶ HV-Sicherheit muss beachtet werden
- ▶ Übertragung kleinster Signale über HV Isolationsbarriere
- ▶ Raues EMV Umfeld (stark getaktete Signale etc...)
- ▶ NOCH aufwändigere Verkabelung (HV-Isolierung, etc.)
- ▶ Applikation DMS unter HV Bedingungen (z.B. HV-Batterie)



Praxis-Beispiel: Bestimmung von Dehnungen an und in der HV Batterie

Ziele

- ▶ Gewährleistung der Sicherheit
- ▶ Optimale Materialauslegung



Praxis-Beispiel: Bestimmung von Dehnungen an und in der HV Batterie

Ziele

- ▶ Gewährleistung der Sicherheit
- ▶ Optimale Materialauslegung

Mechanische Spannungen

- ▶ Außenseite
 - Verwindungen durch den Fahrzeugrahmen



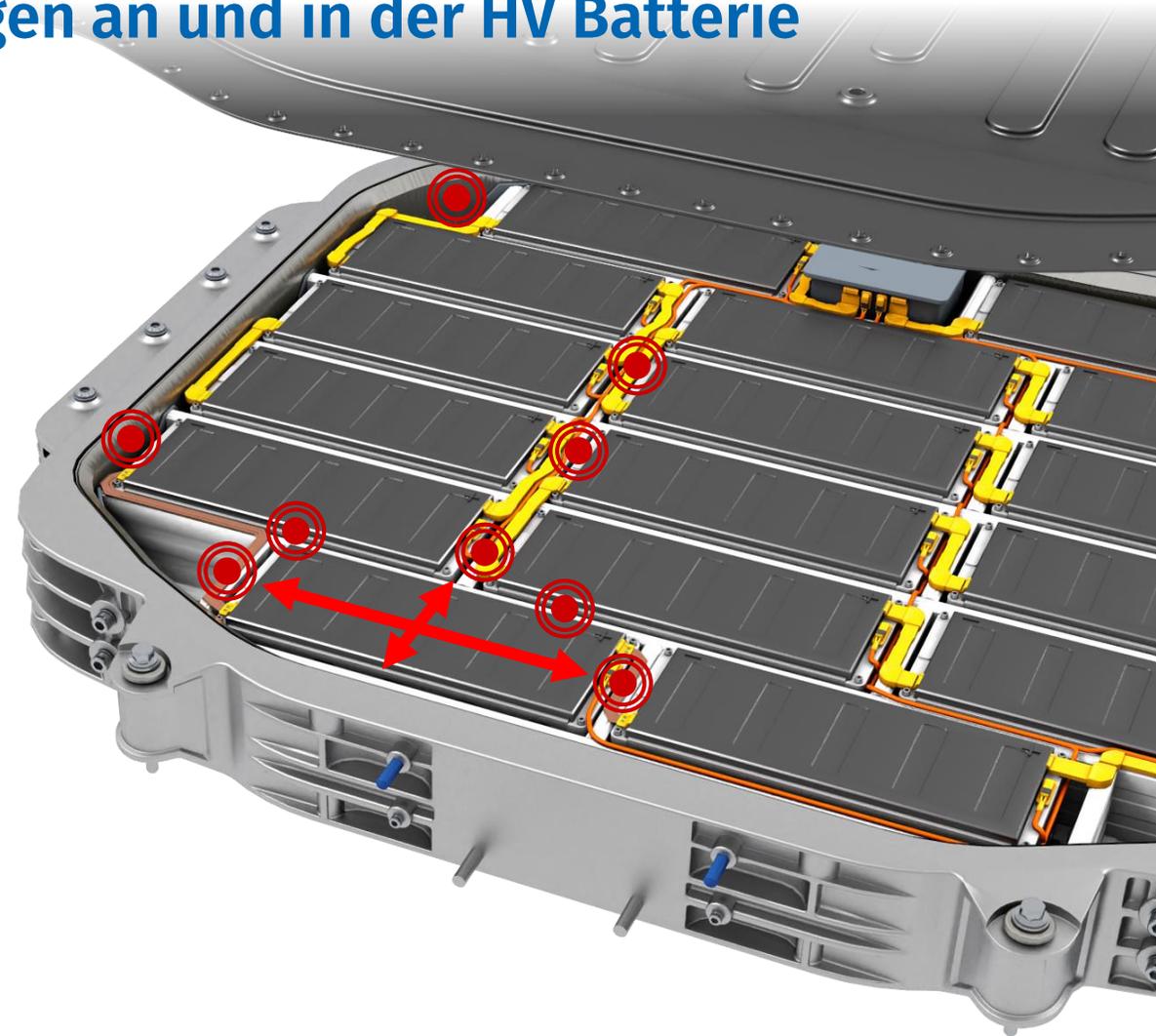
Praxis-Beispiel: Bestimmung von Dehnungen an und in der HV Batterie

Ziele

- ▶ Gewährleistung der Sicherheit
- ▶ Optimale Materialauslegung

Mechanische Spannungen

- ▶ Außenseite
 - Verwindungen durch den Fahrzeugrahmen
- ▶ Innenseite
 - Ausdehnung der Batteriezellen im Betrieb
 - Torsion und Stauchung/Dehnung an Stromschienen zwischen den Batterie-Modulen



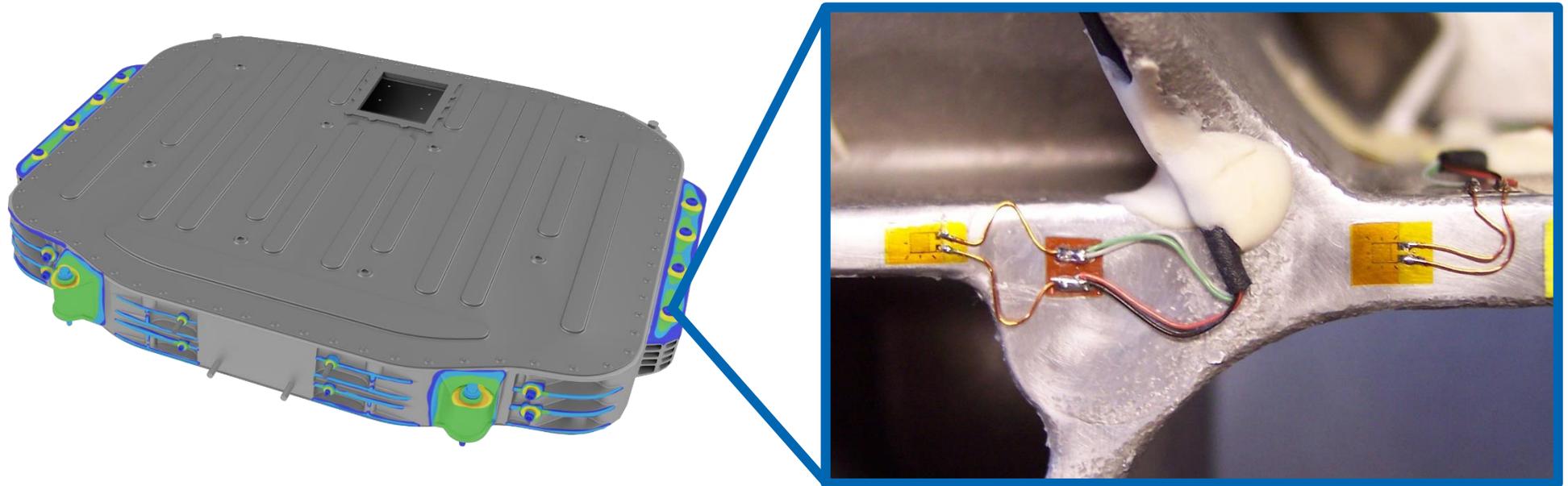
Messung von DMS am HV Batteriegehäuse

- ▶ Mech. Spannungen
an der Außenseite



 DMS-Messpunkte an der Außenseite

Applizierung von Dehnungsmessstreifen am HV Batteriegehäuse



CSM Messmodule zur Erfassung von DMS außerhalb des HV-Bereichs (bis 60 V DC)

CSM STG Messmodule (CAN und ECAT)



- ▶ Viertel-, Halb und Vollbrücken
- ▶ Messeinheit: mV/V, $\mu\text{m}/\text{m}$
- ▶ Messdatenrate (je Kanal): Bis zu 20 kHz
- ▶ IP67
- ▶ TEDS

- ▶ EtherCAT®: viele synchronisierte Messkanäle



STG6 BK10



ECAT STGMM 6

Neues Modul: STG6 pro BS20



- ▶ Viertel-, Halb und Vollbrücken
- ▶ Messeinheit: mV/V, $\mu\text{m}/\text{m}$
- ▶ Messdatenrate (je Kanal): Bis zu 20 kHz
- ▶ IP67
- ▶ TEDS
- ▶ Interne Abtastung: 320 kS/s
- ▶ [Ultra-Low-Noise](#)
- ▶ Erweiterter Messbereich
 - Bei 10 V Speisung: $\pm 0,03 \text{ mV/V}$ [Messbereich](#)
- ▶ Erweiterter Speisespannungsbereich: 1 V bis 10 V
- ▶ Zusätzlicher Hardwareseitiger-Brückenabgleich



Besonders geeignet für

- ▶ Anspruchsvolle DMS-Messungen mit kleinen Ausgangssignalen (z.B. LKW Bereich)
- ▶ Kraft- und Torsionsaufnehmer
- ▶ Piezoresistive Beschleunigungsaufnehmer
- ▶ Piezoresistive Druckaufnehmer

Instrumentierung von Dehnungsmessung am HV Batteriegehäuse

- ▶ Mech. Spannungen an der Außenseite



Kabel K356 mit TEDS



 DMS-Messpunkte an der Außenseite



Dehnungsmessungen im HV Batteriegehäuse

▶ Mech. Spannungen
an der Außenseite



▶ Mech. Spannungen
im Batteriegehäuse

 DMS-Messpunkte an der Innenseite (Gehäuseboden und -Wände)



CSM Messmodule zur Erfassung von DMS im HV-Bereich (bis 1.000 V DC)

CSM HV STG Messmodul



- ▶ Halb- und Vollbrücken
- ▶ Messeinheit: mV/V, $\mu\text{m}/\text{m}$
- ▶ Messdatenrate (je Kanal): Bis zu 20 kHz
- ▶ Erweiterter Eingangsspannungsbereich
- ▶ IP67



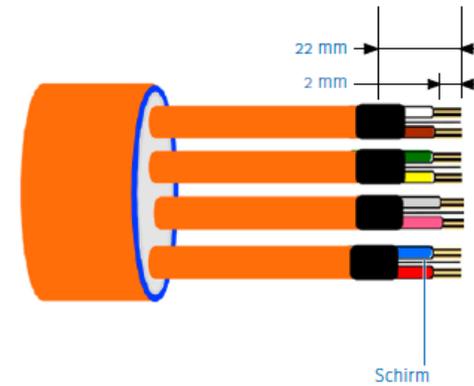
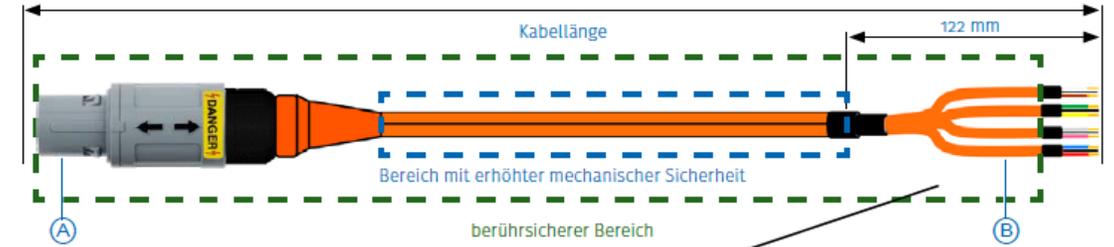
HV STG4 pro BS20



- ▶ HV-sicherer Steckverbinder
- ▶ Mechanische Steckerführung für Dichtigkeit und Knickschutz
- ▶ Verstärkte Isolierung **1.000 V**
- ▶ Typgeprüft gemäß Sicherheitsnorm EN61010 durch akkreditiertes Prüflabor
- ▶ Stückprüfung mit Zertifikat
 - 3.100 V Rampe jeweils 5 sec



DMS Anschlusskabel (K980) für Hochvolt-Bereich



Pinbelegung

Stecker A	Kabelende B	
	Pin	Signal
1	V_{IN+}	weiß
4	Schirm	—
2	V_{IN-}	braun
3	V_{OUT+}	grün
4	Schirm	—
4	V_{OUT-}	gelb
5	V_{SENSE+}	grau
4	Schirm	—
6	V_{SENSE-}	rosa
7	TEDS Gnd	blau
4	Schirm	—
8	TEDS Data	rot





Dehnungsmessungen im HV Batteriegehäuse

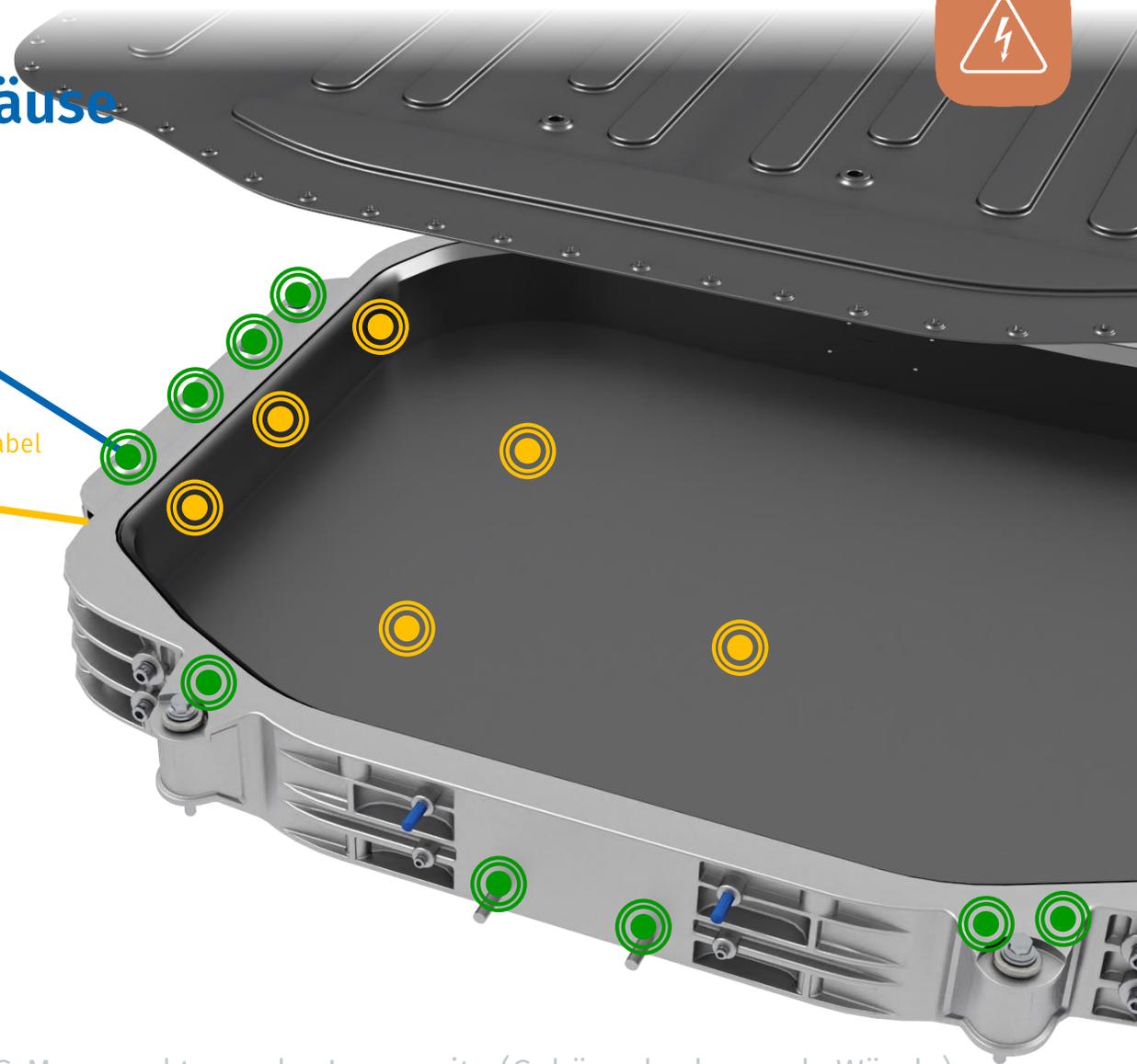
▶ Mech. Spannungen
an der Außenseite



▶ Mech. Spannungen
im Batteriegehäuse



HV-sicheres Kabel
K980



⦿ DMS-Messpunkte an der Innenseite (Gehäuseboden und -Wände)



Dehnungsmessungen im HV Batteriegehäuse

▶ Mech. Spannungen an der Außenseite



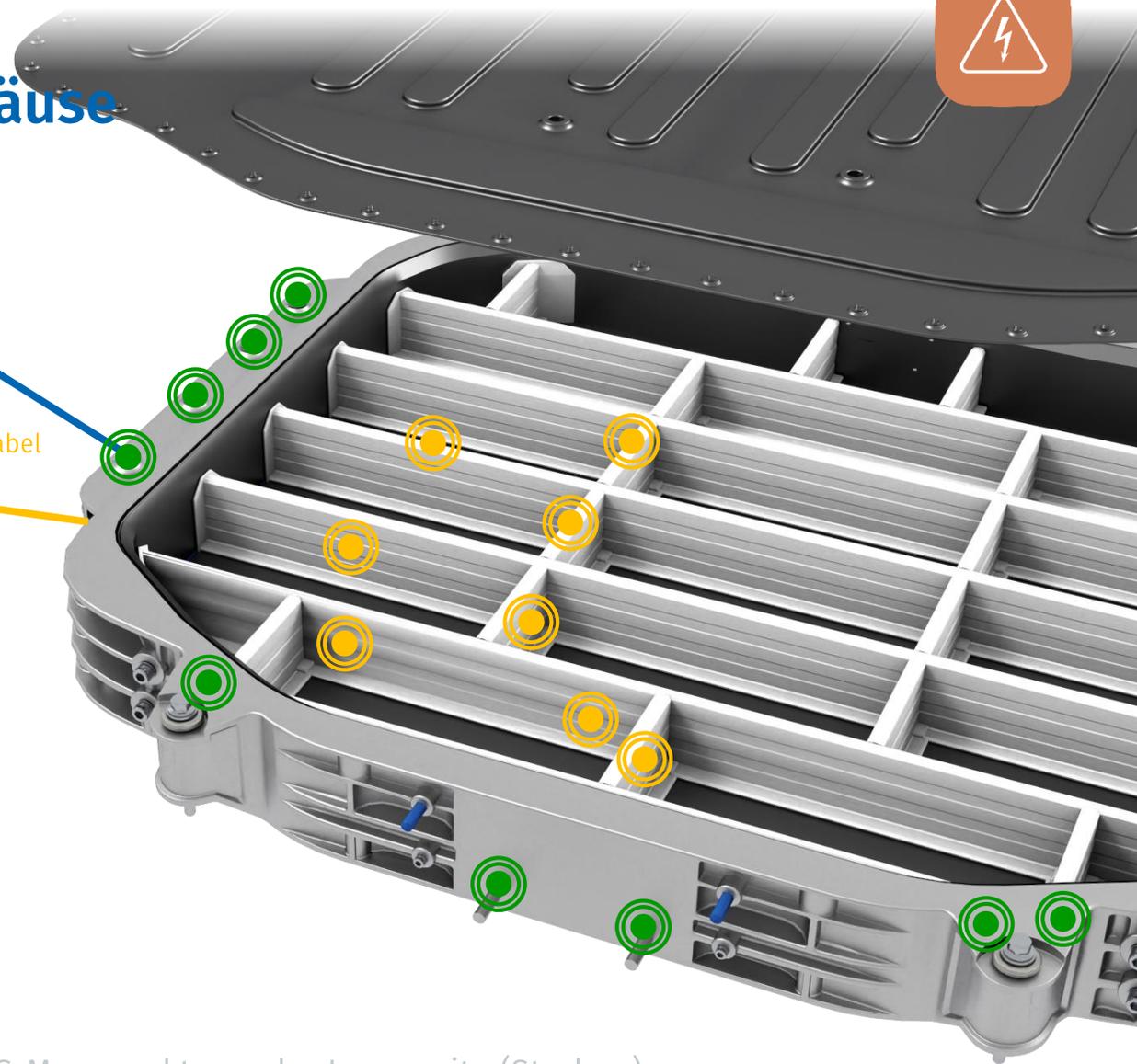
STG6 pro BS20

▶ Mech. Spannungen im Batteriegehäuse



HV STG4 pro BS20

HV-sicheres Kabel K980



⦿ DMS-Messpunkte an der Innenseite (Streben)



Dehnungsmessungen im HV Batteriegehäuse

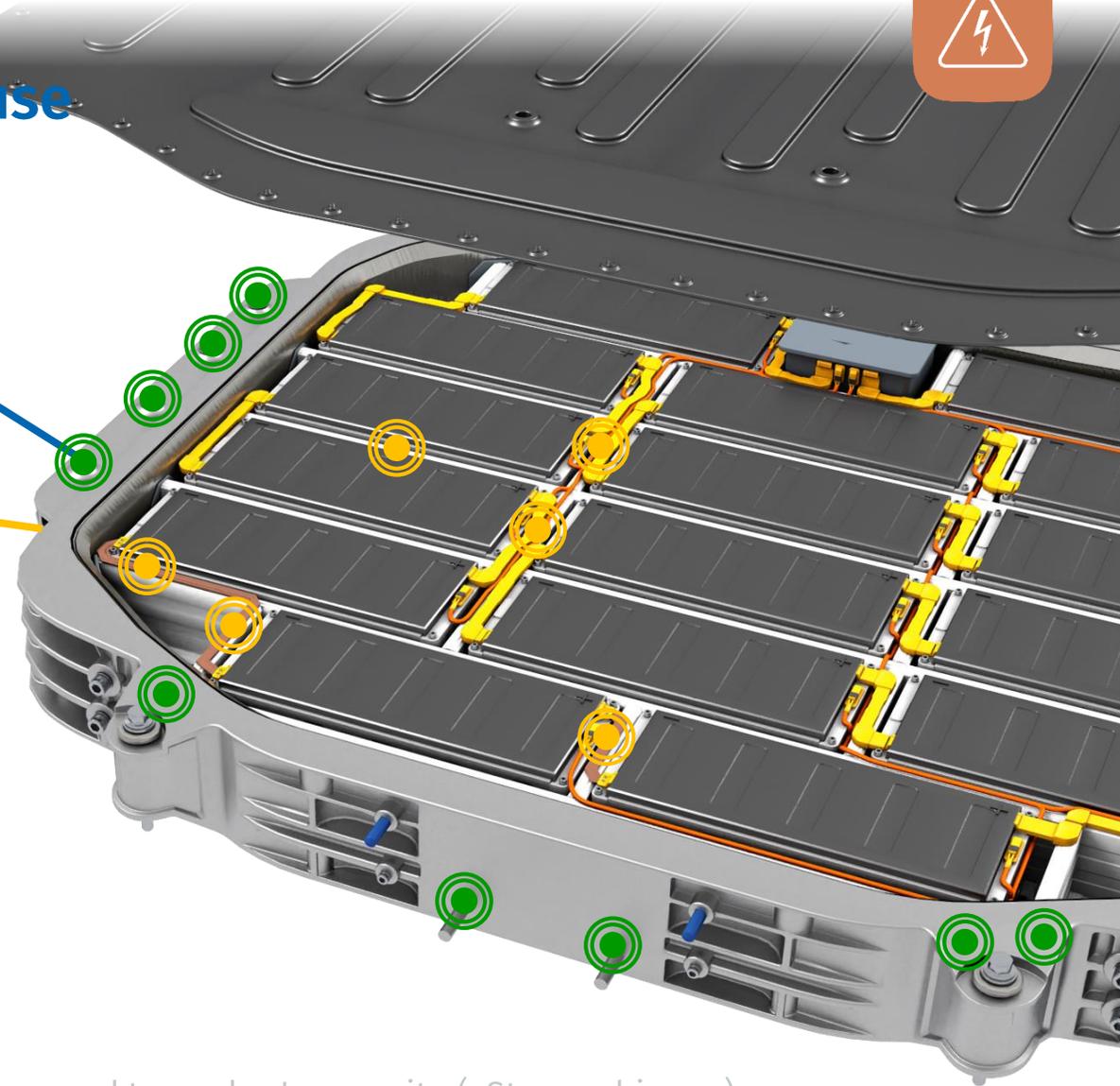
▶ Mech. Spannungen
an der Außenseite



▶ Mech. Spannungen
im Batteriegehäuse



HV-sicheres Kabel
K980

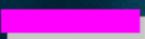


⦿ DMS-Messpunkte an der Innenseite (+Stromschienen)

designed for
e-Mobility

 *one turn ahead*

J1DB 13 6144
www.axon-systems.com

AXON
systems 

Dehnungsmessstreifen und Telemetriesysteme in modernen Antriebssystemen

May 30, 1944.

E. E. SIMMONS, JR

2,350,073

STRAIN GAUGE AND METHOD FOR MAKING SAME

Filed May 8, 1942

2 Sheets-Sheet 1

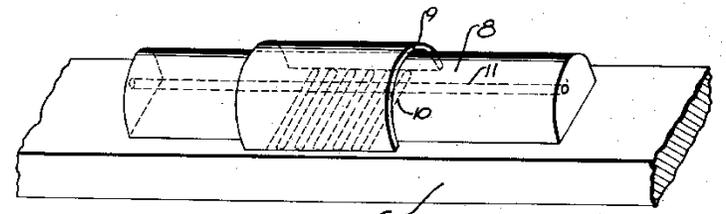


Fig. 4

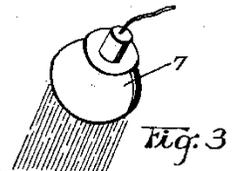


Fig. 3

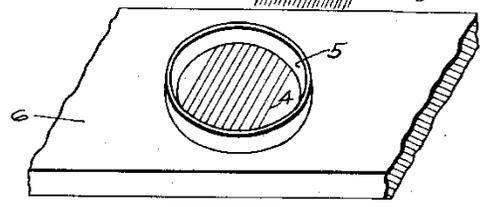


Fig. 5

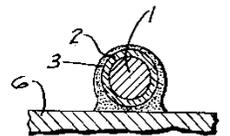


Fig. 2

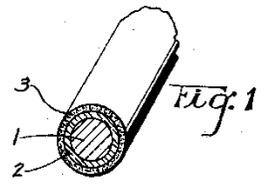


Fig. 1

INVENTOR
EDWARD E. SIMMONS JR.
BY *Samuel H. Beckwith*
ATTORNEY

May 30, 1944.

E. E. SIMMONS, JR

2,350,073

STRAIN GAUGE AND METHOD FOR MAKING SAME

Filed May 8, 1942

2 Sheets-Sheet 2

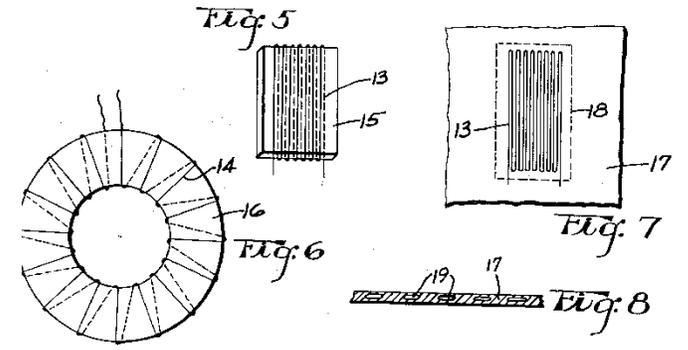


Fig. 5

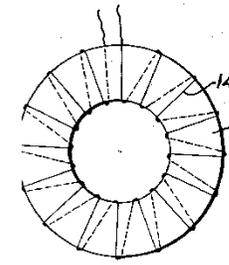


Fig. 6

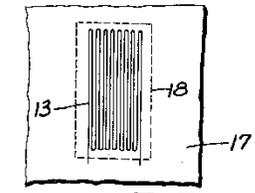


Fig. 7



Fig. 8

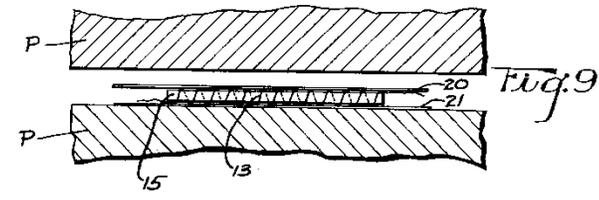


Fig. 9

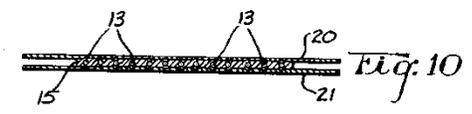


Fig. 10

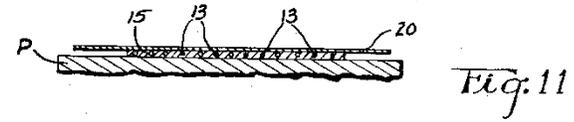


Fig. 11

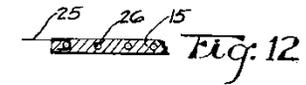


Fig. 12

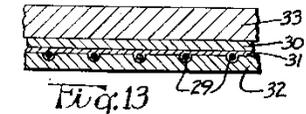


Fig. 13

INVENTOR
EDWARD E. SIMMONS JR.
BY *Samuel H. Beckwith*
ATTORNEY

US-Patentnummer
US2350073A
Edward E Simmons



Kraft

Druck

Drehmoment

Biegemoment

Dehnung

Durchfluss

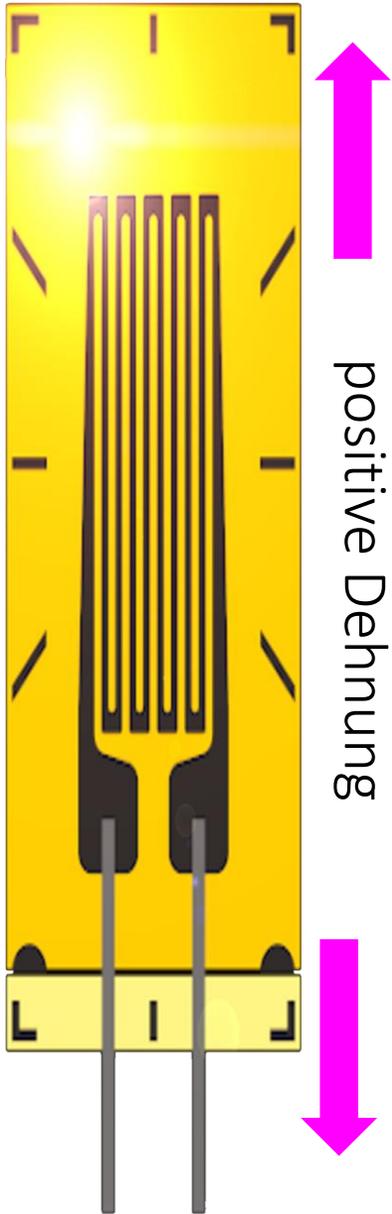
Scherung

Lastverteilung

Vibrationen

mech. Spannung

...



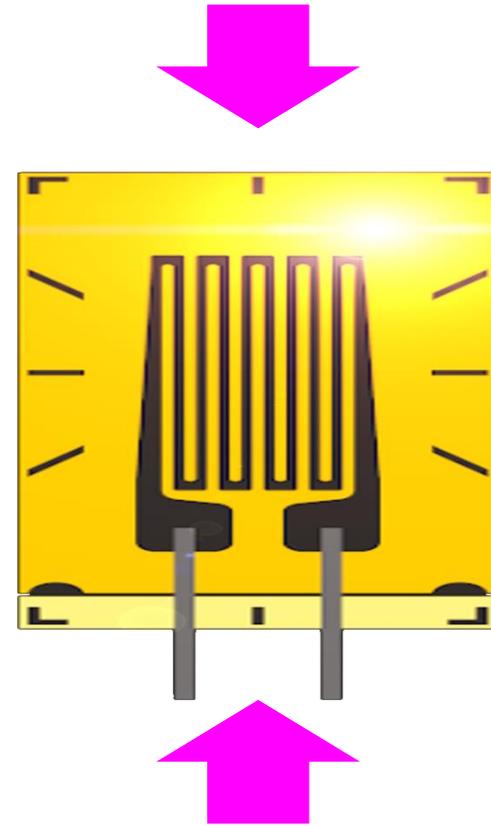
positive Dehnung

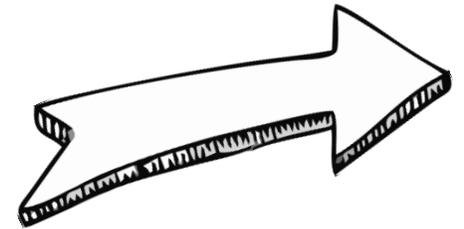
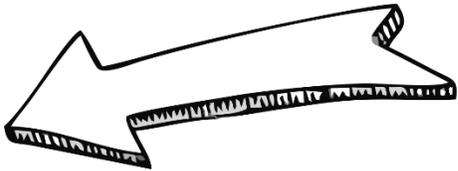
$$\varepsilon \uparrow = R \uparrow$$

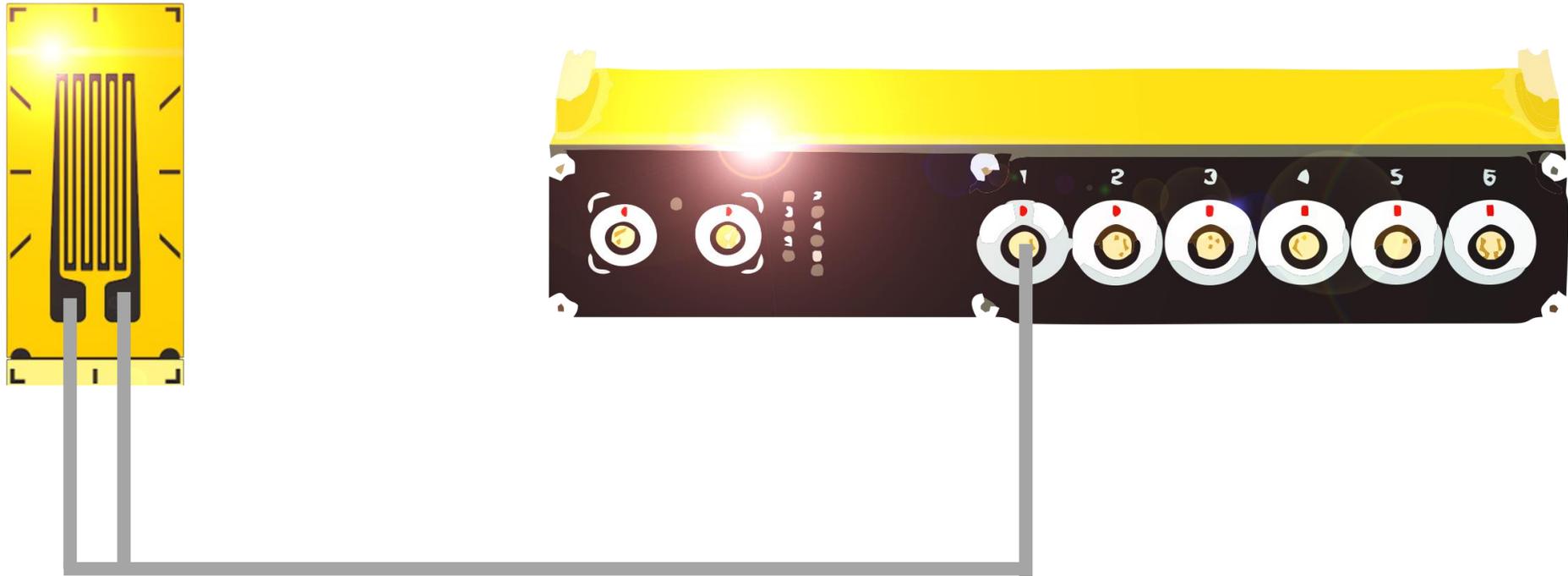
$$\varepsilon \downarrow = R \downarrow$$

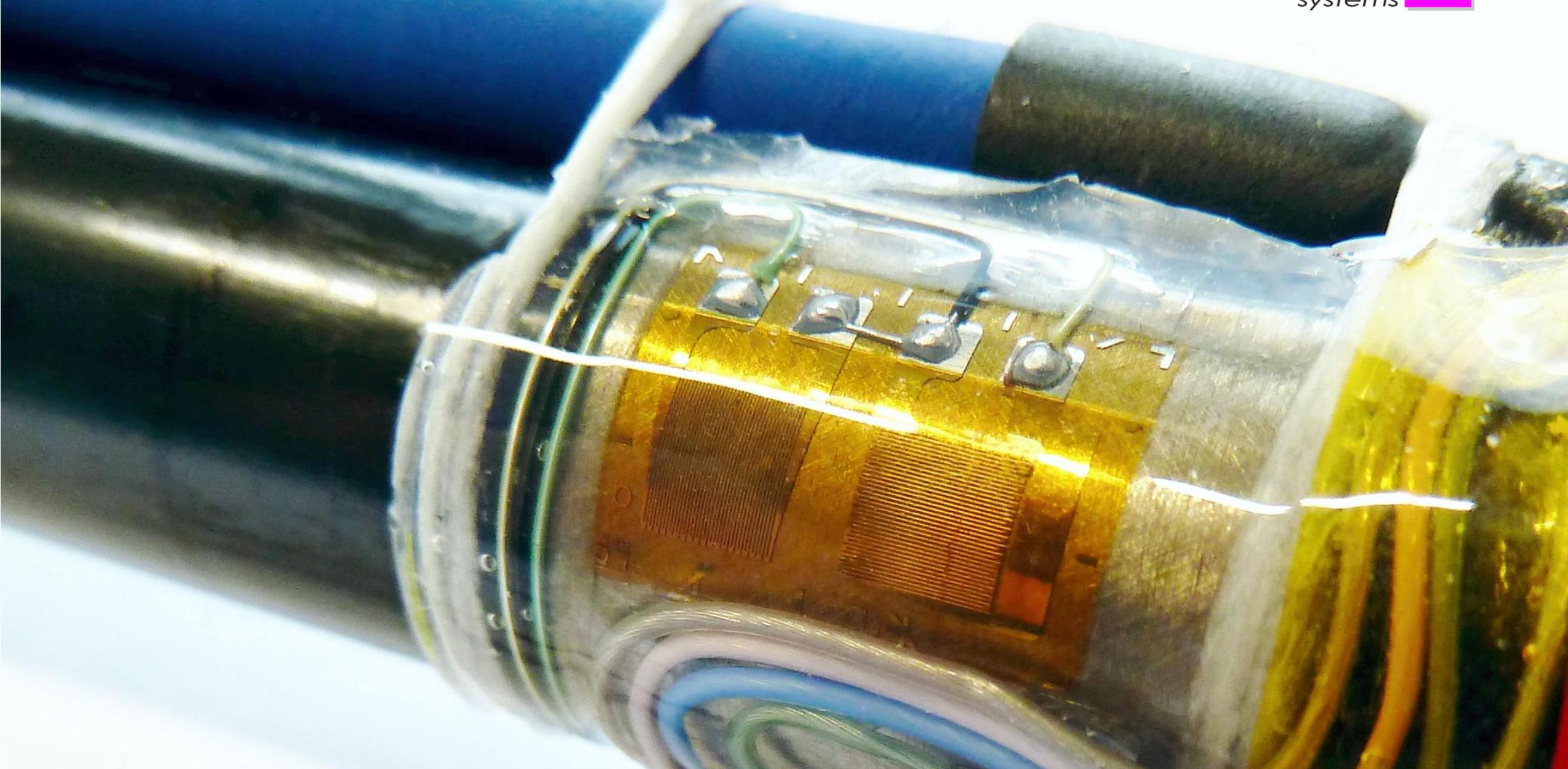
$$\frac{\Delta R}{R_0} = k \cdot \varepsilon$$

negative Dehnung

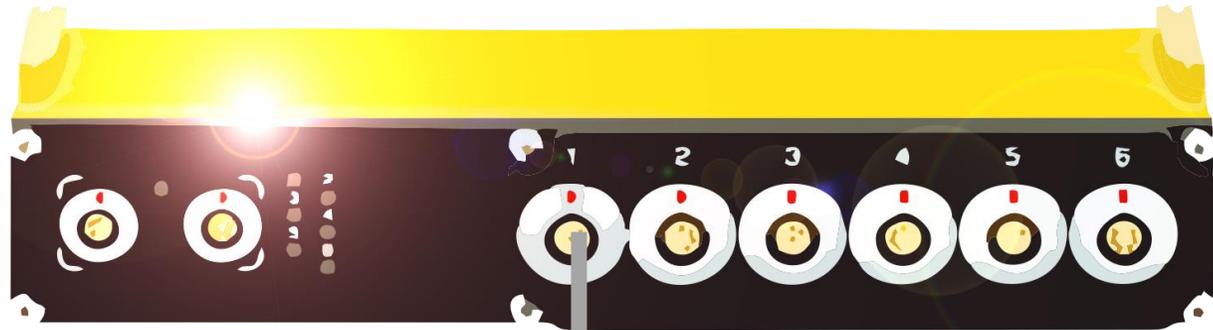


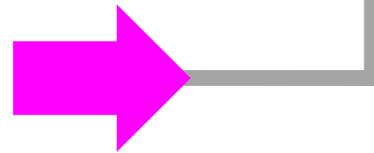
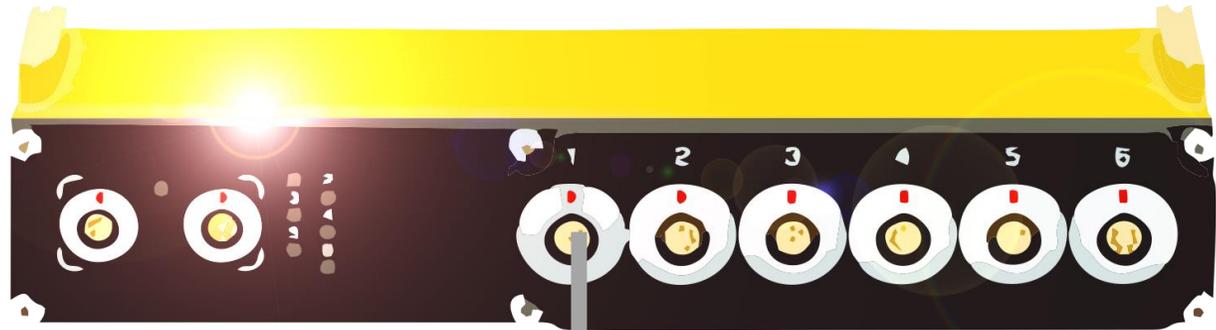
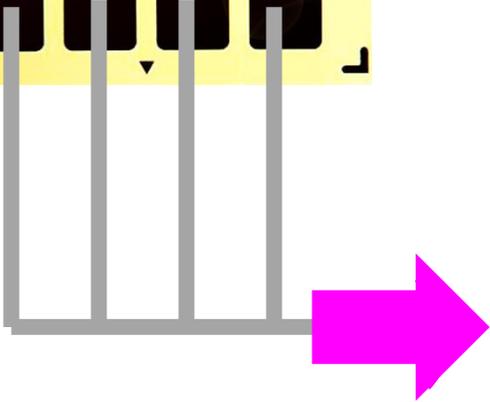






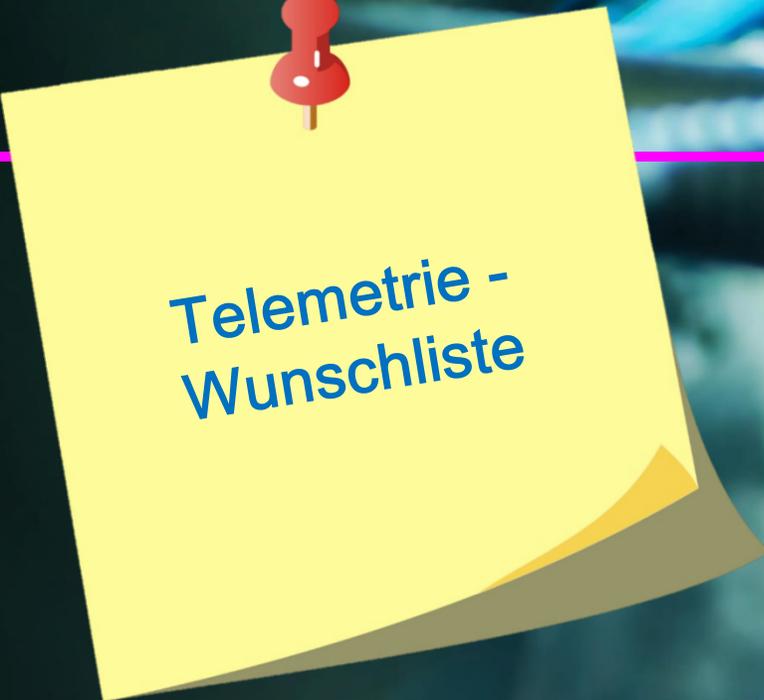






Telemetriesysteme



A yellow sticky note is pinned to the top left of the image with a red pushpin. The note is slightly tilted and has a shadow underneath. It contains the text "Telemetrie - Wunschliste" in a blue, sans-serif font.

Telemetrie -
Wunschliste

robust

präzise

platzsparend & leicht

temperaturstabil

öl- und wasserfest

batterielos

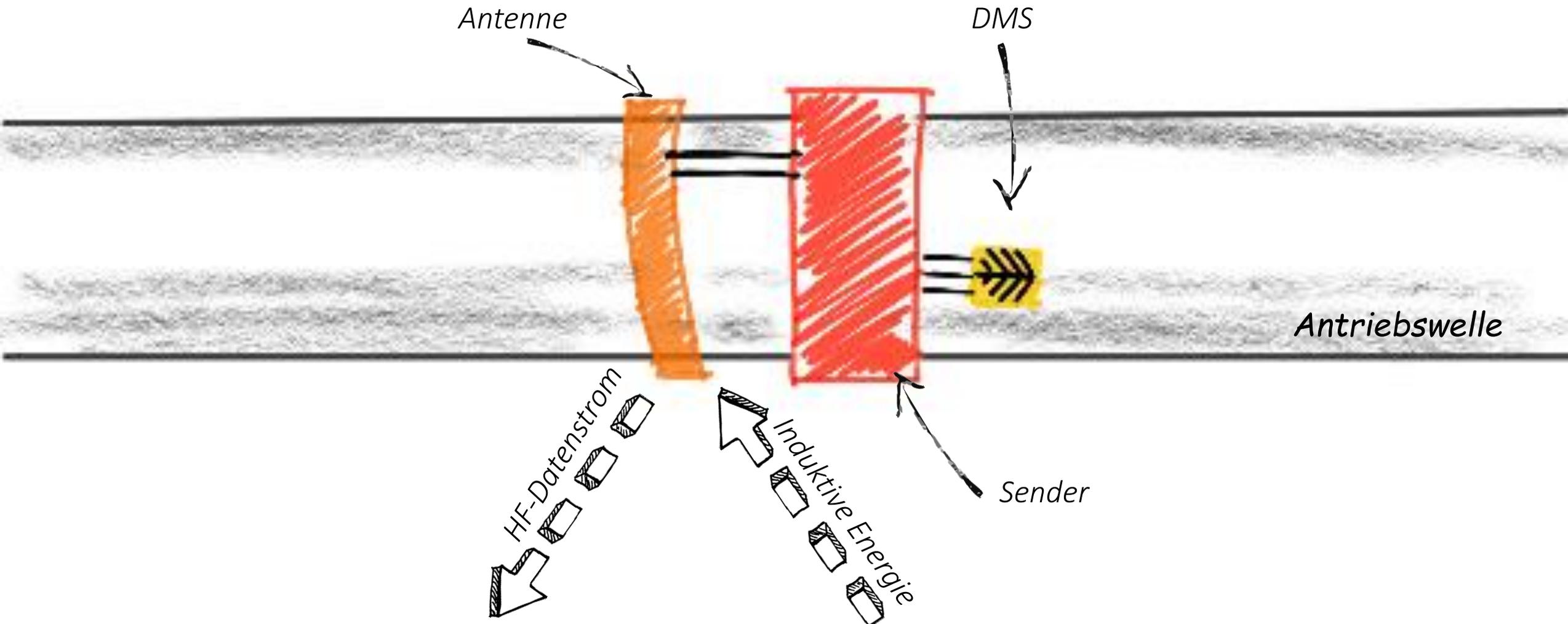
flexibel

berührungslos

Betriebsparameter

anwenderfreundlich

zuverlässig



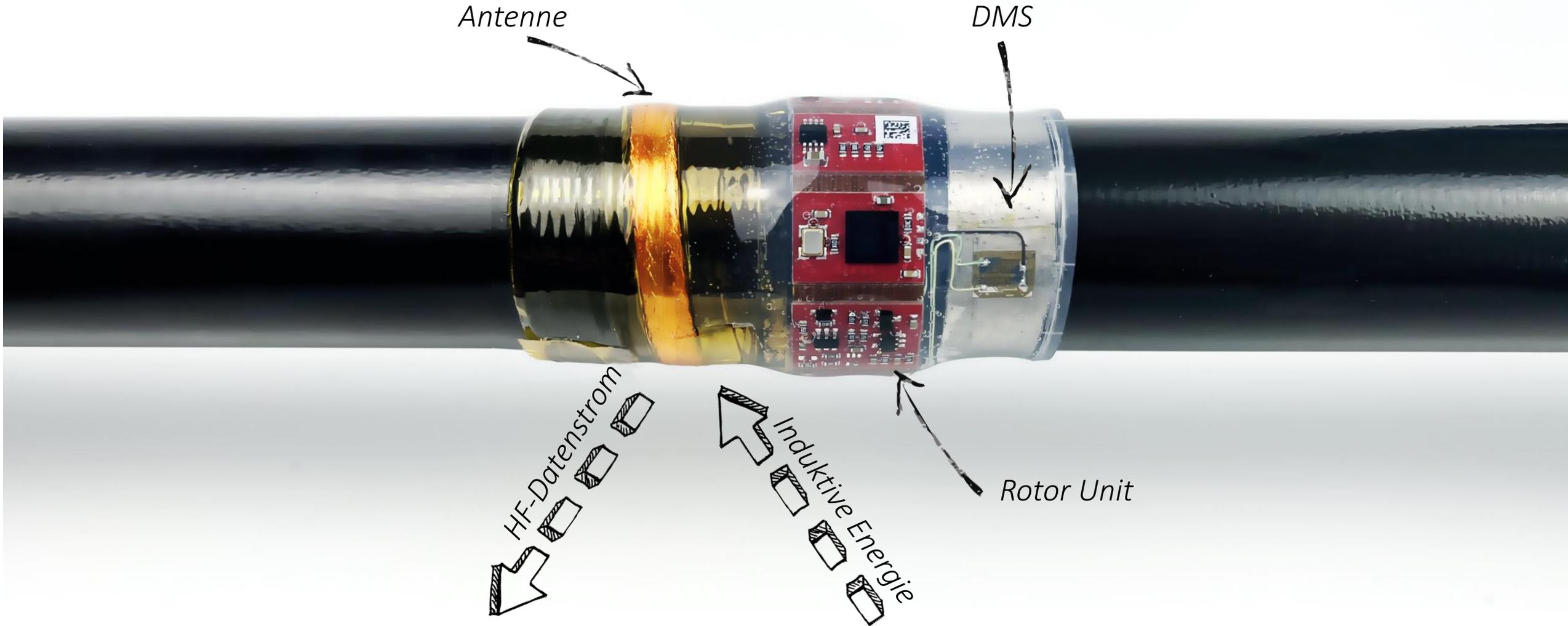
Antenne

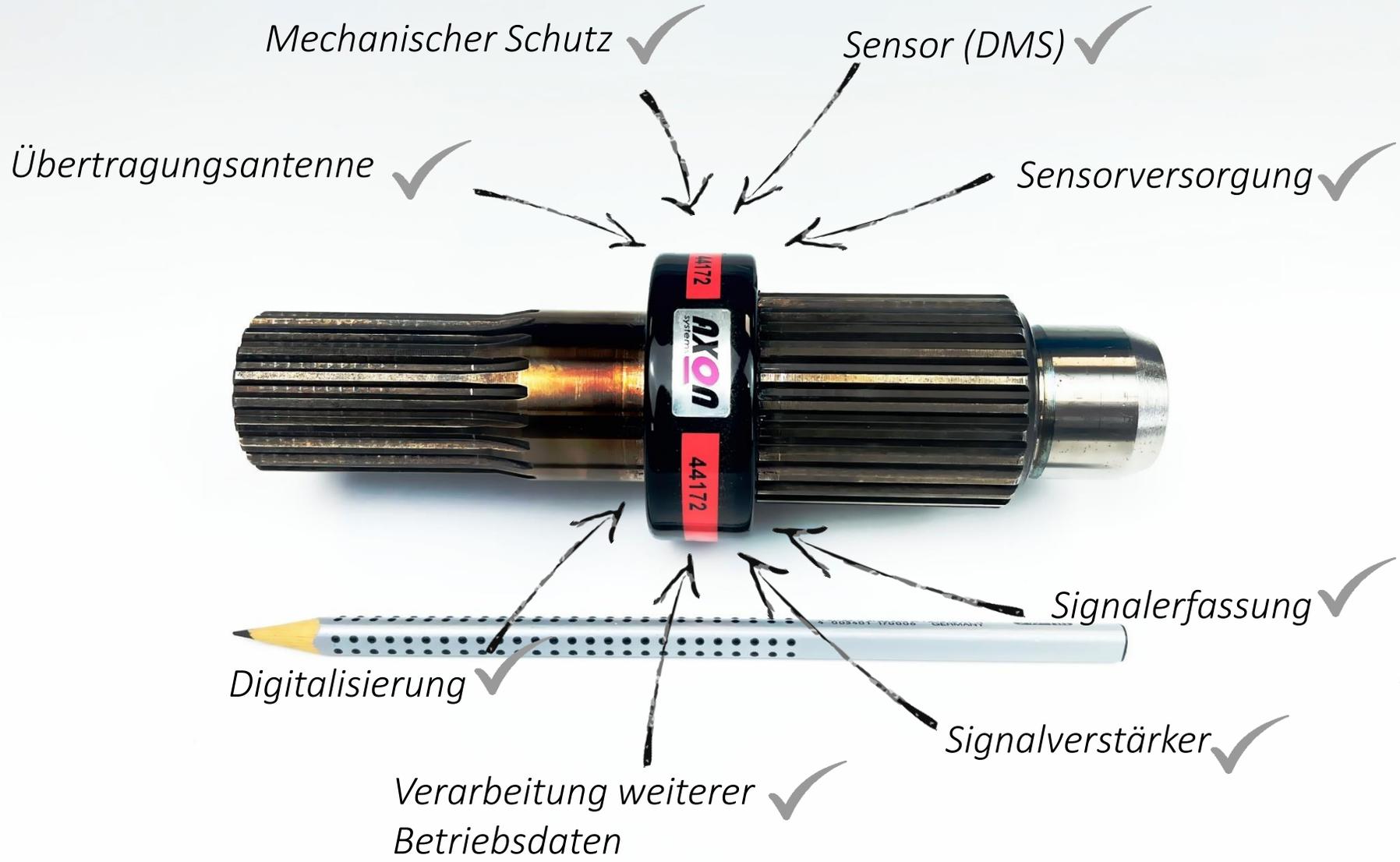
DMS

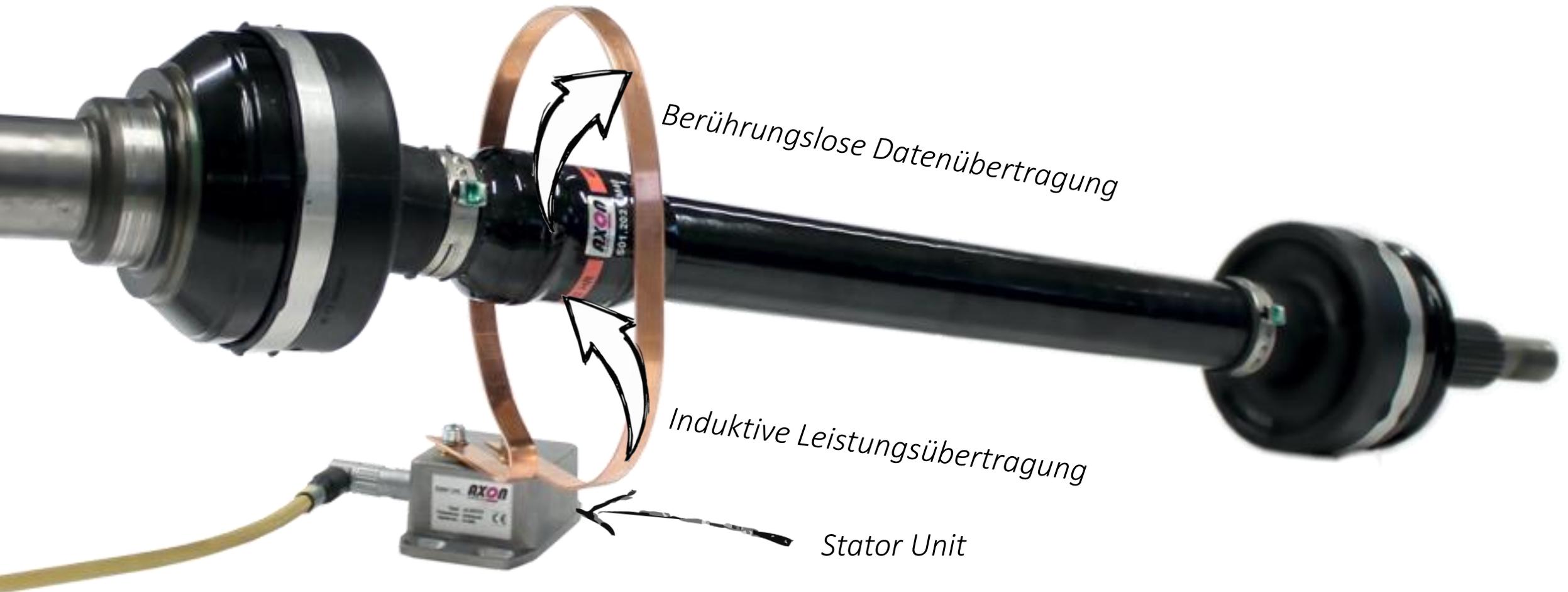
HF-Datenstrom

Induktive Energie

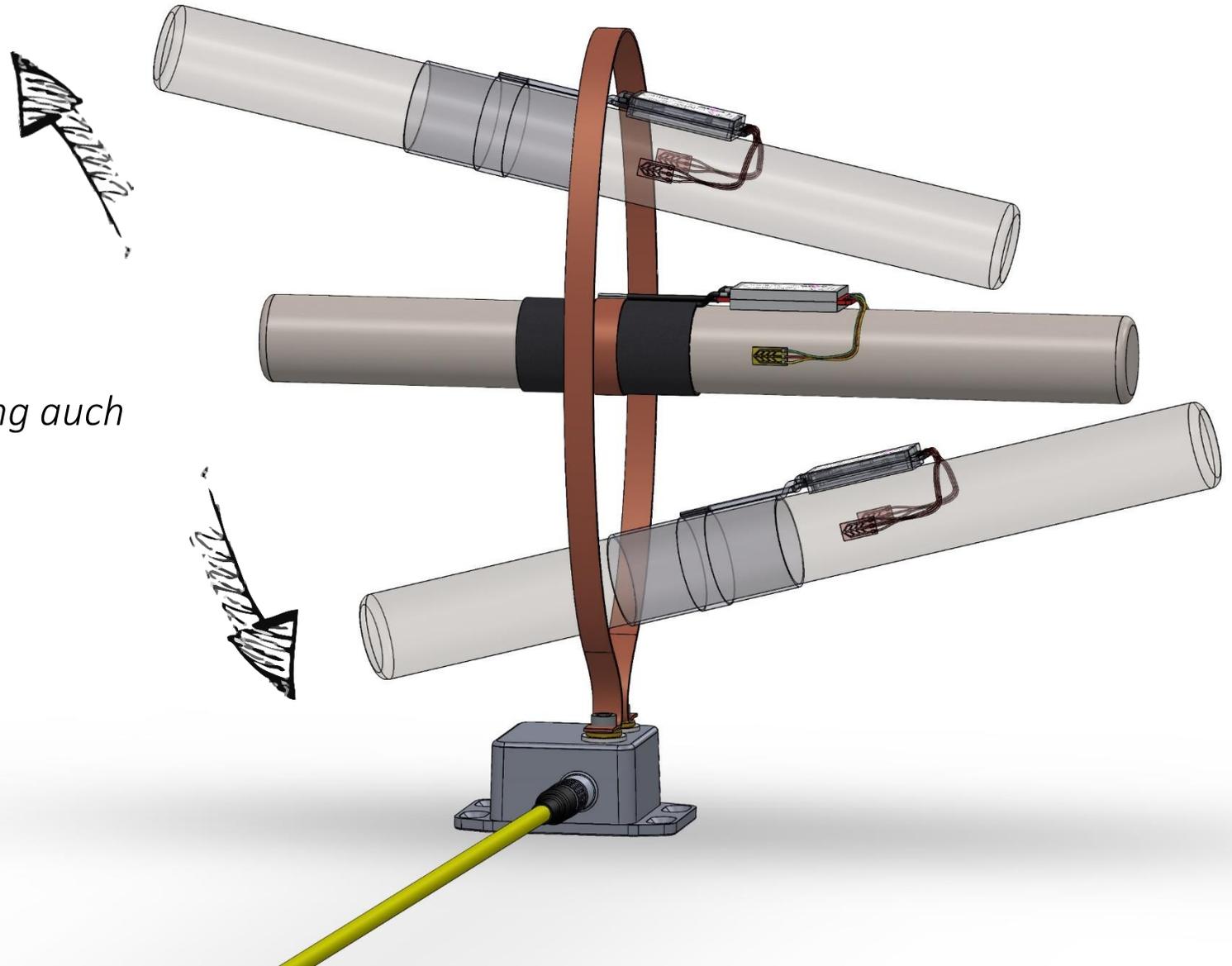
Rotor Unit

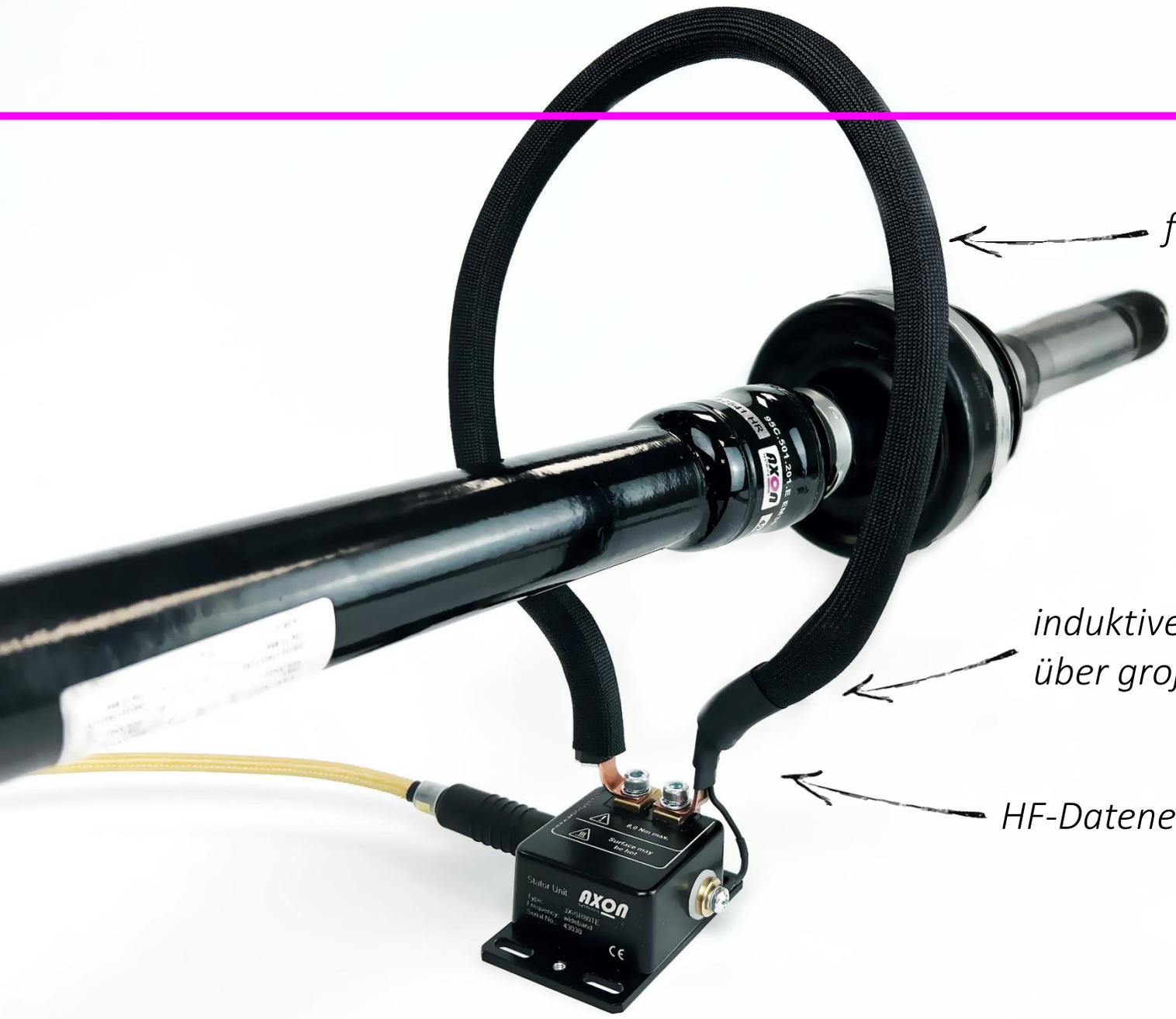






*unterbrechungsfreie Übertragung auch
bei großen Auslenkungen*

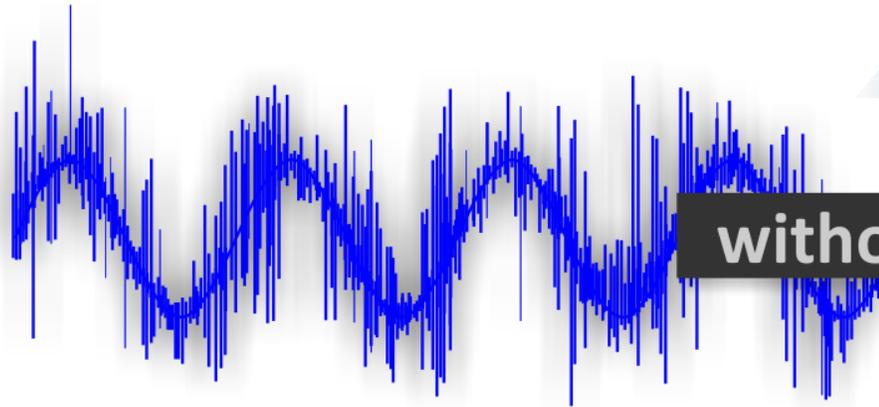




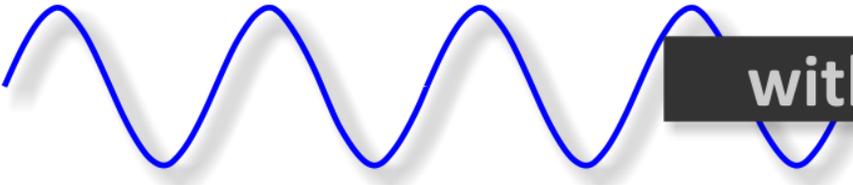
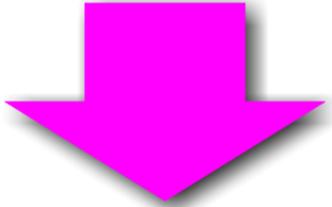
frei formbare Antenne ✓

induktive Leistungsversorgung
über große Distanzen ✓

HF-Datenempfang ✓

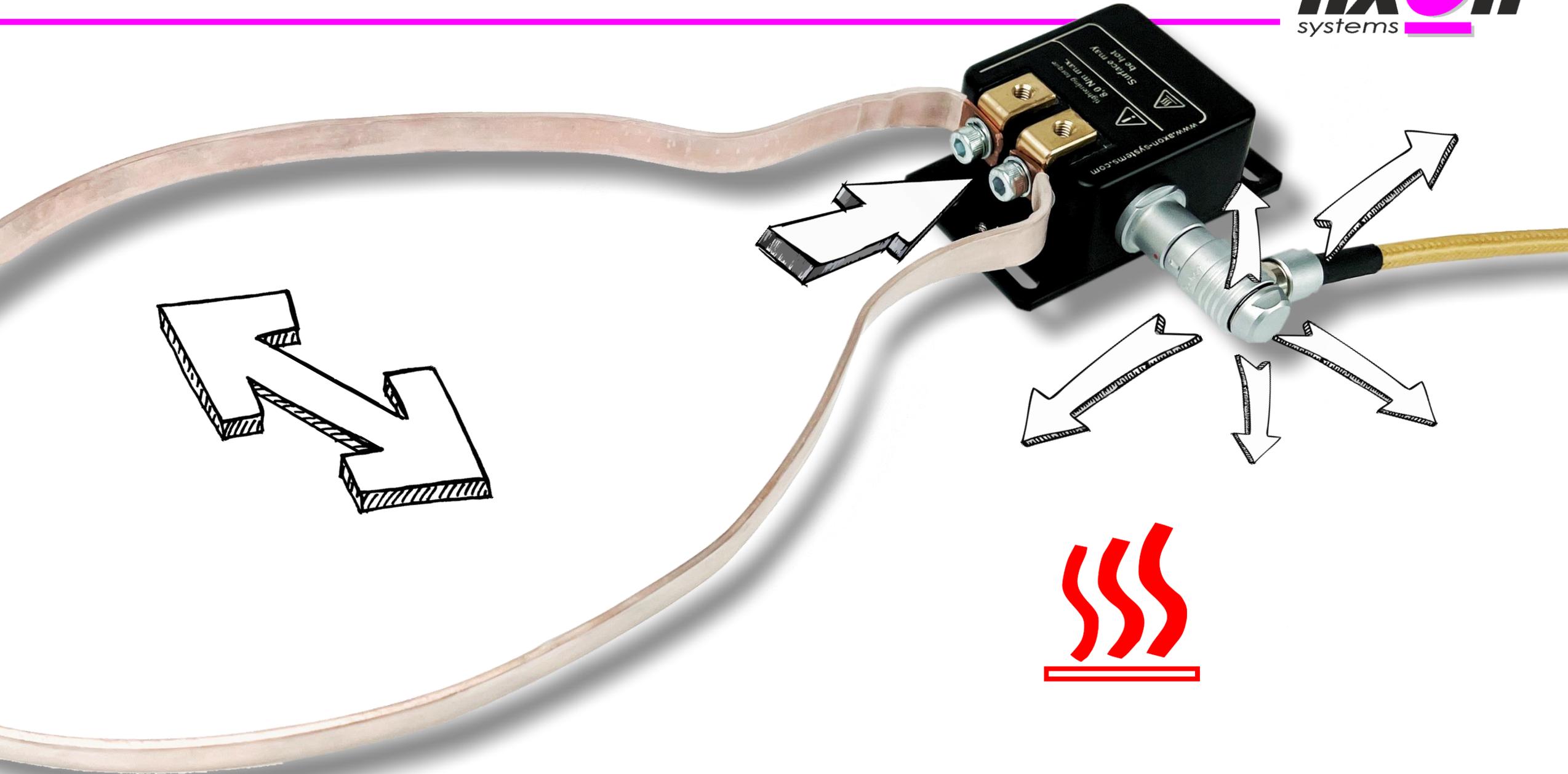


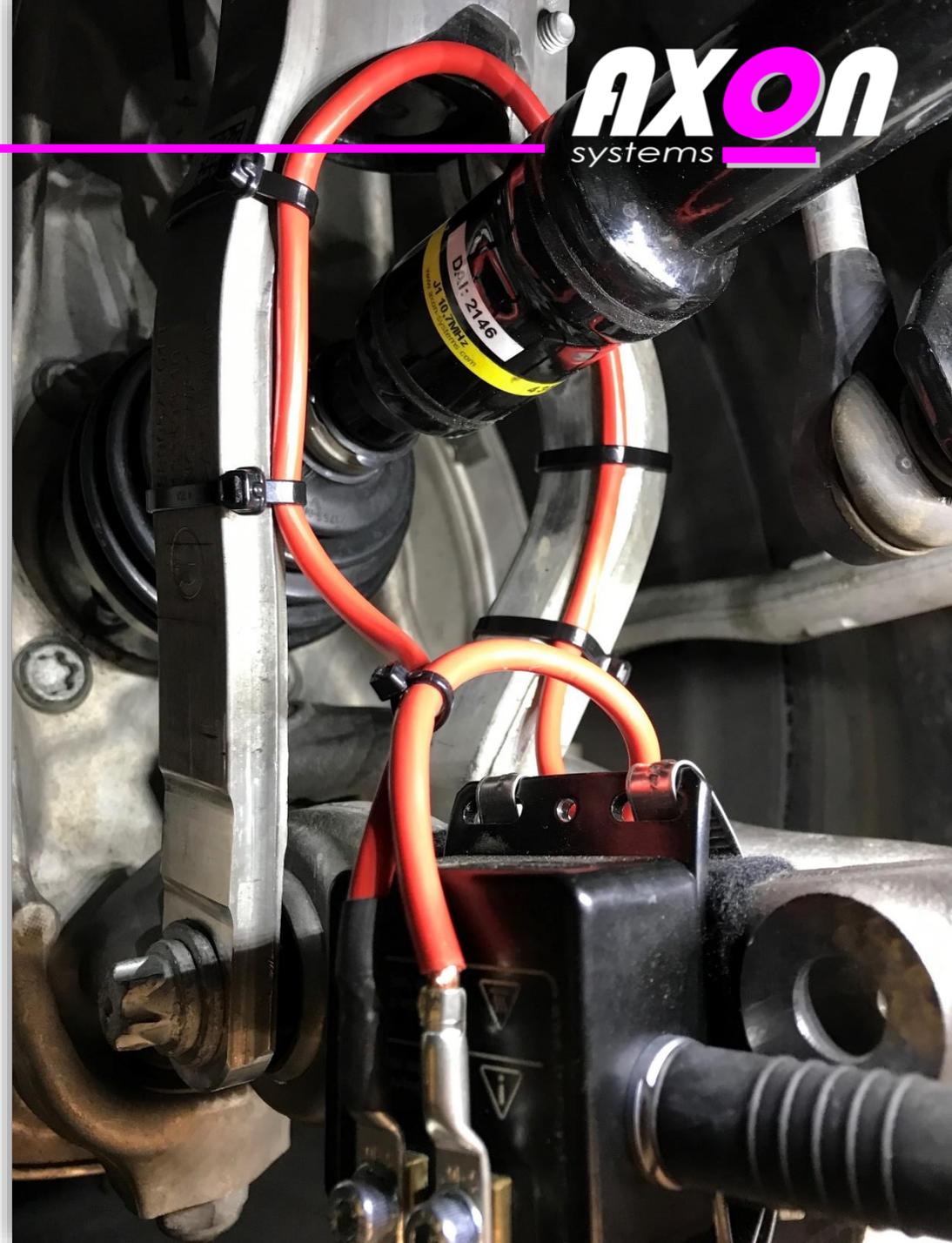
without Anti-EMC

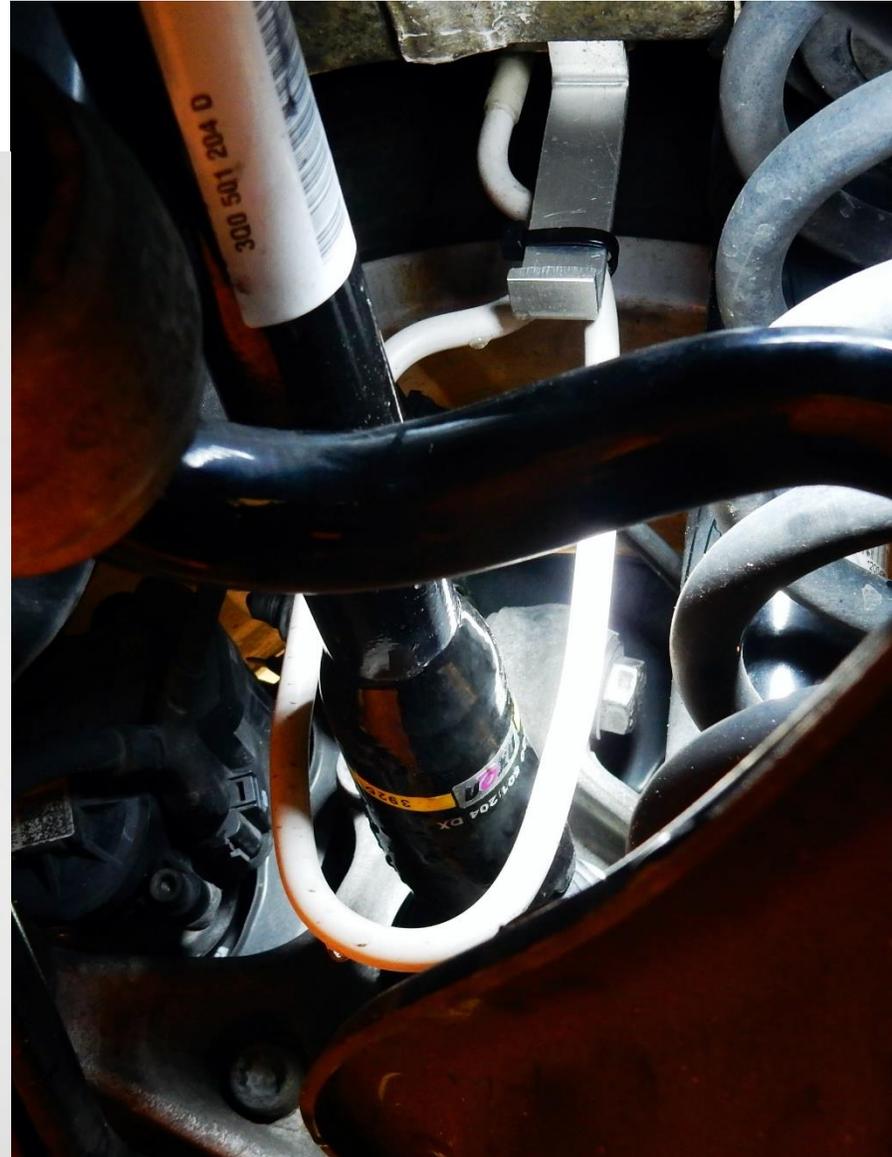


with Anti-EMC

EMV-Entstörung ✓







Analoge und digitale
Messwertausgabe ✓

CAN-Bus Interface ✓



Zentrale Steuerungseinheit ✓

Induktivversorgung ✓

Betriebsparameter ✓

- Rotor-Versorgungsspannung
- Seriennummer der sendenden Rotor Unit
- Übertragungs-Status

Nullstellung aller Messsysteme

LED-Indikator

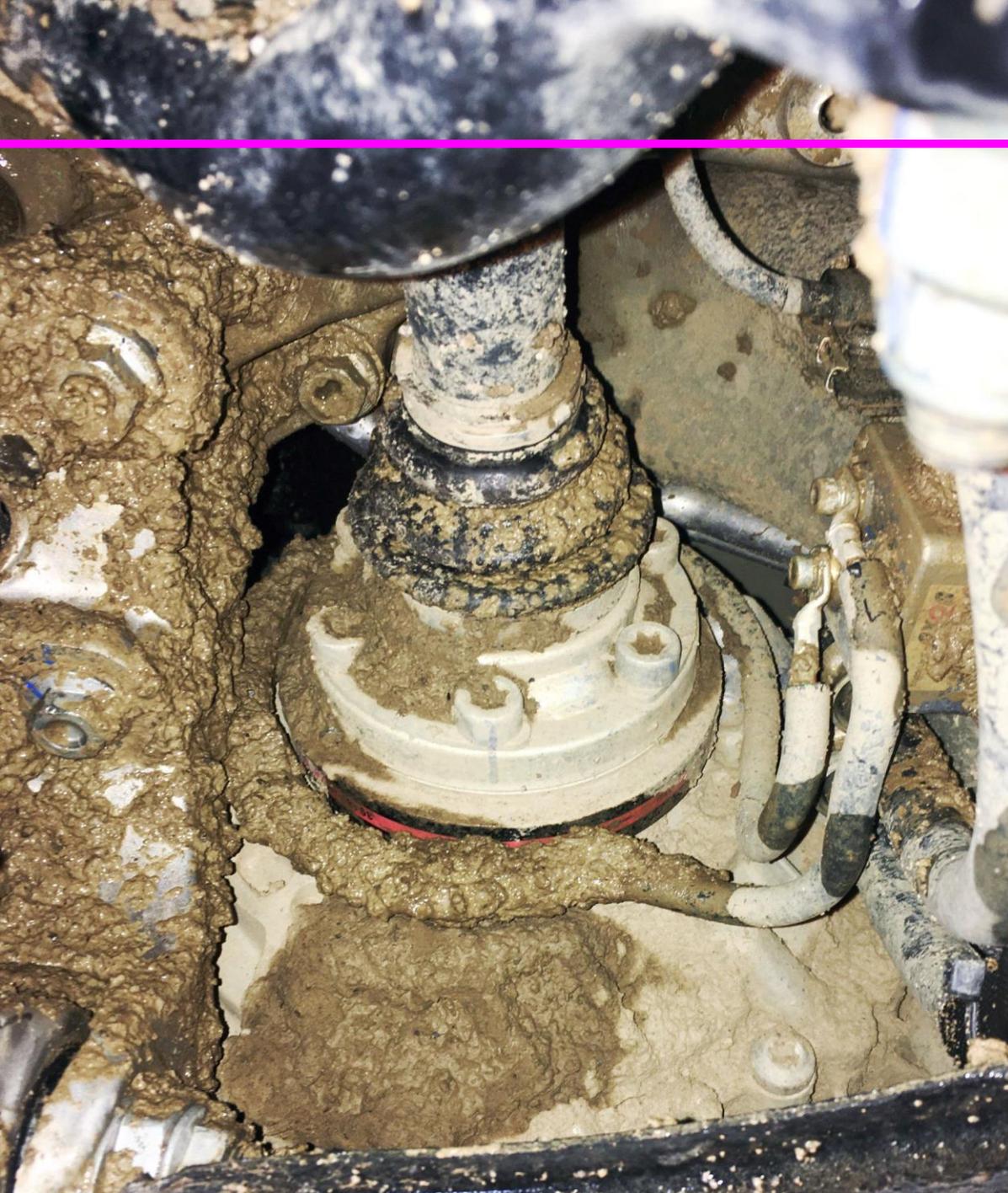
Direkt im CAN-Bus eingebunden







in der Praxis



Feedback:

„kein einziges Mess-Sample hat gefehlt“





APT

AXON Protection Technology

- Hochfeste Glasfaserverbundstoffe ✓
- Elastische Zwischenlagen ✓
- Mehrschichtige Aufbau ✓





