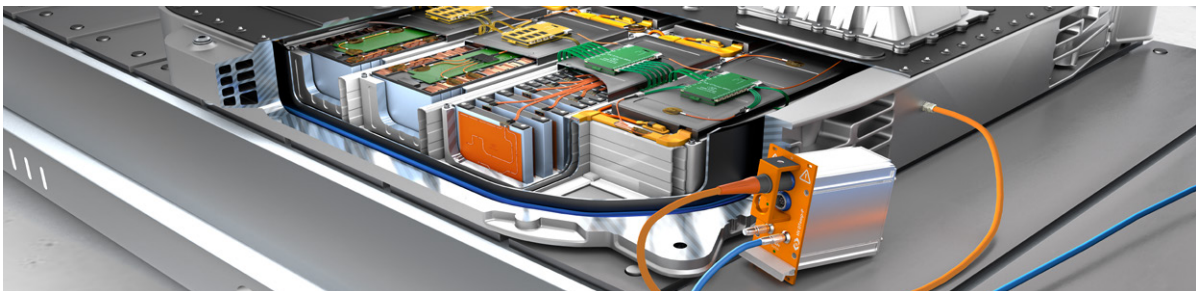


# Charakterisierung von Hochvolt-Batterien



## HV Temperaturmessung

Für die Charakterisierung von Hochvolt-Batterien sind präzise Temperaturmessungen bis auf Zellebene mit einer großen Zahl von Sensoren nötig. Nur damit können genaue Aussagen zum thermischen Verhalten getroffen werden, auf deren Grundlage das Batterie System weiter optimiert wird. Mit dem HV DTemp Messsystem können Temperaturmessungen mit bis zu 512 Sensoren an einem Sensorkabel bis auf Zellebene durchgeführt werden.



## Hintergrund

Die Leistungsfähigkeit von Hochvolt-Batterien auf Lithium-Ionen Basis wird aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften wesentlich von Temperaturen beeinflusst. Der optimale Temperaturbereich für den Betrieb für Lithium-Ionen Batterien reicht von 15 °C bis 35 °C. In niedrigeren Temperaturen werden die chemischen Prozesse in der Batterie deutlich verlangsamt, wodurch die Energie- und Leistungskapazität sinkt. Gleiche Auswirkungen haben ebenfalls zu hohe Temperaturen, jedoch können diese im Extremfall auch zu Selbstzerstörung (Thermal Runaway) und Brand der Batterie führen. Eine wesentliche Quelle hoher Temperaturen ist die Eigenerwärmung, die durch Entropieänderungen und ohmsche Verluste beim Laden und Entladen der Batterie hervorgerufen wird. Im zeitlichen Verlauf treten so während unterschiedlicher Belastungszustände unterschiedlich hohe Temperaturen auf.

Auch die räumliche Verteilung der Temperaturen gestaltet sich keineswegs gleichmäßig: Schon innerhalb einer einzelnen Zelle weichen die Temperaturen verschiedener Bereiche signifikant voneinander

ab. Gefahren können dabei von lokal begrenzten Bereichen mit sehr hohen Temperaturen – sogenannten Hot Spots – ausgehen. Diese erhöhen das Risiko interner Kurzschlüsse, die ihrerseits zu einem Thermal Runaway führen können. Diese Gefahren betreffen alle typischen Bauformen der Zellen – Rundzellen, prismatische Zellen oder Pouch-Zellen – gleichermaßen.

Um unerwünschte Folgen des thermischen Verhaltens zu vermeiden, werden Hochvolt-Batterien mit umfangreichen Temperatur-Management- und Kühlsystemen ausgestattet, die den Betrieb im optimalen Temperaturbereich gewährleisten sollen. Außerdem werden eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb der Batterie sowie eine Isolierung gegen externe Einflüsse angestrebt. Für die Entwicklung angepasster Temperatur- Management-Systeme muss das thermische Verhalten aller Komponenten innerhalb des Batteriegehäuses bekannt sein.



In der Entwicklungsphase wird dabei häufig auf Simulationen zurückgegriffen. Jedoch können Simulationen die komplexen chemischen Vorgänge und ihre Auswirkungen innerhalb der Batterie häufig nicht für alle Situationen genau genug beschreiben, sodass umfangreiche Messungen nötig werden. Nur mit einer genauen Untersuchung des thermischen Verhaltens der einzelnen Batteriezelle sowie der kompletten Hochvolt-Batterie können eine präzise Charakterisierung erfolgen und Simulationsmodelle validiert werden. Mit den Erkenntnissen wird eine weitere Optimierung der Batterie und des Temperatur-Management-Systems ermöglicht.

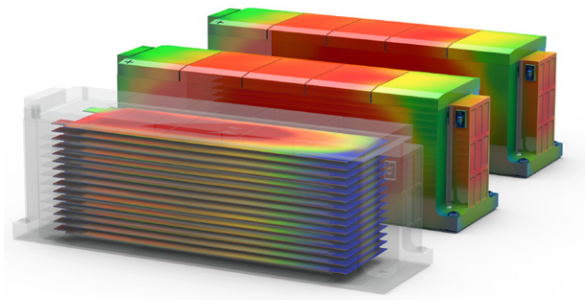


Abb. 1: Um die Ausbreitung von Temperaturen im Batteriegehäuse nachvollziehen zu können, sind präzise Temperaturmessungen an den Pouch-Zellen und Batterieblöcken nötig.

Die Charakterisierung von Hochvolt-Batterien stellt hohe Ansprüche an die Messtechnik hinsichtlich der Anzahl der benötigten Sensoren, des Platzbedarfs und der Vermeidung von Störfaktoren. Mehrere Hundert Sensoren sind erforderlich, um präzise Temperaturverläufe auch auf Zellebene bestimmen zu können. Die Sensoren und ihre Sensorkabel müssen dabei so klein dimensioniert sein, dass sie zwischen den Zellen angeordnet werden können. Die Anordnung der Sensoren sollte dabei möglichst flexibel sein, um Temperaturverläufe und Hot Spots

erfassen zu können. Ferner muss auch die weitere Messtechnik platzsparend innerhalb oder außerhalb der Batterie verbaut werden können. Dabei soll die strukturelle Veränderung der Batterie durch zusätzliche große Objekte innerhalb der Batterie oder eine große Anzahl von Durchbrüchen im Batteriegehäuse für Sensorkabel möglichst gering ausfallen. Sonst würden die Messergebnisse zu stark verfälscht, um ein realistisches Bild des Temperaturverhaltens zu erhalten.

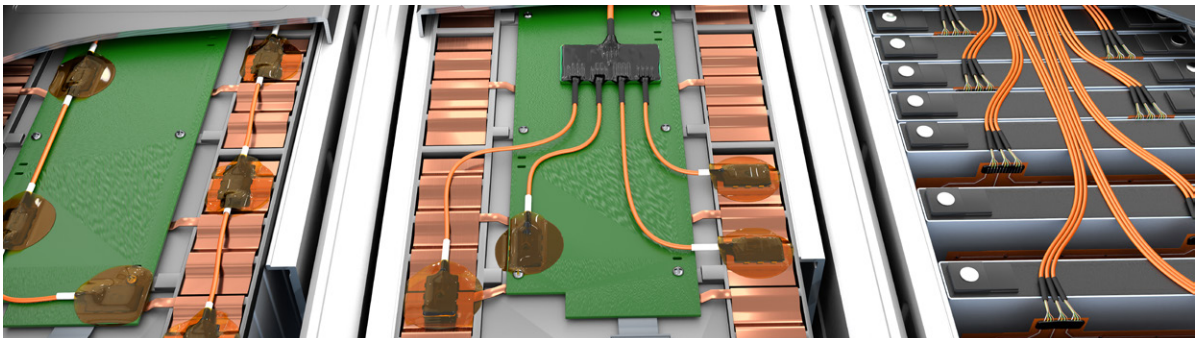


Abb. 2: Verschiedene Geometrien der HV DTemp Sensorik in einer HV-Batterie.



## Herausforderung

Die hohe Anzahl der benötigten Temperatursensoren erfordert eine entsprechend große Menge an Sensorkabeln und Messmodulen. Für diese erforderliche Messtechnik ist häufig kein Platz in den Batterieblöcken und -Gehäusen.

Eine Platzierung der Sensoren zwischen den Batteriezellen setzt voraus, dass die Sensoren und Sensorkabel extrem dünn gefertigt sind. Die Applikation der Sensoren sollte dabei einfach und schnell möglich sein, da sonst zu viel Zeit für das Anbringen von hunderten Messpunkten verloren geht. Für die Verifikation der Temperaturmodelle sollten die Messpunkte anhand der Simulationen errechnet werden können und das Layout im CAD planbar sein.

Eine genaue Übertragung der errechneten Messpunkte und reproduzierbare Anordnung der Sensoren sorgt für bessere Messergebnisse.

Das Messobjekt soll durch die Messtechnik geringstmöglich beeinflusst werden, um die Messergebnisse nicht zu verfälschen. Zudem sollen Störeinflüsse auf die Sensorleitungen, die bei großen Bündeln aus Sensorkabeln auftreten, vermieden werden.

Zu guter Letzt muss die Messtechnik die Sicherheit bei den Messungen im Hochvolt-Umfeld für Anwender und das System sicherstellen.



## CSM Messtechniklösung

Das CSM **HV DTemp Messsystem** erlaubt die positionsgenaue, digitale und damit störsichere Erfassung von bis zu 512 Temperaturmessstellen über ein einziges Sensorkabel zur HV DTemp-P Zentraleinheit.

Für die Erfassung der Temperaturen zwischen den Batteriezellen oder an anderen Stellen im Batteriegehäuse werden extrem kleine **IC-Temperatur-Sensoren** verwendet. Die Sensoren sind auf Flexprint-Folie gelötet und messen die Temperaturen punktförmig an ihrer Unterseite. Durch die geringe Höhe der **HV DTemp IC-Sensorik** können Sensoren auch zwischen den Pouch-Zellen verpresst werden. Je nach Messstelle wird HV DTemp-IC Sensorik in unterschiedlichen Varianten verbaut.

Für die Messung auf Stromschienen werden die Sensoren als Einzelsensoren mit einem Verbindungskabel für den direkten Anschluss an einen HV DTemp Controller verwendet.

Für die Erfassung von Temperaturen auf den Batteriegehäusen können bis zu vier IC-Temperatur-Sensoren als Sensorbaugruppe verschaltet werden. Dabei werden sie entweder in Reihe verbaut oder über eine kleine Verteilerplatine verbunden.

Zwischen den Batteriezellen werden viele Temperatur-Sensoren auf einer Flexprint-Trägerfolie angeordnet. Die Anordnung ist dabei projektspezifisch wählbar und auch reproduzierbar.

Die HV DTemp IC-Sensorik wird über **HV DTemp-Mx Controller** verbunden. Je nach Controller-Typ können bis zu 16 Sensor-Baugruppen (entspricht 64 Temperatur-Sensoren) an einen Controller angeschlossen werden. Bis zu 8 Controller werden unabhängig vom Typ kaskadiert und bieten so Anschlüsse für bis zu 512 Temperatur-Sensoren. Die Controller adressieren die Sensoren, versorgen sie mit Spannung und leiten die Temperaturwerte an die Zentraleinheit weiter.

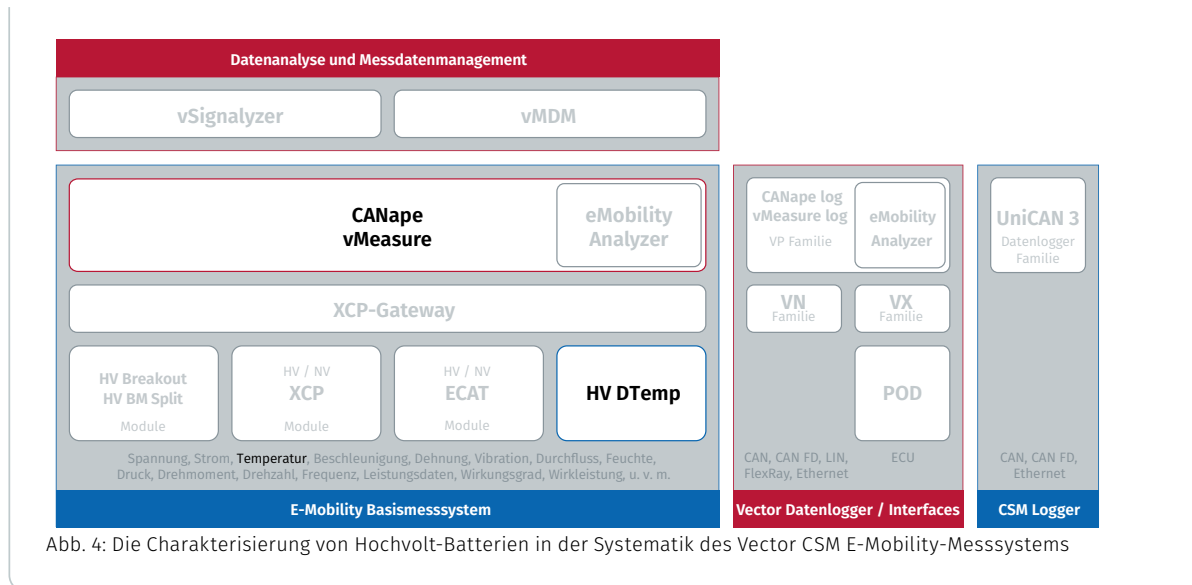
Die HV DTemp-Mx Controller sind sowohl in einer isolierten, als auch in einer nicht-isolierten Variante verfügbar. Dadurch kann je nach den Anforderungen der Messaufgabe der passende Controller hinsichtlich benötigter Port-Zahl und gewünschter Isolierung gewählt werden.

Über nur ein Hochvolt-sicheres Sensorkabel werden alle HV DTemp Controller an die Zentraleinheit angeschlossen. So muss lediglich ein Durchbruch mit Kabel-Verschraubung in das Batteriegehäuse vorgesehen werden. Die Beeinflussung der Struktur des Gehäuses bleibt denkbar gering.

Die **HV DTemp-P Zentraleinheit** erfasst die Daten der HV DTemp Controller und gewährleistet durch galvanisch getrennte Eingänge die HV-Sicherheit. Zusätzlich weist die Zentraleinheit jeder Messstelle eine individuelle CAN-ID zu, wodurch eine einfache Identifikation ermöglicht wird. Über einen CAN-Bus werden die gesammelten Temperaturdaten an den Messrechner weitergegeben.



Abb. 3: HV DTemp IC-Einzelsensoren auf dem Modulgehäuse und einer Stromschiene.



## Vorteile

Das gesamte HV DTemp Messsystem erfüllt die Anforderungen hinsichtlich des verfügbaren Bau- raumes. Die Sensoren können zwischen den Zellen positioniert werden und erlauben so die genaue Erfassung von Temperaturverläufen auf Zelle- bene. Die Anordnung ist durch zahlreiche mögliche Geometrien so flexibel, dass je nach Erfordernis Temperaturpfade oder Hot Spot Bereiche präzise gemessen werden können. Die Positionierung der Sensoren auf Flexprint-Trägerfolie kann dabei von Zelle zu Zelle exakt wiederholt werden.

Die HV DTemp-Mx Controller sind so schlank gestal- tet, dass sie im Batteriegehäuse verbaut werden können. Da lediglich ein Messmodul außerhalb der

Batterie benötigt wird, ist ein extrem platzsparen- der Aufbau gegeben, der das Messobjekt nur gering verändert. Die digitale Übertragung der Messdaten gewährleistet eine störsichere Übertragung und genaue Identifikation der Messpunkte. Eingeprägte Störungen auf die Messkabel und dadurch ver- fälschte Messwerte, wie sie bei analogen Senso- ren möglich sind, werden vermieden. Die genaue Identifikation der Sensoren erlaubt eine einfache Kontrolle des ordnungsgemäßen Betriebs und Feh- lerererkennung. Über den CAN-Bus kann das Messsys- tem leicht mit anderen Messmodulen zur Erfassung weiterer Messwerte kombiniert oder in bestehende Messaufbauten integriert werden.



## Verwendete Produkte

### HV DTemp

Das CSM HV DTemp Messsystem wurde für die positionsgenaue, digitale und damit störsichere Erfassung von bis zu 512 Temperaturmessstellen über eine einzige Kabelverbindung zur HV DTemp-P Zentraleinheit entwickelt. Mit der flexiblen und reproduzierbaren Anordnung der HV DTemp IC-Sensorik lassen sich Temperaturverläufe präzise zwischen den Batteriezellen erfassen.



Komplettlösungen aus einer Hand:

CSM stellt Ihnen umfangreiche Komplettpakete aus Messmodulen, Sensoren, Verbindungskabeln und Software zur Verfügung - zugeschnitten auf Ihre individuellen Bedürfnisse.

Weitere Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie auf [www.csm.de](http://www.csm.de) oder per E-Mail unter [sales@csm.de](mailto:sales@csm.de).



**CSM GmbH Zentrale** (Deutschland)

Raiffeisenstraße 36 • 70794 Filderstadt  
☎ +49 711-77 96 40 ✉ sales@csm.de

**CSM Büro Südeuropa** (Frankreich, Italien)

Site d'Archamps  
178, rue des Frères Lumière • Immeuble Alliance – Entrée A  
74160 Archamps France  
☎ +33 450-95 86 44 ✉ info@csm-produits.fr

**CSM Products, Inc. USA** (USA, Kanada, Mexiko)

1920 Opdyke Court, Suite 200 • Auburn Hills, MI 48326  
☎ +1 248 836-4995 ✉ sales@csmproductsinc.com

**CSM** (RoW)

Vector Informatik (China, Japan, Korea, Indien, Großbritannien)  
ECM AB (Schweden)  
DATRON-TECHNOLOGY (Slowakei, Tschechien)  
Unsere Partner garantieren Ihnen eine weltweite  
Verfügbarkeit. Sprechen Sie uns einfach an.

Unser Unternehmen ist zertifiziert.



Alle erwähnten Marken- und Warenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.  
Irrtum und Änderungen jederzeit ohne Ankündigung vorbehalten.  
CANopen® und CiA® sind eingetragene Warenzeichen der Gemeinschaft CAN in Automation e.V.  
EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie, lizenziert durch die  
Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.