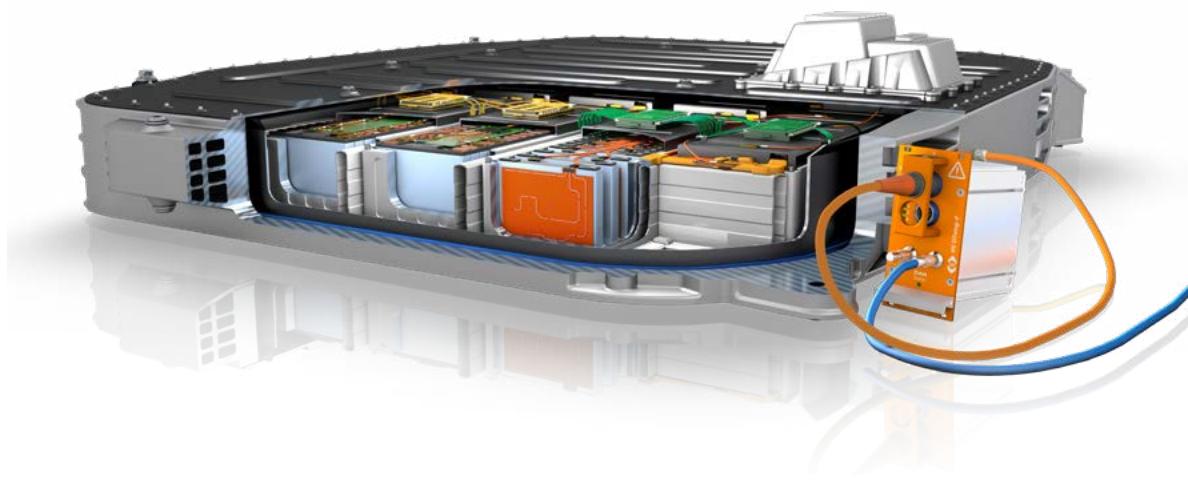


# Thermal Runaways verstehen und rechtzeitig verhindern



## HV Temperaturmessungen

Die Mobilitätswende wird im Wesentlichen vom batteriebetriebenen, elektrischen Antriebsstrang bestimmt – die Optimierung der HV-Batterie ist daher eine wichtige Stellschraube. Eine Größe beim Testing steht im Fokus: Die Temperatur. Sie ist relevant für den einwandfreien und effizienten Betrieb des Fahrzeugs. Wertvolle Erkenntnisse für die Sicherheit und richtige Auslegung des Systems können demnach aus der Beobachtung des thermischen Verhaltens abgeleitet werden. Ein guter Grund also, um detaillierte und engmaschige Messungen der Temperaturen im Inneren einer Antriebsbatterie vorzunehmen.



## Warum Temperaturen messen?

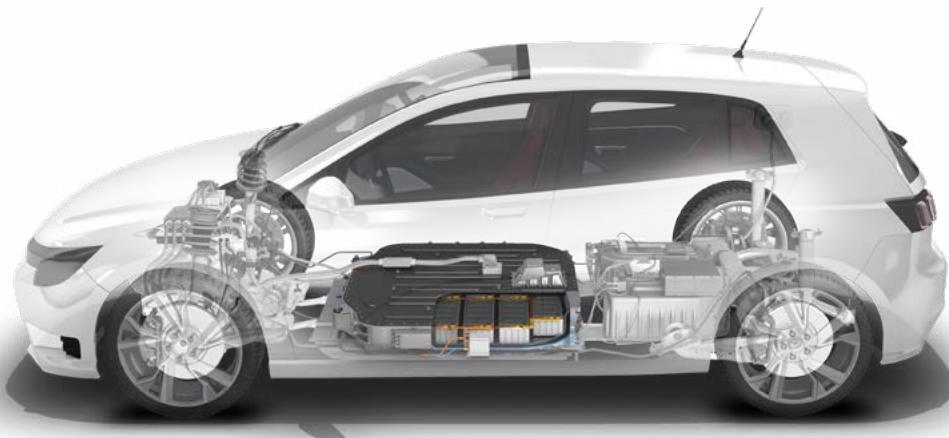
Der Einsatz einer HV-Batterie in einem Fahrzeug erfordert die Beachtung vieler Aspekte, unter anderem, ob der sichere Betrieb in jedem denkbaren Szenario möglich ist. Ein Ernstfall, der unbedingt vermieden werden soll, ist der „Thermal Runaway“. Dabei kommt es aufgrund einer Fehlfunktion der Batteriezellen zu einer chemischen Kettenreaktion und zum unkontrollierten und nicht aufhaltbaren

Brand der Batterie. Diesen nicht zu verhindern oder rechtzeitig vorherzusehen, kann zu erheblichem Sach- und Personenschaden führen. Deshalb werden die einzelnen Situationen, die zu einem Thermal Runaway führen können, genau untersucht. Dazu zählen insbesondere die Temperaturwirkung auf die benachbarten Zellen und Module sowie die Wärmeleitung und Stauung innerhalb der Batterie.

## Wichtige Einflussgröße

Daneben wird die Leistungsfähigkeit von Hochvolt-Batterien auf Lithium-Ionen-Basis aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften wesentlich von Temperaturen beeinflusst – der optimale Bereich reicht von 15°C bis 35°C. Bei niedrigeren Temperaturen werden die chemischen Prozesse in der Batterie deutlich verlangsamt, wodurch die Energie- und Leistungskapazität sinkt – negative Auswirkungen haben ebenfalls zu hohen Temperaturen, da diese im Extremfall zu einer Zerstörung der Batterie führen können. Eine 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 verschiedener Belastungszustände unterschiedlich hohe Temperaturen auf. Auch die räumliche Verteilung der Temperaturen gestaltet sich keineswegs gleichmäßig: Schon innerhalb einer einzelnen Zelle weichen diese in verschiedenen Bereichen signifikant voneinander ab. Gefahren können an dieser Stelle von lokal begrenzten Flächen, sogenannten „Hot Spots“, mit sehr hohen Temperaturen, ausgehen. Diese erhöhen das Risiko interner Kurzschlüsse und betreffen alle typischen Bauformen der Zellen – Rundzellen, prismatische Zellen oder Pouch-Zellen – gleichermaßen.



## Temperaturmanagement überwachen

Um die Idealtemperatur konstant zu halten, muss ein leistungsstarkes Kühl- und Heizsystem mit in das Batteriegehäuse eingebaut werden, das dafür sorgt, dass die Batterie weder überhitzt noch zu stark abkühlt. Genauso gibt es hier wieder Temperaturen zu überwachen: Ist das Temperaturmanagement-System erfolgreich und kühlt oder erhitzt es die Batterie (gleichmäßig) auf die gewünschte

Temperatur? Daher muss das thermische Verhalten aller Komponenten innerhalb des Batteriegehäuses bekannt sein. In der Entwicklungsphase wird häufig auf Simulationen zurückgegriffen, diese können jedoch die komplexen chemischen Vorgänge und ihre Auswirkungen innerhalb der Batterie nicht für alle Situationen genau genug beschreiben, sodass umfangreiche Messungen nötig werden. Positionsgenaue Messungen auf Zell-, Modul- und Batterieebene sind notwendig, um die Betriebssicherheit und die Wirkung der konstruktiven Eigenschaften nachzuweisen.





## Möglichst viele Messpunkte, möglichst wenig Eingriffe

Verschiedene Typen von Batterien, darunter Rund-, Pouch- oder prismatische Zellen finden sich derzeit in den Antriebsbatterien von Elektrofahrzeugen. Diese wiederum bilden Batteriemodule, welche zu mehreren arrangiert und verbunden durch Stromschienen und ergänzt durch das Kühlungssystem die Gesamtbatterie bilden. Flexible Messtechnik, die für alle diese Konzepte passende Sensoren bietet, ist für nötige Messungen während der verschiedenen Entwicklungsphasen wünschenswert. Ebenso müssen neben den Messpunkten an den Batteriezellen auch Sensoren an der Ladeelektronik, den Stromschienen und im Kühlmittel angebracht werden. Diese engmaschige Überwachung von vielen Temperaturen an allen Komponenten der HV-Batterie bietet zwar ein sehr präzises Bild von den thermischen Vorgängen, allerdings führt sie genauso dazu, dass sehr viele Messpunkte in einem sehr

beengten Bauraum angebracht werden müssen. Die Sensoren und ihre Sensorkabel müssen gleichzeitig so klein dimensioniert sein, dass sie zwischen den Zellen angeordnet werden können. Dies stellt die Prüfenden vor neue Herausforderungen – wie sind diese Vorgaben umsetzbar, ohne zu viele Eingriffe an der Batterie und dem Gehäuse vorzunehmen? Denn: Je unverehrter der Prüfling – im Fall der HV-Batterie das Gehäuse – ist, desto realitätsnähere Ergebnisse können aus den Messungen erwartet werden, da die Dichtigkeit des Batteriegehäuses für den sicheren Betrieb einen wichtigen Faktor darstellt. Darüber hinaus gibt es einen weiteren Sicherheitsaspekt zu beachten: Der gesamte Messaufbau muss HV-sicher sein, damit der Personenschutz beim Arbeiten an der HV-Batterie den nötigen Sicherheitsstandards entspricht.



## An bis zu 512 Punkten messen – mit nur einem Sensorkabel

Mit dem **HV DTemp Messsystem** von CSM kann eine umfassende und präzise Temperaturmessung in HV-Batterien sicher durchgeführt werden. Es erlaubt die positionsgenaue, digitale und damit störsichere Erfassung von bis zu 512 Temperaturmessstellen über ein einziges Sensorkabel zur **HV DTemp-P Zentraleinheit**. Mit miniaturisierten und störsicheren **IC-Temperatur-Sensoren** bietet das Gesamtsystem nicht nur eine Messgenauigkeit von  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  bis  $\pm 0,25^\circ\text{C}$ , diese lassen sich außerdem

besonders flexibel applizieren. Je nach Anwendung sind individuelle Möglichkeiten gegeben, wie die Sensoren umgesetzt werden können, zum Beispiel als vergossene **Einzelsensoren** oder auf einer ultradünnen **Flexprintfolie** angebracht – ideal für Messungen zwischen den unterschiedlichen Zelltypen. Für die Messung auf Stromschienen werden die Sensoren als Einzelsensoren mit einem Verbindungskabel für den direkten Anschluss an einen **HV DTemp Controller** verwendet.

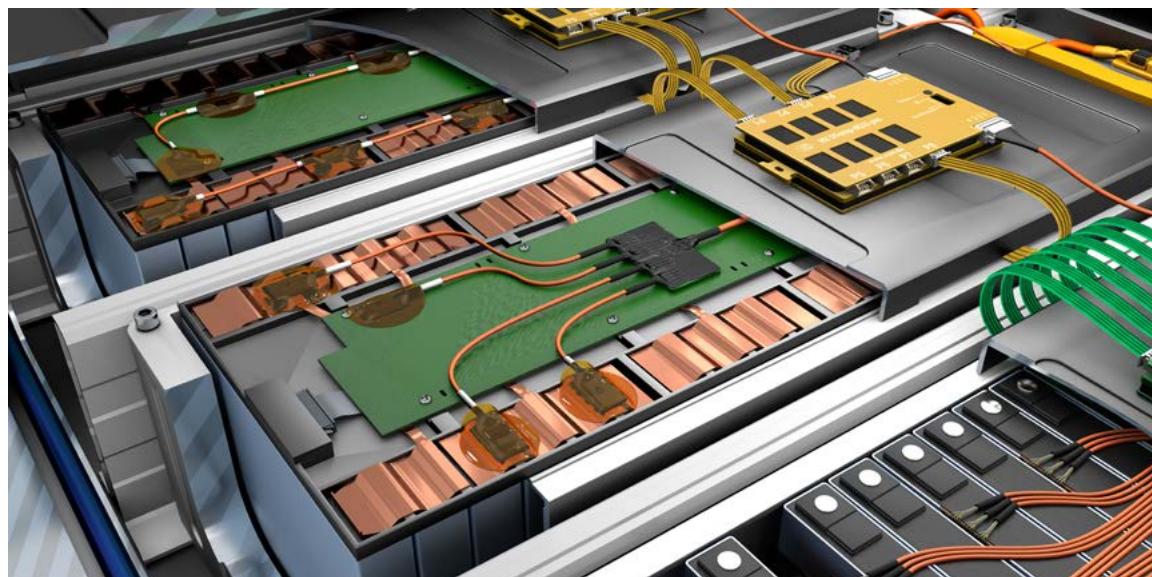




### Ein einfach skalierbares System

Für die Erfassung von Temperaturen auf den Batteriegehäusen können bis zu vier IC-Temperatur-Sensoren als Sensor-Baugruppe verschaltet werden. Diese werden entweder in Reihe verbaut oder über eine kleine Verteilerplatine verbunden. Die HV DTemp IC-Sensorik wird über HV DTemp Controller verbunden. Bis zu 16 Sensor-Baugruppen (das entspricht 64 Temperatur-Sensoren) können an einen Controller angeschlossen sowie bis zu acht Controller kaskadiert werden: Sie bieten somit Anschlüsse für bis zu 512 Temperatur-Sensoren. Die Controller adressieren die Sensoren, versorgen sie mit Spannung und leiten die Temperaturwerte an die Zentraleinheit weiter.

Über ein Hochvolt-sicheres Sensorkabel werden alle HV DTemp Controller an die Zentraleinheit angeschlossen. So muss lediglich ein Durchbruch mit einer Kabelverschraubung in das Batteriegehäuse gebohrt werden. Die HV DTemp-P Zentraleinheit erfasst die Daten der HV DTemp Controller und gewährleistet durch galvanisch getrennte Eingänge die Hochvolt-Sicherheit. Zusätzlich weist die Zentraleinheit jeder Messstelle eine individuelle CAN-ID zu, wodurch eine einfache Identifikation ermöglicht wird. Alle Signale werden digitalisiert weitergegeben, wodurch sich die Störanfälligkeit minimieren lässt. Über CAN werden die Messdaten an den Messrechner weitergegeben.





## Präzise und umfassend HV-Batterien analysieren

HV-sicher an vielen Punkten in und um die Batterie Temperaturen zu erfassen, wird mit dem wachsenden Stellenwert der Elektromobilität immer wichtiger. Hierbei möglichst wenig in die Batterie einzugreifen, ist eine der Schwierigkeiten. Deshalb wurde bei allen Bestandteilen des HV DTemp Systems Wert auf ein kompaktes und robustes Design gelegt, sodass die HV DTemp-M Controller beispielsweise problemlos im Batteriegehäuse verbaut werden können. Da lediglich ein Messmodul außerhalb der Batterie benötigt wird, ist ein platzsparender Aufbau gegeben, der das Messobjekt nur gering beeinflusst. Die Sensoren können zwischen den Zellen positioniert werden und erlauben so die genaue Erfassung von Temperaturverläufen. Die Anordnung der Sensoren auf Flexprint-Trägerfolie kann so von Zelle zu Zelle exakt wiederholt werden. Da jede Messstelle eindeutig identifizierbar ist, wird

die Messstellenplanung vereinfacht und Verkabelungsfehler sind ausgeschlossen. Daneben bietet das skalierbare System weitere Anwendungsgebiete im HV-Umfeld – zum Beispiel Temperaturmessungen an anderen Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs, wie dem Inverter.



## 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)

Raiffeisenstr. 36 • 70794 Filderstadt

📞 +49 711 77 96 40 ✉ sales@csm.de

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

ArchParc • Immeuble ABC 1 • Entrée A

60, rue Douglas Engelbart • 74160 Archamps, France

📞 +33 4 50 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.