

Messungen der mechanischen Belastung eines solarbetriebenen PKW-Testfahrzeugs



Messen von mechanischer Belastung

Neben dem Wandel von Antrieben mit Verbrennungsmotor hin zur Elektromobilität stellt sich die Frage, woher der Strom kommt, der zukünftig E-Motoren in Fahrzeugen antreiben soll. Eine Idee: In das Fahrzeug integrierte Solarpaneele zum Laden der Batterie. Hierfür wurde im Rahmen des Sion-Programms von Sono Motors eine Flotte an solarbetriebenen Testfahrzeugen entwickelt. Eines davon hat CSM bei der Integration der benötigten Messtechnik für die Erfassung der mechanischen Belastung und der elektrischen Leistung des Antriebsstrangs begleitet.



Abb. 1: Solarbetriebener Sion (Sono Motors GmbH).



Hintergrund

Das Münchner Unternehmen Sono Motors stellt Solarmodule her, die in die Karosserie von Personen- oder Lastkraftfahrzeugen eingebaut oder nachträglich dort angebracht werden können. Der durch die Solarzellen gewonnene Strom kann direkt für das Aufladen der Batterie in E-Fahrzeugen verwendet werden – somit ist nicht nur das Fahren, sondern auch das Laden zu einem wesentlichen Teil emissionsfrei.

Mit einem eigenen PKW sollte das Konzept ganzheitlich umgesetzt werden. Für den Bau eines neuen PKWs mussten die Werte aus vorhergegangenen Berechnungen zur Dimensionierung der Antriebskomponenten aber auch der Batterie sowie der Gesamtkonstruktion im Rahmen der Leistungsanalyse und der Betriebsfestigkeit kontrolliert werden.

Auch sollte unabhängig überprüft werden, ob die Ausgabewerte der eingebauten Steuergeräte mit den gemessenen Daten übereinstimmen. Die Anforderung: Einen Messaufbau im Fahrzeug zu integrieren, der die verschiedenen Messdaten aus den Komponenten

synchron erfasst und gleichzeitig für die Anwendung im rauen Fahrversuch geeignet ist.

Aus diesem Grund wurde eines der Testfahrzeuge komplett mit Messtechnik von CSM ausgestattet.¹



Herausforderung

„Wie bewegt sich das Fahrzeug während der Fahrt?“ und „Welche Kräfte wirken auf die einzelnen Komponenten?“, sind nur einige Fragen, die Messungen zur mechanischen Belastung vorausgehen.

Neben einer robusten Bauart der verwendeten Messtechnik war es essentiell, dass die verschiedenen Messdaten zeitgleich erfasst werden. Nur so können fundierte Aussagen getroffen werden, wie sich das Testfahrzeug unter verschiedenen Anforderungen verhält - aber auch, wie die Hard- und Software ausgelegt sein muss.

Die Bewertung der Betriebsfestigkeit, also das Erreichen der geplanten Lebensdauer der Materialien, setzt voraus, dass einwirkende Kräfte, beispielsweise Schwingungen, Torsion und Beschleunigung an Komponenten wie Fahrzeugrahmen und Batterie gemessen werden.

»Da wir beim Sion-Programm ein komplett neues Fahrzeugkonzept bauen wollten, mussten wir zunächst ein umfassendes Fahrzeugerprobungsprogramm planen. Neben vielen Messpunkten zu mechanischen Belastungen und Temperaturen im ganzen Fahrzeug war außerdem antriebsseitig besonders die HV-sichere Messung von Strom- und Spannung relevant«, berichtet Peter Kummer, Test Engineer für den Bereich Antrieb bei Sono Motors.

Bei einer Messung dieses Umfangs, die mehrere Hundert Messkanäle und zahlreiche Messgrößen umfasst, muss auch die Datenaufzeichnung während der Fahrt sicher und zuverlässig funktionieren. Ein Datenlogger, der die Ergebnisse erfasst und speichert, ist hierfür zusätzlich erforderlich.

¹ Leider musste das Projekt im Frühjahr 2023 eingestellt werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts fanden keine Tests mehr mit dem Fahrzeug statt.



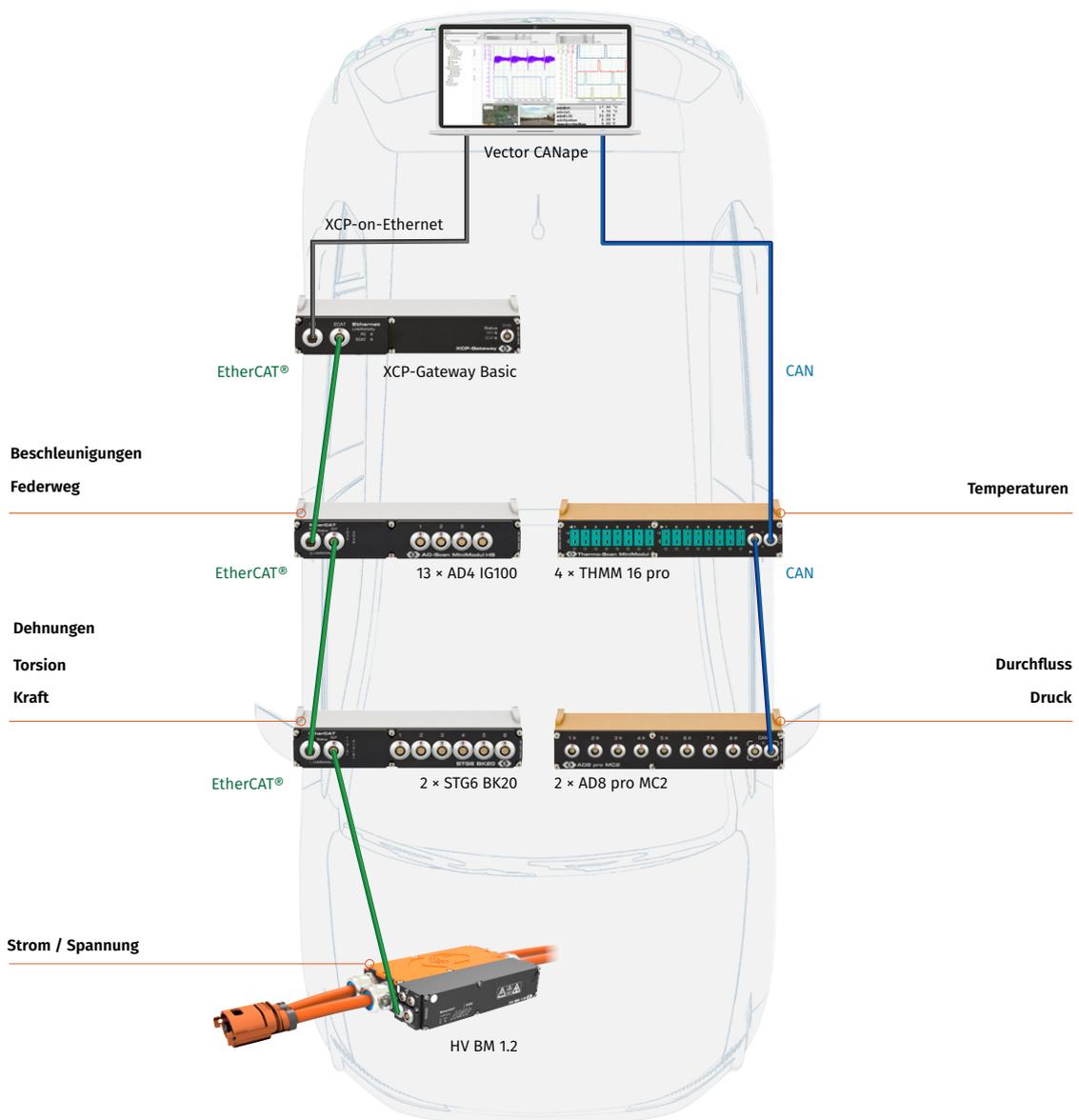
CSM Messtechniklösung

Zur Ausstattung des Testfahrzeugs wurden Bestandteilen des Vector CSM E-Mobility Messsystems verwendet.

Um alle Werte umfassend aufzunehmen und analysieren zu können, war ein Messaufbau mit insgesamt mehr als 200 Messkanälen notwendig.

Folgende Werte wurden dabei erfasst:

- ▶ Beschleunigung an der Achse und der Radaufhängung,
- ▶ Schwingung und Torsion am Rahmen und der Batterie,
- ▶ Torsion an den Antriebswellen,
- ▶ Federweg an den Stoßdämpfern,
- ▶ Strom- und Spannung im elektrischen Antriebsstrang,
- ▶ Druck und Durchfluss am Kühlsystem,
- ▶ sowie Temperaturen im gesamten Vehikel.



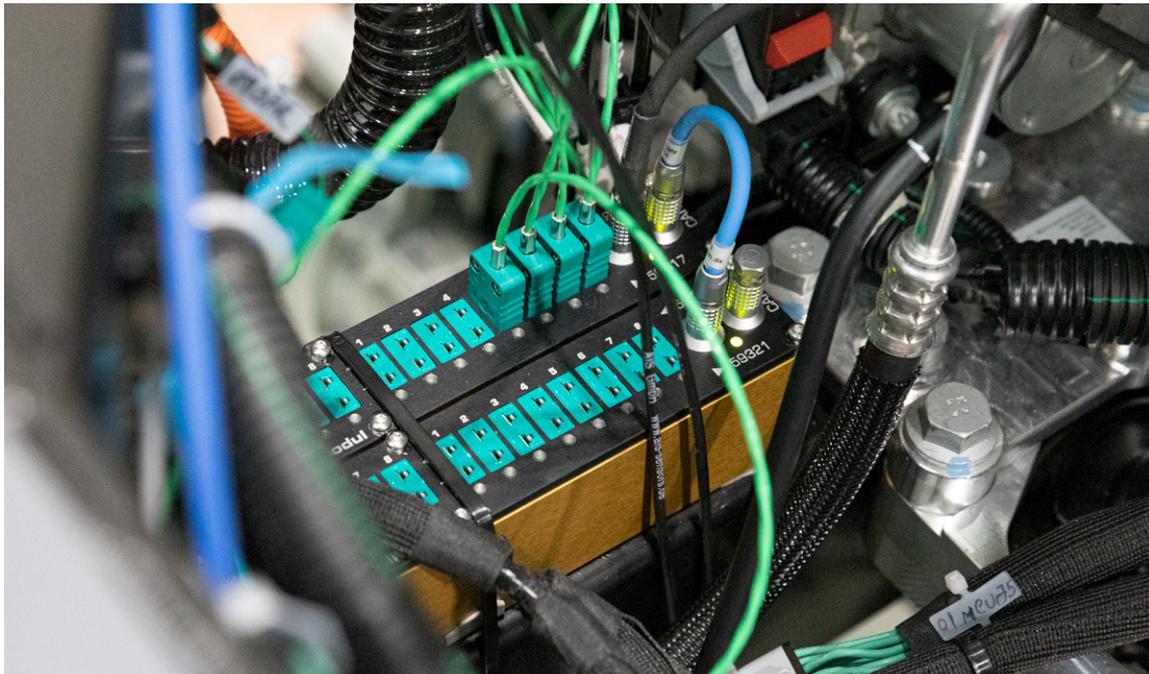


Abb. 2: Im Fahrzeugraum aber auch an einzelnen Komponenten wurden an 68 Messstellen Temperaturen erfasst und über THMM pro Thermomodule aufgenommen.

Messung von mechanischer Belastung

Beschleunigungssensoren, die in x-, y-, und z-Richtung messen, wurden an der Radaufhängung und dem Rahmen angebracht. Sie erfassen die Bewegungen der Komponenten im Fahrbetrieb.

Für die Messung der Torsion an der Batterie und am Rahmen, wurden Dehnungsmessstreifen (DMS) angebracht.

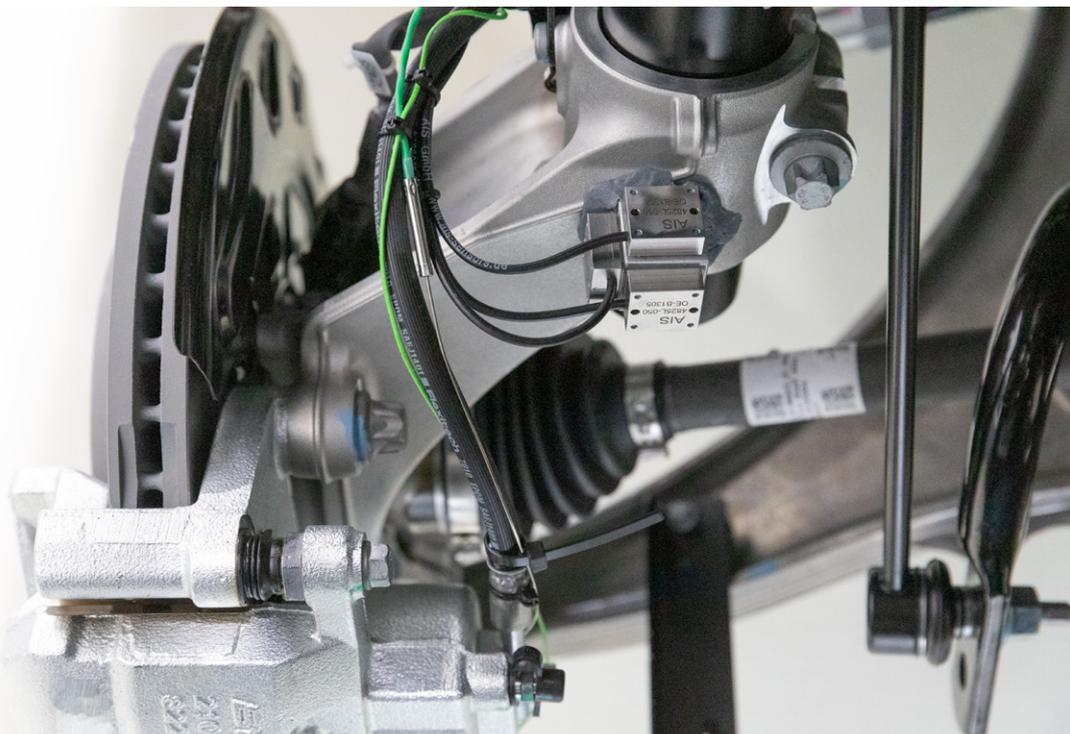


Abb. 3: Drei uniaxiale Beschleunigungssensoren erfassen die Bewegungen der Radaufhängung in x-, y-, und z-Richtung.

Aus den gewonnenen Daten konnte abgeleitet werden, wie groß die Kräfte sind, die an diesen Stellen einwirken.

Die Sensordaten der Dehnungsmessstreifen wurden über **STG6 ECAT-Module** mittels EtherCAT® übertragen. Die Module geben direkt die korrekte physikalische Größe aus, was eine nachträgliche Umrechnung der Werte überflüssig macht. Außerdem verfügt es über ein ratiometrisches Messprinzip, das die Werte im Verhältnis zur Speisespannung erfasst - dadurch wird die Skalierung

vereinfacht. Darüber hinaus zeichnen sich die Module durch ein rauscharmes Verhalten aus und ermöglichen somit besonders störungsfreie Messwerte.

AD4 ECAT-Module wurden für die Sensordaten aus den Beschleunigungssensoren verwendet, auch hier erfolgte die Übertragung mit EtherCAT®. Die sehr robusten und gleichzeitig kompakten Gehäuse beider Modultypen nach Schutzklasse IP67 ermöglichen außerdem den dezentralen Einsatz im Fahrversuch.

Strom- / Spannungsmessungen im HV-Umfeld

Für die HV-sicheren Messungen zwischen Batterie und Inverter wurde das **HV Breakout-Modul (HV BM) 1.2** verwendet: Es misst Strom und Spannung direkt in den HV-führenden Leitungen.

Der Anschluss erfolgt im HV-Umfeld entweder klassisch durch eine Kabeladaption direkt an das Shuntmodul oder mit einem vorkonfektionierten, kundenspezifischen Steckersystem, das CSM-werkseitig vorinstalliert wird und eine noch einfachere Handhabung ermöglicht.

Weitergegeben wurden die gemessenen Werte über eine Messkette mit EtherCAT®, so konnte in diesem Fall eine zeitsynchrone Auswertung der Daten mit bis zu 100 kHz ermöglicht werden.

Auswertung der simultanen Messdaten

Alle weiteren Messwerte wie Temperatur, Durchfluss, Druck und Weg wurden über eine zweite Messkette mittels CAN erfasst und anschließend mit den Daten aus der EtherCAT®-Messkette zusammengeführt.

Als Protokollübersetzer auf XCP-on-Ethernet zur Auswertung mit der Vector CANape Software kam das **XCP-Gateway** zum Einsatz. Durch die Verwendung von PTP gemäß IEEE 1588 als Synchronisierungsmechanismus ist darüber hinaus die Synchronität der Messdaten gewährleistet.

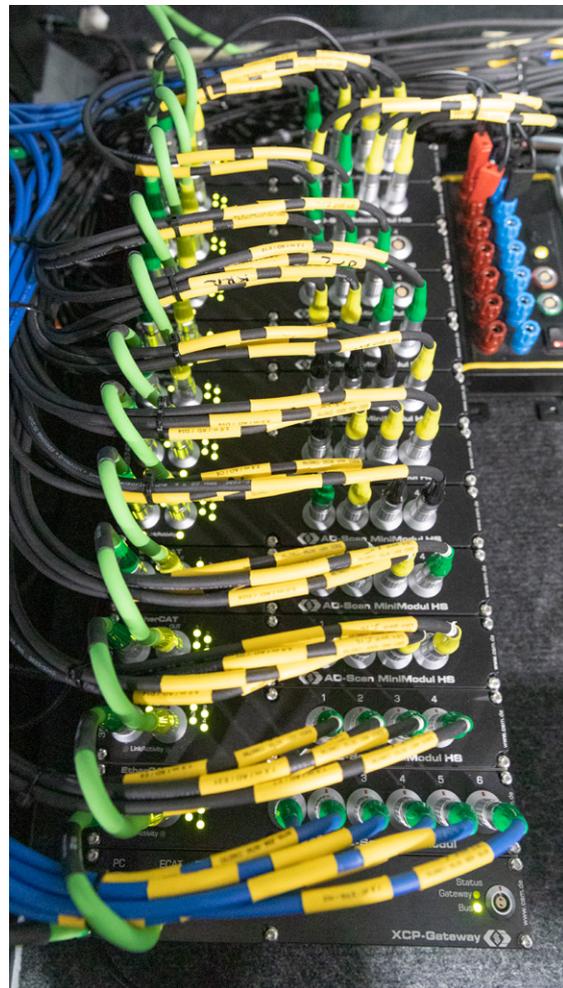


Abb. 4: Über mehrere STG6 ECAT- und AD4 ECAT-Messmodule wurden die Messdaten in ein XCP-Gateway als Schnittstelle zur Software übertragen.

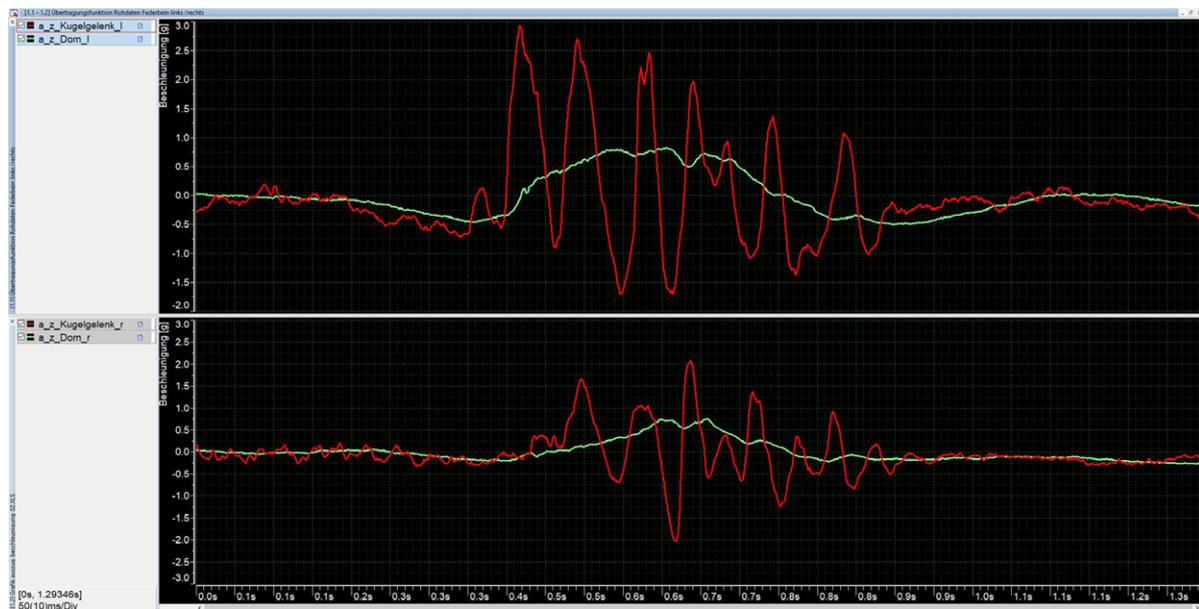


Abb. 5: Beispielhafte Darstellung der Messdaten von Beschleunigungssensoren an der Hinterachse. Aus den zeitlich korrelierenden Daten kann der Übertragungsfaktor aus dem Feder-Dämpfer-System (links und rechts) bestimmt werden.



Vorteile

Mit den modularen, dezentralen CSM-Messmodulen konnte eine komplett maßgeschneiderte Lösung angeboten werden.

»Die individuelle Betreuung durch CSM bei der Projektplanung und vor Ort hat uns besonders überzeugt. Dass wir nicht auf vorkonfektionierte Messtechnik zurückgreifen mussten, sondern eine auf uns angepasste Lösung gemeinsam mit CSM ausarbeiten konnten, hatte Priorität bei der Auswahl der verwendeten Messtechnik für unser Programm«, berichtet Alessandro Binetti, Technical Lead – Vehicle Validation and Testing bei Sono Motors über die Zusammenarbeit.

Durch die Messtechnik-Lösung aus einer Hand und die Synchronität der Daten war es möglich, Zusammenhänge aus der Korrelation der gewonnenen Messungen zu erkennen.

Neben den Messergebnissen für die einzelnen Fahrzeugbereiche und Komponenten konnten auch wichtige Test-Erkenntnisse für das Fahrzeug evaluiert werden.



Verwendete Produkte

HV Breakout-Modul – Typ 1.2

Das HV Breakout-Modul (BM) Typ 1.2 wurde für einphasige Messungen von Strom, Spannung und Leistung konzipiert. Es ist ideal geeignet für die Messung an großen Verbrauchern wie Elektromotoren, die mit separaten Kabeln für HV+ und HV- ausgestattet sind.

Das HV Breakout-Modul 1.2 ist in zwei Versionen zum Anschluss über Kabelverschraubungen oder PL500 Stecksystem (HV BM 1.2C) verfügbar.



STG6 BK20

Messaufgaben mit Dehnungsmessstreifen lassen sich mit dem Messmodul STG6 BK20 leicht realisieren. Mit sechs zeitsynchronen DMS-Eingängen für Viertel-, Halb- und Vollbrücken und Messdatenraten von 1 Hz bis 20 kHz pro Kanal ist das STG6 BK20 auch für Spannungsanalysen mit vielen Messstellen geeignet. Dank EtherCAT® lassen sich auch große Messnetzwerke mit Abständen von bis zu 100 m zwischen einzelnen Messmodulen einfach einrichten.



AD4 ECAT MM-Serie – Typ IG100

Das Messmodul AD4 IG100 ist optimal für genaueste Analysen von hochfrequenten Signalen mit Messdatenraten von bis zu 100 kHz pro Kanal geeignet. Es bietet eine hochgenaue, bipolare und kanalweise einstellbare Sensorversorgung von 1 bis 20V DC für eine Vielzahl an Sensoren.



XCP-Gateway-Serie

Die Protokollumsetzer der XCP-Gateway-Serie wurden speziell für die CSM EtherCAT®-Messmodule und für Messaufgaben mit vielen Messkanälen und hohen Messdatenraten entwickelt. Das XCP-Gateway ist in den Versionen „Basic“ und „pro“ erhältlich. Letztere verfügt über zwei CAN-Schnittstellen, über die CAN-basierte CSM Messmodule angeschlossen und in das Messdatenprotokoll XCP-on-Ethernet eingebunden werden können. Zudem können in der „pro“-Version Temperaturdaten aus den HV Breakout-Modulen direkt über EtherCAT® übertragen werden.



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 oder per E-Mail unter 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
60, rue Douglas Engelbart • Immeuble ABC 1, Entrée A – 1er étage
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.