



Temperaturmessung in der E-Mobility

CSM Web-Seminare



CSM **Xplained**
measurement technology

Innovative Mess- und Datentechnik



Temperaturen
sind die am häufigsten erfasste Messgröße in der Fahrzeugtechnik.

Temperaturmessung in der E-Mobility

On-Board-Charger

Ladeeffizienz



HV-Bordnetz

Hohe Ströme

Leistungselektronik

Einsatzfähigkeit

Inverter

Elektrische Widerstände

HV-Batterie

Kapazität



E-Motor

Wirkungsgrad



Temperaturmessung in der E-Mobility

On-Board-Charger

Ladeeffizienz

HV-Bordnetz

Hohe Ströme

Leistungselektronik

Einsatzfähigkeit

Inverter

Elektrische Widerstände

HV-Batterie

Kapazität

E-Motor

Wirkungsgrad

Prüfstand und Fahrversuch

Überprüfung von Simulationen unter realen Bedingungen

Sensorik für Temperaturmessungen

	Thermoelemente	PT100 / PT1000 Widerstandselemente
+	Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)	Sehr gute Genauigkeit: ca. $\pm 0,15$ K (Klasse A)
	Großer Messbereich: -40 °C bis +1.000 °C (Klasse 1)	Ausreichender Messbereich: -200 °C bis +650 °C (Klasse A)
	Einfache Handhabung	Geringe Anfälligkeit gegen Störungen
	Gute Ansprechzeiten	
-	Ausführung je nach Anwendungsfall	Aufwändige Verkabelung (4-Leiter)
	Anfällig für Störungen	Aktive Versorgung
		Langsame Ansprechzeiten
	Alle Kontakte müssen aus Thermomaterial ausgeführt werden	Steigende Messungengenauigkeit mit steigender Temperatur

Sensorik für HV-Umgebungen

	Thermoelemente	PT100 / PT1000 Widerstandselemente
 Achtung „Hochvolt“!	Herkömmliche Sensorik im HV-Umfeld ?	
	Temperaturmessungen auch mit herkömmlicher Sensorik möglich	
	Aber: <ul style="list-style-type: none">▶ HV-sichere Kabel▶ HV-sichere Steckverbinder▶ HV-sichere Messgeräte inkl. Stromversorgung	

Einsatz von Standard Messtechnik - **Lebensgefahr**

Ungeeignete und gefährliche Temperaturmesskette

Keine Berührsicherheit
durch offene Kontakte

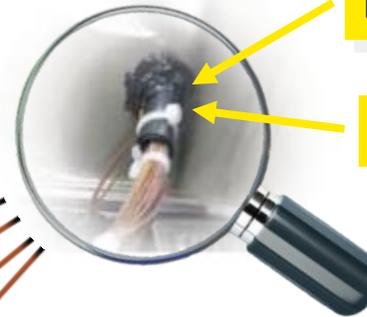


„Standard“-Messmodul



Achtung
„Hochvolt“!

Leistungselektronik



Keine Zugentlastung

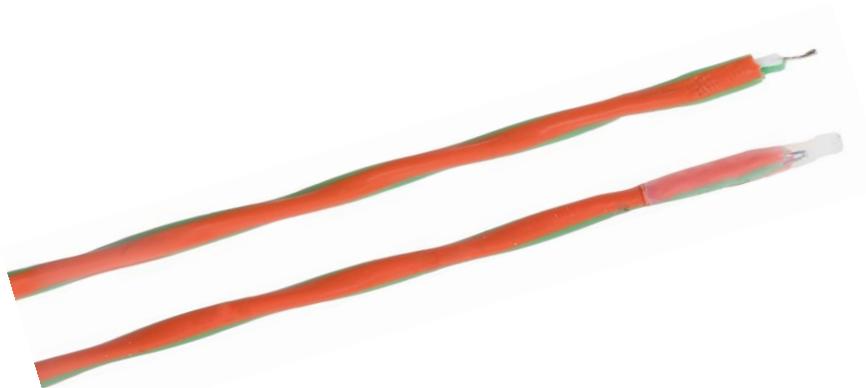
Nicht wasserdicht

Unzureichende Isolierung
→ nicht HV-sicher!

HV-sichere Sensorik

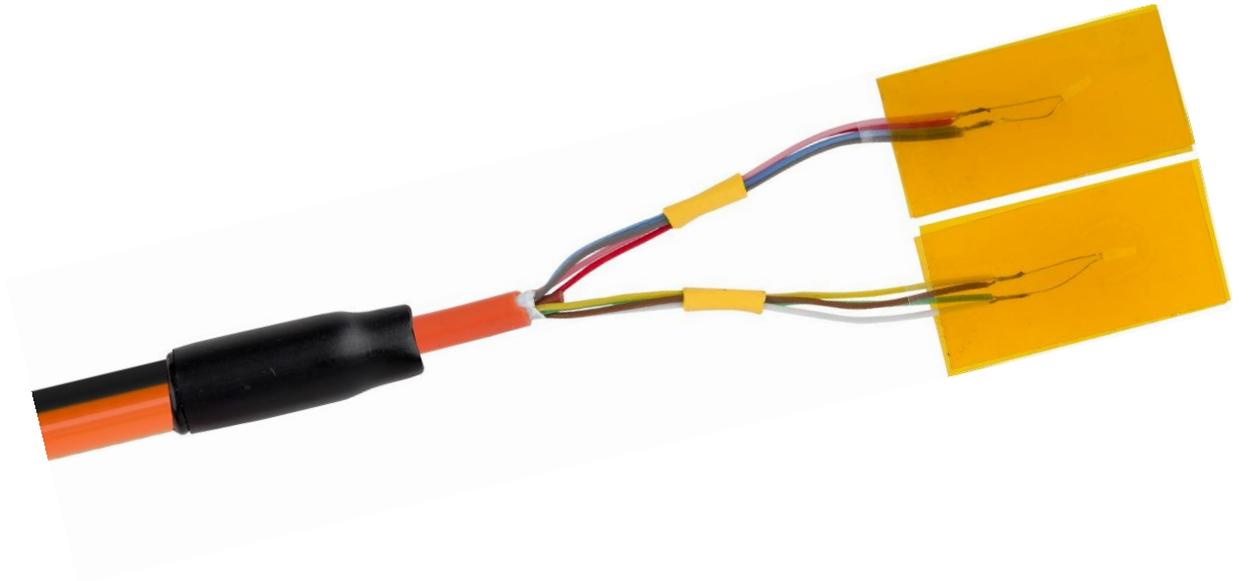
Vorteile mit Thermoelementen

- ▶ Viele individuelle Varianten an Messspitzen möglich
- ▶ 2-Leiter, 4 Temperaturen auf HV-Summenbuchse
- ▶ Diverse Befestigungsmöglichkeiten, z. B. mit sehr gut Temperatur-leitfähigem Kapton-Klebeband
- ▶ Temperaturbereich (Klasse 1): -40 °C bis +1.000 °C



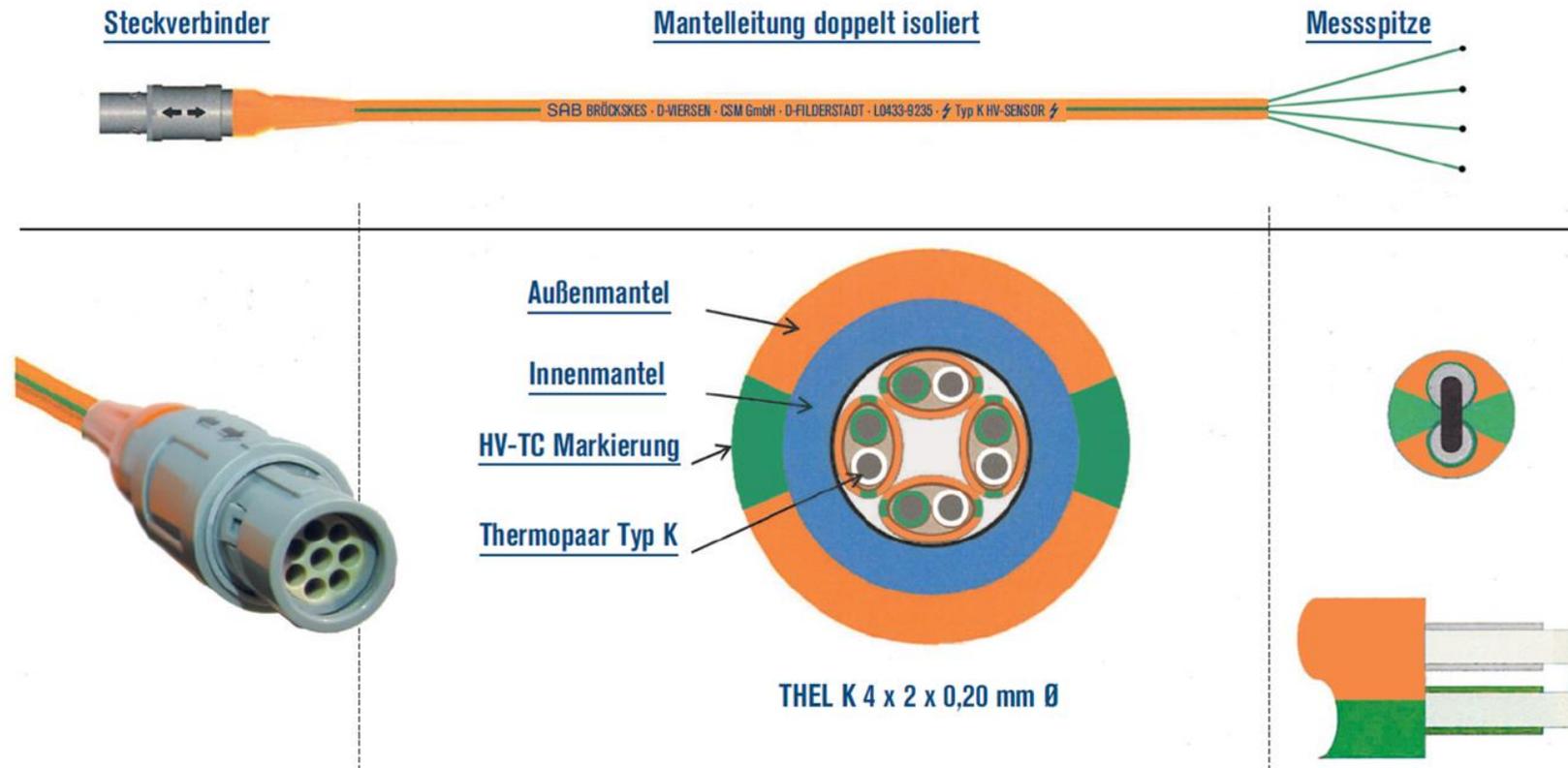
Vorteile mit PT100 / PT1000 Sensoren

- ▶ Sehr dünne Folien möglich ($\leq 0,7$ mm)
- ▶ Sehr hohe Genauigkeit des Gesamtsystems inkl. Messmodul erreichbar (bis zu ca. $\pm 0,3$ K)
- ▶ Sehr gute Langzeitstabilität



HV-sichere Sensorkabel

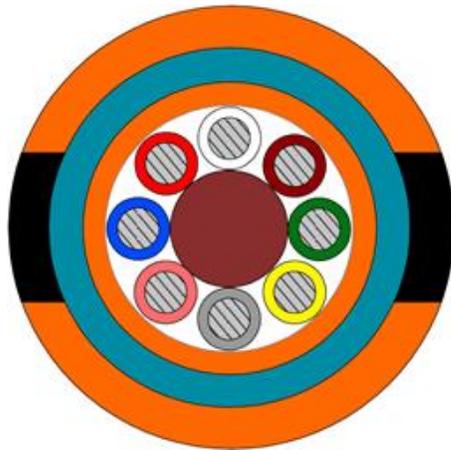
Am Beispiel einer Thermoleitung Typ K



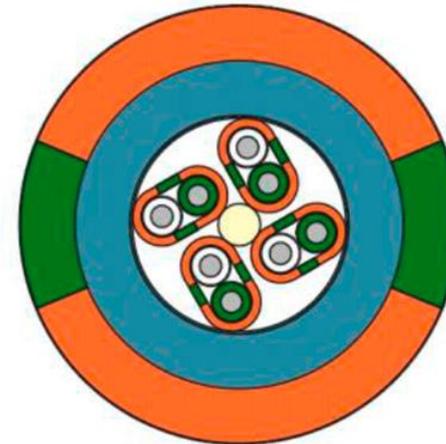
HV-sichere Sensorkabel

Typische 8-adrige Summenkabel

- ▶ Gutes Verhältnis zwischen Außen-Schutzmantel, Warn-Innenmantel, Paar- bzw. Bündelmantel und Litzen
- ▶ Immer noch ausreichend dünn und flexibel
 - Einzeladern 1.000 V berührsicher



PT100 Kabel



Thermo-Kabel

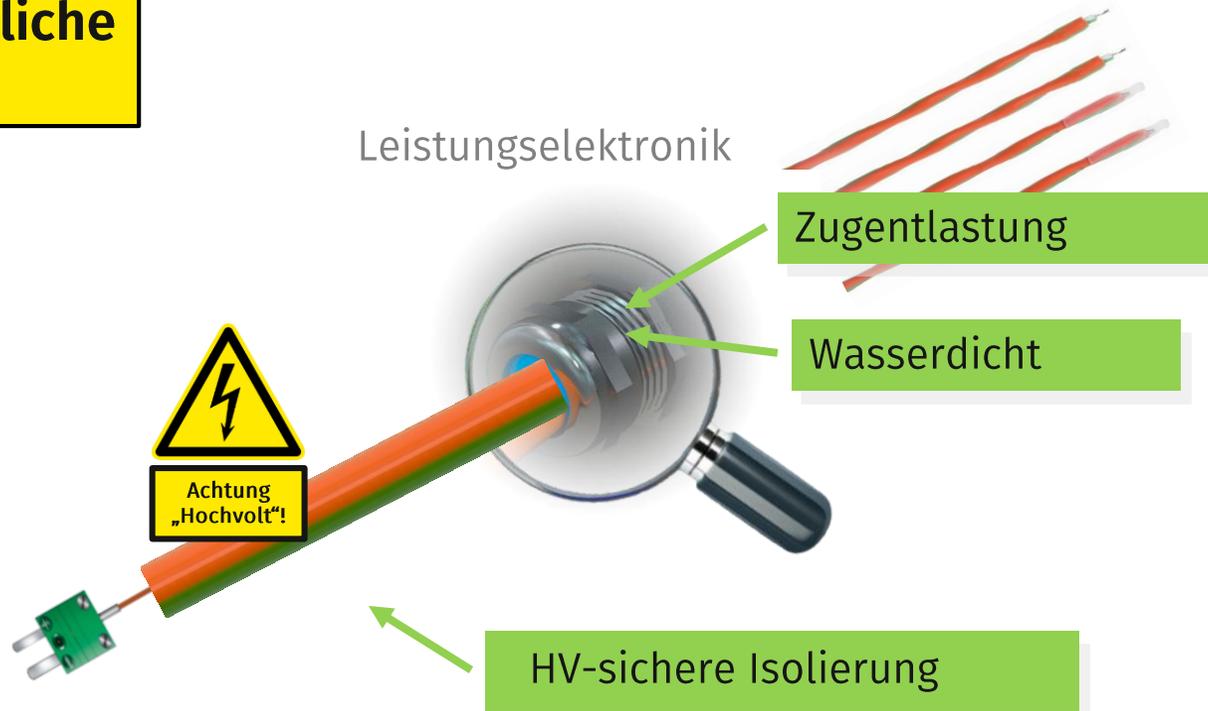
HV-sichere Messkette für Temperaturmessungen

Teilweise ungeeignete und gefährliche
Temperaturmesskette

Keine Berührsicherheit
durch offene Kontakte



„Standard“-Messmodul



Steckerverbinder

Benötigt wird ein spezielles HV-sicheres Steckkonzept:

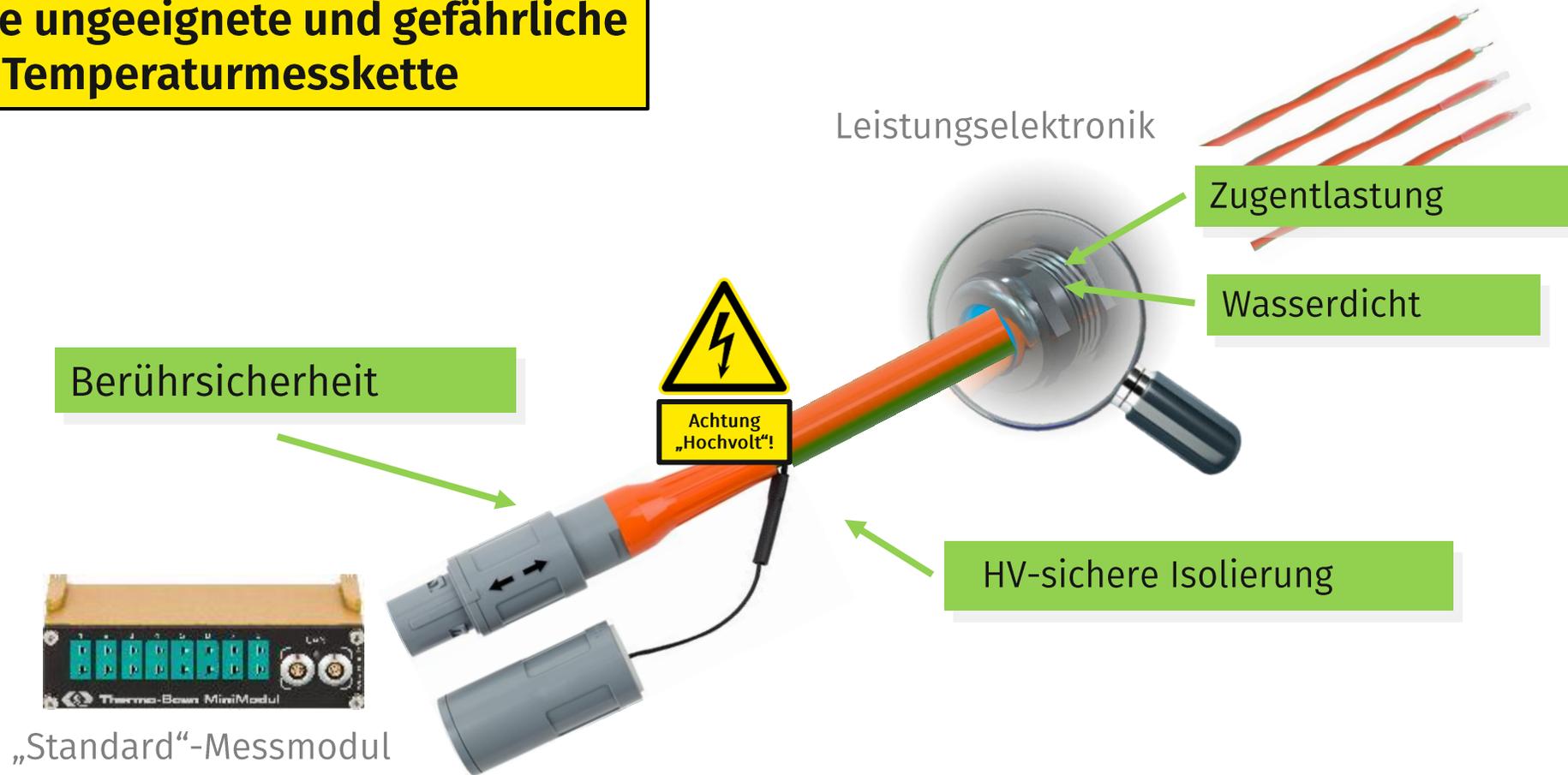
- ▶ Eigenschaften
 - Stecksystem (Stecker, Buchse) typgeprüft gemäß Sicherheitsnorm EN 61010-1:2010 auf 1.000 V DC Arbeitsspannung
 - Luft- und Kriechstrecken >8 mm (im gesteckten Zustand)
 - Brandschutzklasse V – 0, d. h. selbstverlöschend nach 5 sec
 - Wasserdicht (Schutzart IP67)
 - Geeignet für viele Steckzyklen >1.000
 - Anschlüsse im Stecker und in Apparatedose vergossen
 - Abdeckkappe für nicht verwendete Sensoren



Der Stecker darf nicht selbst konfektioniert werden (Verguss, HV-Prüfung, etc.).

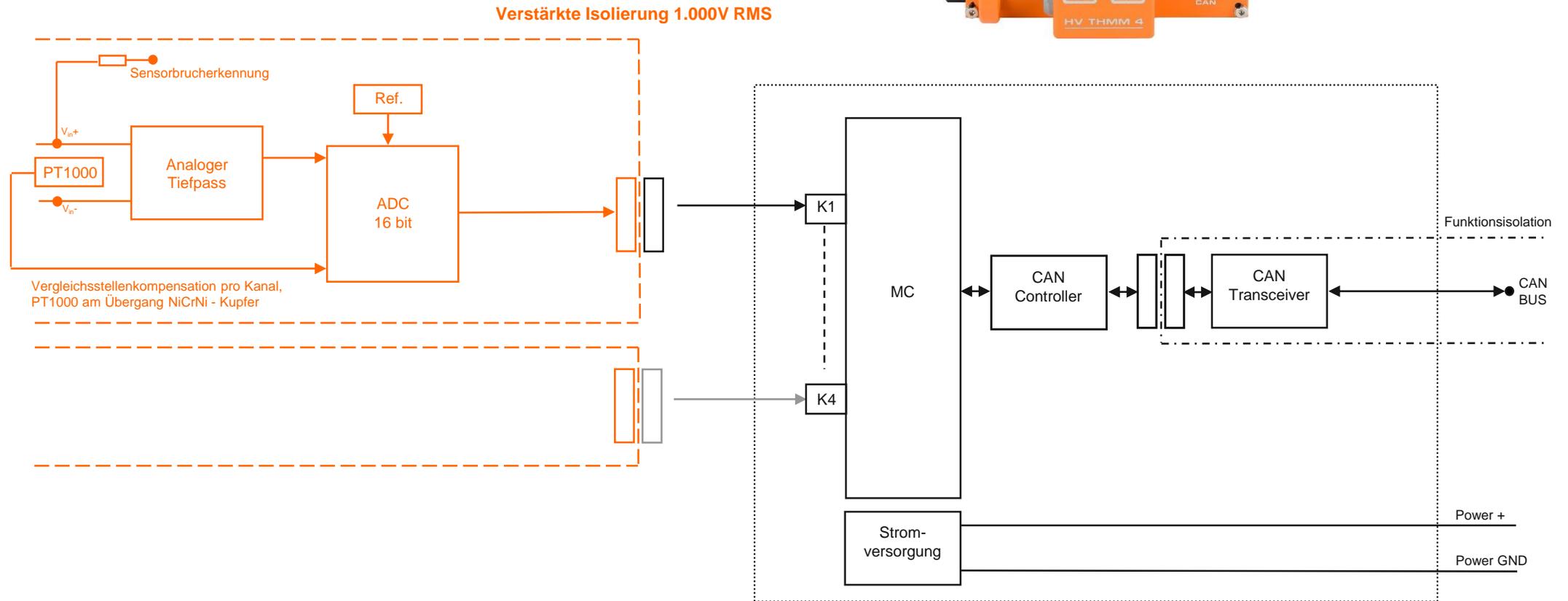
HV-sichere Messkette für Temperaturmessungen

Teilweise ungeeignete und gefährliche
Temperaturmesskette



Isolation Blockschaltbild

am Beispiel des CSM HV Thermomessmoduls HV TH4 evo



HV-sichere Messgeräte

Beispiel: CSM HV Thermo-Module (Thermoelemente)



- ▶ 4 oder 8 NiCr-Ni Temperatureingänge
- ▶ Einsatzhöhe: max. 5.000 m über NN
- ▶ Betriebstemperaturbereich: -40 °C bis +125 °C, IP67
- ▶ Sehr hohe Messgenauigkeit



- ▶ HV-sicherer Steckverbinder
- ▶ Mechanische Steckerführung für Dichtigkeit und Knickschutz
- ▶ Verstärkte Isolierung: 1.000 V RMS
 - Kanal / Kanal, Kanal / CAN, Kanal / Spannungsversorgung
- ▶ Typgeprüft gemäß Sicherheitsnorm EN61010 durch akkreditiertes Prüflabor
- ▶ Stückprüfung mit Zertifikat
 - 3.100 V Rampe jeweils 5 sec

HV-sichere Messgeräte

Beispiel: CSM HV PT Module (Widerstandselemente)



- ▶ 2 oder 8 PT100/PT1000 Messeingänge
 - 4-Leiter-Technik, d. h. 2 Eingänge je HV-sicherem Stecker
- ▶ Eingabe individueller PT-Koeffizienten für bestmögliche Abstimmung auf den Sensor
- ▶ Extrem hohe Messgenauigkeit



- ▶ HV-sicherer Steckverbinder
- ▶ Mechanische Steckerführung für Dichtigkeit und Knickschutz
- ▶ Verstärkte Isolierung
 - Kanal / Kanal, Kanal / CAN, Kanal / Spannungsversorgung
- ▶ HV Prüfungen und Einsatzhöhe wie bei CSM HV Thermo-Messmodulen

HV-sichere Messkette für Temperaturmessungen – Alles gut!



Sichere Temperaturmesskette



HV-sicheres Messmodul

Berührsicherheit



Achtung „Hochvolt“!

Leistungselektronik



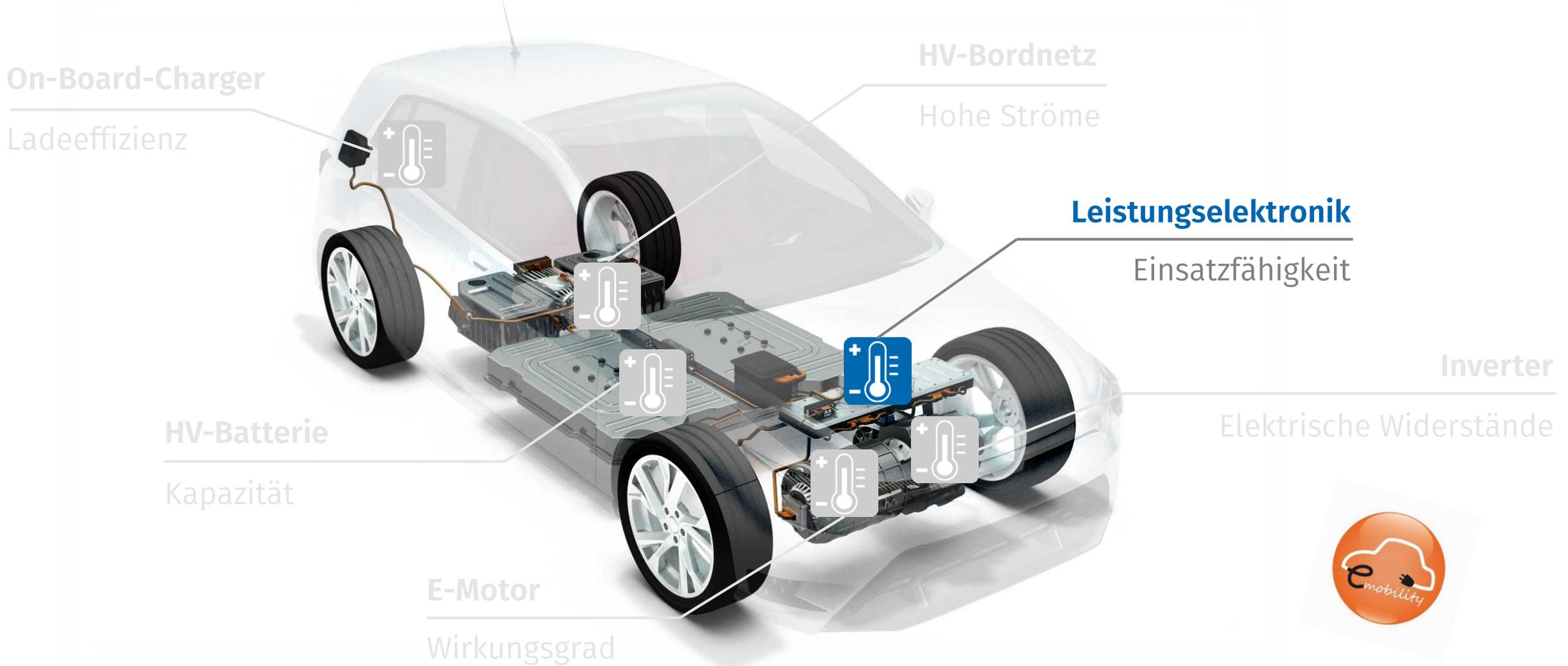
Zugentlastung

Wasserdicht



HV-sichere Isolierung

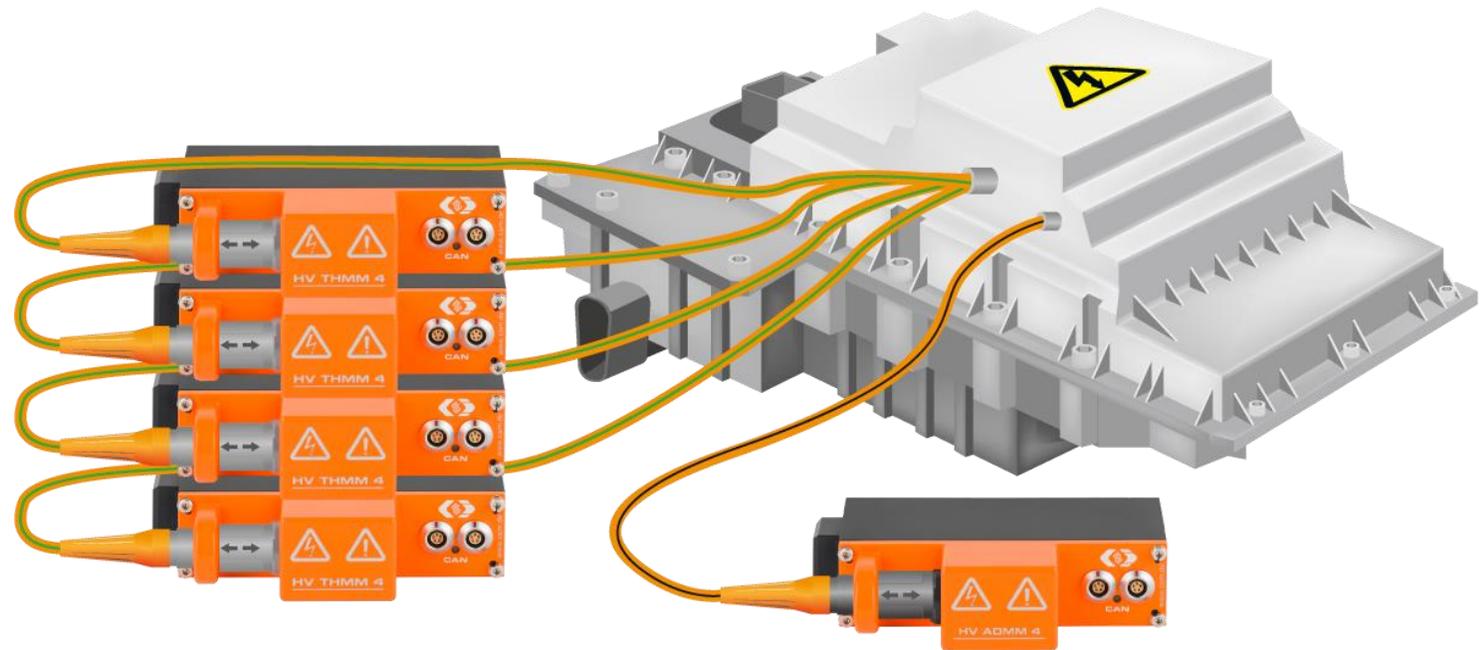
Anwendung: Temperatur- & Spannungsmessung in Leistungselektronik



Anwendung: Temperatur- & Spannungsmessung in Leistungselektronik

Zur Validierung von Leistungs-Steuergeräten werden

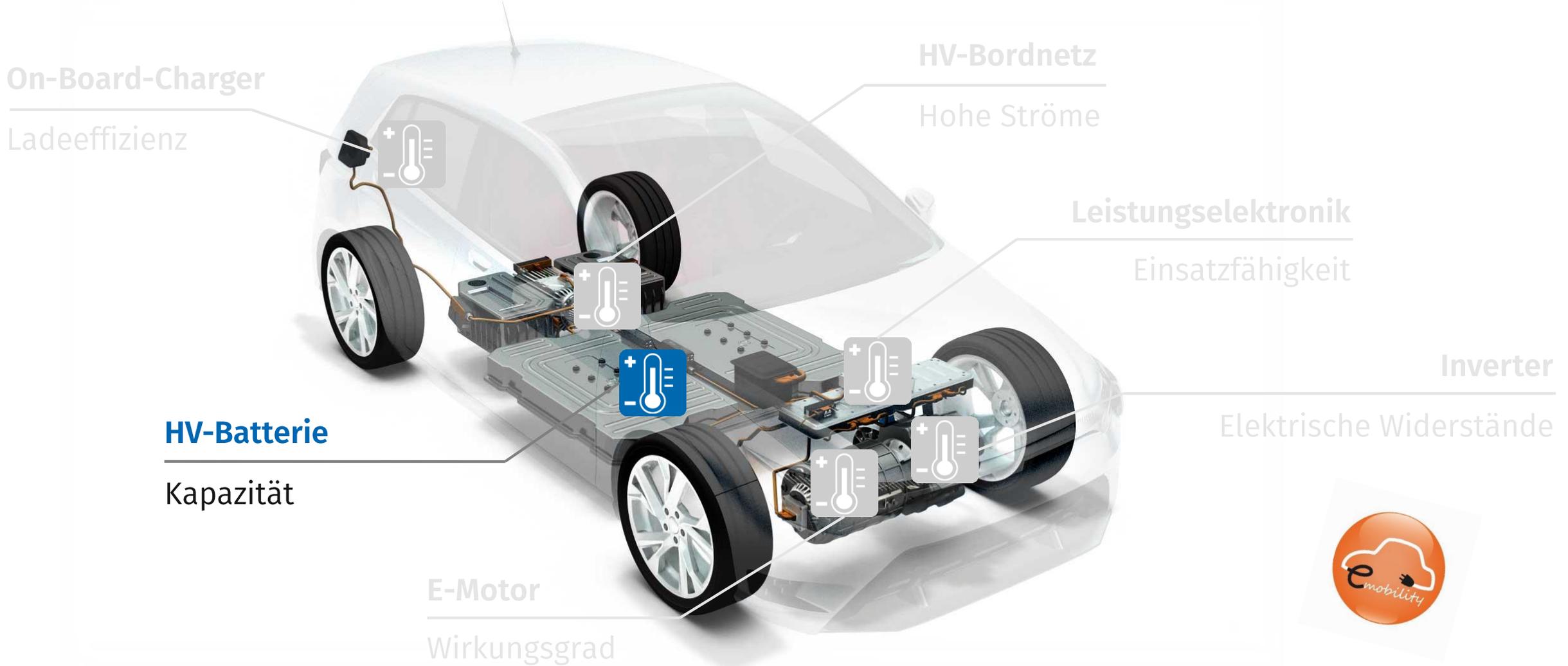
- ▶ Typischerweise 16 - 40 Temperaturen an den verschiedenen elektronischen Komponenten im Steuergerät erfasst
- ▶ Zusätzlich die Schaltspannungen gemessen



4 × HV THMM 4

HV ADMM 4

Anwendung: Thermische Charakterisierung von Hochvolt-Batterien



Anwendung: Thermische Charakterisierung von Hochvolt-Batterien

Zum
Anwendungsfall auf
www.csm.de



Temperaturmessung auf Batteriemodul-Ebene

Temperaturmessung auf Batterie-Ebene

- Stromschienen
- Ladeelektronik
- BMS
- Weitere Komponenten



Temperaturmessung auf Zellebene

Wichtig:

- Exakte und reproduzierbare Positionierung von Sensoren zwischen einzelnen Batteriezellen
- Extrem hohe Messgenauigkeit

Insgesamt 50 bis 300 Messstellen

Hochvolt-Batterien: Messtechnische Herausforderungen

- ▶ Sehr hohe Messgenauigkeit, um kleinste Temperaturschwankungen zu erfassen

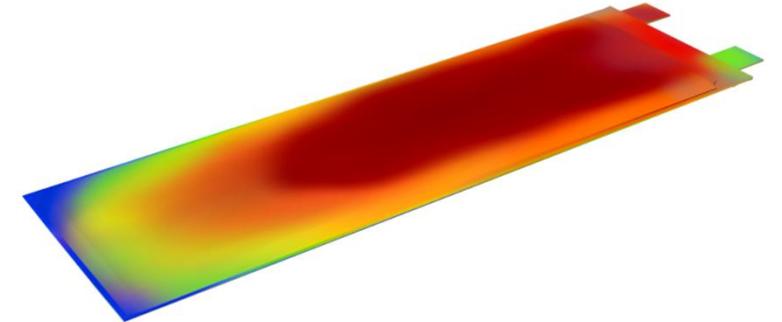
-> **Mit Thermoelementen nicht / Widerstandselementen kaum zu erreichen**

- ▶ Exaktes Positionieren von Sensoren zwischen einzelnen Zellen wichtig für
 - die Verifikation von Temperatur-Simulations-Modellen
 - die Analyse der Temperaturoausbreitung z. B. im Brandfall

-> **Mit Einzelsensoren schwierig umsetz- und nachprüfbar**

- ▶ HV-Batterie-Design: Maximum an Zellen bei minimaler Baugröße

-> **Sehr wenig Platz für Sensoren und Sensorkabel innerhalb der Batterie**

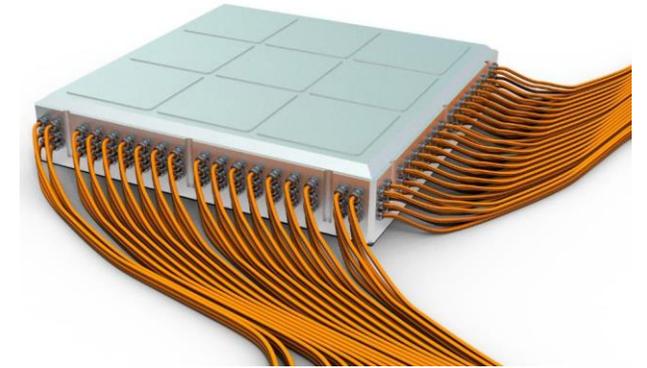


Hochvolt-Batterien: Messtechnische Herausforderungen

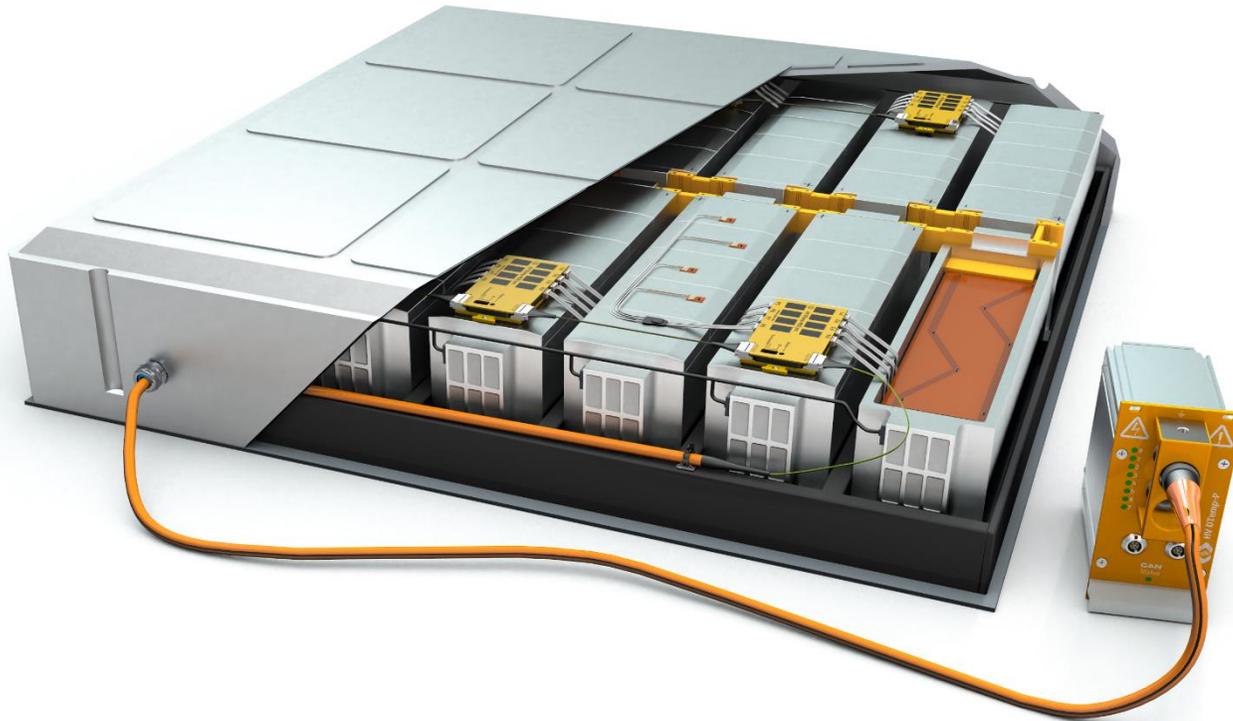
- ▶ Durchbrüche für Verkabelung nach außen kritisch
 - Batterie darf keine Feuchtigkeit ziehen und muss gasdicht bleiben

-> **Mit Kabelbündeln aus Thermo- oder PT100 Sensoren schwierig sicherzustellen**

- ▶ Unterbringung der HV-sicheren Messtechnik inkl. Kabel für Hunderte von Messstellen im Versuchsfahrzeug



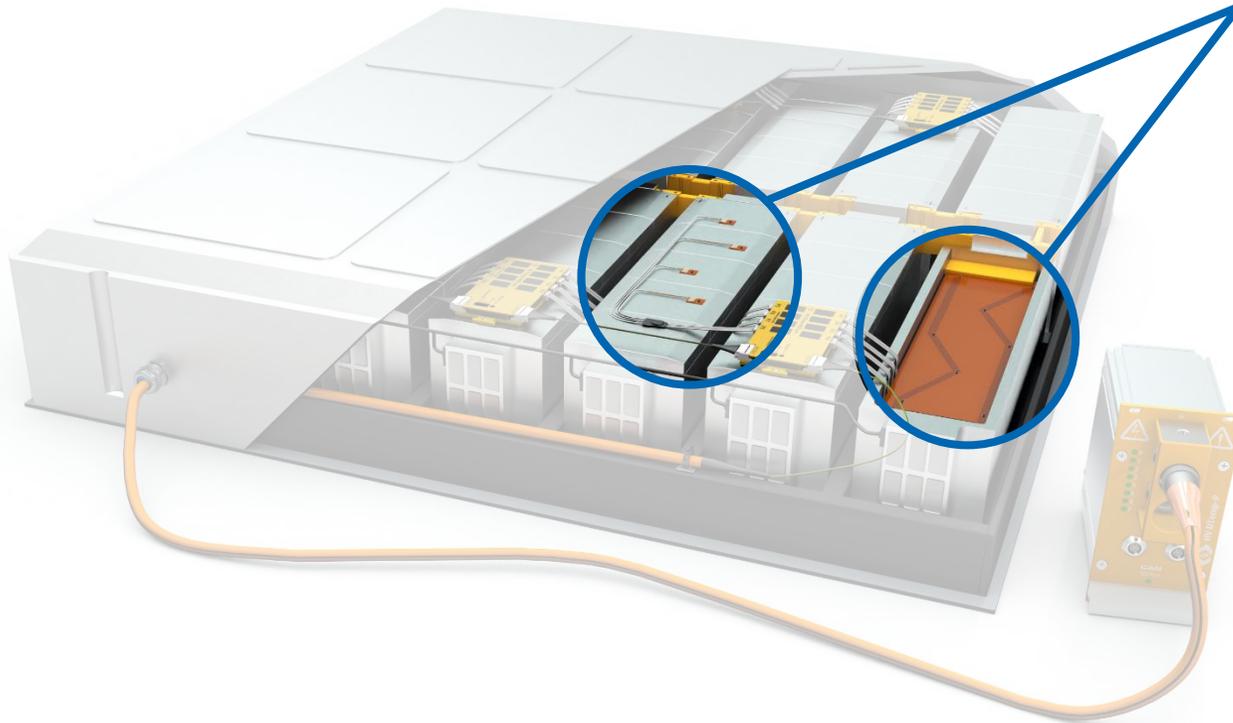
Lösungsweg: HV DTemp Messsystem



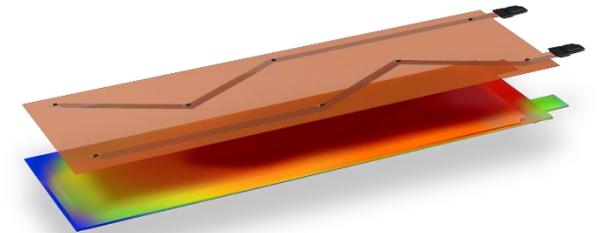
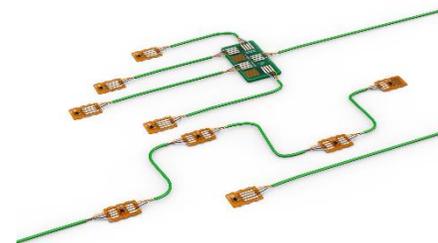
- Digitales Temperaturmesssystem
- Bis zu 512 Sensoren pro Messsystem
- Messgenauigkeit (Gesamtsystem):
 - $\pm 0,1$ K

Lösungsweg: HV DTemp Messsystem

IC-Temperatur-Einzel Sensoren und -Folien an
digitalem Datenbus innerhalb der Batterie

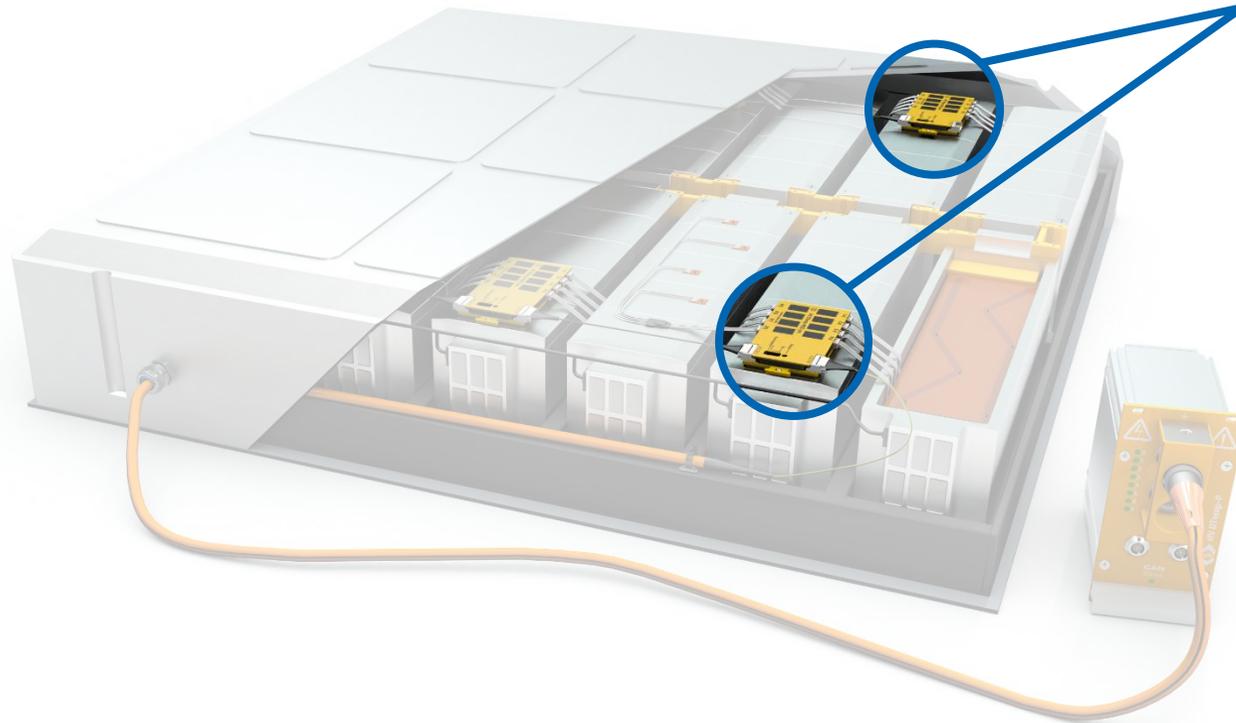


- Miniaturisiert, hochgenau, robust
- Sehr störsicher (jeder ankommende Messwert stimmt)
- Exakt positionierbar und eindeutig identifizierbar

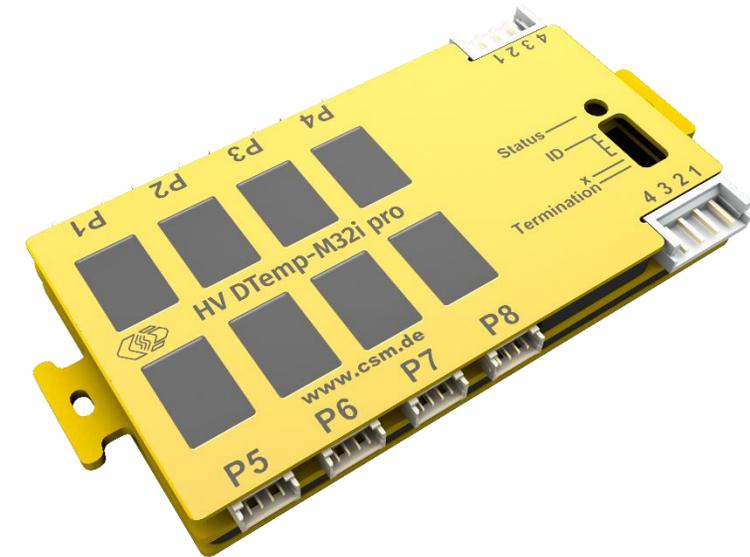


Lösungsweg: HV DTemp Messsystem

HV DTemp Controller

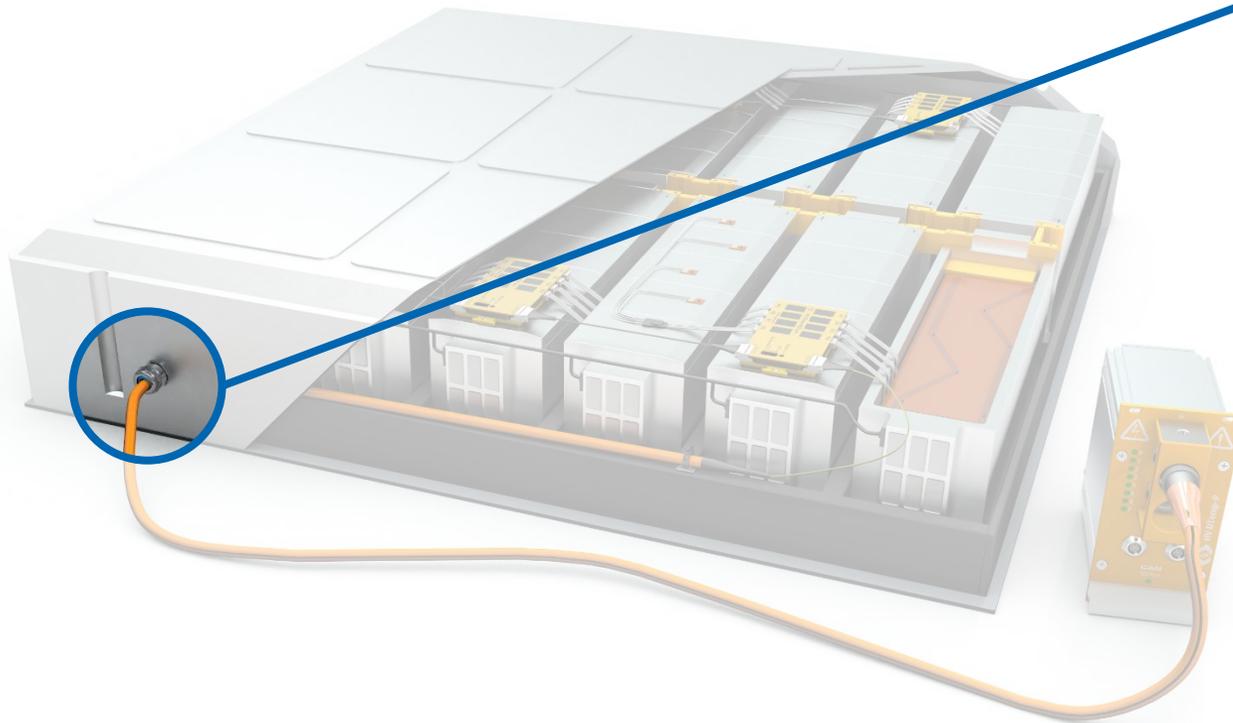


- Erforderliche Messelektronik innerhalb der Batterie (Controller)
- Miniaturisiert und HV-sicher



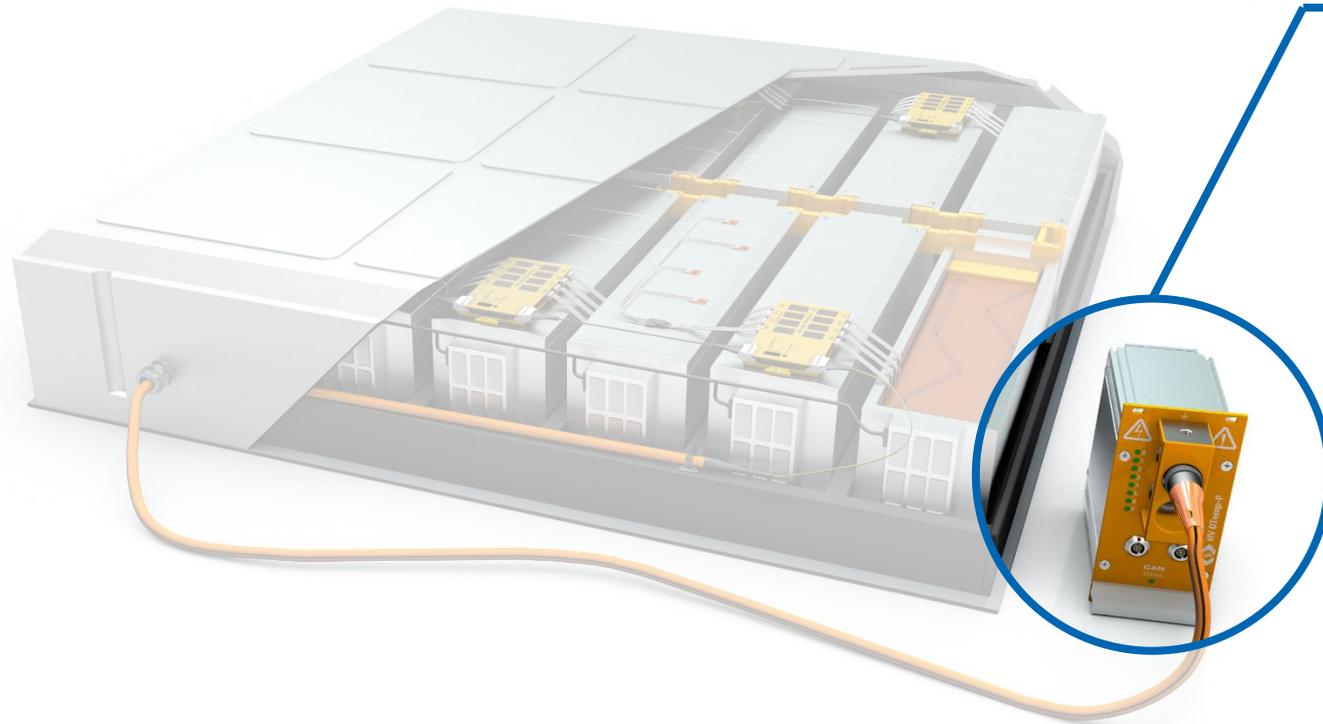
Lösungsweg: HV DTemp Messsystem

HV DTemp Controller



- Bis zu 8 Controller kaskadiert
- Ein einziges HV-sicheres Kabel nach Außen

Lösungsweg: HV DTemp Messsystem



HV DTemp-P Zentraleinheit

- CAN-Bus Zentraleinheit für bis zu 512 Sensoren

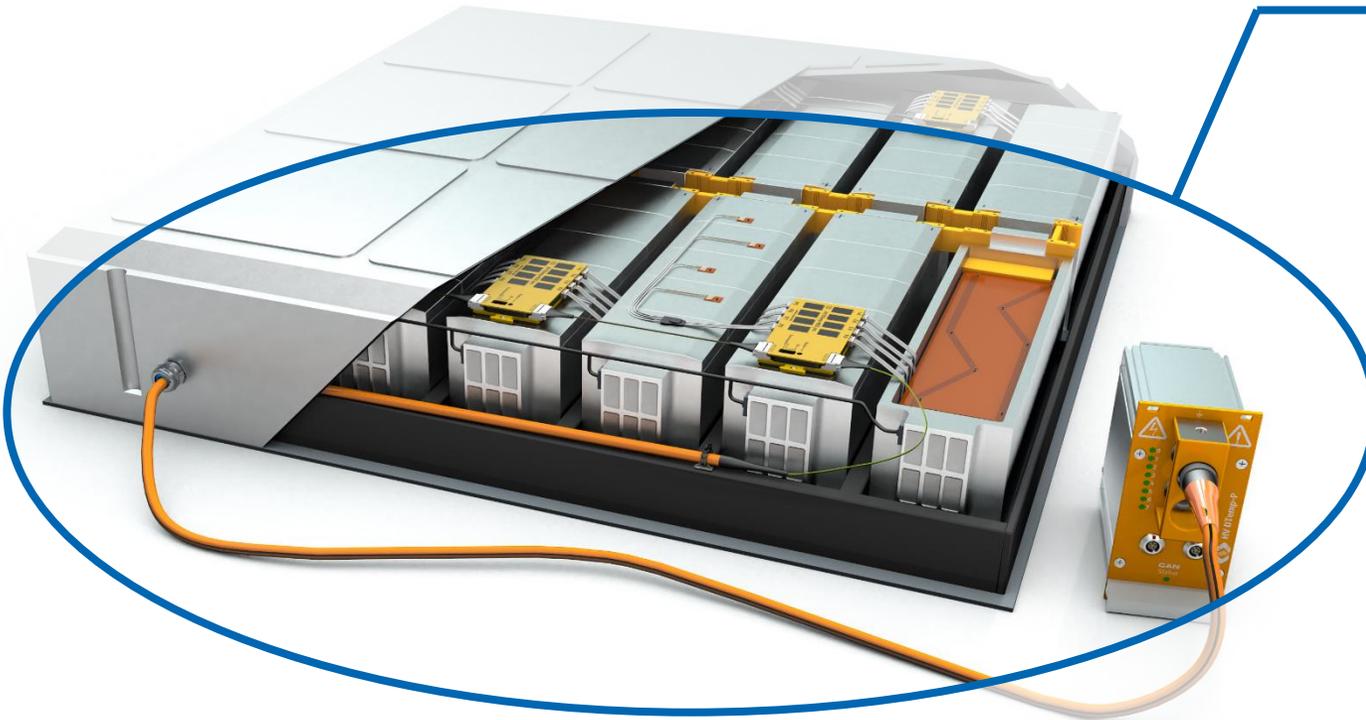
Lösungsweg: HV DTemp Messsystem

Video mit Überblick über
das gesamte Messsystem
auf Youtube



HV-Sicherheit bis 1.000 V RMS

- IC-Sensoren vergossen
- Sensorleitungen 1.000 V berührsicher
- Controller: getrennte Ports
- HV-sicheres Sensorkabel zur Zentraleinheit





Fazit: Temperaturmessungen in der E-Mobility

	Thermoelemente (CSM HV TH Messmodule)	PT100 / PT1000 Widerstandselement (CSM HV PT Messmodule)	IC-Sensoren (HV DTemp Messsystem)
Vorteile	Sehr großer Messbereich	Sehr langzeitstabil	Extrem gute Genauigkeit von $\pm 0,1$ K
	Einfache Handhabung	Sehr gute Genauigkeit	Bis zu 512 Sensoren an einer Zentraleinheit
	Gute Ansprechzeiten	Geringe Anfälligkeit gegen Störungen	Exakt positionierbare Sensoren
			Digitale Erfassung (störsicher)



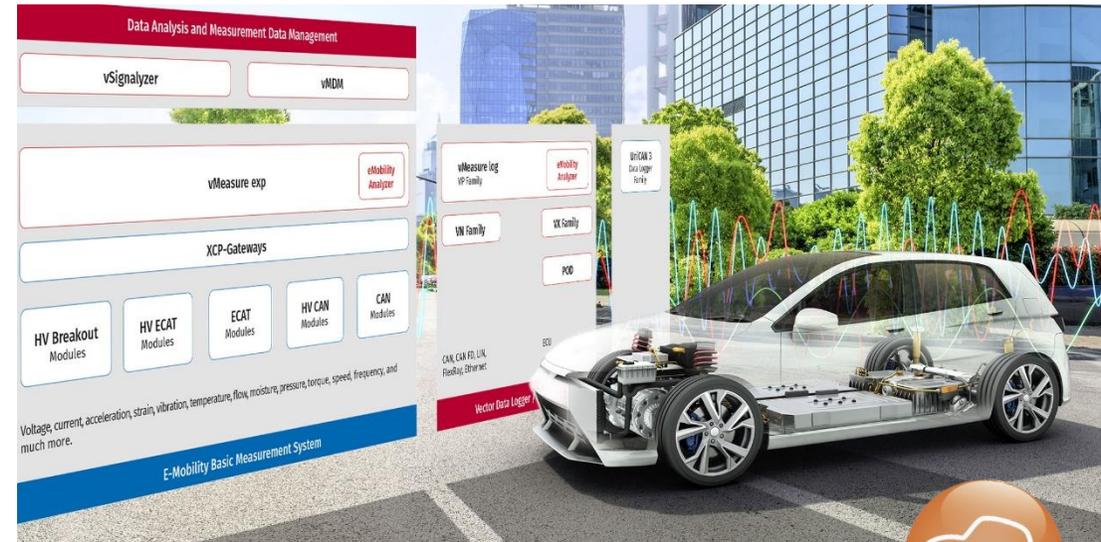
Über CSM

CSM setzt seit über 35 Jahren technologische Maßstäbe für dezentrale Messtechnik in der Fahrzeugentwicklung. Unsere CAN-Bus und EtherCAT®-Messgeräte unterstützen weltweit namhafte Fahrzeughersteller, Zulieferer und Dienstleister bei ihren Entwicklungen.

Permanente Innovation und langfristig zufriedene Kunden sind unser Erfolgsgarant. Gemeinsam mit unserem Partner Vector Informatik haben wir ein einfach skalierbares und leistungsfähiges E-Mobility-Messsystem für Hybrid und Elektrofahrzeuge entwickelt und bauen die Anwendungsbereiche stetig aus. Mit unseren Hochvolt-sicheren, für schnelle und synchrone Messungen und Leistungsanalysen ausgelegten Messsystemen begleiten wir aktiv den Wandel zur **E-Mobility**.

CSM GmbH

Computer-Systeme-Messtechnik
Raiffeisenstraße 36 70794 Filderstadt
Tel.: +49 711 - 77 96 40
E-Mail: sales@csm.de



Weitere Informationen und die aktuellen Termine von
CSM Xplained finden Sie unter

www.csm.de/webseminare 

CSM Xplained
measurement technology