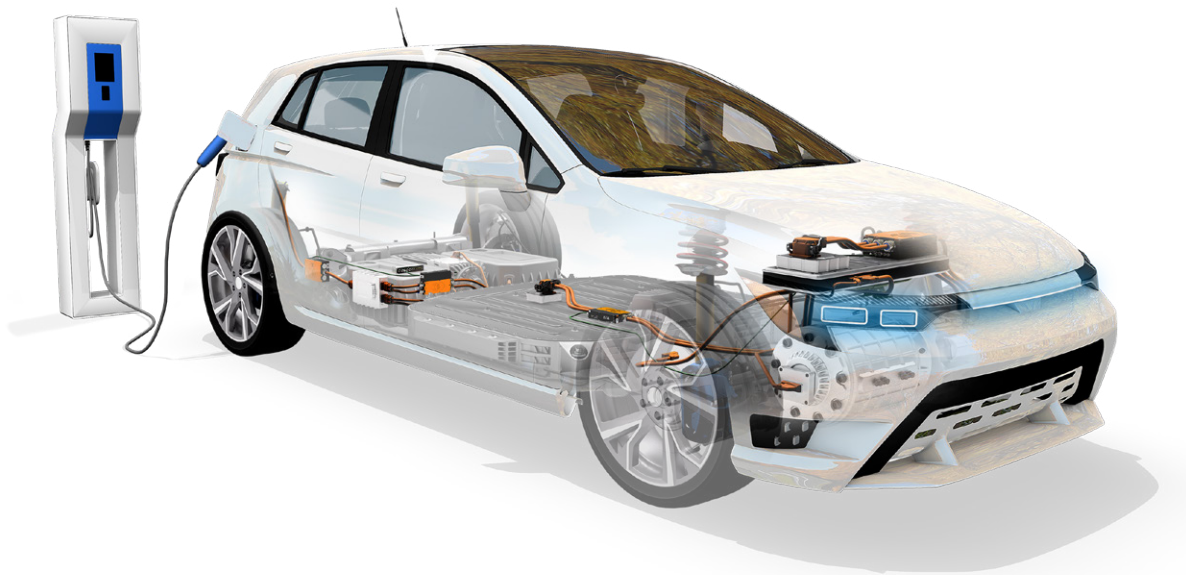


# Interoperabilitätstests von On-Board-Chargern mit AC-Ladesäulen



HV Strom- und Spannungsmessung

Beim alltäglichen Laden der Fahrzeugbatterien von E-PKWs sind AC-Ladesäulen ein Standard. Damit Elektrofahrzeuge auch für Endverbraucher attraktiv bleiben, muss das AC-Laden unkompliziert weltweit funktionieren. Ein On-Board-Charger (OBC), für die Umwandlung des ladenden Wechselstroms in Gleichstrom, ist daher als Fahrzeug-Komponente unverzichtbar. Fahrzeughersteller validieren deshalb neu entwickelte OBC vor der Serienproduktion mit Interoperabilitätstests. Daneben sind aber auch die Ladesäulen eine Fehlerquelle, die überprüft werden muss, da sie in der Gesamtbetrachtung eine wesentliche Rolle für die Qualität des Ladevorgangs spielen. Mit dem HV Breakout-Modul (HV BM) 3.1 OBC von CSM können diese Ladevorgänge mit Blick auf geltende Normen und landesspezifische Eigenheiten untersucht werden.



## Weltweit testen

Damit neu entwickelte Fahrzeuge international verkauft werden können, müssen entsprechende Tests des AC-Ladens weltweit durchgeführt werden. Während in Europa im Niederspannungsverteilnetz meist ein Dreiphasensystem dominiert, ist in den USA das „Split-Phase-Net“, ein Einphasen-Dreileitersystem, etabliert. Daraus ergibt sich unter anderem eine große Varianz an Steckersystemen,

Ladesäulen- und Wallbox-Typen sowie unterschiedlicher Software, die getestet werden muss. Auch muss das AC-Laden an einfachen Steckdosen und Starkstromsteckdosen über ein EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment) funktionieren. Da die Netzqualität länderspezifisch sehr verschieden ist, muss bei der Validierung die Netzrobustheit des OBC nachgewiesen werden. Genauso müssen

potentielle Rückwirkungen beim Laden des Elektrofahrzeugs ausgeschlossen und die Einhaltung geltender Normen zur Netzqualität bestätigt werden, beispielsweise im bidirektionalen Betrieb.

Interoperabilitätstests sind demnach durch die Vielzahl an Parametern komplex.

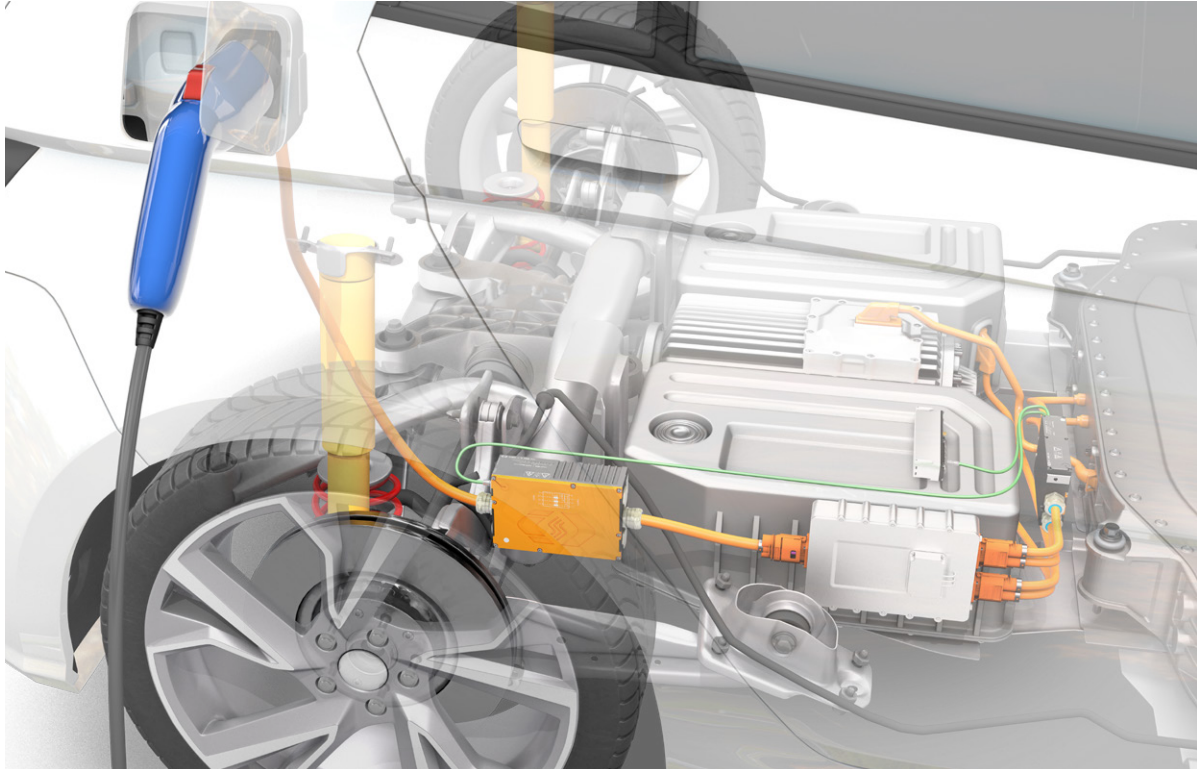


Abb. 1: HV Breakout-Modul 3.1 OBC im Fahrzeug verbaut.



## Messung der Netzqualität

Mit einem Messaufbau wie in Abbildung 2 gezeigt, können die notwendigen Messungen während des Ladevorgangs durchgeführt werden. Mit der Vector Software CANape oder vMeasure und der enthaltenen Funktionsbibliothek eMobilityAnalyzer können die notwendigen Analysen und Verifikationen vorgenommen werden, um die Strom- und Spannungsverläufe der Phasen bezüglich Höhe, Kurvenform und Grenzwerten zu untersuchen. Für die Netzqualität sind weitere Kriterien der Versorgungsspannung bezüglich Ereignissen, Symmetrie und Frequenz zu überprüfen:

- ▶ Gibt es Frequenzänderungen und wie ist deren Rate?
- ▶ Sind die Spannungen symmetrisch?
- ▶ Kommen abrupte Spannungsänderungen, Spannungseinbrüche oder Unterbrechungen vor?
- ▶ Treten transiente oder netzfrequente Überspannungen auf?

An der Stromübergabestelle muss zudem überprüft werden, ob die harmonischen Oberschwingungen Grenzwerte überschreiten. Mit den Funktionen Harmonics und Harmonic Power aus dem eMobilityAnalyzer werden die Oberschwingungen und der Oberschwingungsgehalt untersucht. Während des Ladevorgangs fließt Strom aus dem Netz in das Fahrzeug und die Harmonischen müssen unterdrückt werden. OBC besitzen außerdem eine integrierte Leistungsfaktorkorrekturschaltung (PFC, Power Factor Correction), um den Strom effizient an die Batterie zu liefern und das Versorgungsnetz nicht ungebührlich zu belasten.

## Fahrzeugkommunikation während des Ladevorgangs

Um die Abläufe während des Ladevorgangs besser zu verifizieren, können zusätzlich die Vorgänge im Fahrzeug erfasst werden. Dazu wird der Daten-Bus, z. B. ein CAN-Bus des Fahrzeugs mithilfe eines Interfaces an den Messrechner angeschlossen und ausgewertet. Besonders wichtig ist die zusätzliche Erfassung der Fahrzeugkommunikation, wenn folgende Ereignisse auftreten:

- ▶ Netzanomalien
- ▶ Eine unerwartet schlechte Netzqualität
- ▶ Ein nicht beginnender Ladevorgang
- ▶ Ein Abbruch des Ladevorgangs
- ▶ Eine falsche Steuerung der Ladeleistung

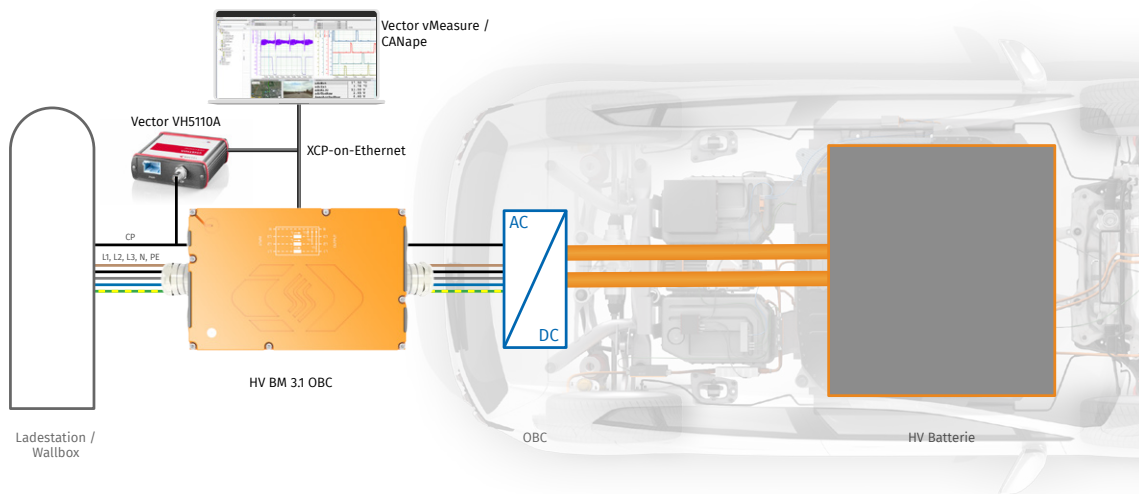


Abb. 2: Messaufbau Man-in-the-Middle: Das HV Breakout-Modul 3.1 OBC ist in die Leitung zwischen AC-Ladestation und OBC im Fahrzeug eingeschleift. Die Kommunikation zwischen Ladestation und OBC wird mit einem Vector-Interface (VH5110A) aufgenommen.

## Erfassung der CP Low-Level-Kommunikation

Das Ladekabel enthält einen zusätzlichen Leiter CP (Control Pilot), über den die Ladesteuerung zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug geregelt wird. Für die Low-Level-Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation wird eine Pulsweitenmodulation verwendet. Die Signalspannungen wechseln dabei zwischen zwei definierten Pegeln hin und her. Die Ladestation gibt den maximalen Ladestrom für das Fahrzeug

über das Tastverhältnis vor. Über ein AD4 Messmodul kann dieses Signal gleichzeitig erfasst werden. Alternativ kann in den Messaufbau ein Vector VH5110A „CCS Listener“ eingebaut werden. Damit kann die auf CCS- und NACS-Standards basierende Kommunikation zwischen einer Ladestation (EVSE, Electric Vehicle Supply Equipment) und Elektrofahrzeug (EV) aufgezeichnet werden.

## Verlustleistung des Ladezyklus

Testfahrzeuge für die Erprobung der Interoperabilität sind in den meisten Fällen mit eingebauter Messtechnik ausgestattet. Ist beispielsweise ein HV BM 1.2 zwischen OBC und HV-Batterie im Fahrzeug eingebaut, kann während des Ladevorgangs die für die Batterie bereitgestellte Energie gemessen werden. Für die Interoperabilitätstests sind aber noch weitere Parameter wichtig: So zeigt die Verlustleistung des Ladezyklus die Effizienz des OBCs an den verschiedenen Ladepunkten auf oder wie effizient die PFC arbeitet. Weitere im Fahrzeug eingebaute Messmodule lassen sich einfach mit der Messtechnik außerhalb

des Fahrzeugs über EtherCAT® verbinden und sind dann besser als 1  $\mu$ s synchronisiert. Der Vector eMobilityAnalyzer hat für diese Messung eine vorbereitete Funktion ChargerEfficiency, die in Echtzeit die unterschiedlichen Effizienz-Parameter berechnet:

- ▶ OBC Eingangs- und Ausgangsleistung
- ▶ OBC Wirkungsgrad
- ▶ durch den OBC gesamt bereitgestellte Energie für die HV-Batterie
- ▶ Gesamtwirkungsgrad
- ▶ Verlustleistung Ladezyklus

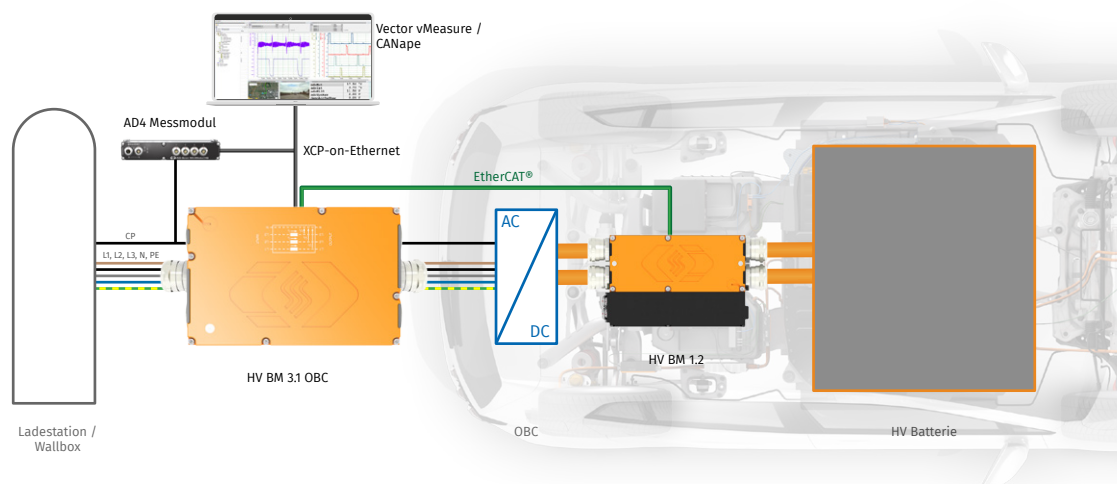


Abb. 3: Messaufbau mit dem CSM HV BM 3.1 OBC: Auf dem Messrechner führt der in CANape integrierte eMobilityAnalyzer mit der Funktion ChargerEfficiency Analysen durch. Für das Monitoring der Low-Level-Kommunikation auf dem CP Leiter ist ein AD4 Messmodul in den Messaufbau integriert.

## Test von AC-Ladesäulen

Betreiber von Ladestationen und Ladesäulenhersteller führen ebenfalls unterschiedliche Tests durch: Funktionstests, Abnahmetests, Messungen der Netzqualität und Interoperabilitätstests mit Fahrzeugen unterschiedlicher Hersteller. Insbesondere der Netzzugang der AC-Ladesäule ist zu verifizieren. An dieser Stelle zeigt sich die Summe aller Rückwirkungen von parallel arbeitenden AC-Ladesäulen und anderen Verbrauchern. Wichtig sind hier die Harmonischen-Analyse, die Bewertung der Zwischenharmonischen und Supraharmonischen. Auch die gegenseitige Beeinflussung von Elektrofahrzeugen bei parallelen,

gleichzeitigen Ladevorgängen, beispielsweise wenn mehrere OBCs annähernd gleiche Taktfrequenzen haben, sollten untersucht werden. Mit einem HV BM 3.1 OBC können die Netzqualität und die Eingangsleistung der AC-Ladesäule verifiziert werden. Mit dem eMobilityAnalyzer in CANape werden folgende Analysen durchgeführt:

- ▶ Fourier-Analyse
- ▶ Harmonischen-Analyse
- ▶ Frequenzanalyse



## Ein Modul – viele Anwendungsmöglichkeiten

Das HV BM 3.1 OBC kann flexibel für hochvoltssichere Messungen an den verschiedenen Stellen beim AC-Laden eingesetzt werden, zum Beispiel vor der Ladestation zur Überprüfung der Netzanschluss-Qualität oder zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug für Verifikationen der Netzrobustheit und Interoperabilität eines OBCs. Mit der hohen

Abtastrate von bis zu 2 MHz können schnelle Ereignisse wie Ein- und Ausschaltströme oder transiente Spannungsspitzen, die zu Abbrüchen des Ladevorgangs und Funktionsstörungen führen, genau untersucht werden.



### Verwendete Produkte

#### HV Breakout Modul – Type 3.1 OBC

Das HV Breakout-Modul (BM) Typ 3.1 OBC wurde für die ein- bis dreiphasige Messung von Spannung (U), Strom (I) und Leistung an Netzspannung führenden Kabeln im weltweiten Einsatz entwickelt. Die Auslegung auf die Messung von Strömen von bis  $\pm 125\text{ A}$  oder  $88\text{ A}_{\text{rms}}$  erlaubt die weltweite Analyse von AC-Ladevorgängen von Elektro- und Hybridfahrzeugen.



#### 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.



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)

ArchParc – Site d’Archamps • 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.