



Thermische Charakterisierung von HV-Batterien

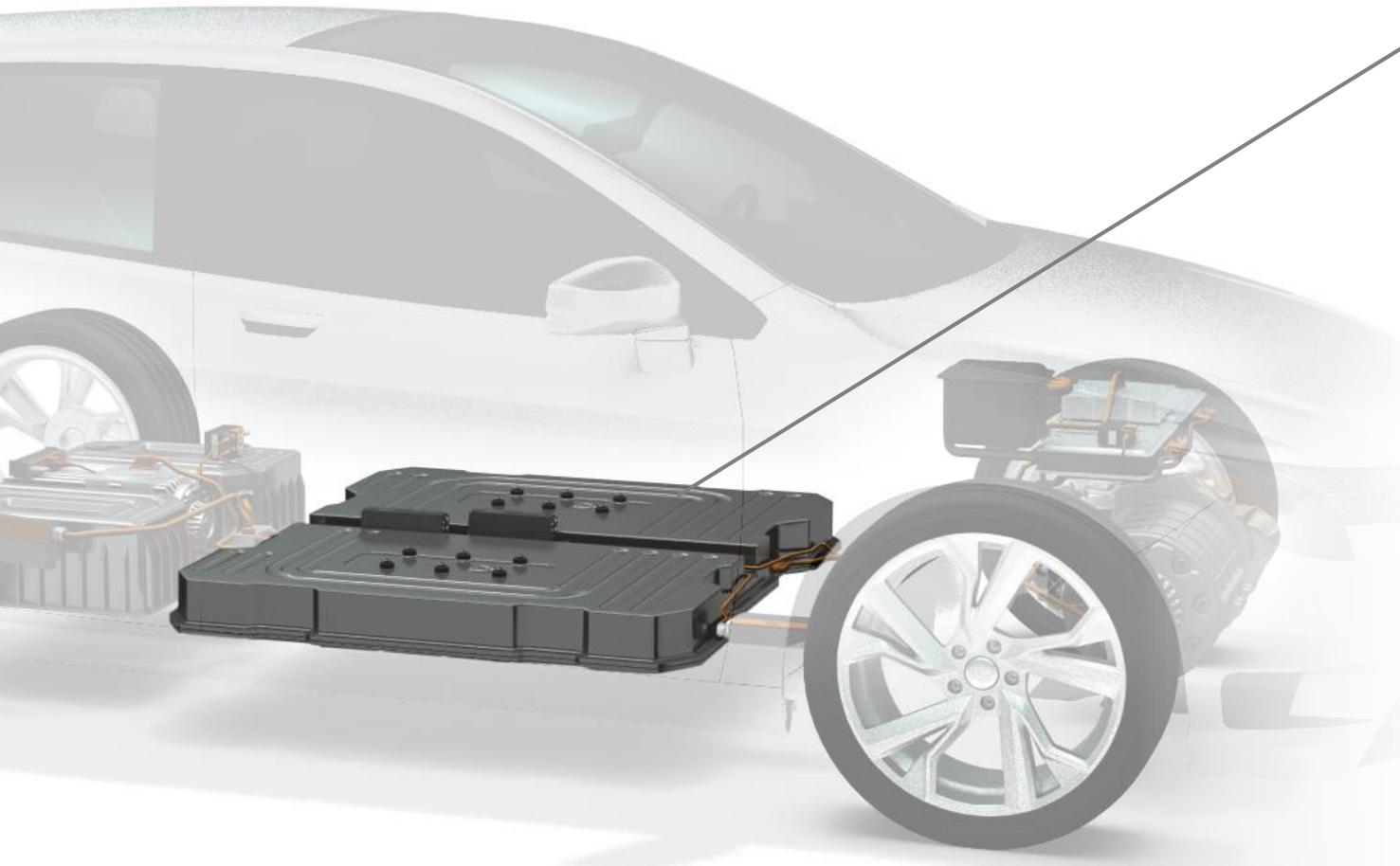
CSM Web-Seminare



CSM **Xplained**
measurement technology

Innovative Mess- und Datentechnik

Hochvolt-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen



HV-Batterie

Herzstück des elektrischen Antriebsstranges:

- ▶ Energiequelle
- ▶ Energiespeicher

Negative Effekte:



Mechanische Belastung



Laden und Entladen

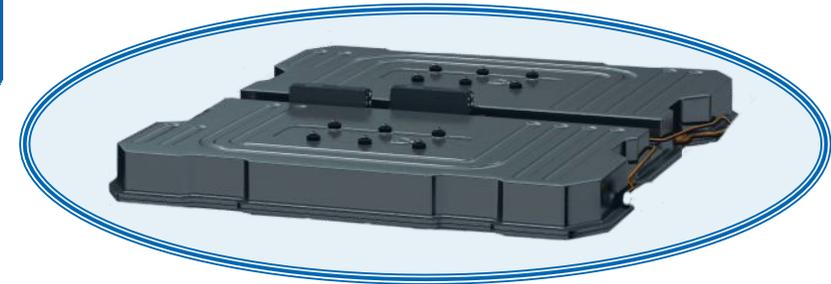


Extreme Wärme oder Kälte

Thermo-Management von HV-Batterien

Entscheidend für

- ▶ Sicherheit
- ▶ Performance



-25 °C

10 °C

25 °C

80 °C

Mögliches Gefrieren
der Elektrolyte

Hohe Innenwiderstände
führen zu verminderter
Leistungsabgabe

Optimaler
Betriebstemperatur-Bereich

Höhere Zell-Innenwiderstände
führen zum Zerfall der Elektrolyte

Thermal Runaway

Thermo-Management von HV-Batterien

Serienfahrzeug

Überwachung der Temperatur mit wenigen
Temperaturfühlern

Zu wenige, um verlässliche Aussagen in der
Entwicklung zu treffen.

Entwicklung des Thermo-Managements von HV-Batterien

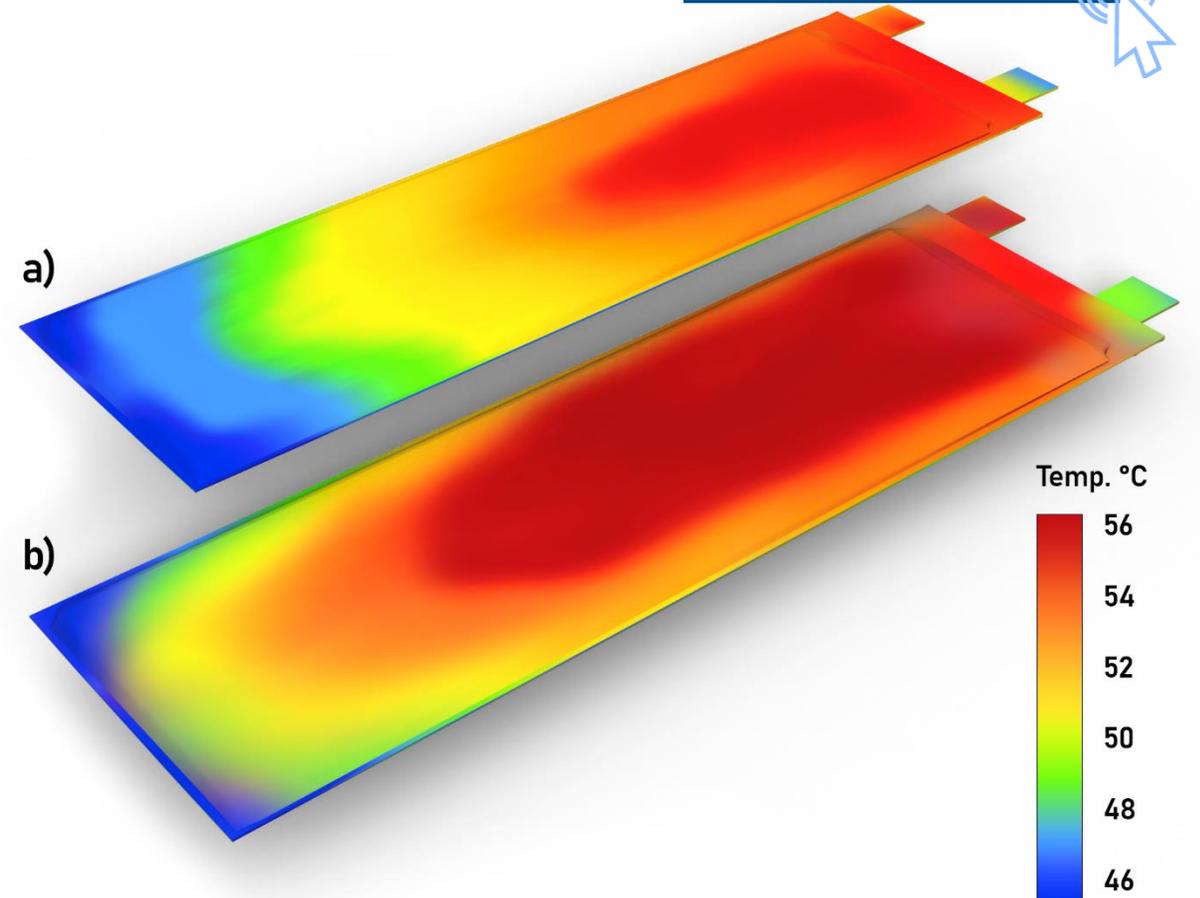
Häufig umfangreiche Simulationen

- ▶ Überprüfung!
- ▶ Nur **Messungen** am Prüfstand und im Fahrversuch erlauben realistische Tests

Testszenarien:

- ▶ Thermische Charakterisierung von HV-Batterien
- ▶ Hot-Spot Untersuchungen
- ▶ Prüfung auf Thermisches Versagen
- ▶ Verifizierung von Kühlsystemen
- ▶ Verifizierung von Temperaturmodellen

Zu den
Anwendungsfällen
auf www.csm.de



Temperaturverteilung in einer Pouch-Zelle

- a) Simuliert
- b) Messergebnis

Batterietypen

Es muss an verschiedenen Zelltypen gemessen werden (Rund-, Pouch- und prismatische Zellen)



Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 1)



► Temperaturmessung auf Zellebene

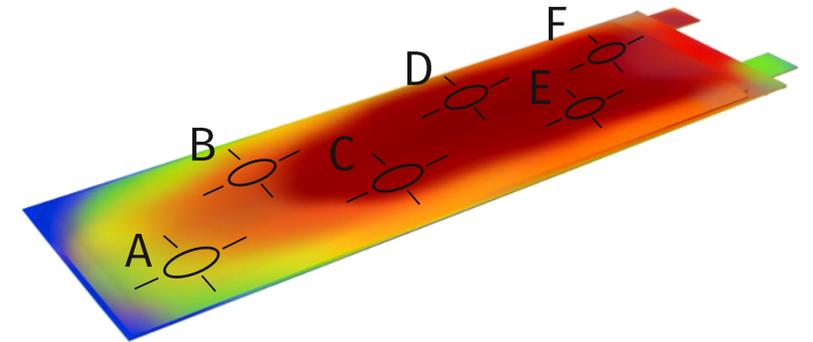
Exakte und reproduzierbare Positionierung von Sensoren zwischen einzelnen Batteriezellen

Anforderung

Exakte Positionierung der Sensoren zwischen Batteriezellen

Übertragung der Daten relevanter Messpunkte aus Simulationen

- ▶ Nur eine exakte Positionierung erlaubt die Verifikation von Simulationsmodellen
- ▶ Die Positionierung muss auf allen Zellen reproduzierbar sein, um eine vergleichende Analyse von Temperaturentwicklungen zu ermöglichen



Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 1)



► Temperaturmessung auf Zellebene

► **Temperaturmessung auf Modul-Ebene**

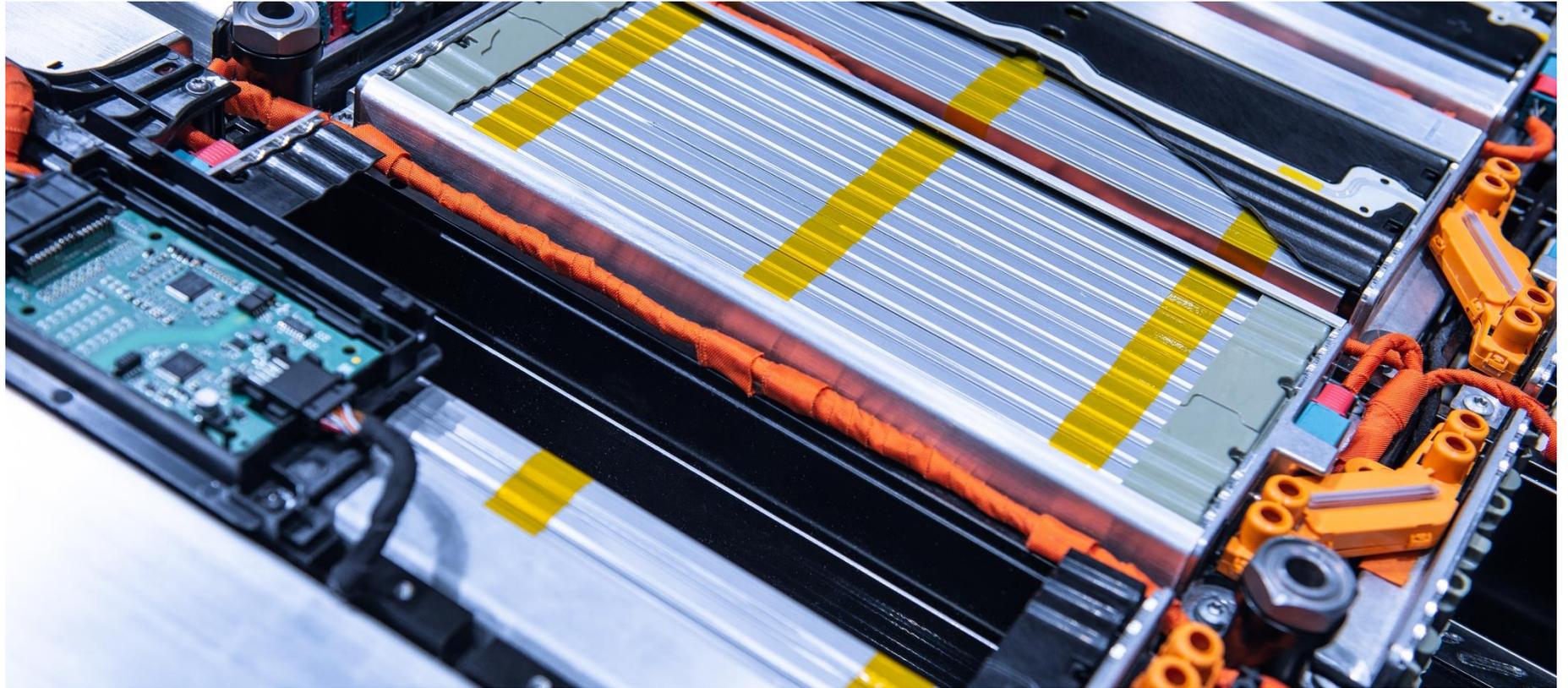
Kabelführung und Messtechnik für mehrere hundert Messstellen auf engstem Raum

Anforderung

Begrenzungen durch das Design von HV-Batterien

Maximum an Batteriezellen bei minimaler Baugröße und optimiertem Gewicht

- ▶ Geringer Platz für Sensorik, Sensorkabel und Messtechnik innerhalb der HV-Batterie



Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 1)



▶ Temperaturmessung auf Zellebene

▶ Temperaturmessung auf Modul-Ebene

▶ **Temperaturmessung auf Batterie-Ebene**

- Stromschienen
- Ladeelektronik
- BMS

Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 1)



► Temperaturmessung auf Zellebene

► Temperaturmessung auf Modul-Ebene

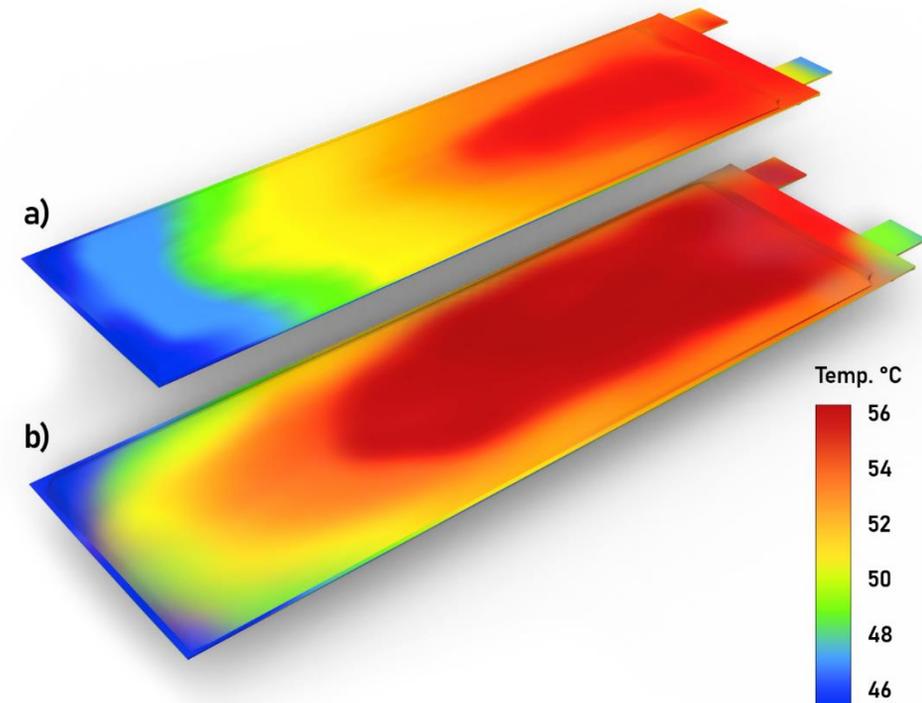
► Temperaturmessung auf Batterie-Ebene

**Insgesamt
50 bis 300 Temperatur-Messstellen
an verschiedenen Stellen
innerhalb der HV-Batterie**

Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

► Thermoelemente

- Messgenauigkeit häufig unzureichend
- Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)



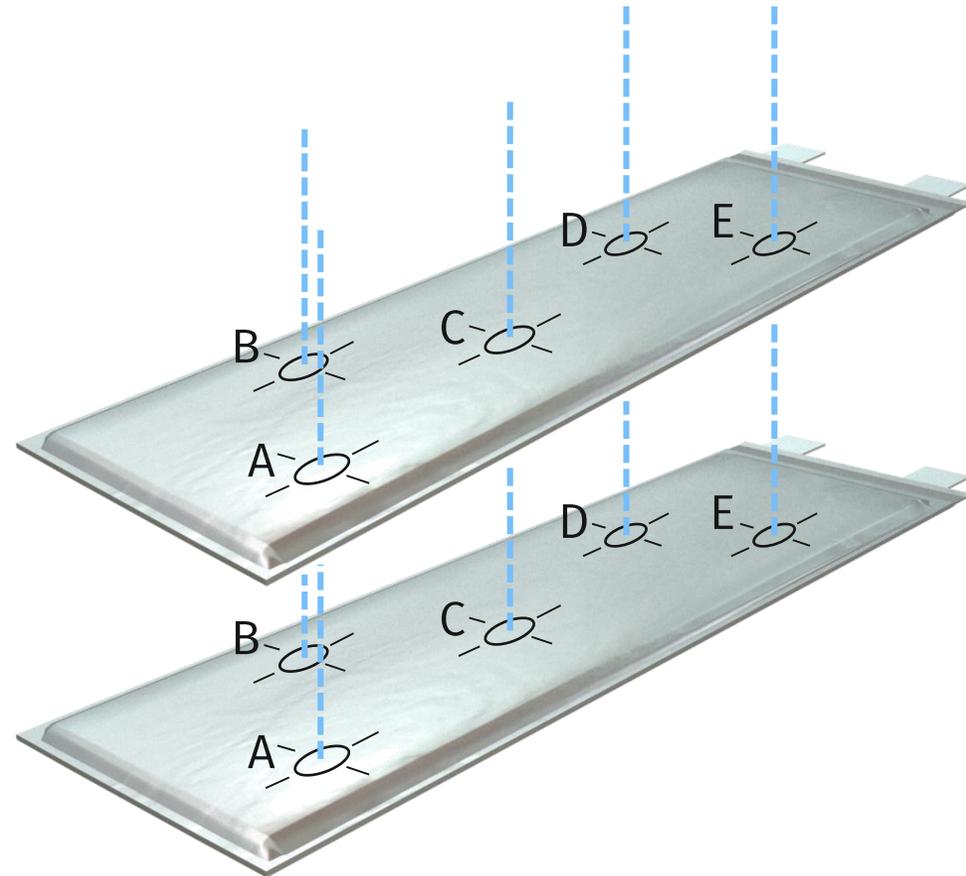
Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

► Thermoelemente

- Messgenauigkeit häufig unzureichend
- Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

► PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- **Exakte Positionierung schwierig**



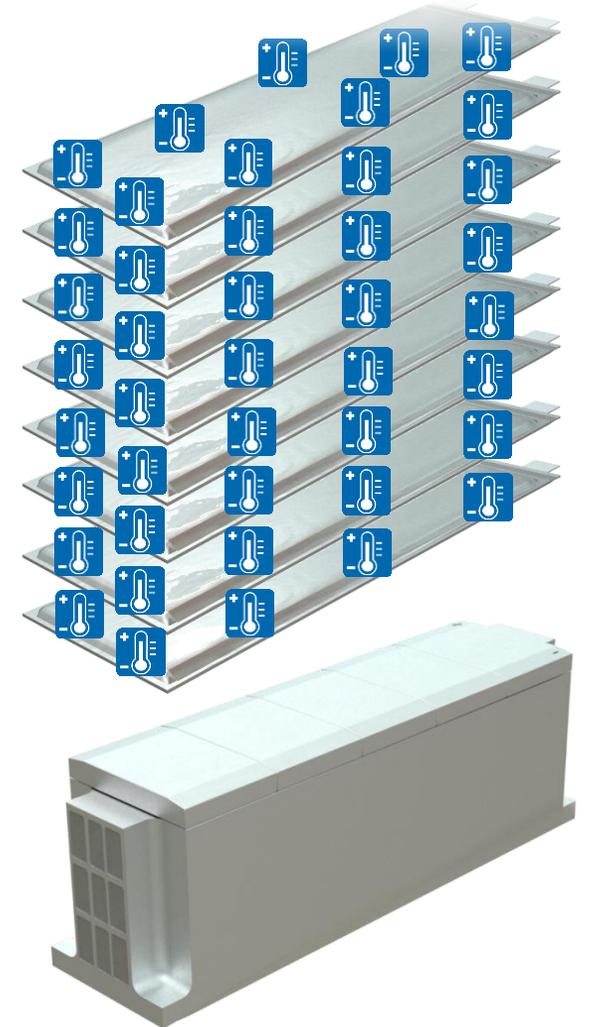
Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ **Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik**



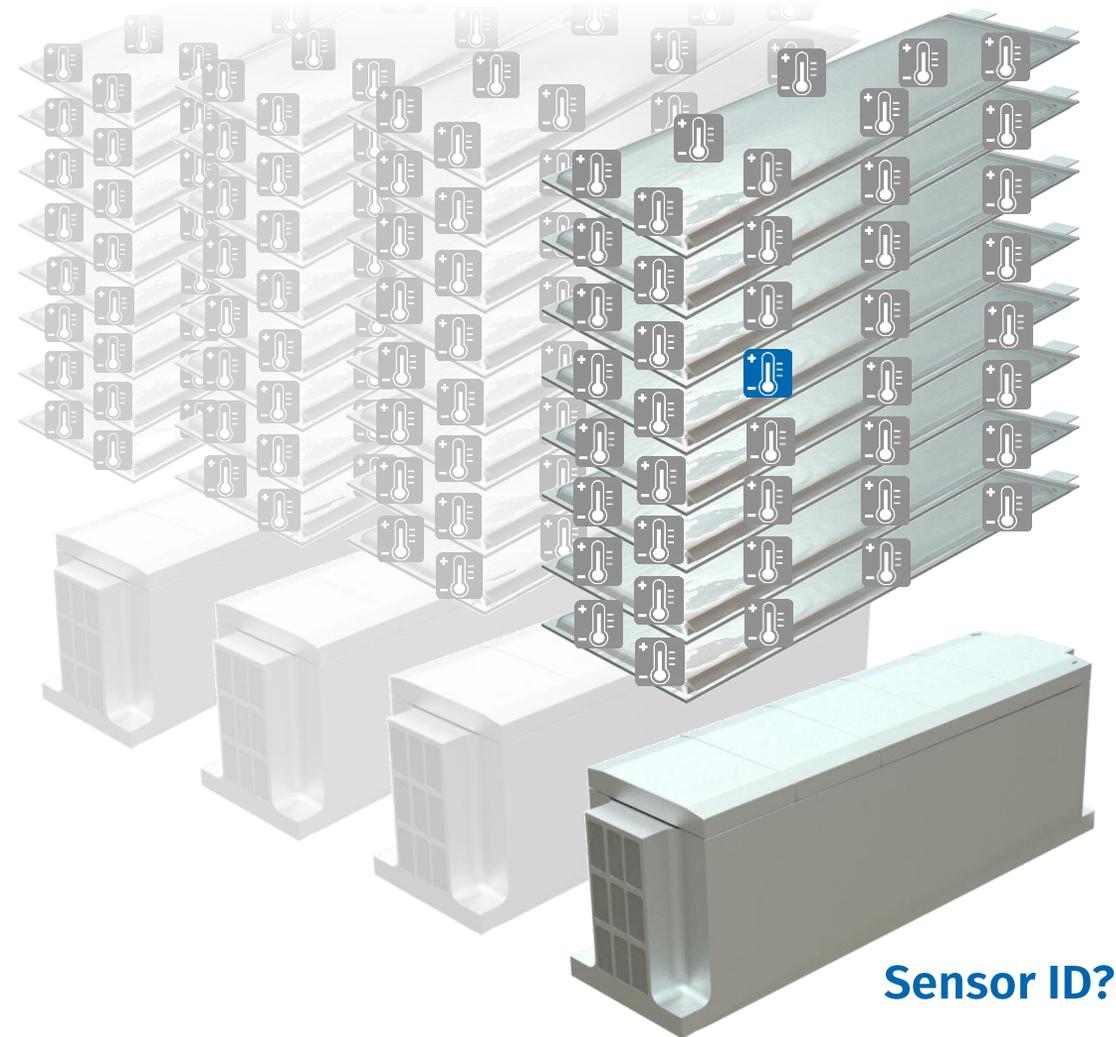
Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik
- ▶ **Identifikation einzelner Messpunkte umständlich**



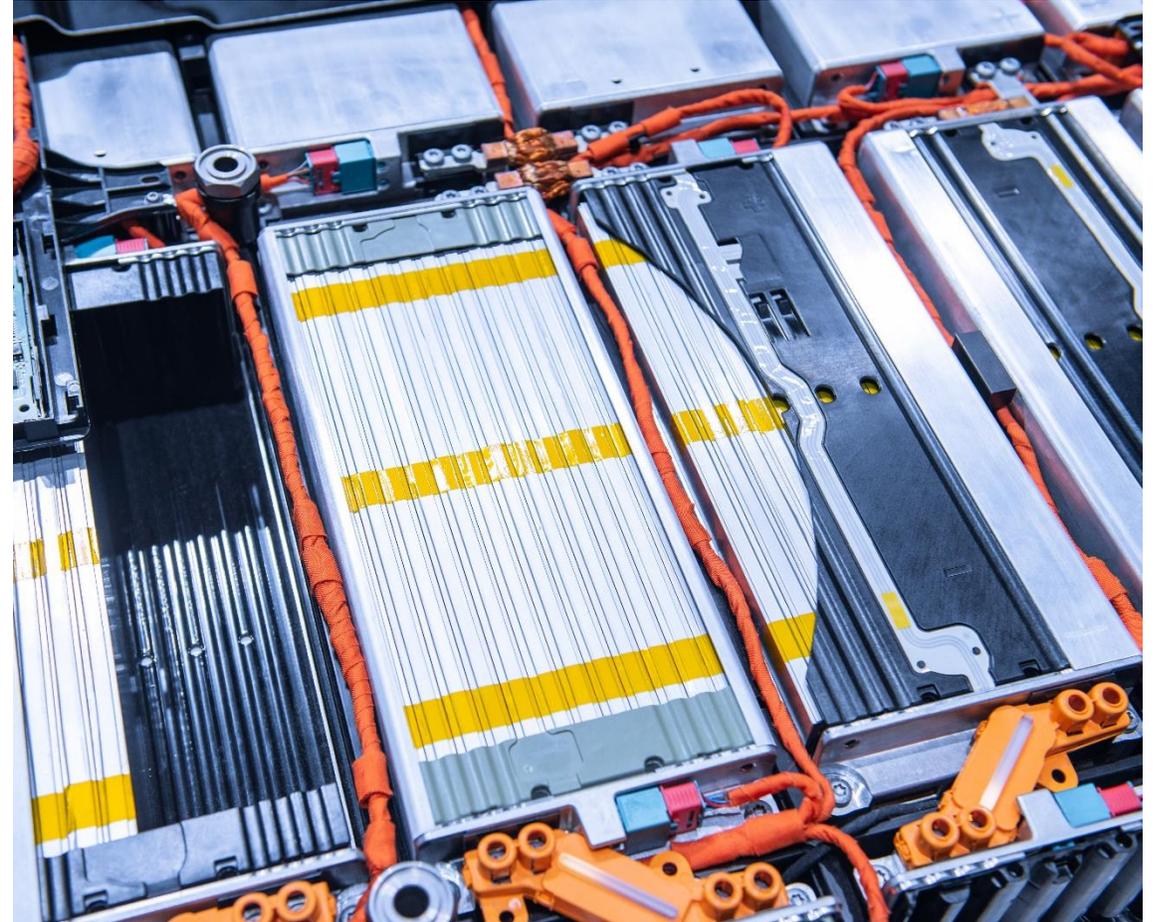
Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik
- ▶ Identifikation einzelner Messpunkte umständlich
- ▶ **Kabeldichte in begrenztem Raum**



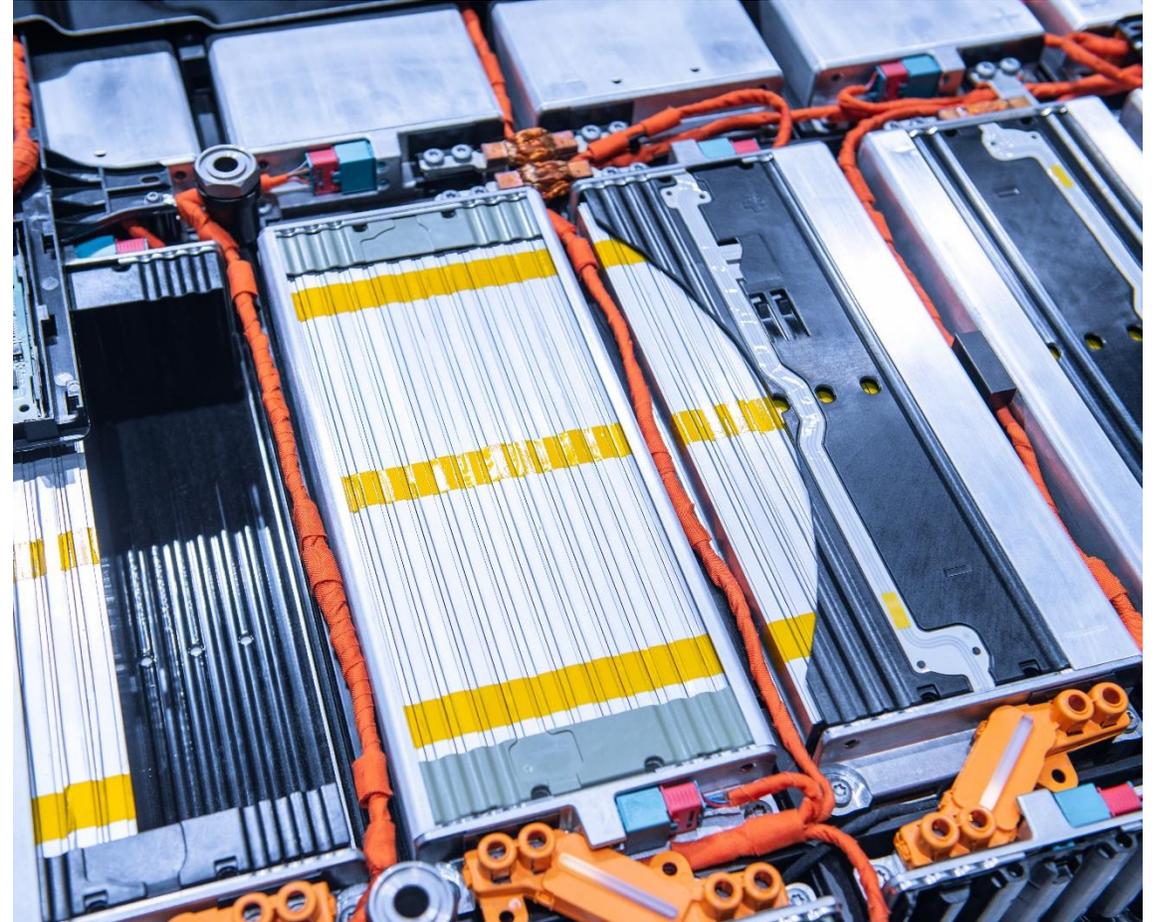
Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik
- ▶ Identifikation einzelner Messpunkte umständlich
- ▶ Kabeldichte in begrenztem Raum
- ▶ **Störempfindlichkeit der Sensorleitungen**



Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik
- ▶ Identifikation einzelner Messpunkte umständlich
- ▶ Kabeldichte in begrenztem Raum
- ▶ Störempfindlichkeit der Sensorleitungen
- ▶ **Durchbrüche in Batteriegehäuse**



Messung mit herkömmlicher HV Thermo-Messtechnik

▶ Thermoelemente

- ▶ Messgenauigkeit häufig unzureichend
- ▶ Genauigkeit: ca. $\pm 1,5$ K
bzw. 0,4 % vom Messwert (Klasse 1)

▶ PT100 / PT1000 Widerstandselemente

- ▶ Exakte Positionierung schwierig
- ▶ Hoher Verkabelungsaufwand bei 4-Leiter-Technik
- ▶ Identifikation einzelner Messpunkte umständlich
- ▶ Kabeldichte in begrenztem Raum
- ▶ Störempfindlichkeit der Sensorleitungen
- ▶ Durchbrüche in Batteriegehäuse
- ▶ **Große Anzahl benötigter Messmodule (Platz und Gewicht)**



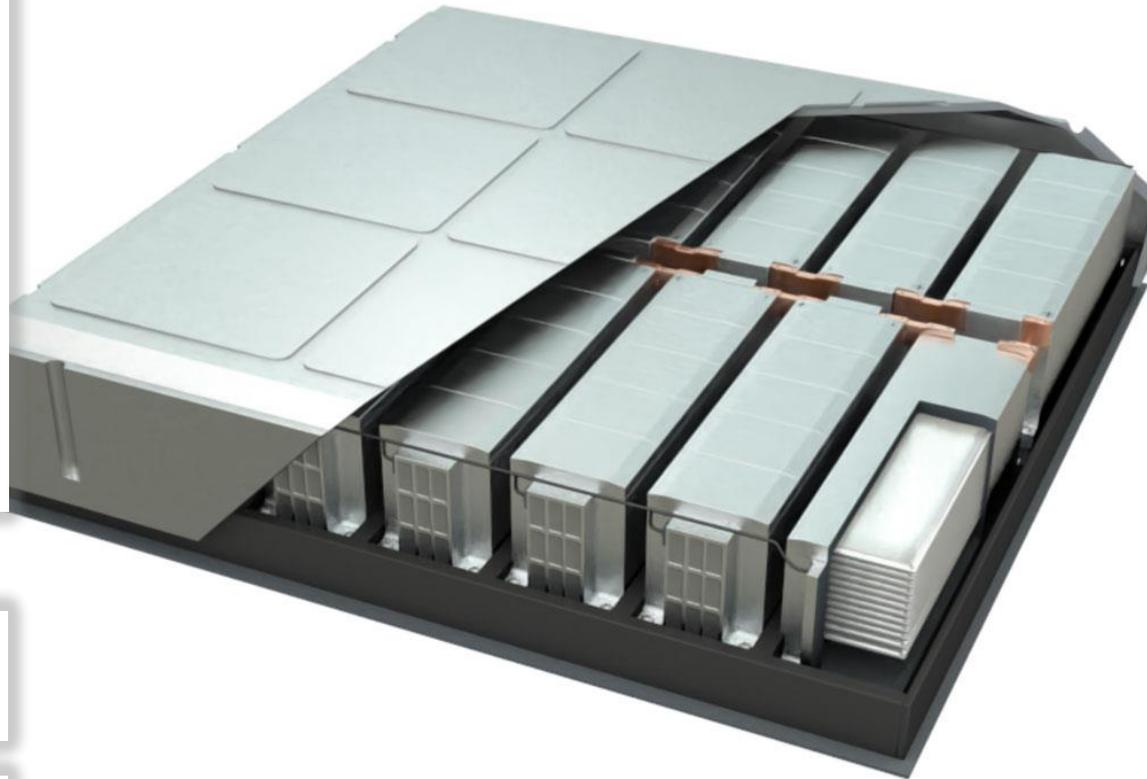
Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 2)

! Temperaturmessung

- ▶ Messung an verschiedenen Zelltypen
- ▶ Zellebene
 - Exakte und reproduzierbare Positionierung
 - Messung zwischen einzelnen Batteriezellen
- ▶ Modulebene
- ▶ Batterieebene

! Sehr hohe Messgenauigkeit

! Störunempfindlichkeit



! Einfache Applikation

! Identifikation der Messpunkte

! Geringer Platzbedarf

- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

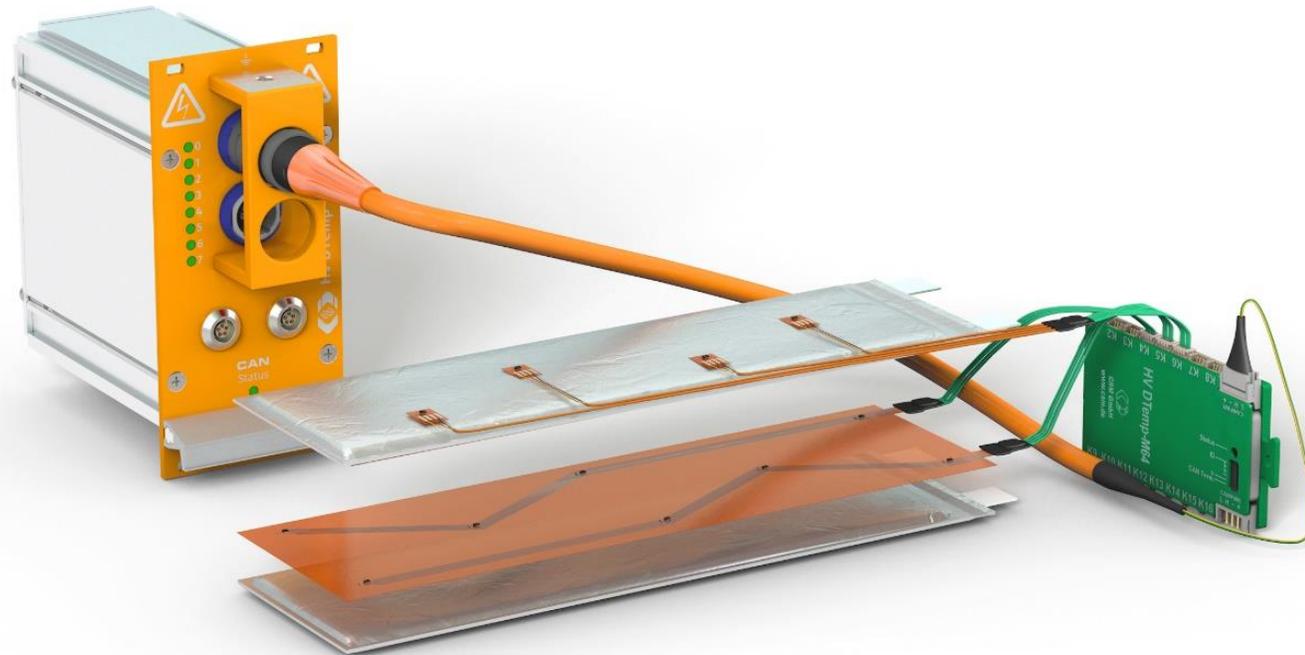
! Geringe Beeinflussung des Batteriegehäuses

HV DTemp Messsystem

Zum HV DTemp
Messsystem auf
www.csm.de



 **Sehr hohe
Messgenauigkeit**



- Digitales Temperaturmesssystem
- Bis zu 512 Sensoren pro Messsystem
- **Messgenauigkeit (Gesamtsystem):**
 - $\pm 0,1$ K bis $\pm 0,25$ K

HV DTemp-P
Zentraleinheit

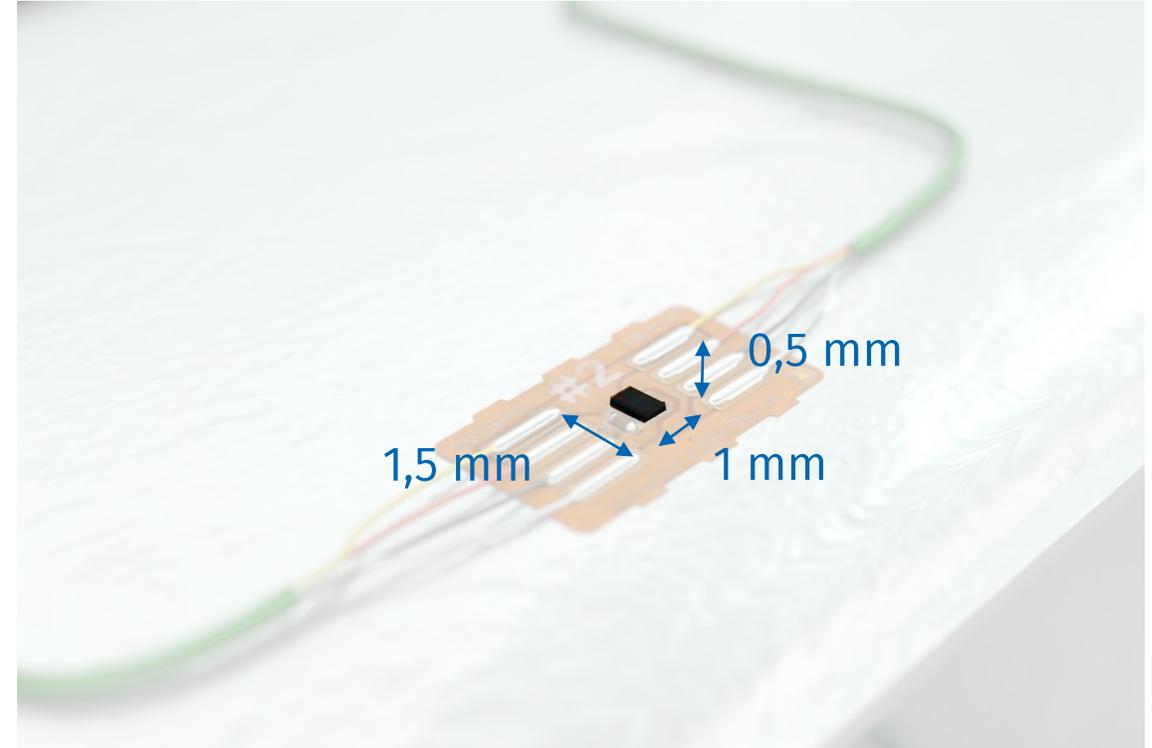
HV DTemp IC-Sensorik

HV DTemp-Mx Controller

HV DTemp IC-Sensorik

Integrated Circuit (IC)-Temperatur-Sensoren

- ▶ Auf Flexprint-Folie aufgebracht
- ▶ Erfassen Temperaturen punktförmig an der Unterseite
 - Messbereich: -40°C bis $+125^{\circ}\text{C}$
- ▶ Sensorgröße (B \times H \times T)
 - ▶ ca. $1,5\text{ mm} \times 0,5\text{ mm} \times 1\text{ mm}$

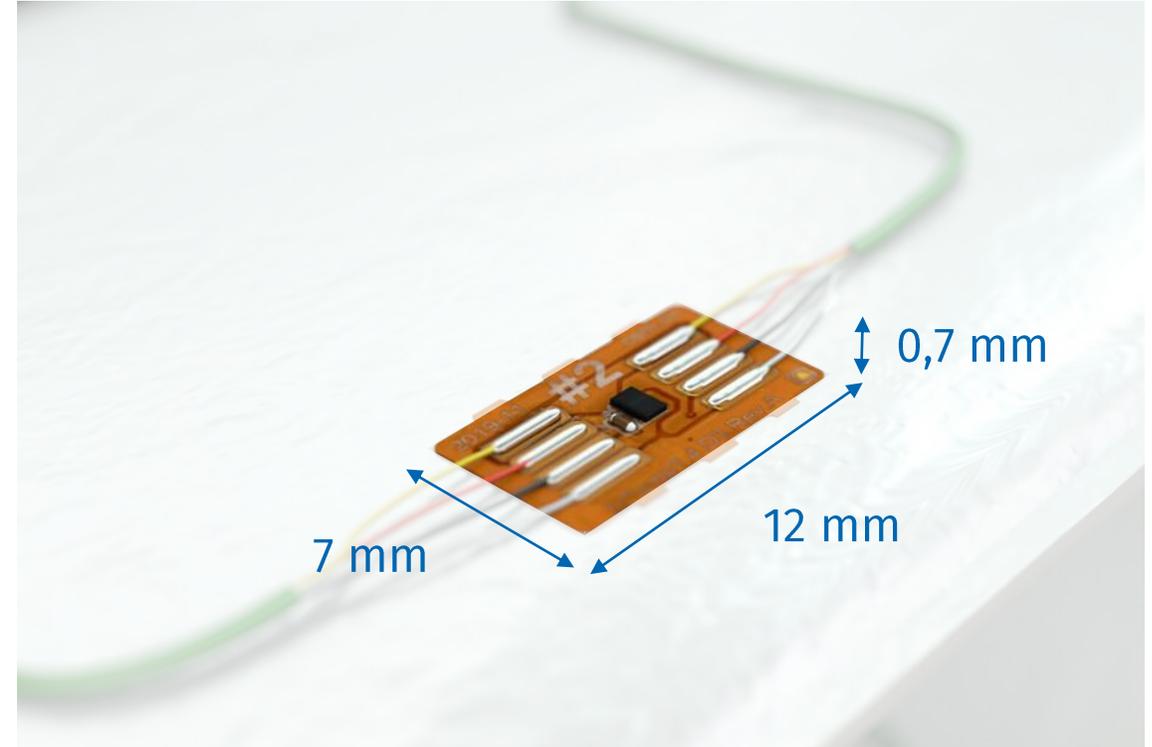


Einzelnsensor auf Pouch-Zelle (zur besseren Ansicht ohne Verguss)

HV DTemp IC-Sensorik

Integrated Circuit (IC)-Temperatur-Sensoren

- ▶ Auf Flexprint-Folie aufgebracht
- ▶ Erfassen Temperaturen punktförmig an der Unterseite
 - Messbereich: -40°C bis $+125^{\circ}\text{C}$
- ▶ Sensorgröße (B \times H \times T)
 - ▶ ca. $1,5\text{ mm} \times 0,5\text{ mm} \times 1\text{ mm}$
- ▶ Abmessung Flexprint-Folie (B \times H \times T)
 - ▶ ca. $7\text{ mm} \times 0,7\text{ mm} \times 12\text{ mm}$



Einzelsensor auf Pouch-Zelle (zur besseren Ansicht ohne Verguss)

HV DTemp IC-Sensorik

Integrated Circuit (IC)- Temperatur-Sensoren

- ▶ Digitale Datenübertragung
 - ▶ Extrem gute Störsicherheit
- ▶ Messgenauigkeit: $\pm 0,1$ K bis $\pm 0,2$ K
- ▶ Berührsicherheit: 1.000 V
- ▶ Einpressbar zwischen Batteriezellen
- ▶ Eindeutige Identifikation und Zuordnung

 Störunempfindlichkeit

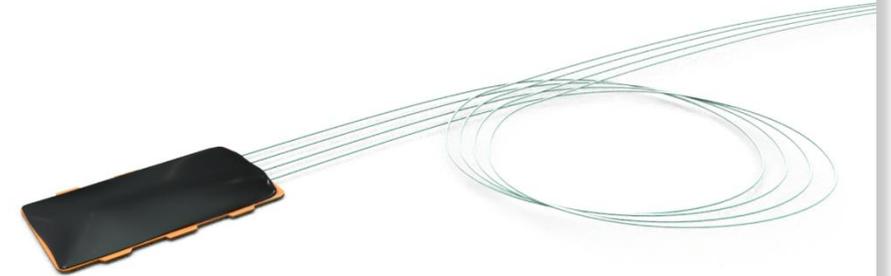
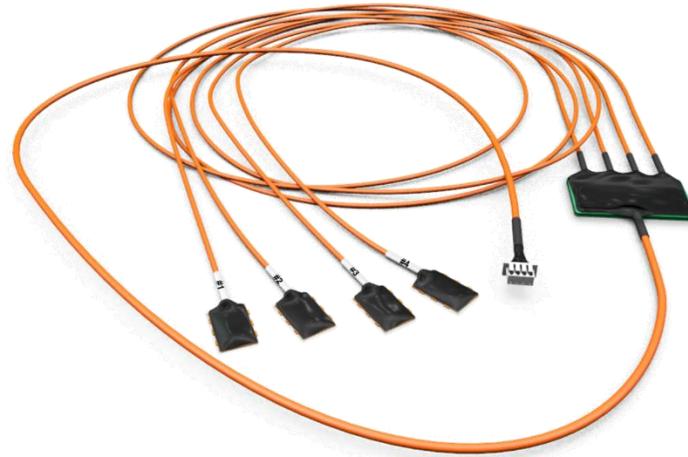


Einzelnsensor (vergossen)

HV DTemp IC

Sensoren über Ka

Kabeltypen



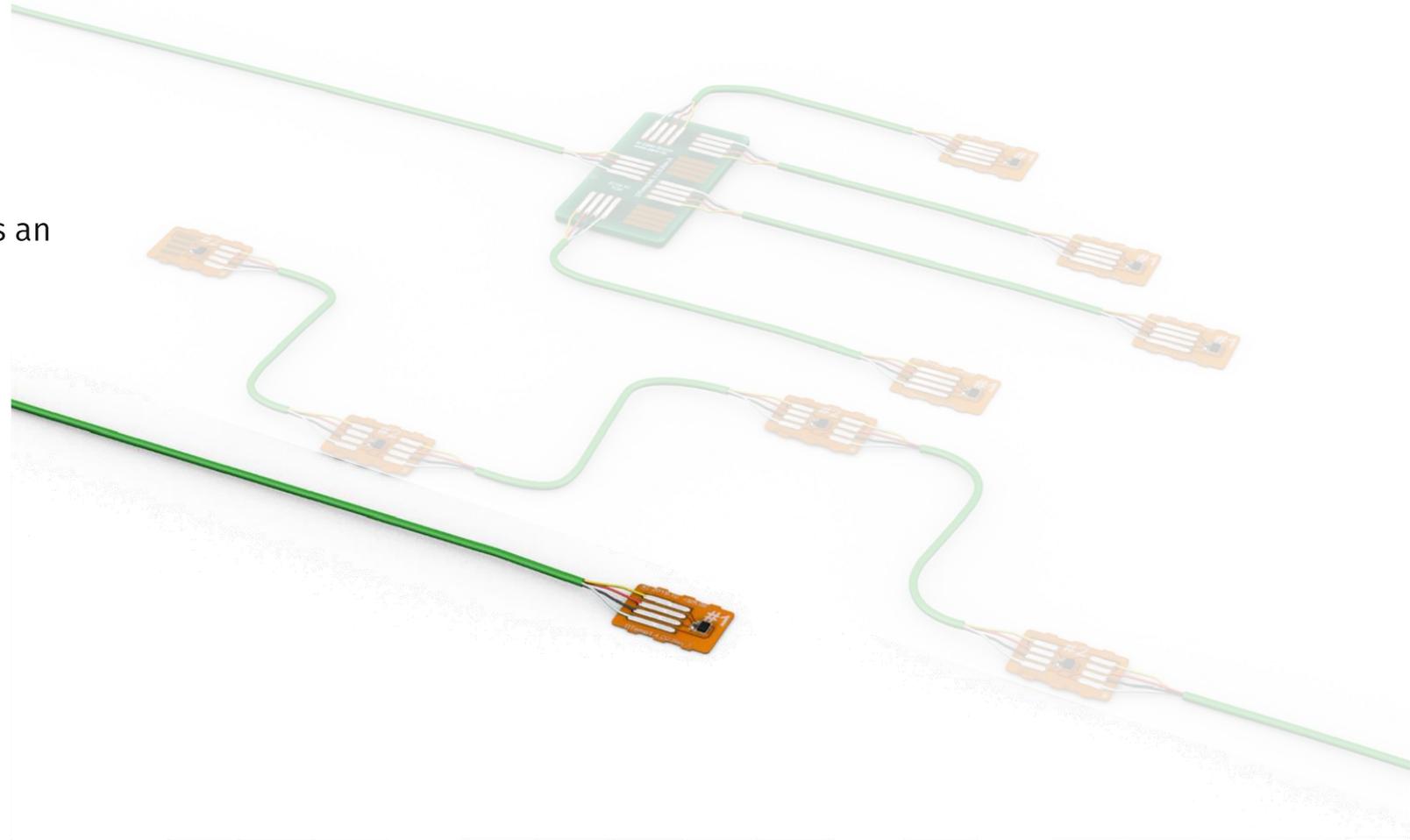
	Robust	Dünn
Berührsicherheit	bis zu 1.000 V (-20 bis zu +130 °C)	Bis zu 1.000 V (-20 bis zu +130 °C)
Kabel Durchmesser	L1: 2,8 ± 0,3 mm L2: 1,6 ± 0,3 mm	L1: 2,8 ± 0,3 mm L2: 0,42 ± 0,05 mm
Sensor Dicke inkl. Kabel Anschluss (vergossen)	ca. 2 mm	ca. 0,7 mm

HV DTemp IC-Sensorik: Sensor-Baugruppen

Sensoren über Kabel verbunden

- ▶ **Einzelsensor**

- ▶ Verbindungskabel für direkten Anschluss an HV DTemp-Mx Controller



HV DTemp IC-Sensorik: Sensor-Baugruppen

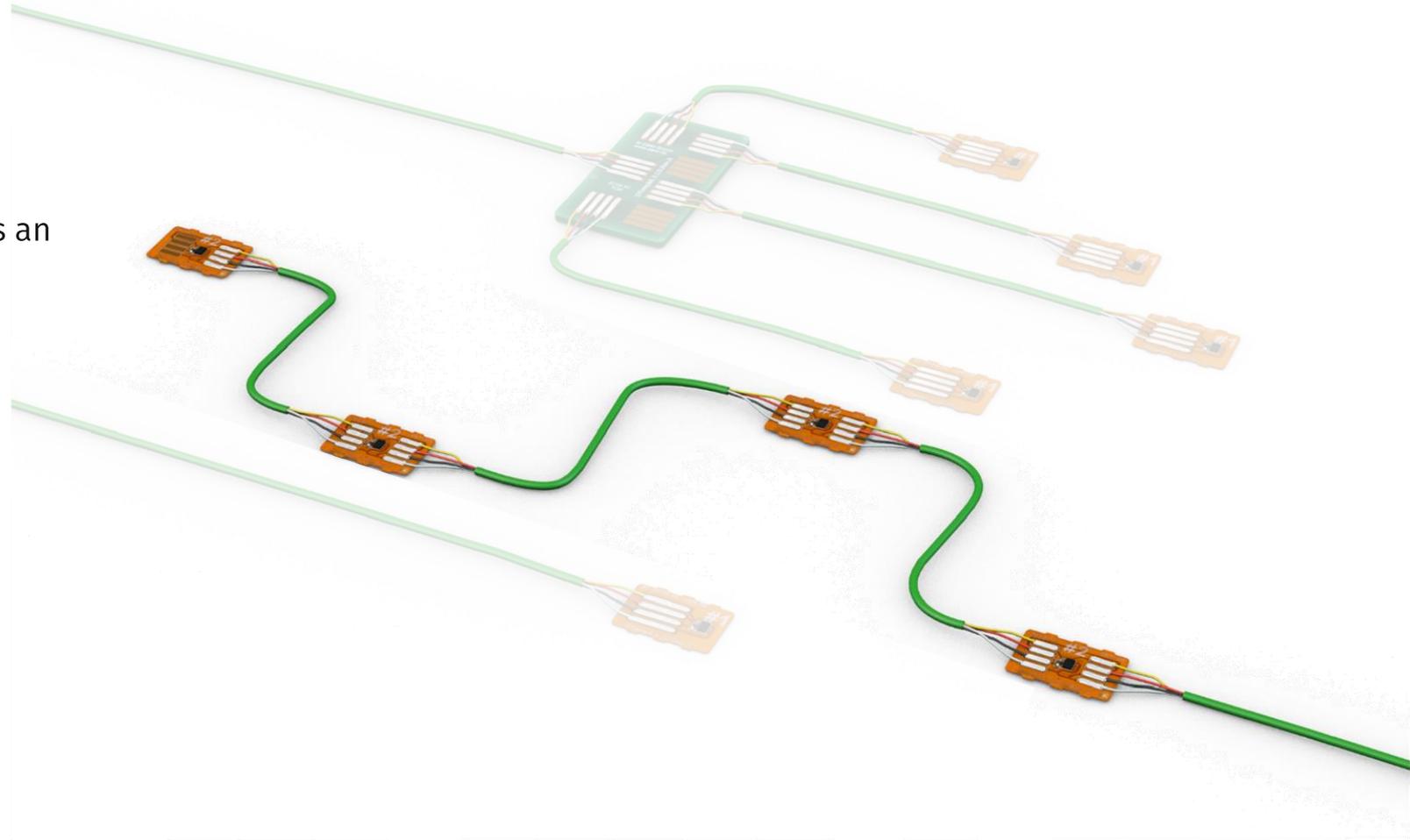
Sensoren über Kabel verbunden

- ▶ **Einzelsensor**

- ▶ Verbindungskabel für direkten Anschluss an HV DTemp-Mx Controller

- ▶ **Sensorbaugruppen**

- ▶ Bis zu 4 Einzelsensoren
 - ▶ **In Reihe verbaut**



HV DTemp IC-Sensorik: Sensor-Baugruppen

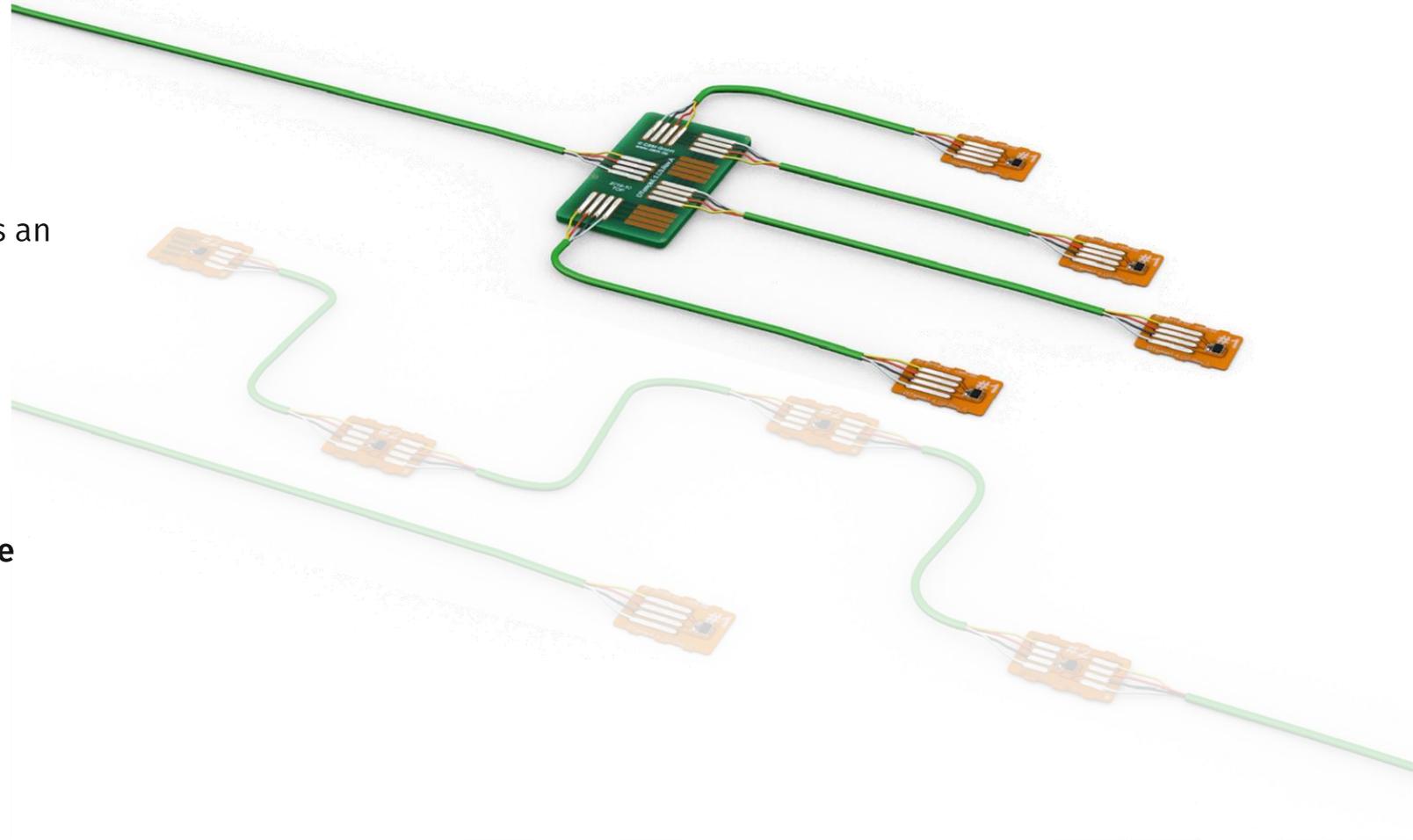
Sensoren über Kabel verbunden

▶ Einzelsensor

- ▶ Verbindungskabel für direkten Anschluss an HV DTemp-Mx Controller

▶ Sensorbaugruppen

- ▶ Bis zu 4 Einzelsensoren
 - ▶ In Reihe verbaut
 - ▶ **Oder verbunden über Verteilerplatine**

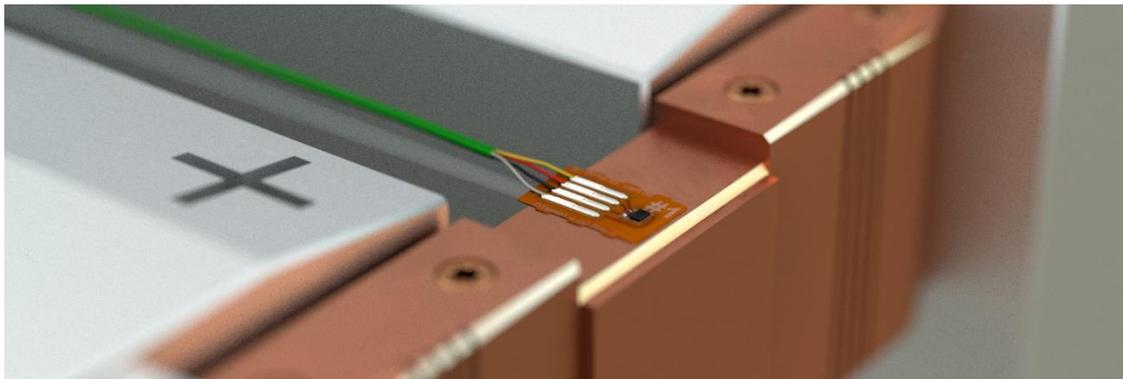


HV DTemp IC-Sensorik: Sensor-Baugruppen

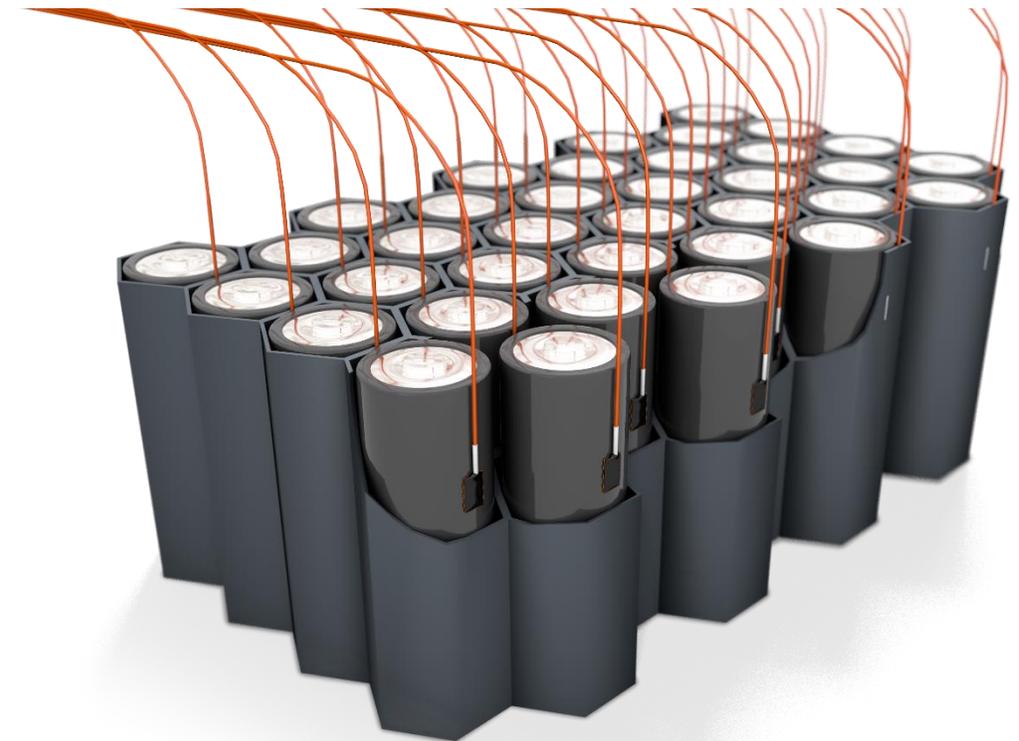
Sensoren über Kabel verbunden

Flexible Messungen an verschiedenen Stellen in der HV-Batterie

- ▶ Zwischen Batteriezellen
- ▶ An Stromschienen, BMS und vielen mehr



Einzelsensor auf Stromschiene



Sensorbaugruppen zwischen Rundzellen

HV DTemp IC-Sensorik: Flexprint-Trägerfolien

Flexible Anordnung auf größerer Flexprint-Folie

Bis zu 20 IC-Sensoren über Leiterbahnen verbunden



IC-Sensoren auf Flexprint-Trägerfolie als Streifen

HV DTemp IC-Sensorik: Flexprint-Trägerfolien

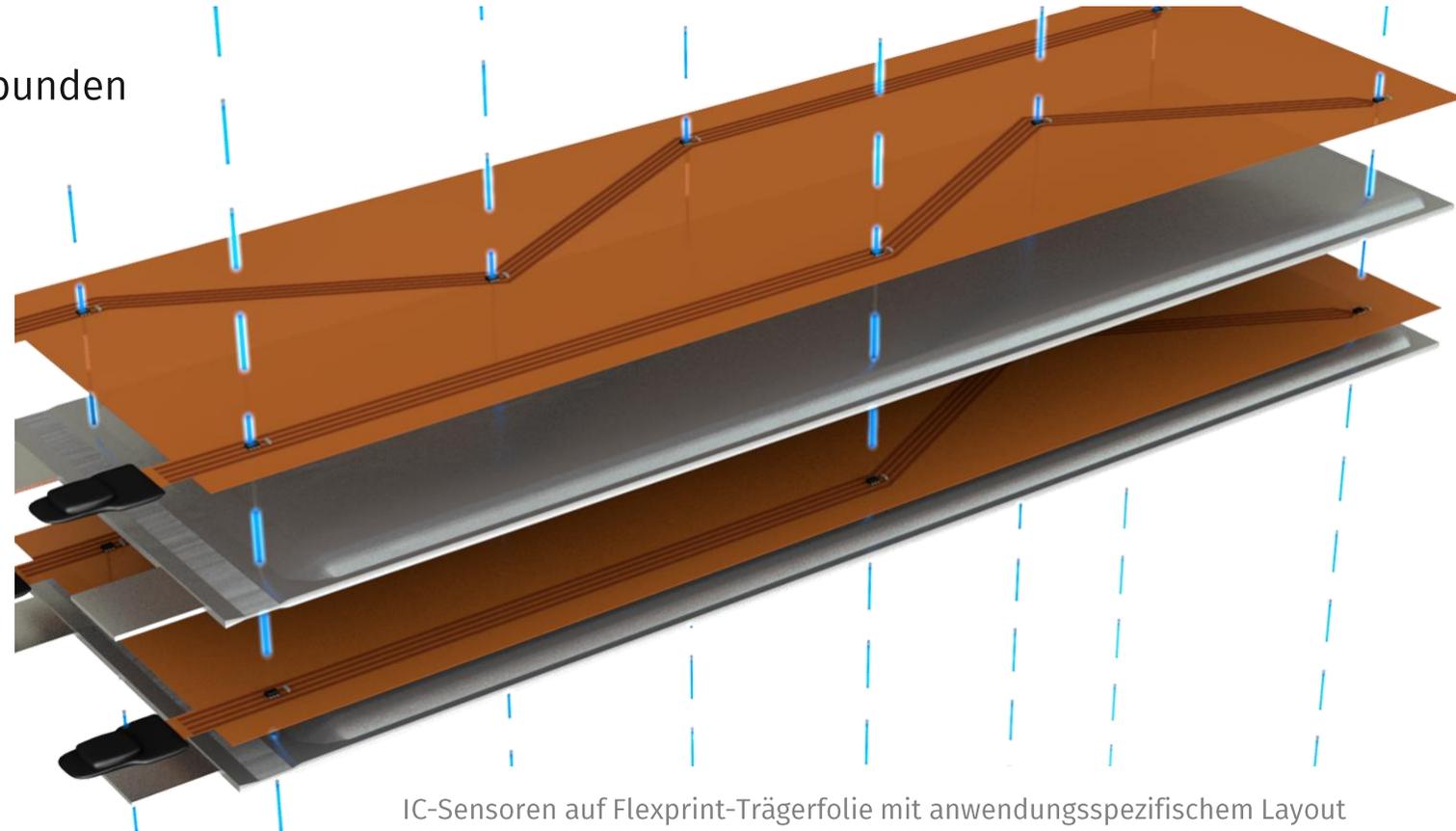
Flexible Anordnung auf größerer Flexprint-Folie

 Einfache Applikation

Bis zu 20 IC-Sensoren über Leiterbahnen verbunden

Anwendungsspezifisches Layout

- ▶ Exakte Positionierung
- ▶ Reproduzierbare Anordnung



IC-Sensoren auf Flexprint-Trägerfolie mit anwendungsspezifischem Layout

HV DTemp IC-Sensorik: Flexprint-Trägerfolien

Flexible Anordnung auf größerer Flexprint-Folie

Bis zu 20 IC-Sensoren über Leiterbahnen verbunden

Anwendungsspezifisches Layout

- ▶ Exakte Positionierung
- ▶ Reproduzierbare Anordnung
- ▶ **Messung zwischen Batterie-Zellen**



HV DTemp IC-Sensorik auf Flexprint-Trägerfolie zwischen prismatischen Batteriezellen

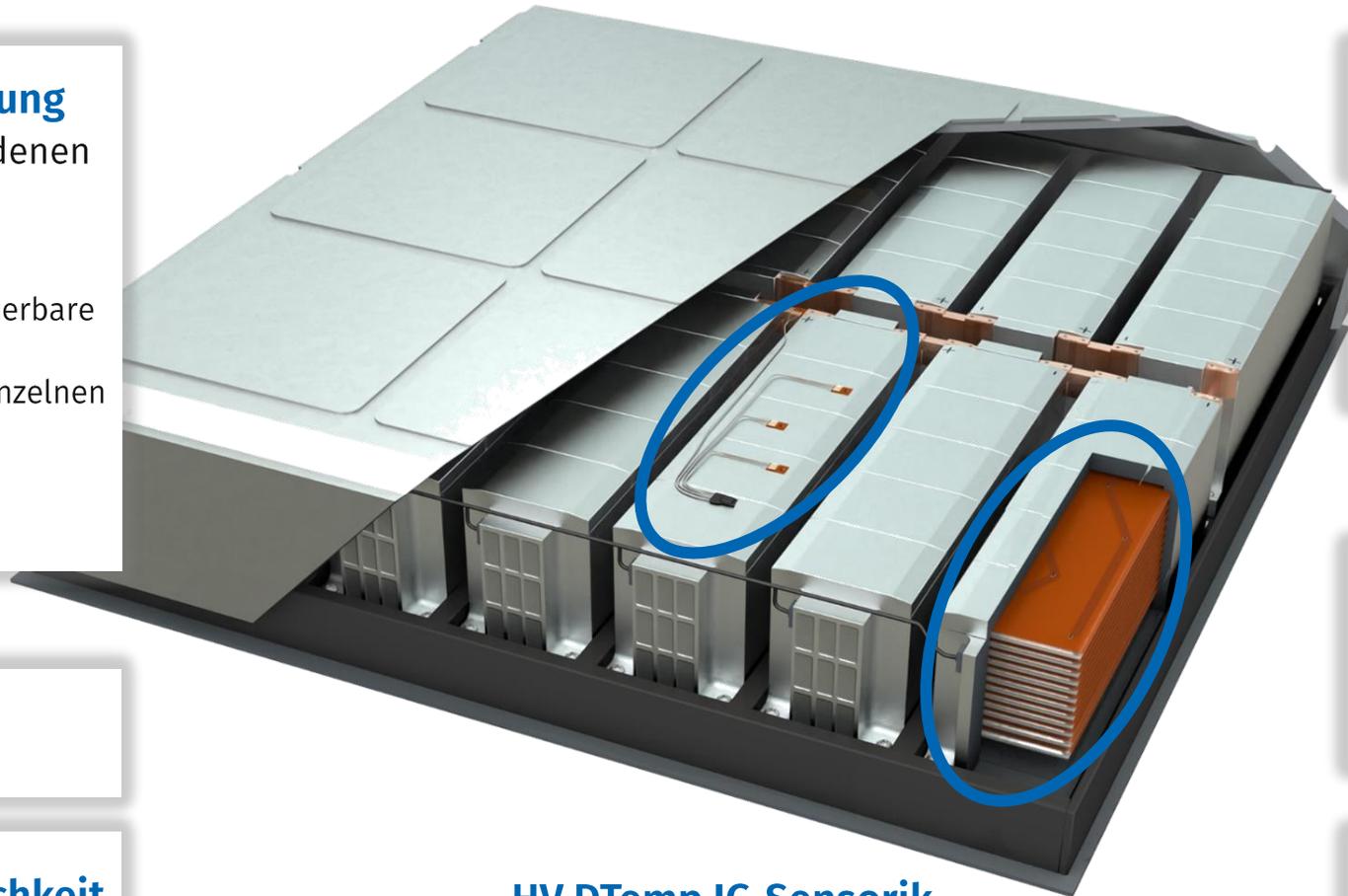
Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 2)

✓ Temperaturmessung

- ▶ Messung an verschiedenen Zelltypen
- ▶ Zellebene
 - Exakte und reproduzierbare Positionierung
 - Messung zwischen einzelnen Batteriezellen
- ▶ Modulebene
- ▶ Batterieebene

✓ Sehr hohe Messgenauigkeit

✓ Störunempfindlichkeit



HV DTemp IC-Sensorik

✓ Einfache Applikation

! Identifikation der Messpunkte

! Geringer Platzbedarf

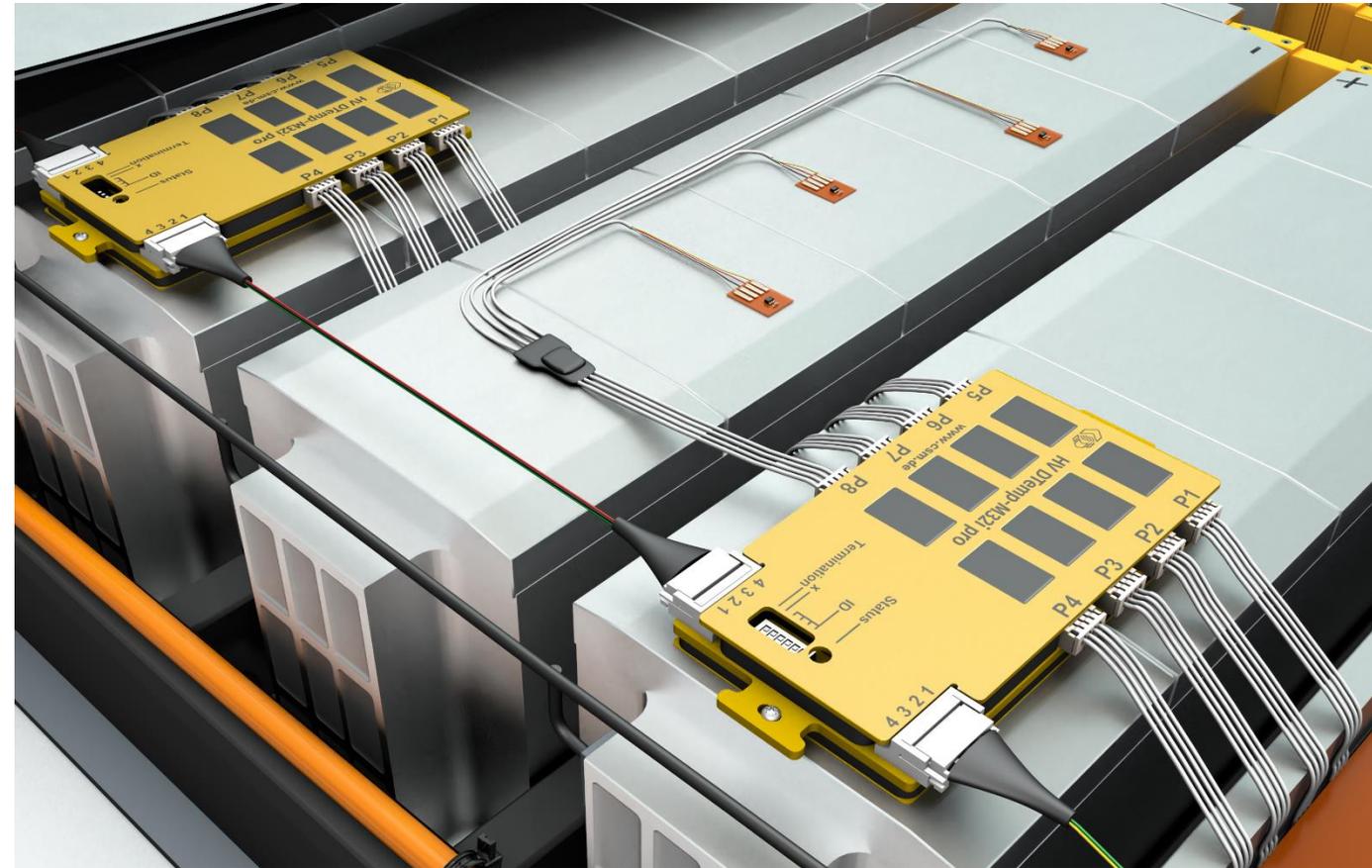
- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

! Geringe Beeinflussung des Batteriegehäuses

HV DTemp-Mx Controller

Anschluss der HV DTemp IC-Sensorik

- ▶ Adressierung, Spannungsversorgung und Übertragung der Temperaturwerte
- ▶ **Anschluss von bis zu 16 Sensor-Baugruppen (à 4 Sensoren) = 64 Temperatur-Messstellen pro Controller**



HV DTemp-Mx Controller

Anschluss der HV DTemp IC-Sensorik

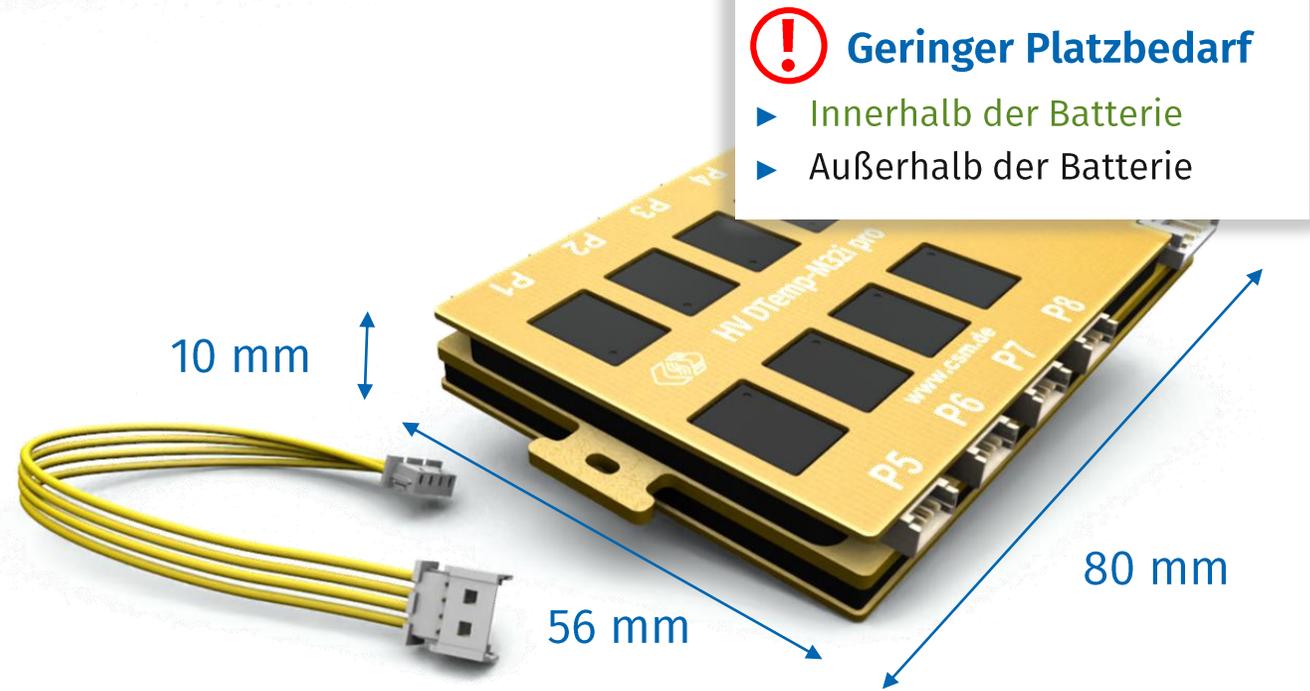
- ▶ Adressierung, Spannungsversorgung und Übertragung der Temperaturwerte
- ▶ Anschluss von bis zu 16 Sensor-Baugruppen (à 4 Sensoren) = 64 Temperatur-Messstellen pro Controller
- ▶ **Bis zu 8 HV DTemp-Mx Controller kaskadierbar = bis zu 512 Temperatur-Messstellen**



HV DTemp-Mx Controller

Anschluss der HV DTemp IC-Sensorik

- ▶ Adressierung, Spannungsversorgung und Übertragung der Temperaturwerte
- ▶ Anschluss von bis zu 16 Sensor-Baugruppen (à 4 Sensoren) = 64 Temperatur-Messstellen pro Controller
- ▶ Bis zu 8 HV DTemp-Mx Controller kaskadierbar = bis zu 512 Temperatur-Messstellen



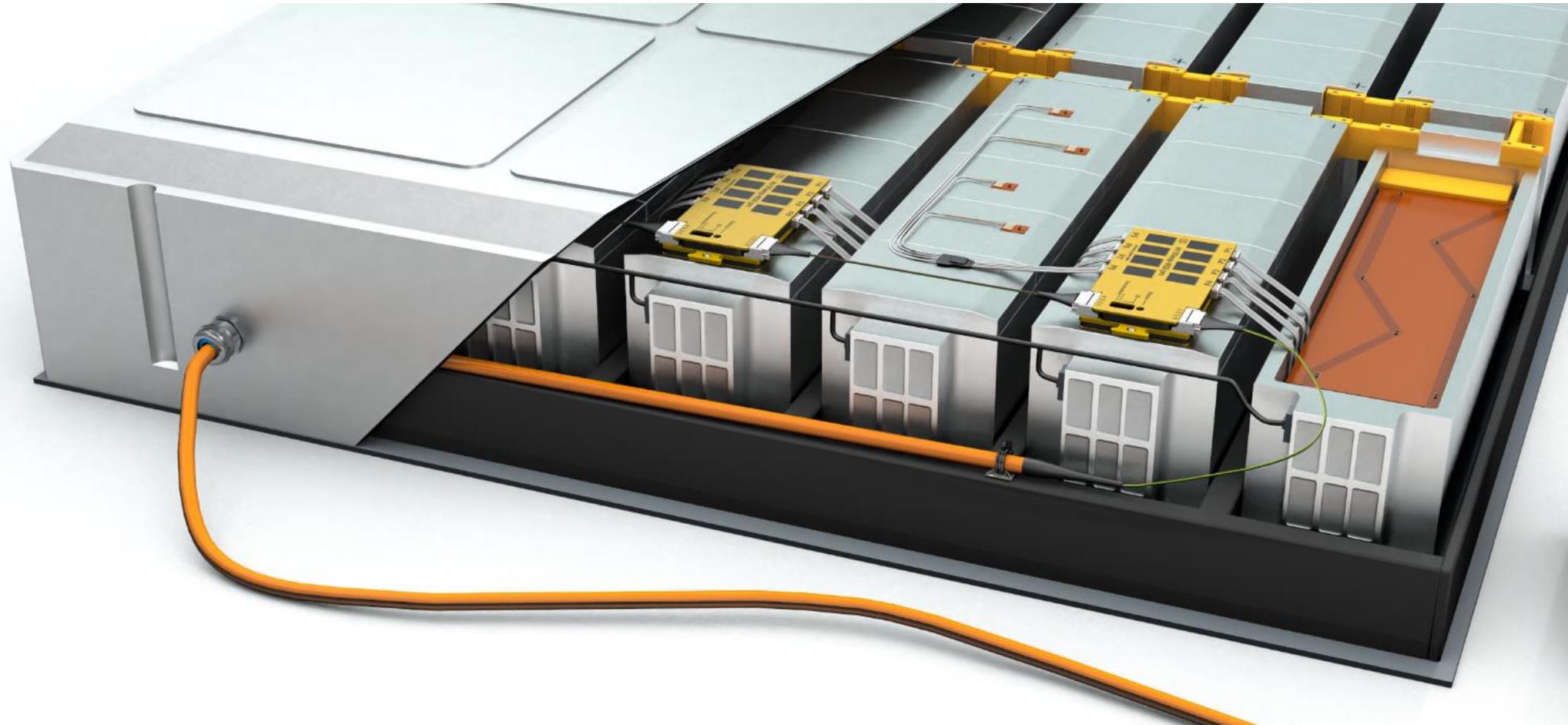
HV DTemp-M32i pro Controller und Verbindungskabel

Typ	Galvanische Trennung	Anzahl Sensoren (Varianten)	Abmessungen (B × H × T)
HV DTemp-M32i pro	1.000 V peak	8 und 32	Ca. 80 mm × 10 mm × 56 mm
HV DTemp-M64i	560 V peak	16 und 64	Ca. 88 mm × 10 mm × 56 mm
HV DTemp-M64	-	16 und 64	Ca. 75 mm × 8 mm × 45 mm

Sensorkabel

Nur ein Sensorkabel wird aus der Batterie herausgeführt

 Geringe Beeinflussung
des Batteriegehäuses



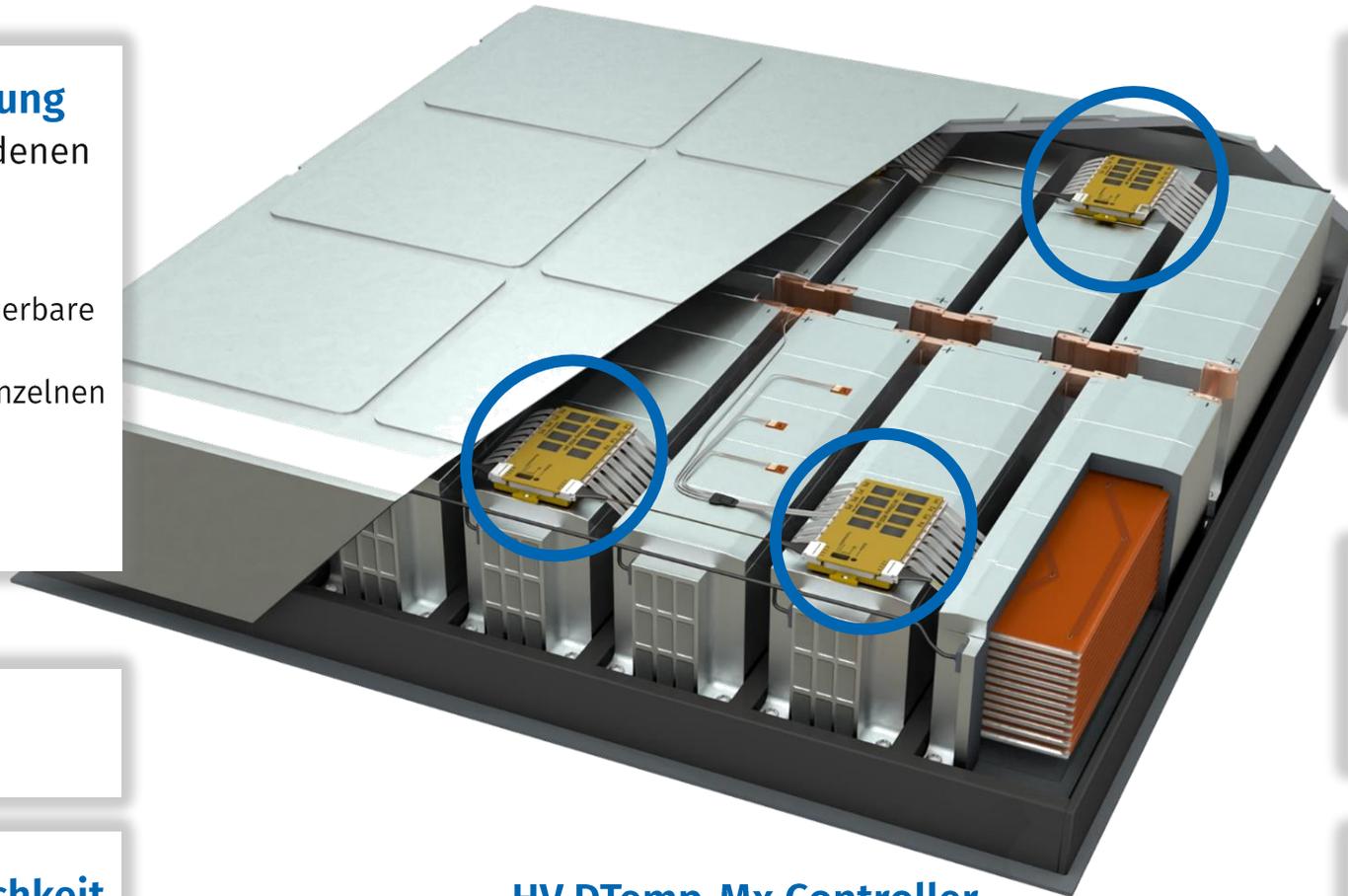
Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 2)

✓ Temperaturmessung

- ▶ Messung an verschiedenen Zelltypen
- ▶ Zellebene
 - Exakte und reproduzierbare Positionierung
 - Messung zwischen einzelnen Batteriezellen
- ▶ Modulebene
- ▶ Batterieebene

✓ Sehr hohe Messgenauigkeit

✓ Störunempfindlichkeit



HV DTemp-Mx Controller

✓ Einfache Applikation

! Identifikation der Messpunkte

! Geringer Platzbedarf

- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

! Geringe Beeinflussung des Batteriegehäuses

Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 2)

✓ Temperaturmessung

- ▶ Messung an verschiedenen Zelltypen
- ▶ Zellebene
 - Exakte und reproduzierbare Positionierung
 - Messung zwischen einzelnen Batteriezellen
- ▶ Modulebene
- ▶ Batterieebene

✓ Sehr hohe Messgenauigkeit

✓ Störunempfindlichkeit

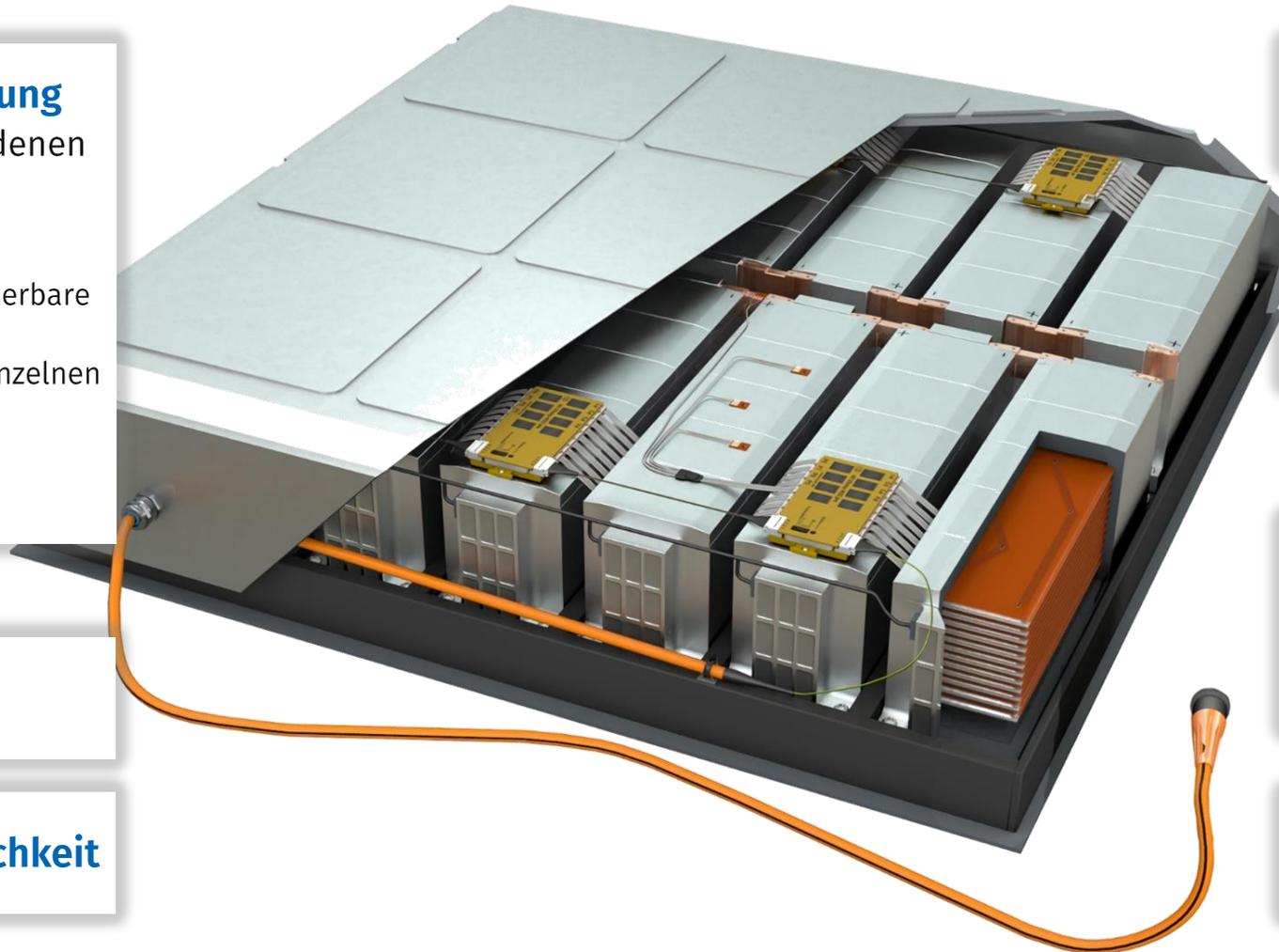
✓ Einfache Applikation

! Identifikation der Messpunkte

! Geringer Platzbedarf

- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

✓ Geringe Beeinflussung des Batteriegehäuses



HV DTemp-P Zentraleinheit

Steuerung des Gesamtsystems

- ▶ Genaue Identifikation der Sensoren
- ▶ Zwei galvanisch getrennte Eingänge für unterschiedliche HV-Umgebungen (max. 512 Sensoren)
- ▶ **Nur ein Messmodul außerhalb der HV-Batterie**



✓ **Geringer Platzbedarf**

- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

✓ **Identifikation der Messpunkte**

HV DTemp-P Zentraleinheit

Steuerung des Gesamtsystems

- ▶ Genaue Identifikation der Sensoren
- ▶ Zwei galvanisch getrennte Eingänge für unterschiedliche HV-Umgebungen (max. 512 Sensoren)
- ▶ Nur ein Messmodul außerhalb der HV-Batterie
- ▶ Konfiguration und Datenerfassung erfolgen über CAN-Bus
- ▶ **DTempConfig** Konfigurationssoftware



Anforderungen an Temperaturmessungen in HV-Batterien (Teil 2)

✓ Temperaturmessung

- ▶ Messung an verschiedenen Zelltypen
- ▶ Zellebene
 - Exakte und reproduzierbare Positionierung
 - Messung zwischen einzelnen Batteriezellen
- ▶ Modulebene
- ▶ Batterieebene

✓ Sehr hohe Messgenauigkeit

✓ Störunempfindlichkeit

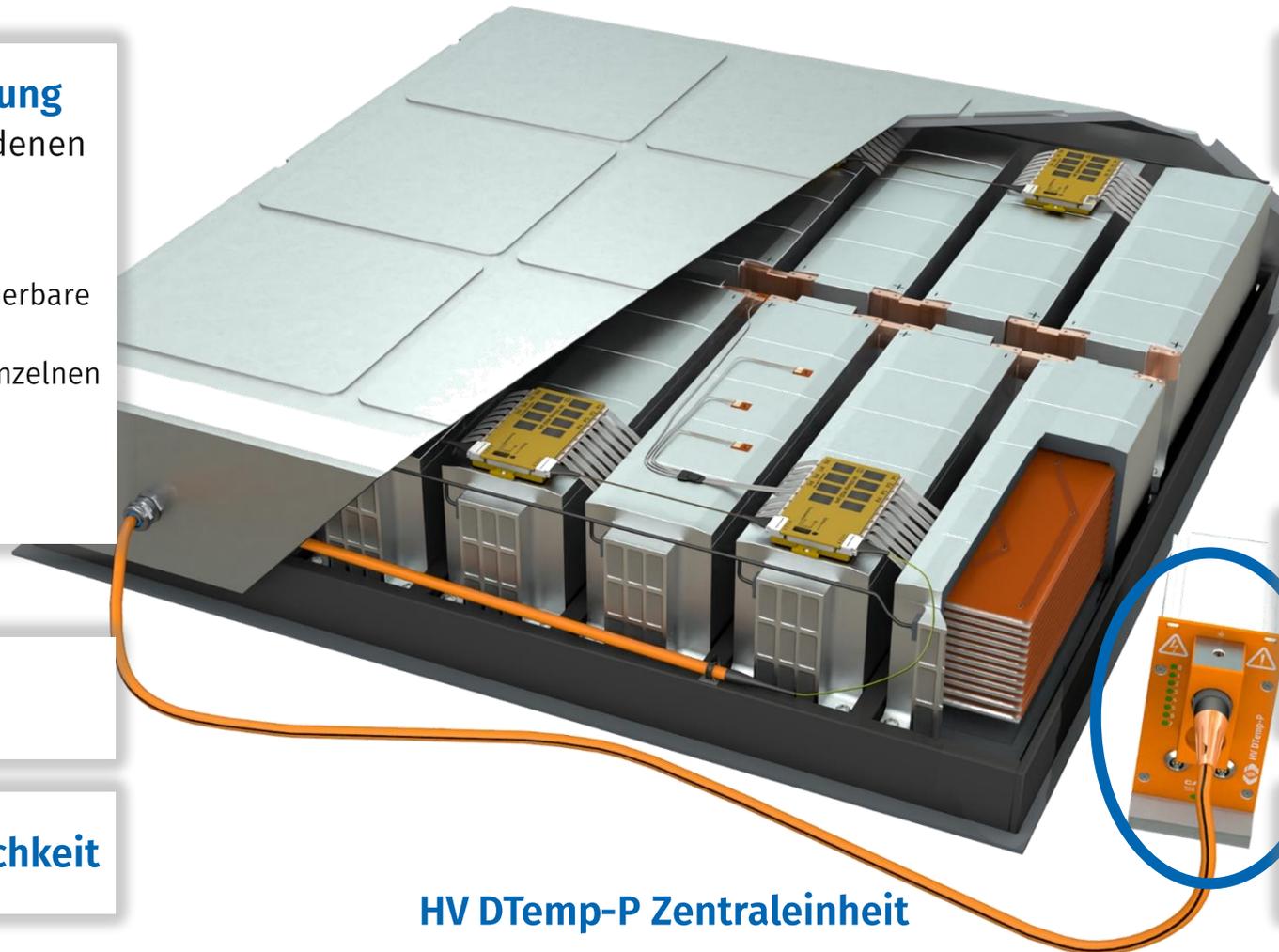
✓ Einfache Applikation

✓ Identifikation der Messpunkte

✓ Geringer Platzbedarf

- ▶ Innerhalb der Batterie
- ▶ Außerhalb der Batterie

✓ Geringe Beeinflussung des Batteriegehäuses



HV DTemp-P Zentraleinheit

HV DTemp Messsystem

Die nächste Generation der HV-sicheren Temperatur-Messtechnik für Batterien



HV DTemp IC-Sensorik

HV DTemp-Mx Controller

HV DTemp-P Zentraleinheit

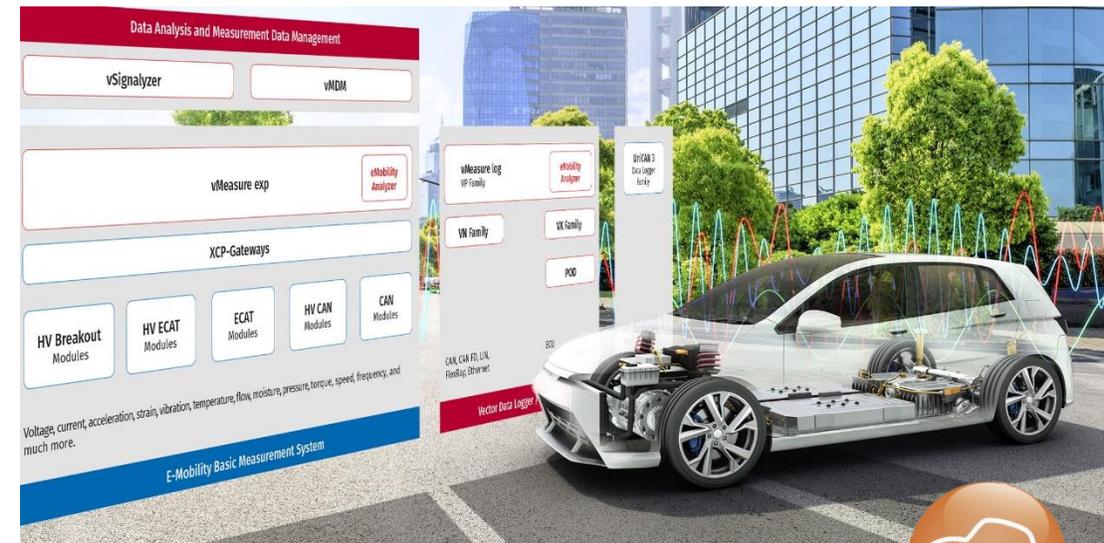
Über CSM

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/webseminars



CSM Xplained
measurement technology