



# Autarke Leistungsmessung im Fahrversuch und am Prüfstand

CSM Web-Seminare

**CSM** **Xplained**  
measurement technology

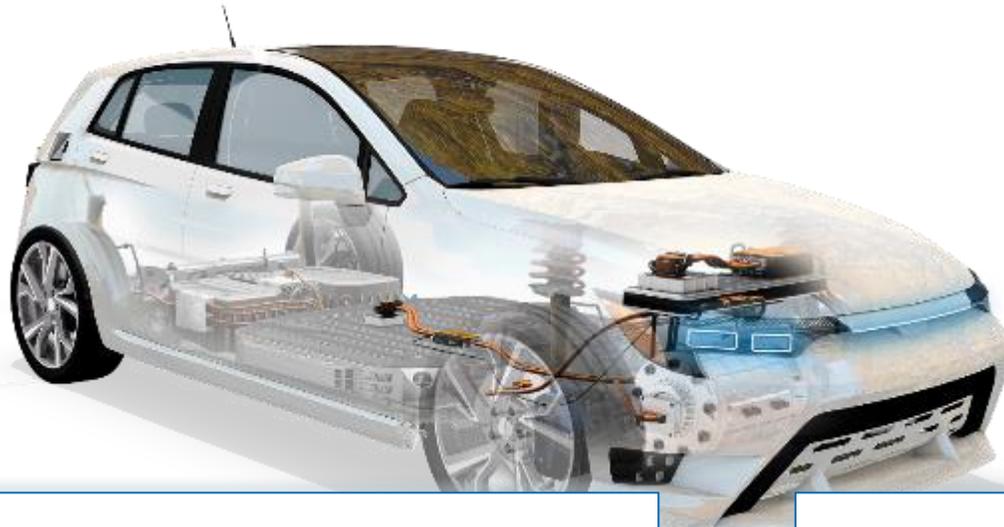


Innovative Mess- und Datentechnik

# Leistungsmessung



# Leistungsanalyse



**Unterschiedliche technische Anforderungen der jeweiligen Anwendungen**



**Unterschiedlicher Bedarf an Messtechnik Equipment**

(u. A. Funktionen, Messgenauigkeit, Einsatzbereich, Vernetzung)

**Verschiedene Budget-Anforderungen**

## Entwicklung und Verbesserung von Komponenten und Systemen

### Messwerte von zwei oder mehr Messpunkten

- ▶ Messmodul-übergreifende Berechnungen
- ▶ Synchronität

### Übergeordnete Recheneinheit

### Komplexe mathematische Analysen

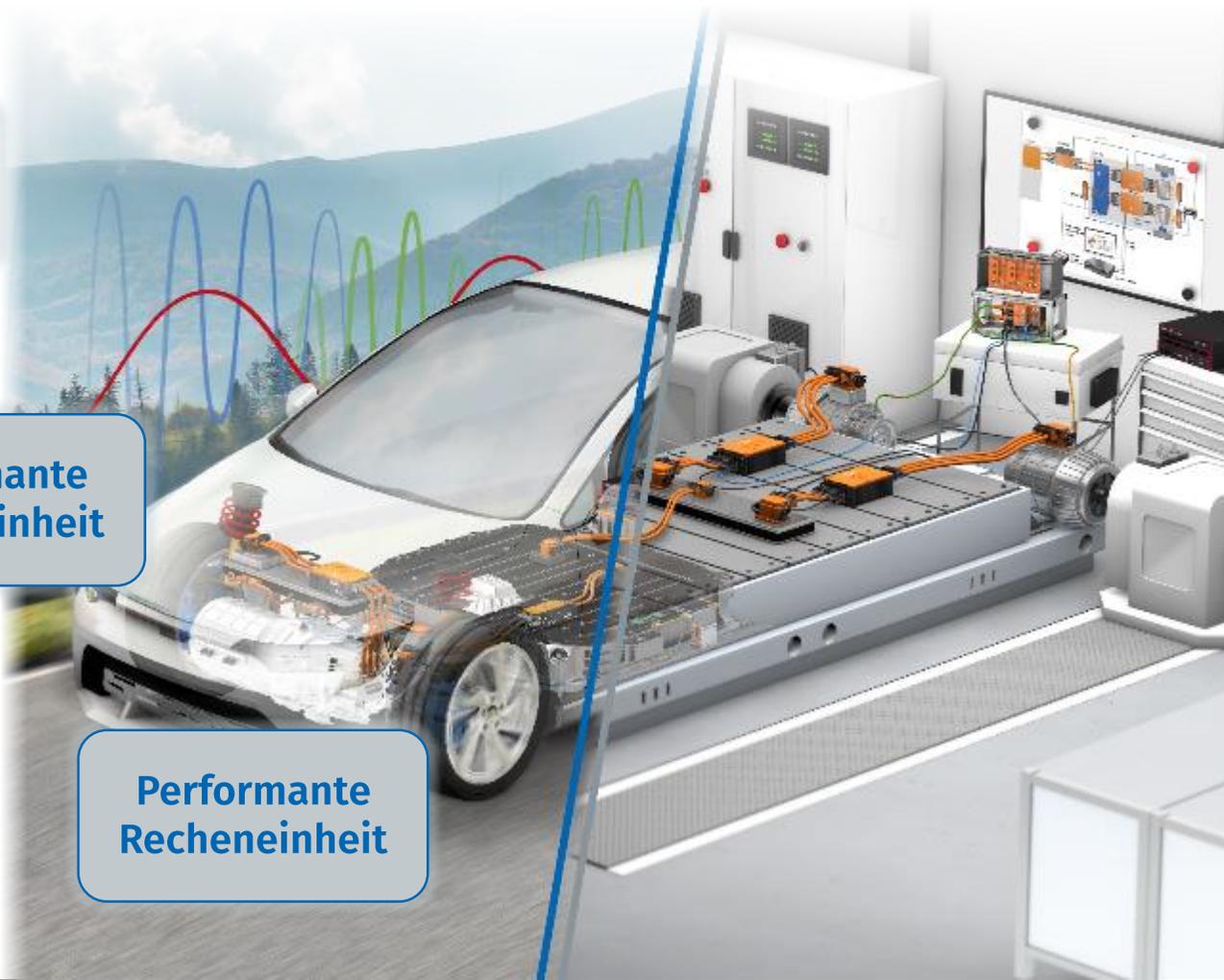
- ▶ Komplexere Mathematik
- ▶ Transformationen
- ▶ Hohe Genauigkeit

### Performante Recheneinheit

### Untersuchung hoch dynamischer Vorgänge

- ▶ Transiente Leistungsanalyse
- ▶ Periodenbestimmung in Echtzeit
- ▶ Kurze Integrationsintervalle

### Performante Recheneinheit



# Leistungsmessung

**„Wattmeter“  
Ermittlung eines Status Quo**

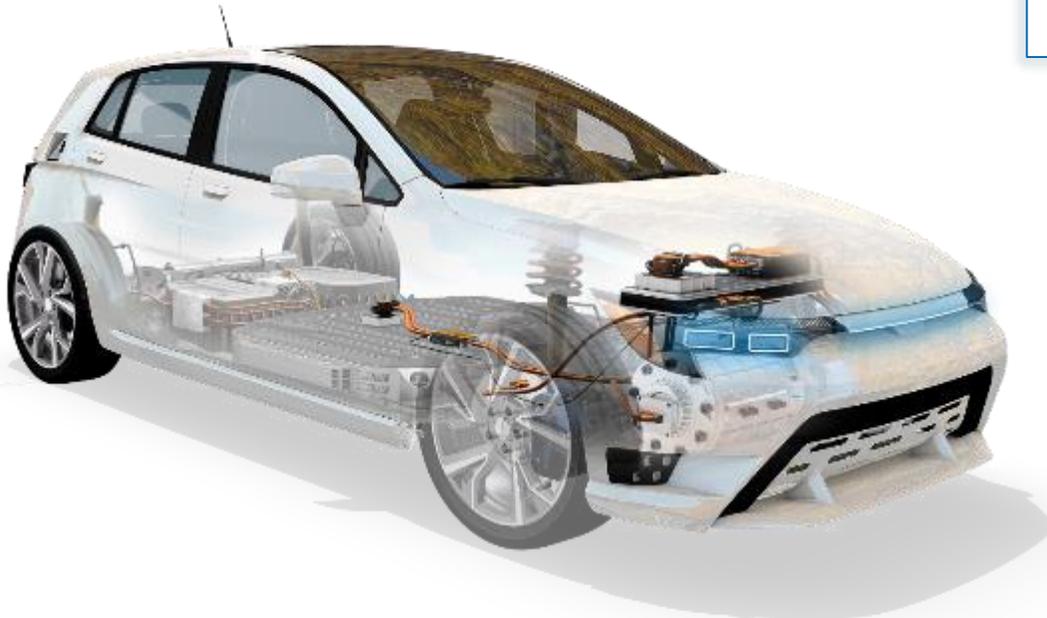
## Leistungsabgabe von Energiequellen

(z. B. HV-Batterien, Brennstoffzellen-Stack)

## Leistungsaufnahme von elektrischen Verbrauchern

(z. B. einzelne Komponenten, in Leitungen)

**Einfache Berechnung der Hauptwerte**  
(Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung, Leistungsfaktor)



# Leistungsmessung



# Leistungsanalyse

Fokus dieses Web-Seminars: Für viele Anwendungen im DC- / AC-Bereich ausreichend

Weitere Informationen: CSM Xplained Web-Seminare zum Vector CSM E-Mobility-Messsystem

Berechnung von Standard-Leistungswerten  
(z. B. Wirk-, Blind-, Scheinleistung, Leistungsfaktor, Momentanleistung)

Energieverbrauch einzelner Komponenten (z.B. beim Benchmarking)

Verbrauch nach WLTP

Maximale Leistungsabgabe von (HV) Batterien, Brennstoffzellen-Stacks, ...

Einfache Ladevorgänge (DC-Schnellladen, AC-Laden)

Funktionsprüfungen

Abnahme-Prüfstände, Komponenten- und Rollenprüfstände

Dauerlauf-Fahrversuch, mobiler Leistungsmesser

Benchmarks

Systemüberwachung (Monitoring)

Gesamtwirkungsgrad Antriebsstrang

Inverter-Wirkungsgrad, Wirkungsgrad OBC

E-Motoren-Analyse inkl. Stern-Dreieck-Transformation

Transiente Leistungsanalyse hoch dynamischer Vorgänge (Motor-Hochläufe, Richtungswechsel von Energieflüssen beim Rekuperieren, Torque Vectoring)

Harmonischen-Analyse

Arbeit, Energiefluss, Verlustleistung

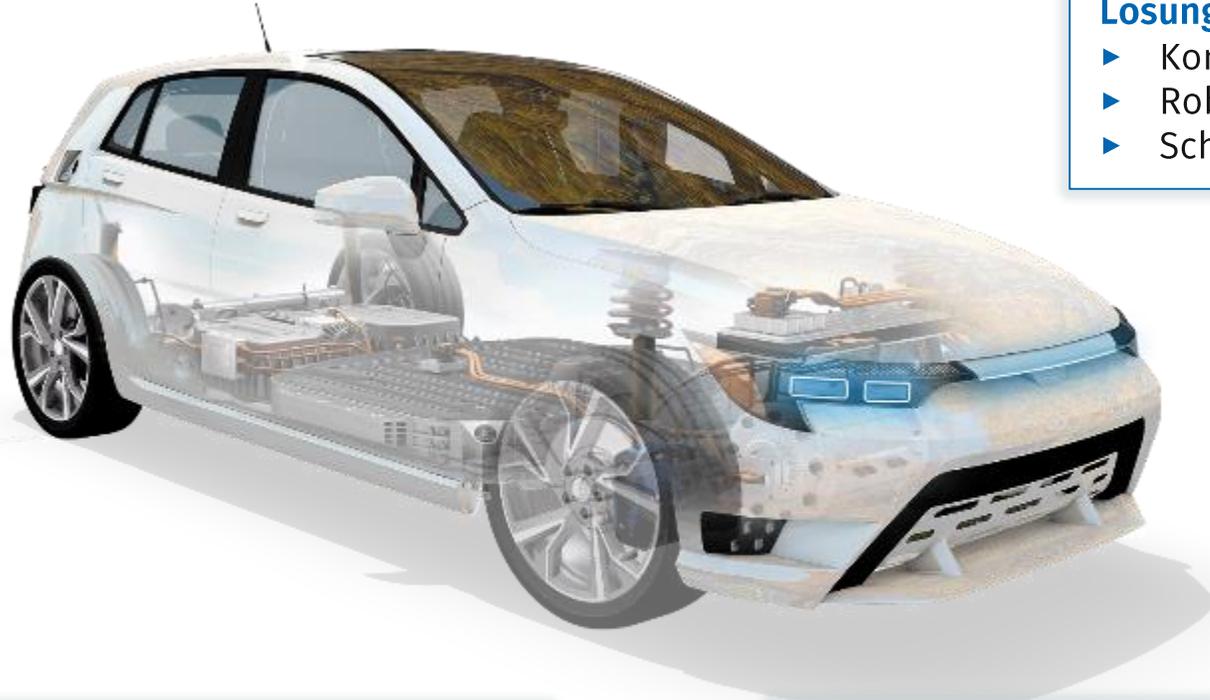
Clark-Transformation

Berechnung von Systemparametern

PWM-Analyse

Berechnung komplexer physikalischer Parameter

# Anforderungen an die Leistungsmessung



## Lösung für den mobilen Einsatz:

- ▶ Kompakte Abmessungen
- ▶ Robuste Gehäuse
- ▶ Schutzart IP 65 oder höher

## Benötigt Größen:

- ▶ Wirkleistung (P)
- ▶ Scheinleistung (S)
- ▶ Blindleistung (Q)
- ▶ (Wirk-) Leistungsfaktor ( $\lambda$ )

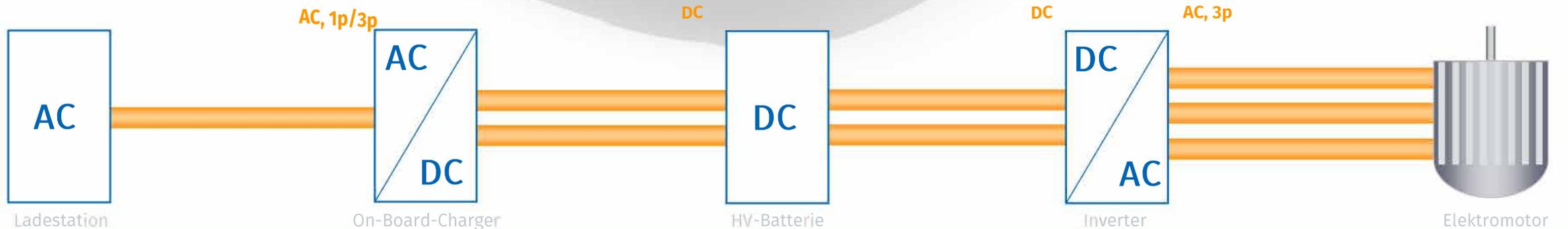
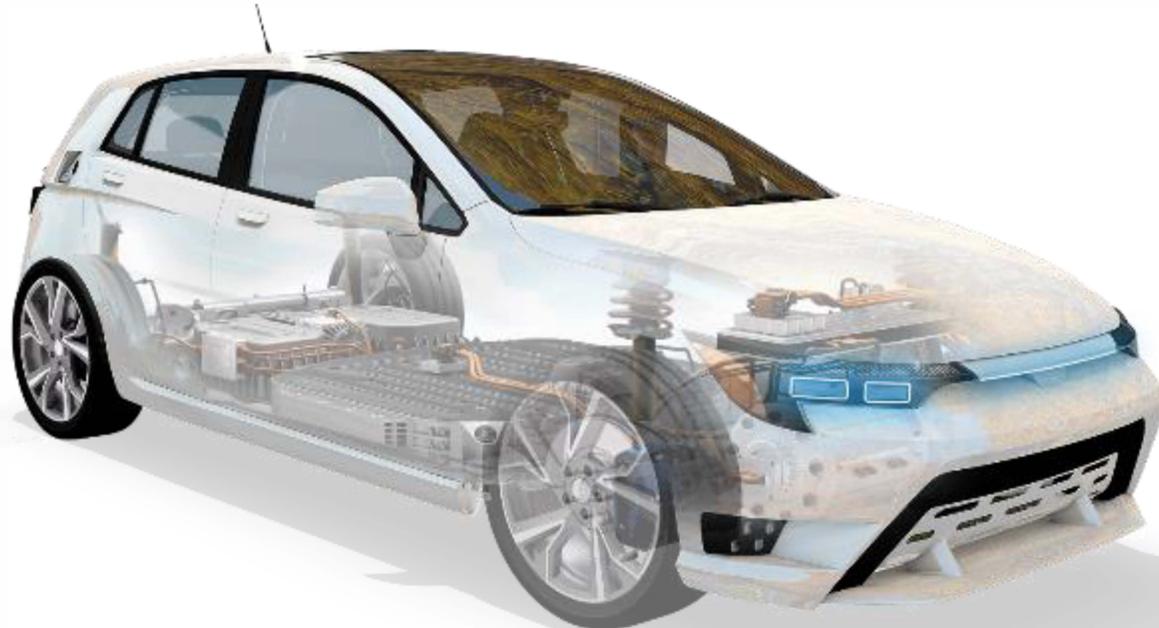
## Anbindungsmöglichkeiten:

- ▶ Standard (Prüfstands-) Systeme
- ▶ Datenlogger

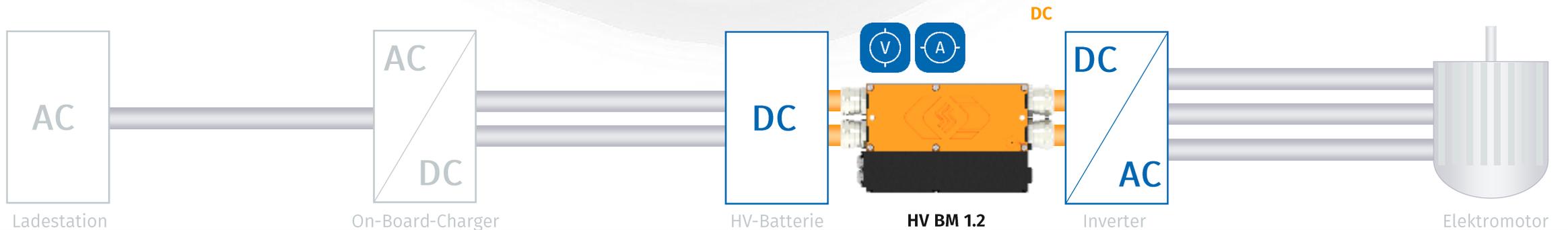
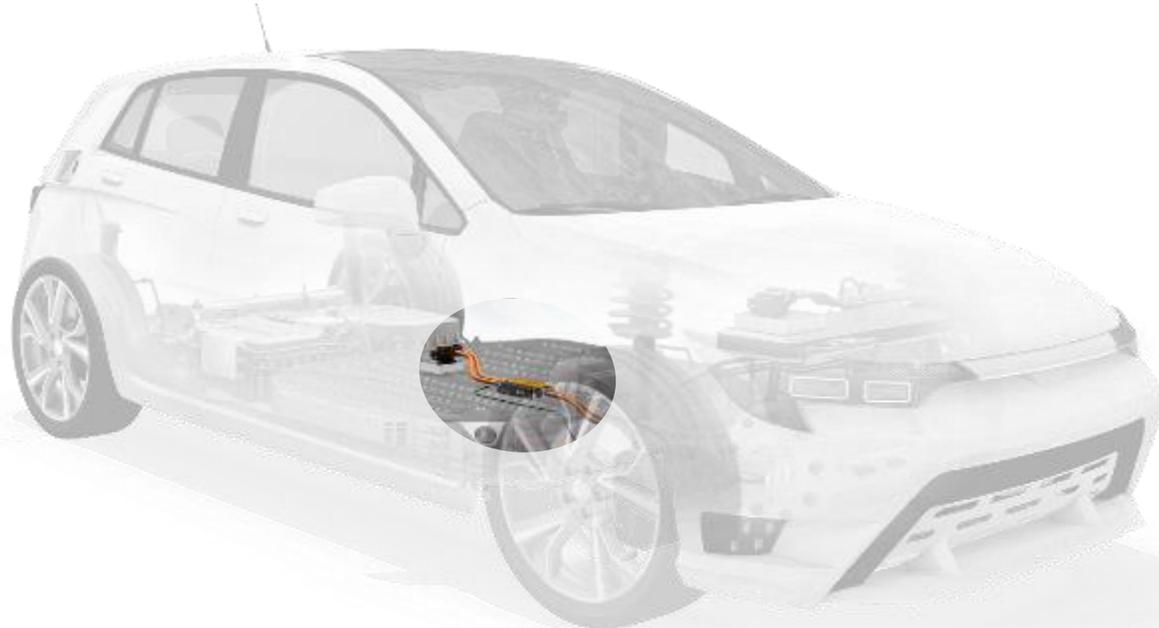
## Benötigt:

- ▶ Effektivwerte von Strom und Spannung auch bei Überlagerungen und Strom- / Spannungseinbrüchen

# Leistungsmessung mit HV Breakout-Modulen



# Leistungsmessung mit HV Breakout-Modulen



### Lösung für den mobilen Einsatz:

- ▶ Kompakte Abmessungen
- ▶ Robuste Gehäuse
- ▶ Schutzart IP 65 oder höher

## HV Breakout-Modul 1.2

HV BM 1.2 auf  
[www.csm.de](http://www.csm.de)

### Messung von hohen Strömen und Spannungen

- ▶ Alles in einer kompakten Lösung
- ▶ Messung direkt in den HV-Leitungen
- ▶ Für Anwendungen im Fahrzeug und Prüfstand
  - IP67
  - Betriebstemperaturbereich: -40 °C bis +125 °C



Ladestation



On-Board-Charger

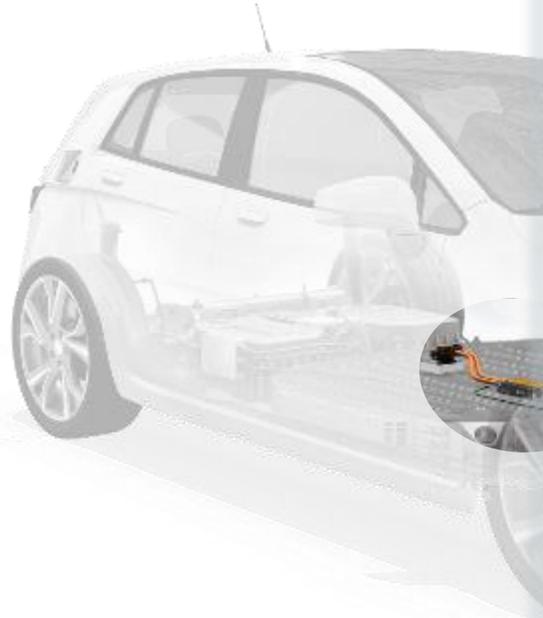
HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

Elektromotor

# Leistungsmessung mit HV



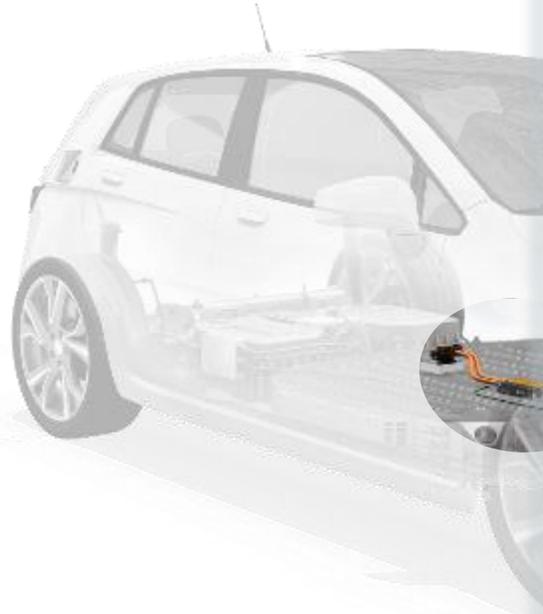
## HV Breakout-Modul 1.2

### Messung von hohen Strömen und Spannungen

- ▶ Strommessung mit Shunt-Modulen
  - Innenleiterstrom  $I_{nom}$  :  $\pm 50$  A bis  $\pm 2.000$  A
- ▶ Spannungen bis  $\pm 2.000$  V
- ▶ Datenrate bis zu 1 MHz pro Kanal (EtherCAT®)
- ▶ zusätzliche CAN Schnittstelle



# Leistungsmessung mit HV



## HV Breakout-Modul 1.2

### Messung von hohen Strömen und Spannungen

- ▶ Kabelanschluss über
  - PowerLok-Stecksystem
  - Kabelverschraubungen
    - Optional plug & play mit kundenspezifischen Steckadaptern



HV Breakout-Modul 1.2 mit vorkonfektionierten kundenspezifischen Steckadaptern



Ladestation



On-Board-Charger

HV-Batterie

**HV BM 1.2**

Inverter

Elektromotor

### Benötigt Größen:

- ▶ Wirkleistung (P)
- ▶ Scheinleistung (S)
- ▶ Blindleistung (Q)
- ▶ (Wirk-) Leistungsfaktor ( $\lambda$ )

## Leistungskanäle HV BM 1.x

### Aus den erfassten internen Signalen von

- ▶ Strom
- ▶ Spannung

### Erfolgt die modulinterne Berechnung von

- ▶ Wirkleistung **P** in W
- ▶ Scheinleistung **S** in VA
- ▶ Blindleistung **Q** in var
- ▶ Leistungsfaktor  $\lambda$

HV BM  
Leistungskanäle  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)



### Benötigt Größen:

- ▶ Wirkleistung (P)
- ▶ Scheinleistung (S)
- ▶ Blindleistung (Q)
- ▶ (Wirk-) Leistungsfaktor ( $\lambda$ )

### Benötigt:

- ▶ Effektivwerte zu Strom und Spannung auch bei Überlagerungen und Strom- / Spannungseinbrüchen

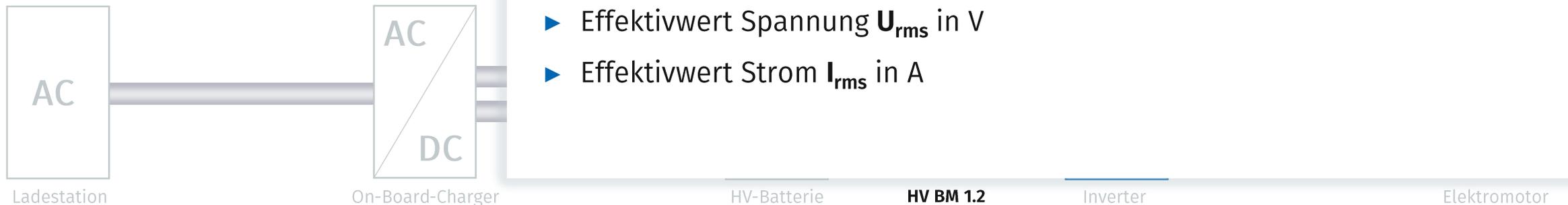
## Leistungskanäle HV BM 1.x

### Aus den erfassten internen Signalen von

- ▶ Strom
- ▶ Spannung

### Erfolgt die modulinterne Berechnung von

- ▶ Wirkleistung **P** in W
- ▶ Scheinleistung **S** in VA
- ▶ Blindleistung **Q** in var
- ▶ Leistungsfaktor  $\lambda$
  
- ▶ Effektivwert Spannung **U<sub>rms</sub>** in V
- ▶ Effektivwert Strom **I<sub>rms</sub>** in A

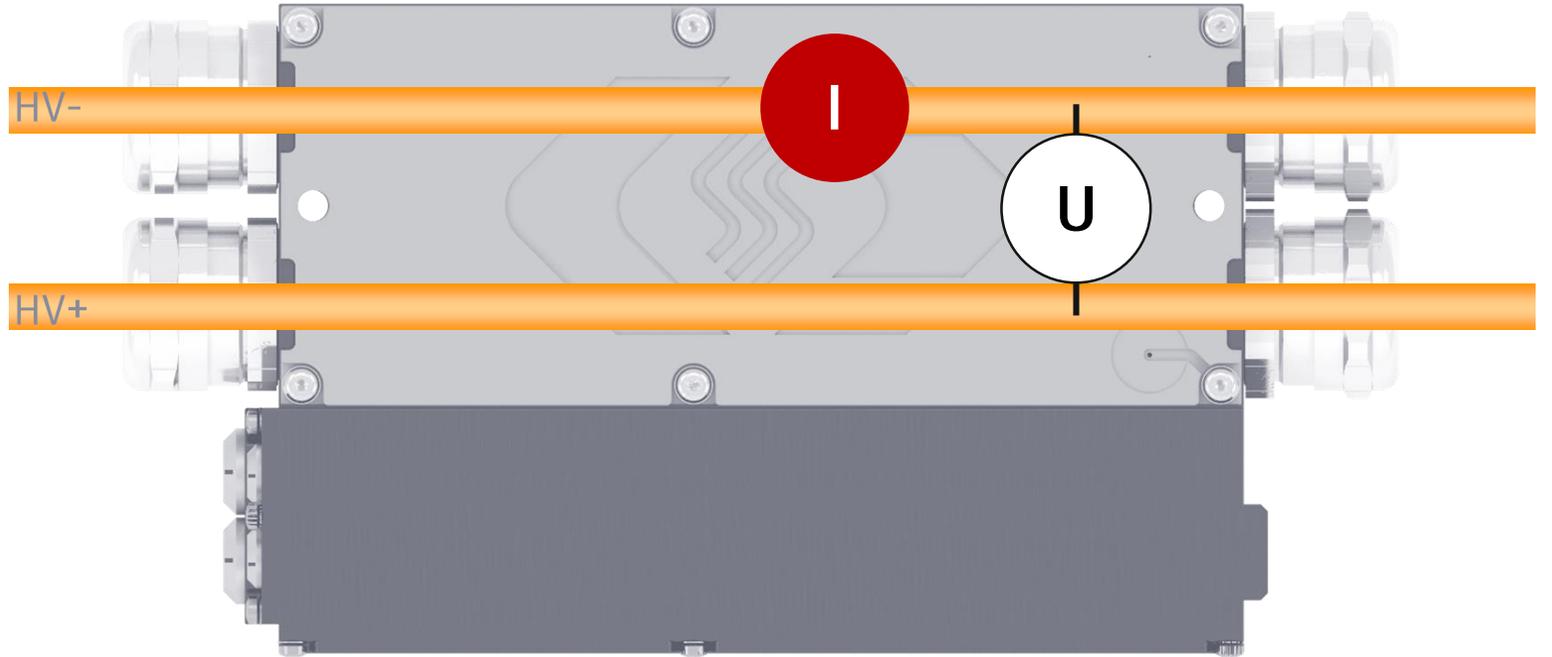


# Leistungsmessung mit HV



## Leistungskanäle HV BM 1.x

### Messschaltung



Ladestation



On-Board-Charger

HV-Batterie

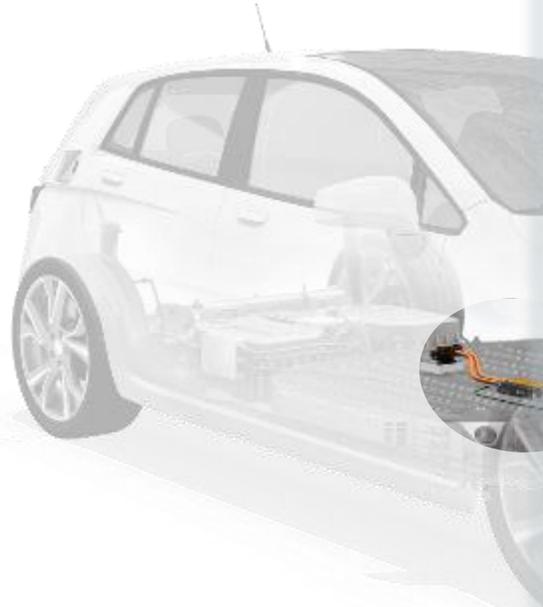
HV BM 1.2

Inverter

Elektromotor



# Leistungsmessung mit HV



## Leistungskanäle HV BM 1.x

- ▶ Weitere Messkanäle
- ▶ Integrationszeiten

Kanal 6 von Gerät HVBM1\_00123, S/N 123, D/N 0

Kanalname:	<input type="text" value="HVBM1_00123_P"/>	...	OK
Kommentar:	<input type="text"/>		
Sensormame:	<input type="text"/>	...	Abbrechen
Aktueller Messwert:	<input type="text" value="???"/> ???	Mst.Nr.:	
CAN-Identifizier:	<input type="text" value="pro Gerät"/> pro Gerät	Integrationszeit:	<input type="text" value="100 ms"/> 100 ms
Messbereich:	<input type="text" value="-200 .. 200 kW"/> -200 .. 200 kW		

- ▶ Feste Integrationszeiten von 10 ms – 10 s
- ▶ Manuell eingetragen und für die Messdauer nicht veränderbar
- ▶ Bei erwarteten starken Frequenzänderungen:
  - Lange Integrationsintervalle nötig



Ladestation



On-Board-Charger

HV-Batterie

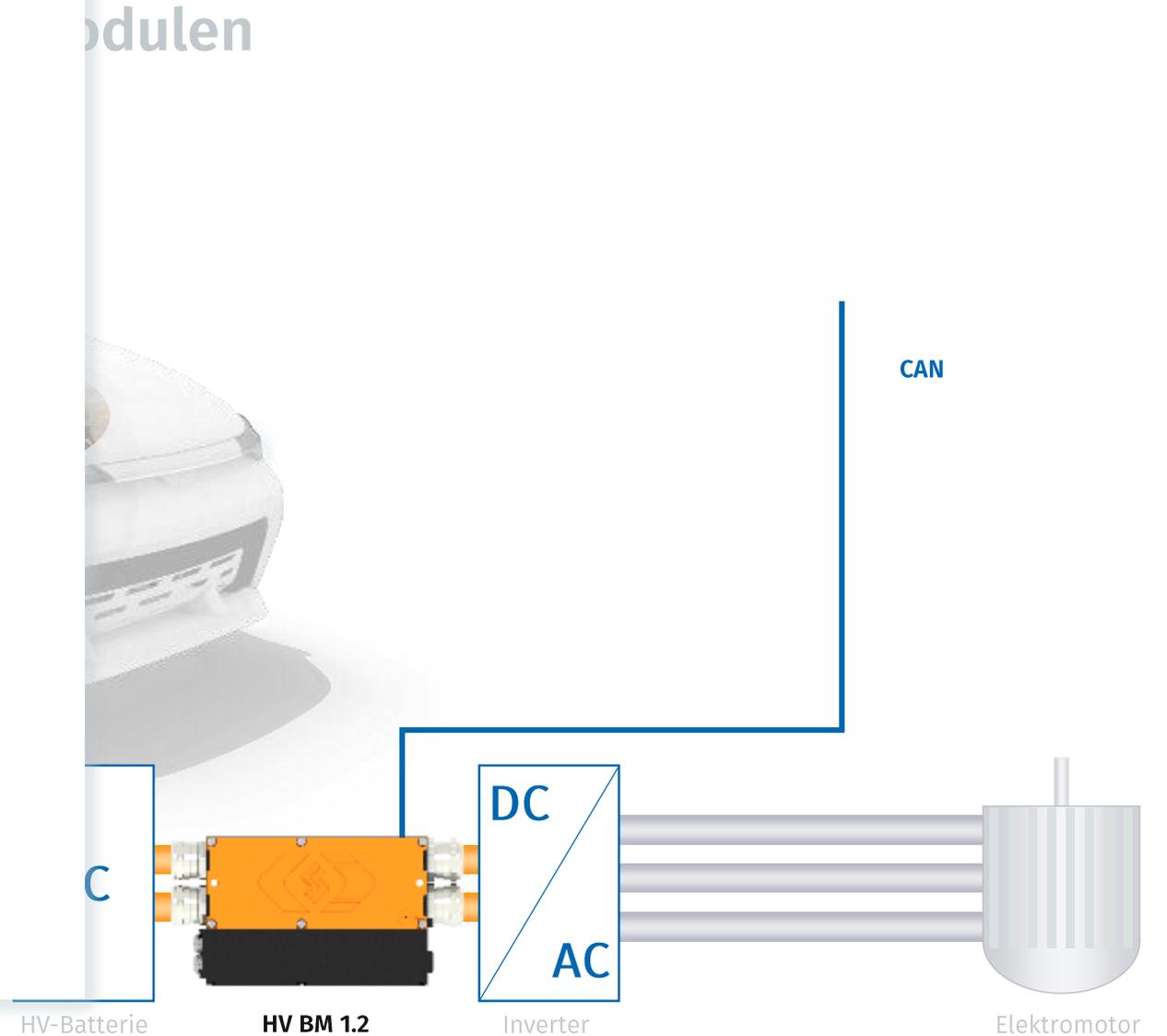
HV BM 1.2

Inverter

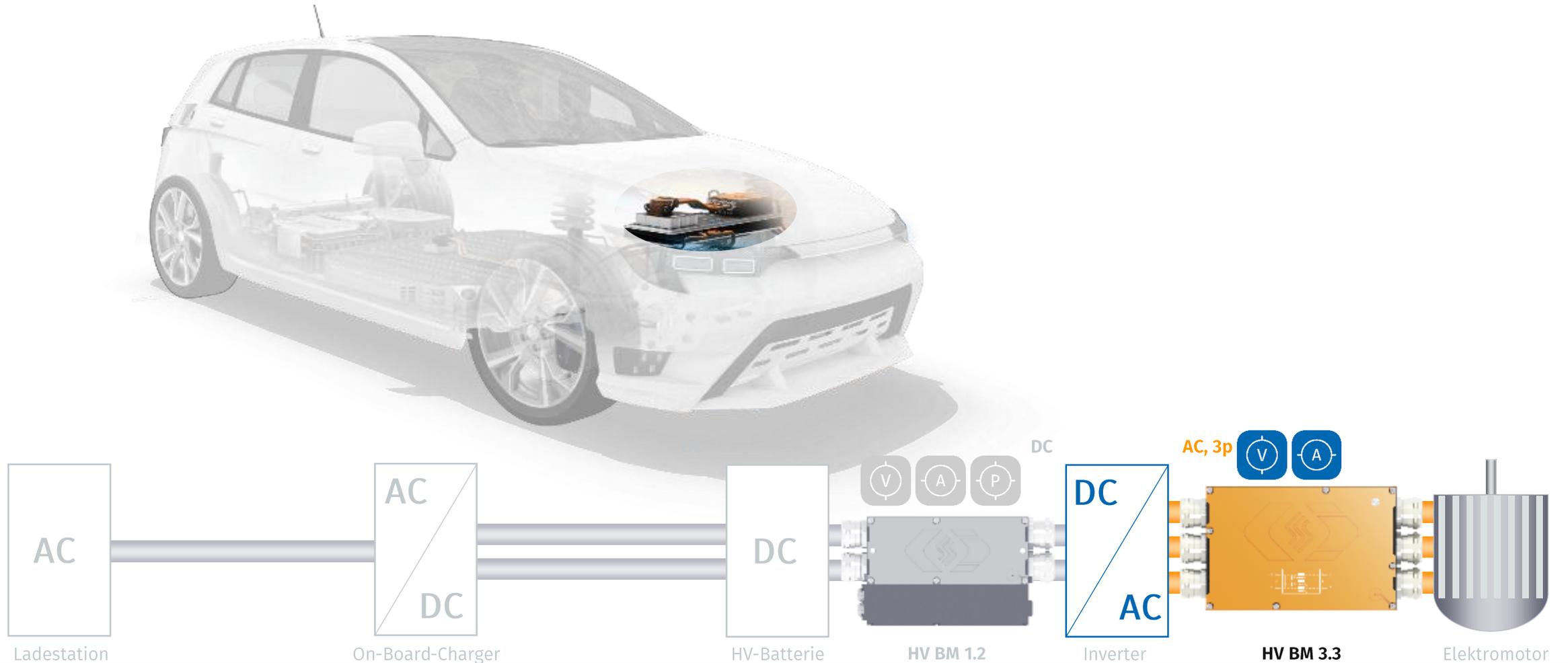
Elektromotor

# Leistungskanäle HV BM 1.x

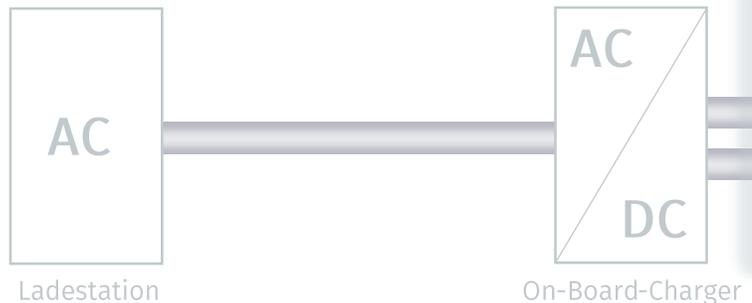
- ▶ Weitere Messkanäle
- ▶ Integrationszeiten
- ▶ Ausgabe über CAN



# Leistungsmessung mit HV Breakout-Modulen



# Leistungsmessung mit HV



## HV Breakout-Modul 3.3

HV BM 3.3 auf  
[www.csm.de](http://www.csm.de)



- ▶ Messung von 3-phasigen Strömen und Spannungen
- ▶ Ausgabe der Messdaten mit einer Rate bis zu 2 MHz pro Messgröße über XCP-on-Ethernet



HV BM 3.3 Varianten: Kabelanschluss über Kabelverschraubungen oder PowerLok-Stecksystem

HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

HV BM 3.3

Elektromotor

# Leistungsmessung mit HV



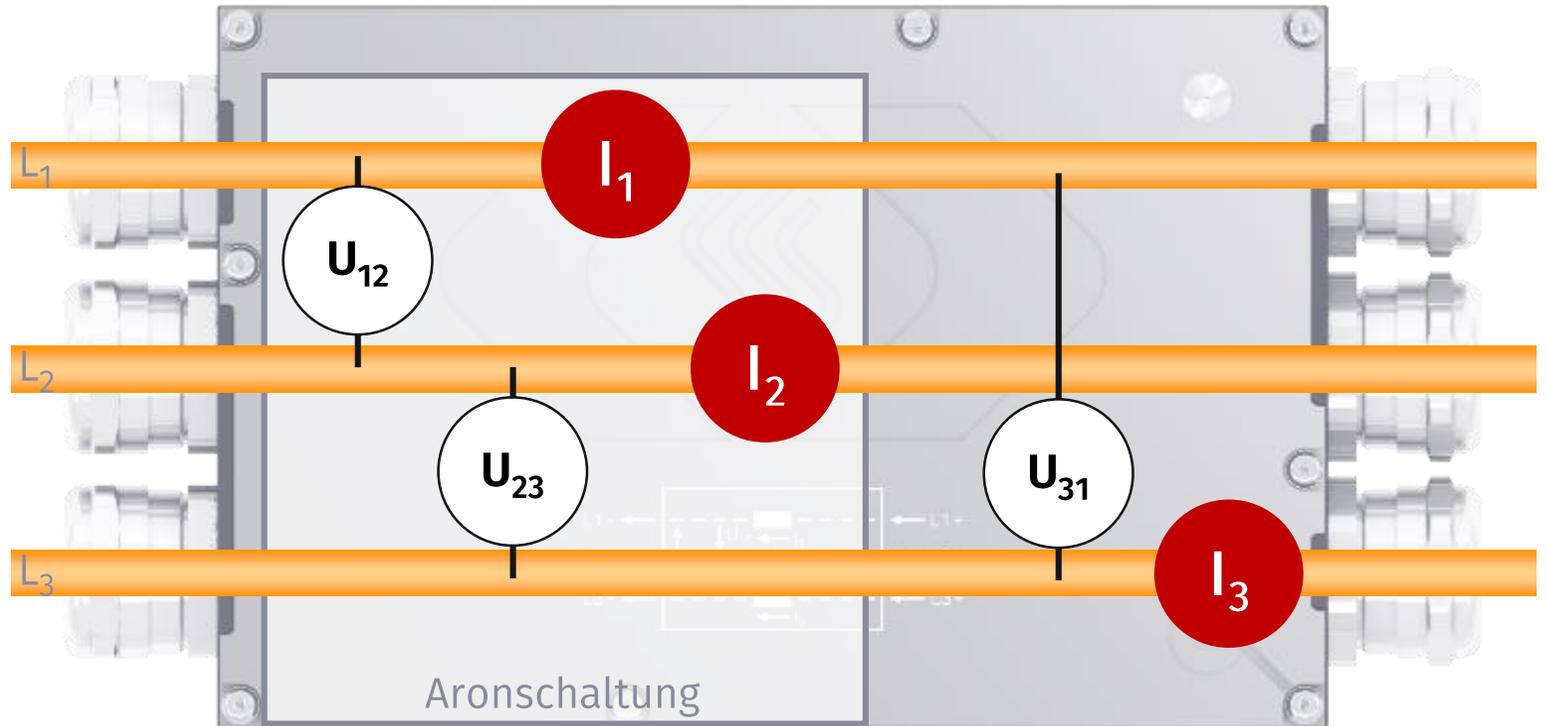
Ladestation



On-Board-Charger

## Leistungskanäle HV BM 3.x

### Messschaltung 3P3W



### Zwei-Wattmeter-Methode

$$P = P(U_{12}, I_1) + P(U_{23}, I_2)$$

HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

HV BM 3.3

Elektromotor

# Leistungsmessung mit HV



## Leistungskanäle HV BM 3.x

### ► Weitere Messkanäle

Gerät HVBM33EC\_00123, S/N 123, D/N 0

Einstellungen

Gerätetyp: HV BM 3.3

Seriennummer: 123

Gerätename: HVBM33EC\_00123

Gerätenummer: 0

**Kanäle/Rate: 16: U/I, RMS/Power** 1 ms / 1 kHz

Datenformat: INTEL

Verbaute Shunt-Typen, Nennströme

Innenleiterstrom: 50 A

OK

Abbruch

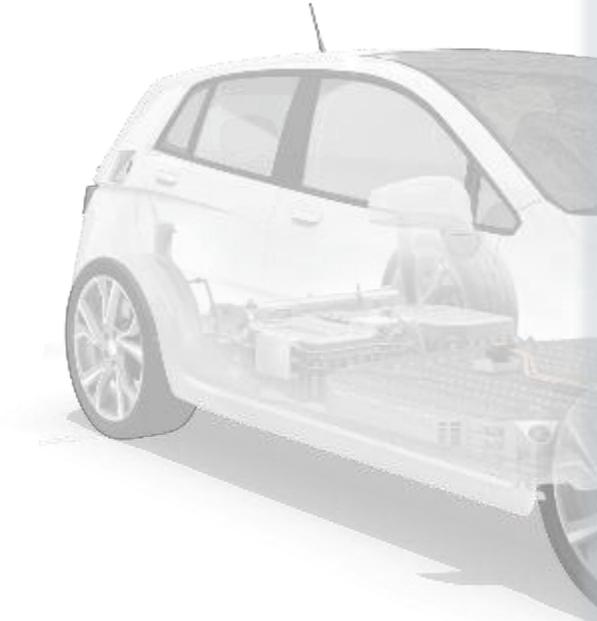
Messung

Aus Gerät lesen

In Gerät speichern

- HVBM33EC\_00123: HV BM 3.3, S/N 123, D/N 0, 16 Kanäle
- HVBM33EC\_00123\_U12: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_U23: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_U31: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_I1: Anzeigebereich -100 A ... 100 A, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_I2: Anzeigebereich -100 A ... 100 A, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_I3: Anzeigebereich -100 A ... 100 A, Filter: Std ( 150 Hz) Butterworth
- HVBM33EC\_00123\_U\_RMS12: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V**
- HVBM33EC\_00123\_U\_RMS23: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V**
- HVBM33EC\_00123\_U\_RMS31: Anzeigebereich -2000 V ... 2000 V**
- HVBM33EC\_00123\_I\_RMS1: Anzeigebereich -100 A ... 100 A**
- HVBM33EC\_00123\_I\_RMS2: Anzeigebereich -100 A ... 100 A**
- HVBM33EC\_00123\_I\_RMS3: Anzeigebereich -100 A ... 100 A**
- HVBM33EC\_00123\_P: Anzeigebereich -200000 W ... 200000 W**
- HVBM33EC\_00123\_S: Anzeigebereich -200000 VA ... 200000 VA**
- HVBM33EC\_00123\_Q: Anzeigebereich -200000 var ... 200000 var**
- HVBM33EC\_00123\_Lambda: Anzeigebereich 0 ... 1**

## Leistungsmessung mit HV



### Leistungskanäle HV BM 3.x

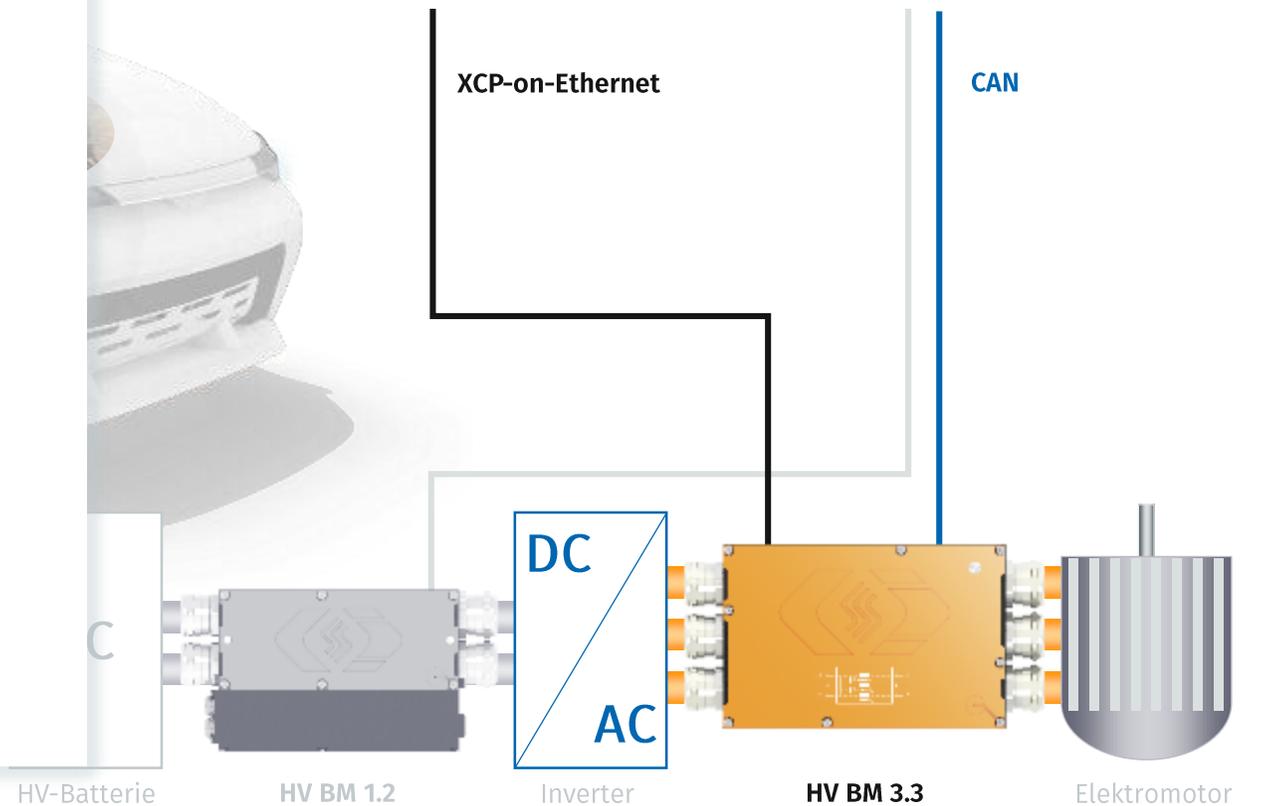
- ▶ Weitere Messkanäle
- ▶ Integrationszeiten
- ▶ Feste Integrationszeiten von 10 ms – 10 s
- ▶ Bedingt durch das Messverfahren
  - Keine Messung von Leckströmen
  - Keine Messung von Unsymmetrien



# Leistungskanäle HV BM 3.x

- ▶ Weitere Messkanäle
- ▶ Integrationszeiten
- ▶ Ausgabe über XCP-on-Ethernet und CAN

Modulen



Ladestation

On-Board-Charger

HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

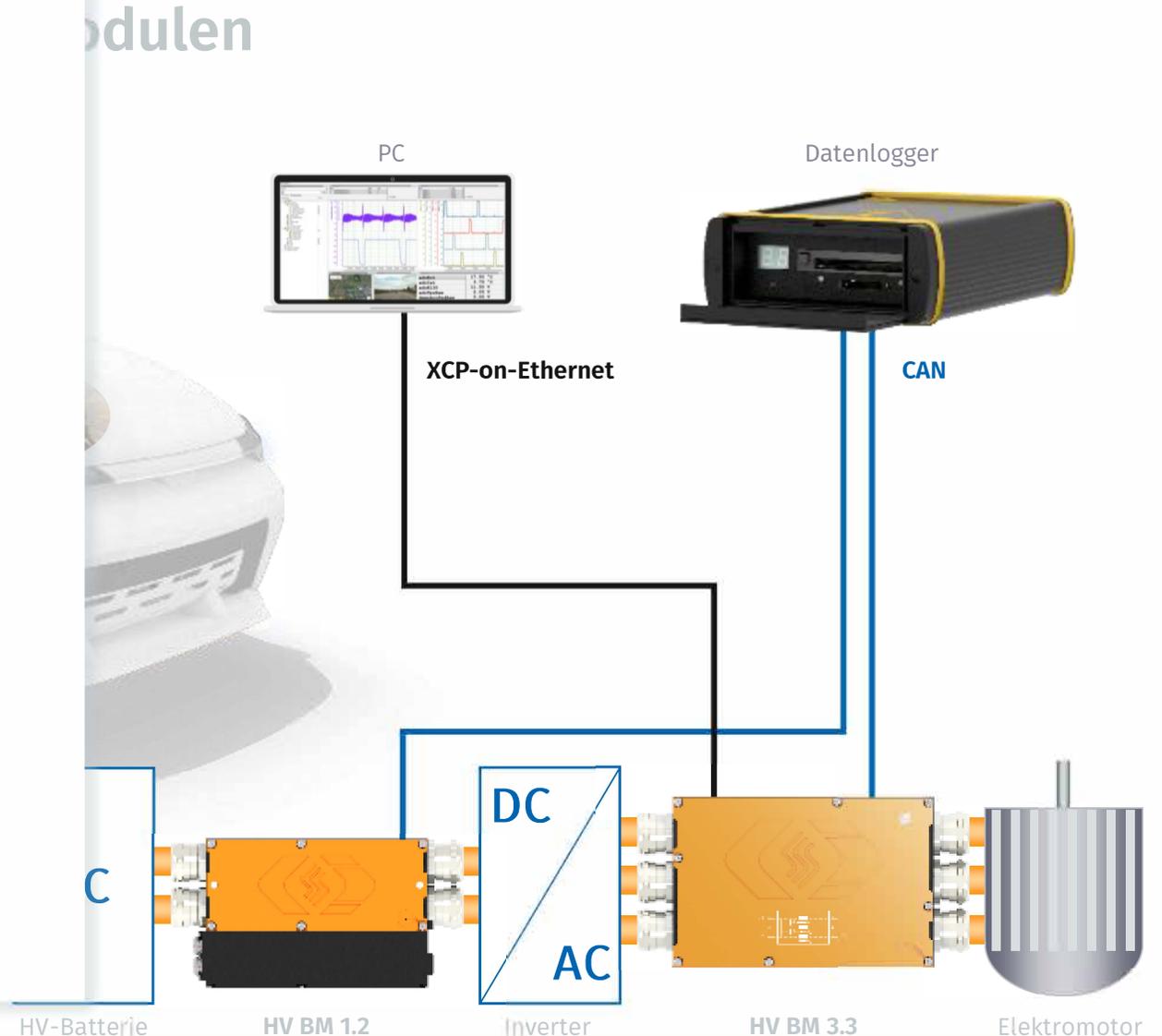
HV BM 3.3

Elektromotor

# Datenausgabe

## Messrechner und Datenlogger

- ▶ Ausgabe der Leistungswerte gemeinsam mit Werten von Strom und Spannung
- ▶ Über CAN und XCP-on-Ethernet
- ▶ Direkte Kontrolle auf Messrechner
  - ▶ Reduzierter Datenstrom
  - ▶ Keine zusätzliche Belastung der CPU des Messrechners
  - ▶ Direkte Weiterverarbeitung im Automatisierungssystem
- ▶ Parallele Aufzeichnung auf Datenlogger



# Datenausgabe

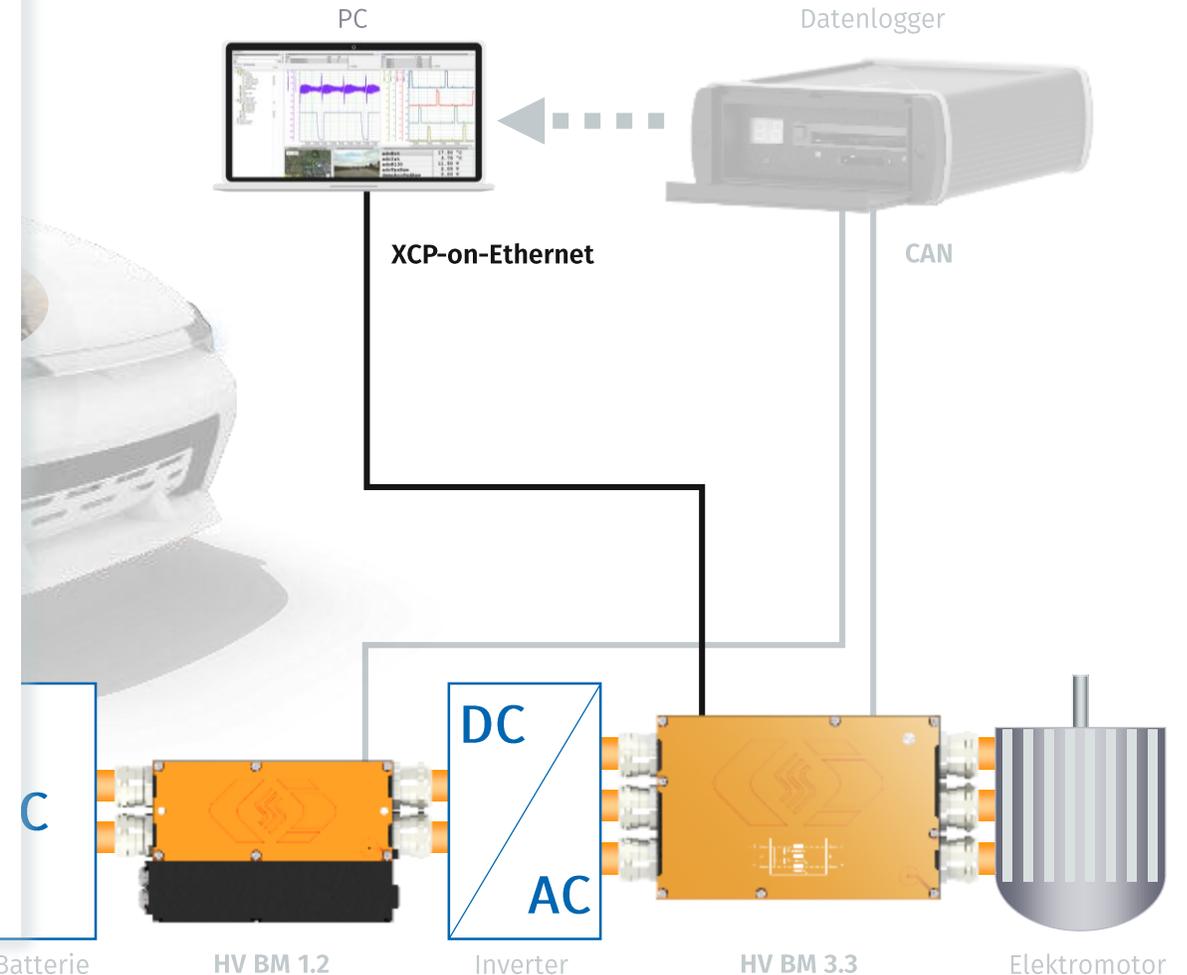
## Einfache Dateneinbindung in Softwarelösungen

- ▶ Keine weitere, spezielle Software für Leistungsmessung notwendig
- ▶ Verwendbar in verschiedenen Softwarelösungen und Automatisierungssystemen (Vector Informatik, ETAS, AVL PUMA, Beckhoff, NI, etc.)

Modulen

### Anbindungsmöglichkeiten:

- ▶ Standard (Prüfstands-) Systeme
- ▶ Datenlogger



Ladestation

On-Board-Charger

HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

HV BM 3.3

Elektromotor

# Datenausgabe

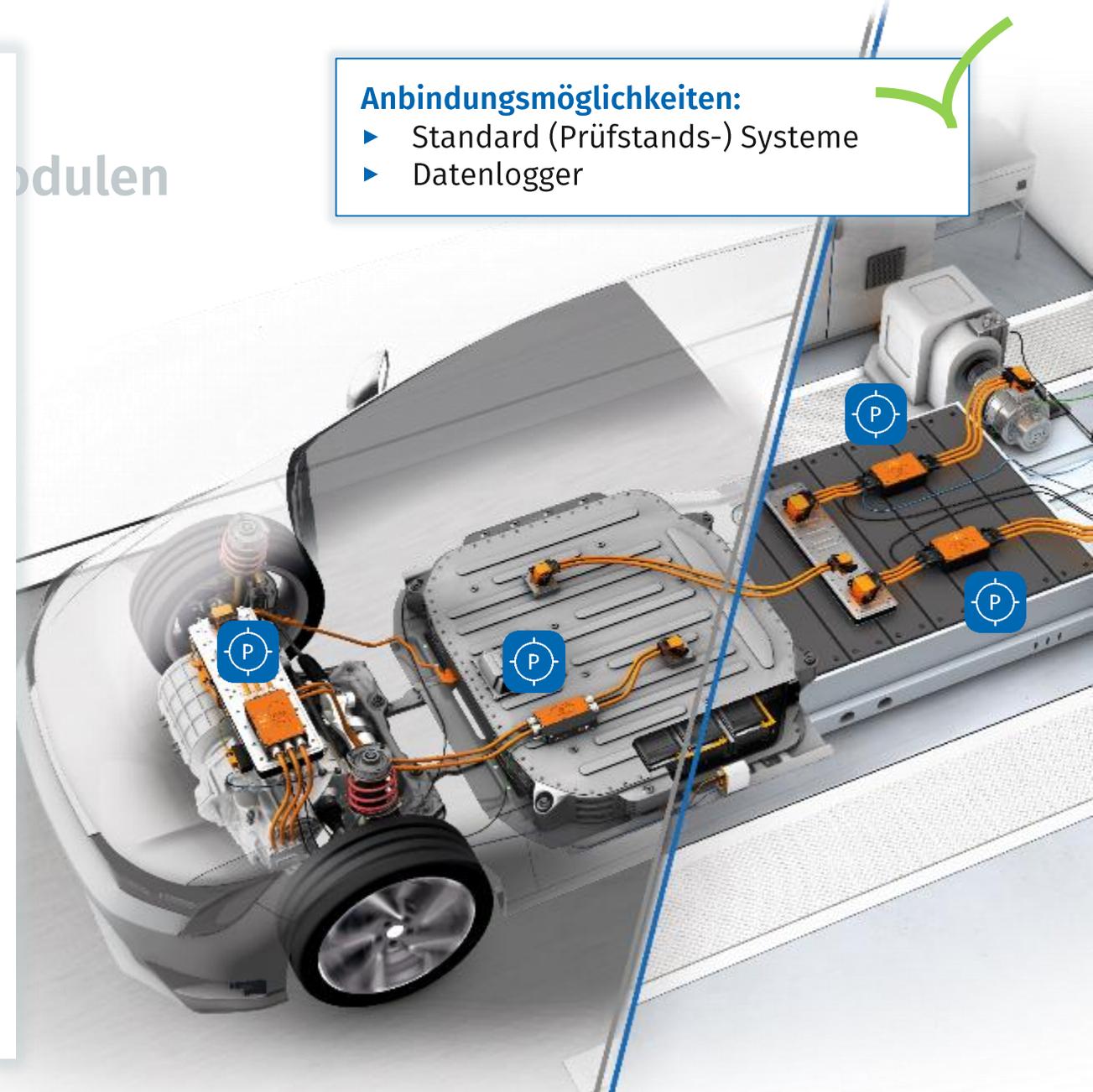
## Einfache Dateneinbindung in Softwarelösungen

- ▶ Keine weitere, spezielle Software für Leistungsmessung notwendig
- ▶ Verwendbar in verschiedenen Softwarelösungen und Automatisierungssystemen (Vector Informatik, ETAS, AVL PUMA, Beckhoff, NI, etc.)
- ▶ Gleiche Messtechnik im Fahrversuch wie am Prüfstand
  - Messwerte aus beiden Szenarien sind direkt vergleichbar

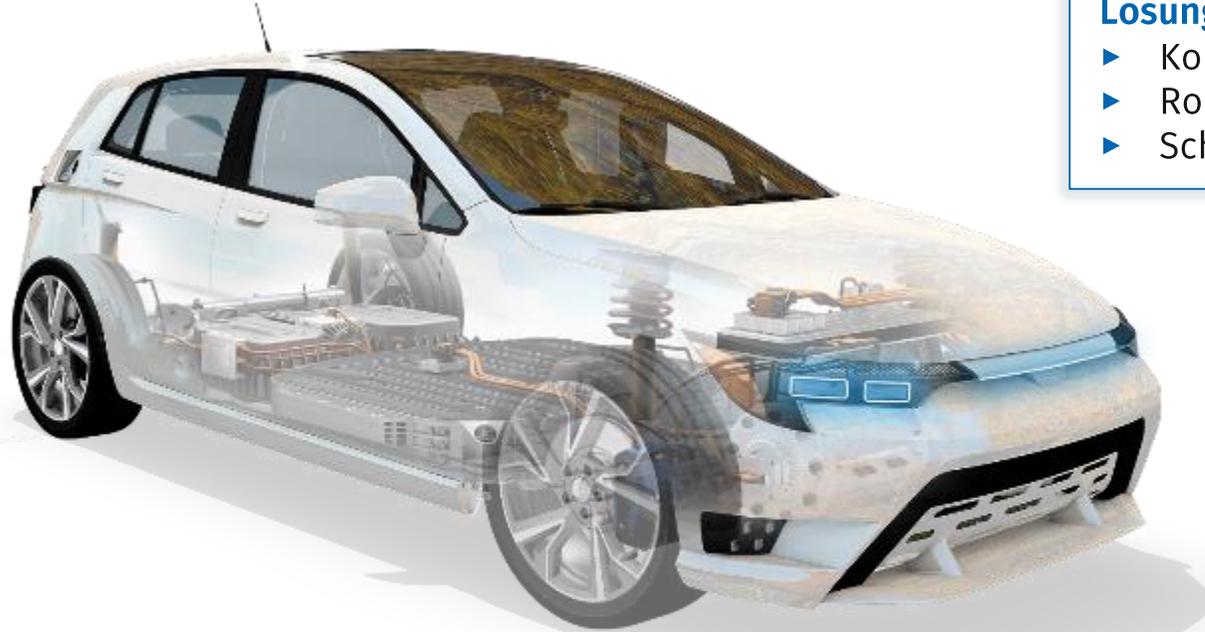
Modulen

### Anbindungsmöglichkeiten:

- ▶ Standard (Prüfstands-) Systeme
- ▶ Datenlogger



# Anforderungen an die Leistungsmessung



## Lösung für den mobilen Einsatz:

- ▶ Kompakte Abmessungen
- ▶ Robuste Gehäuse
- ▶ Schutzart IP 65 oder höher

## Benötigt Größen:

- ▶ Wirkleistung (P)
- ▶ Scheinleistung (S)
- ▶ Blindleistung (Q)
- ▶ (Wirk-) Leistungsfaktor ( $\lambda$ )

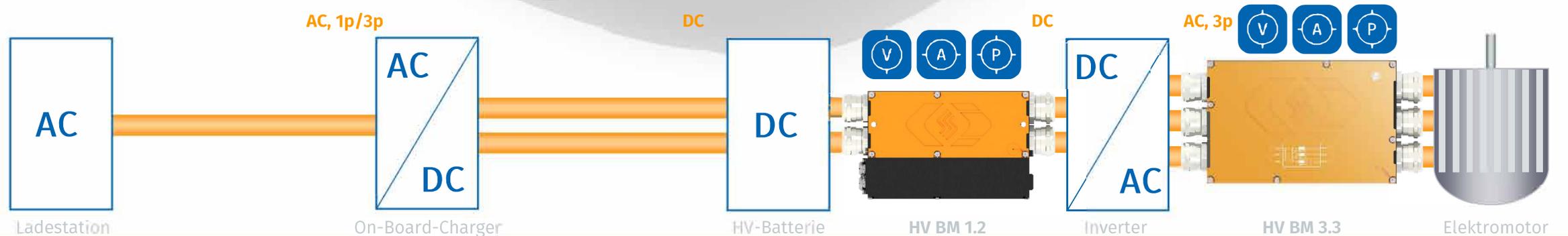
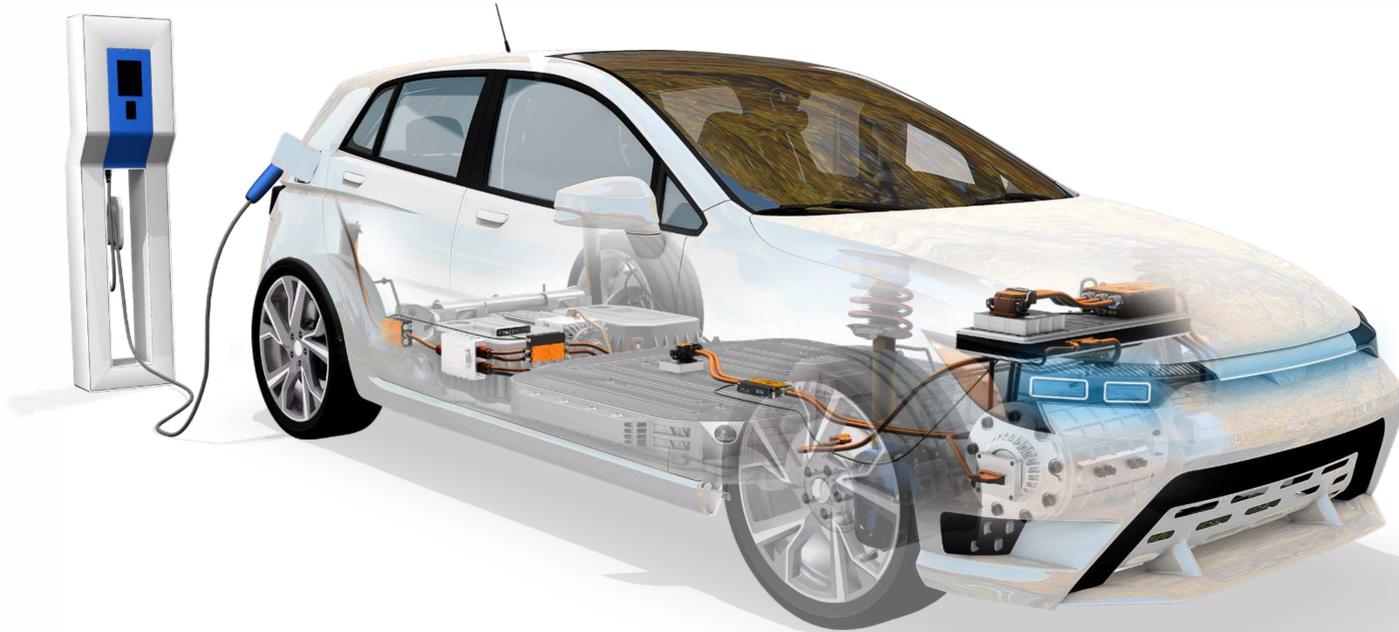
## Anbindungsmöglichkeiten:

- ▶ Standard (Prüfstands-) Systeme
- ▶ Datenlogger

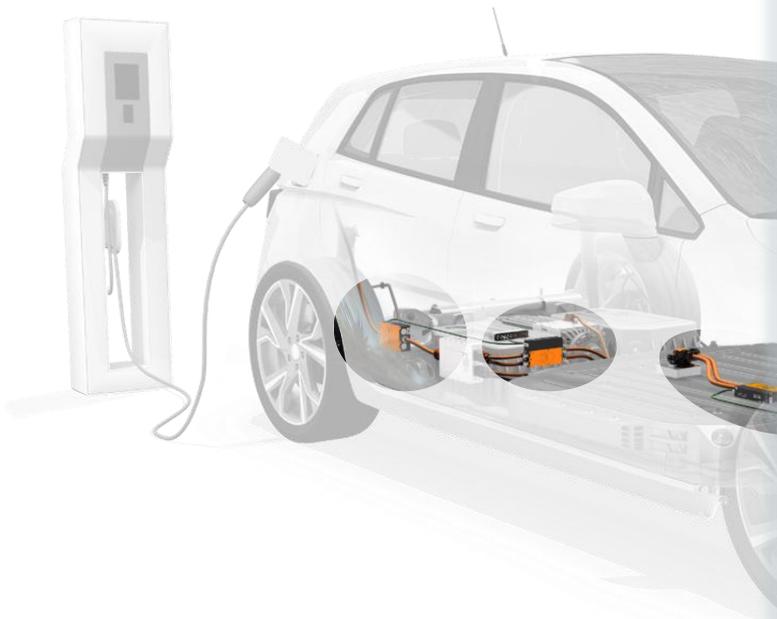
## Benötigt:

- ▶ Effektivwerte zu Strom und Spannung auch bei Überlagerungen und Strom- / Spannungseinbrüchen

# WLTP Messung

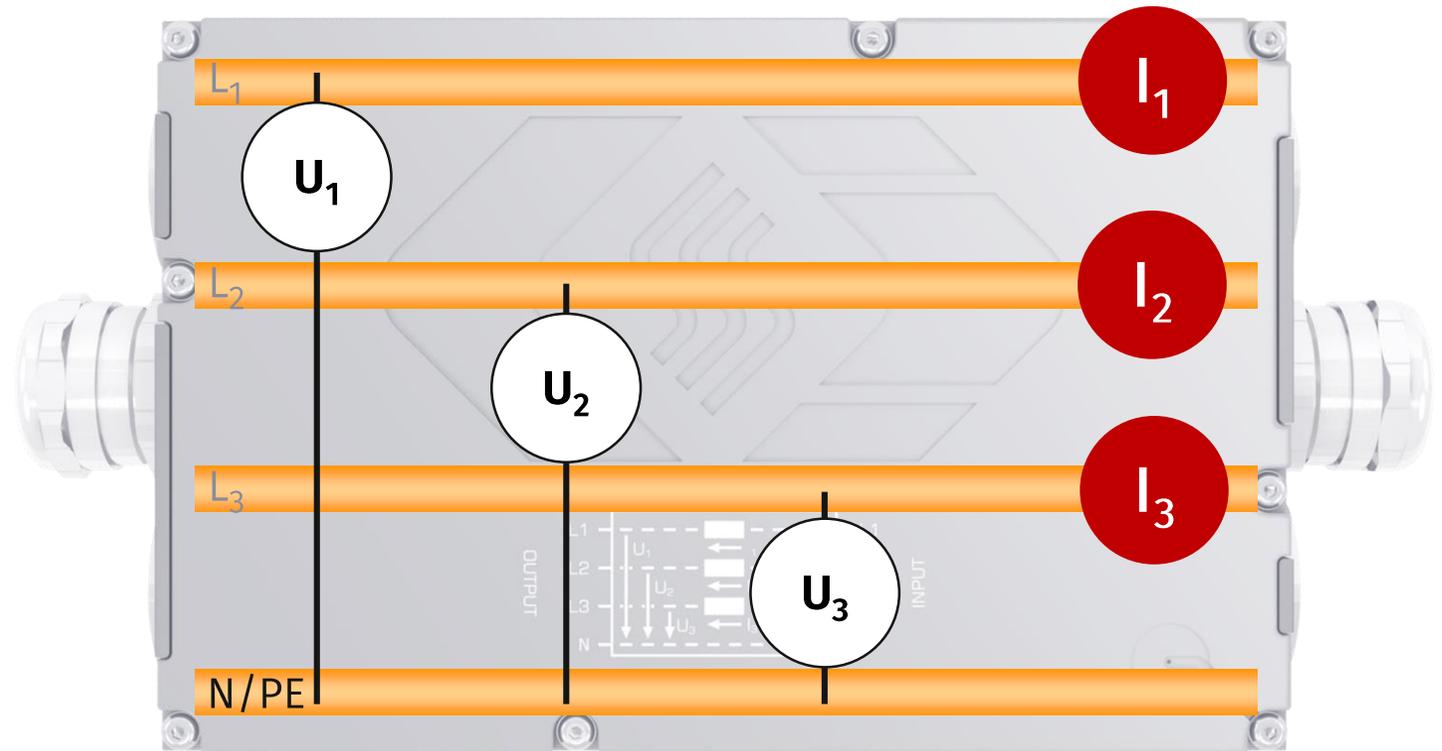


# WLTP Messung



## Leistungskanäle HV BM 3.x

### Messschaltung HV BM 3.1 OBC



Ladestation

HV BM 3.1 OBC

On-Board-Charger

HV BM 1.2

HV-Batterie

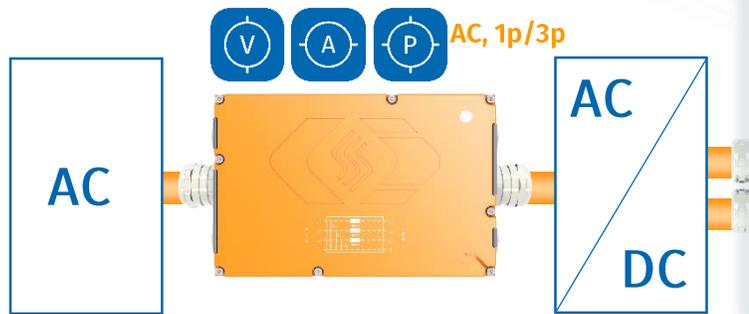
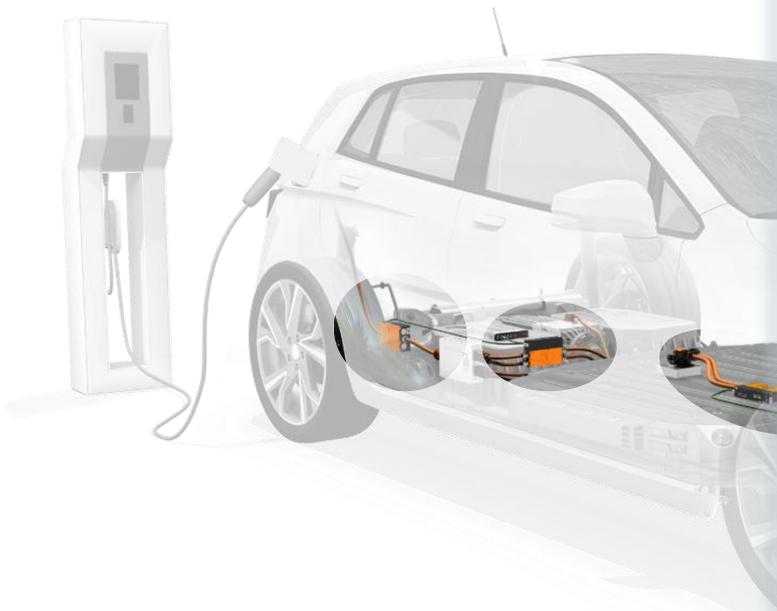
HV BM 1.2

Inverter

HV BM 3.3

Elektromotor

# WLTP Messung

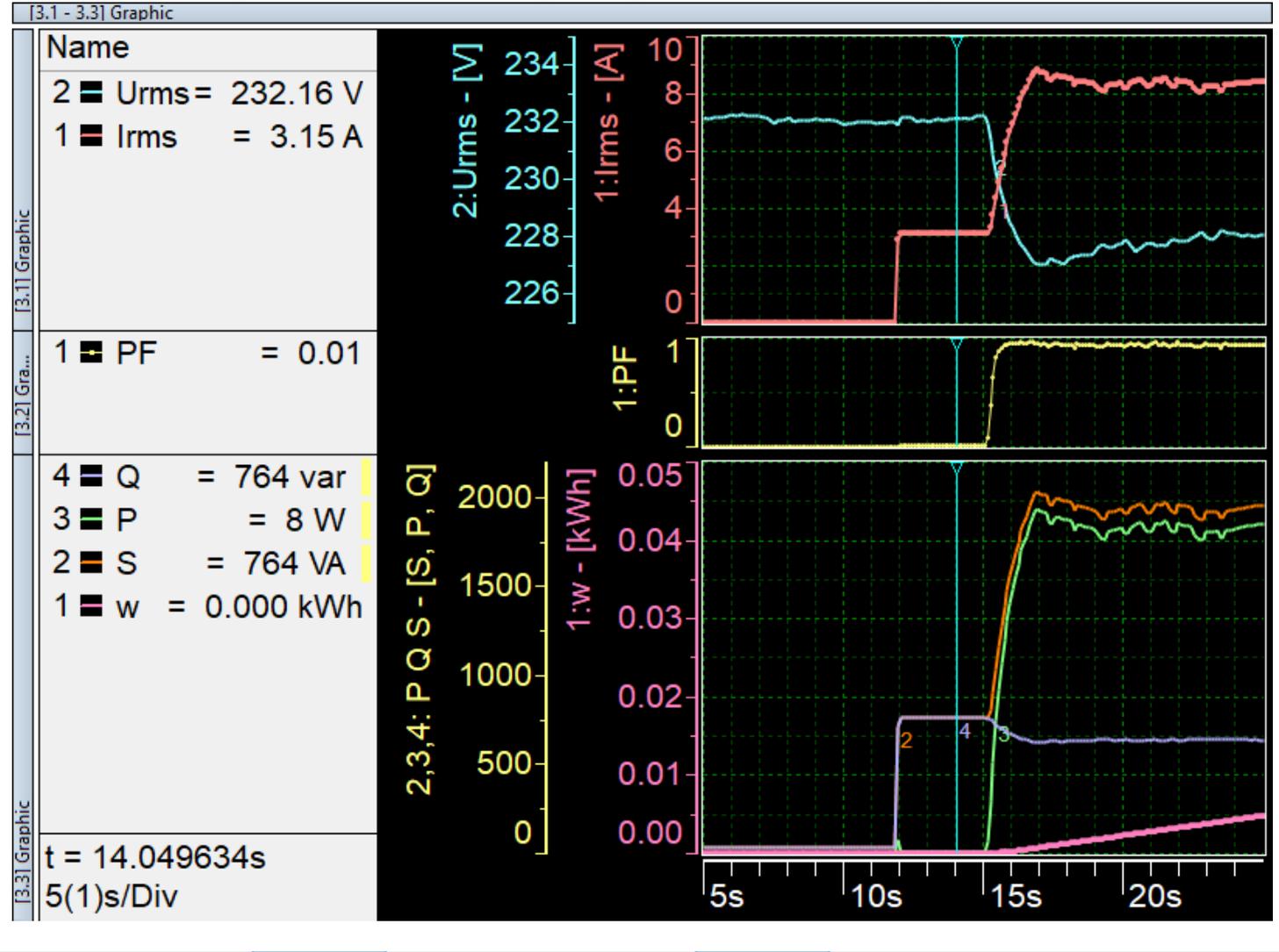


Ladestation

HV BM 3.1 OBC

On-Board-Charger

# Einphasiger Ladevorgang E-Fahrzeug



HV BM 1.2

HV-Batterie

HV BM 1.2

Inverter

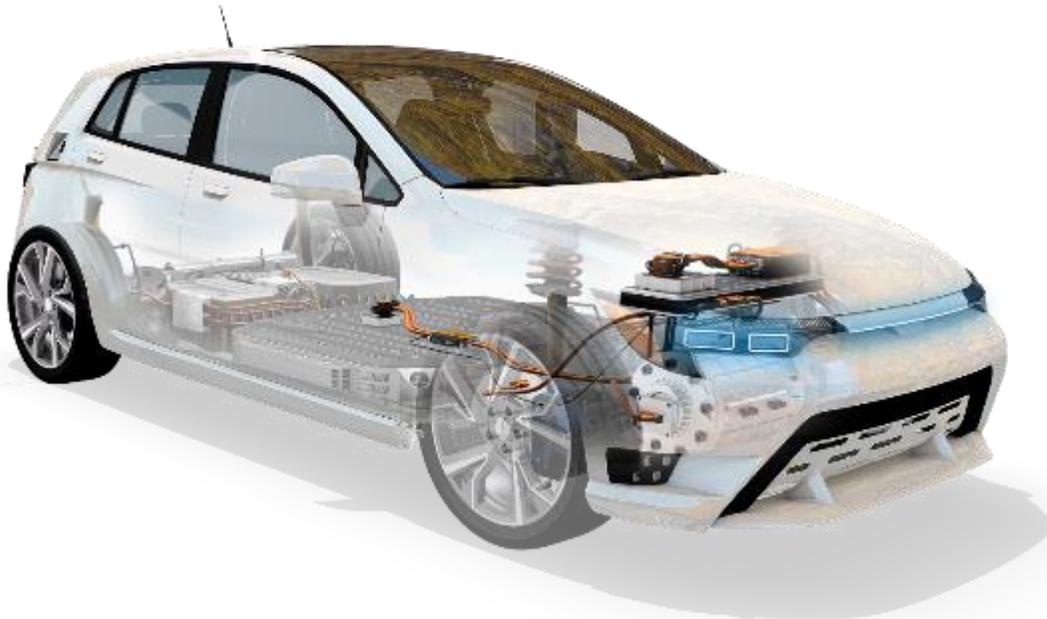
HV BM 3.3

Elektromotor

# Leistungsmessung

## Weitere Anwendungsmöglichkeiten

- ▶ Energieverbrauch einzelner Komponenten (z.B. beim Benchmarking)
- ▶ Maximale Leistungsabgabe von (HV) Batterien, Brennstoffzellen-Stacks, etc.
- ▶ Einfache Ladevorgänge (z.B. DC Schnellladen, AC-Laden)
- ▶ Funktionsprüfungen
- ▶ Abnahme-Prüfstände (z.B. EOL), Rollenprüfstände
- ▶ Dauerlauf-Fahrversuch
- ▶ Benchmarks
- ▶ Systemüberwachung (Monitoring)



# 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](http://www.csm.de/webseminars)



**CSM Xplained**  
measurement technology