# Leistungsmessung an elektrifizierten mobilen Maschinen und Baugeräten

CSM Web-Seminare

CSM Xplained
measurement technology

Innovative Mess- und Datentechnik

# Vorteile von elektrifizierten mobilen Maschinen und Baugeräten

## Einhaltung von Grenzwerten

by Stefan Redel / AdobeStock

## Gesundheit der Anwender

by damark / AdobeStock

## Flexibler Einsatz

by onlyyouqj / AdobeStock

## Längere Lebensdauer

by EDAG Engineering

## Besseres Image

by MNStudio / AdobeStock

# Herausforderungen bei der Elektrifizierung

Mechanik, Hydraulik

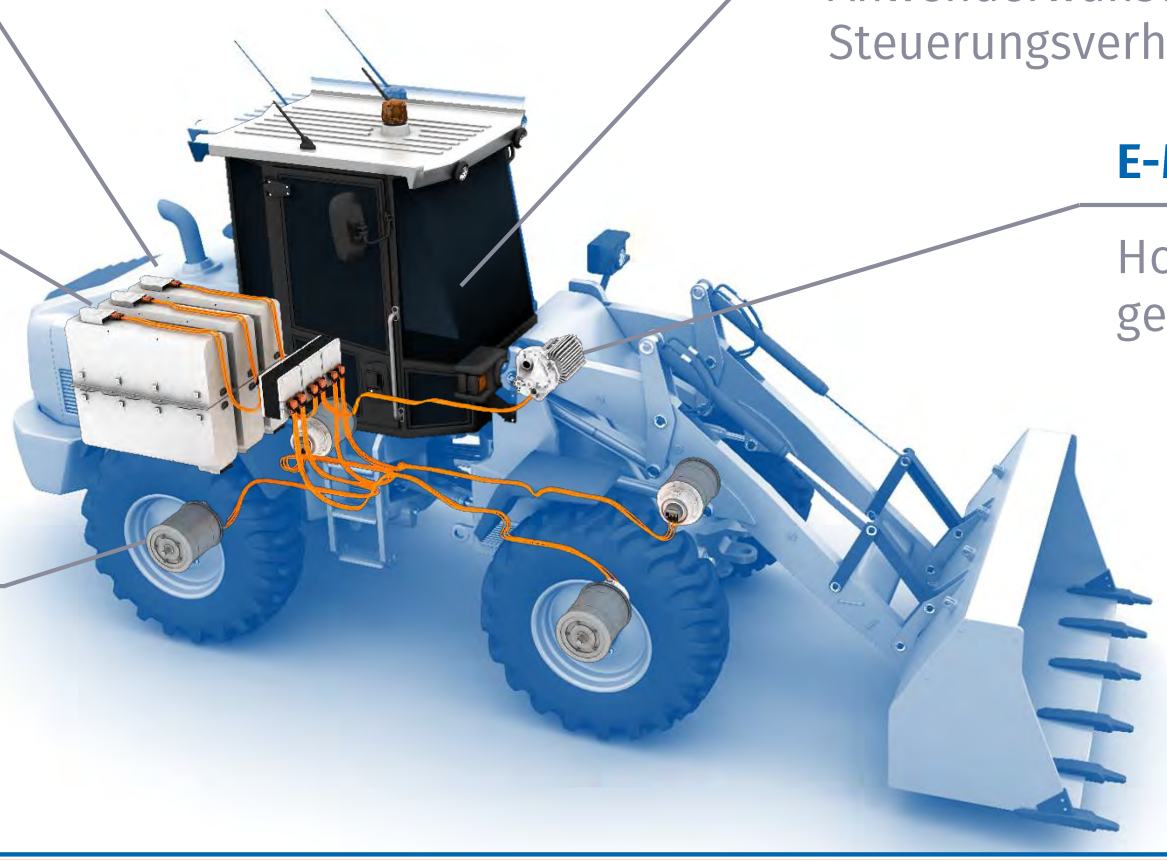
**HV Spannung, Strom**

**HV-Batterie**

Schnelles Abrufen
von Leistung

**Antriebsstrang**

Hoher Energiebedarf
über lange Zeit



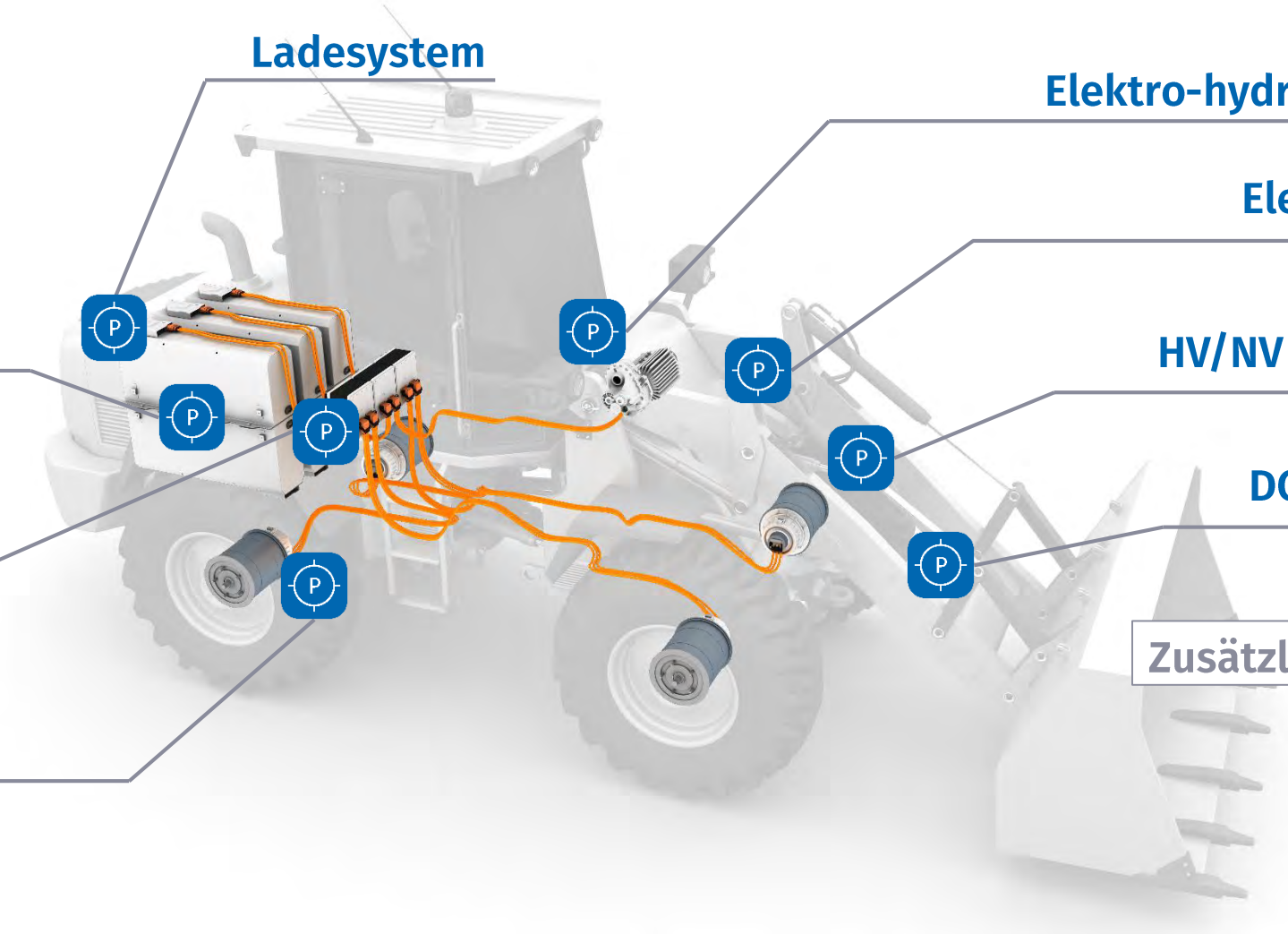
**„Hydraulik-Feeling“**

Anwenderwünsche zu
Steuerungsverhalten

**E-Motor-Ansteuerung**

Hohe Genauigkeit
gefordert

# Leistungsmessung



# Anforderungen beim Messen an elektrifizierten Baumaschinen und Baugeräten

Robuste Gehäuse

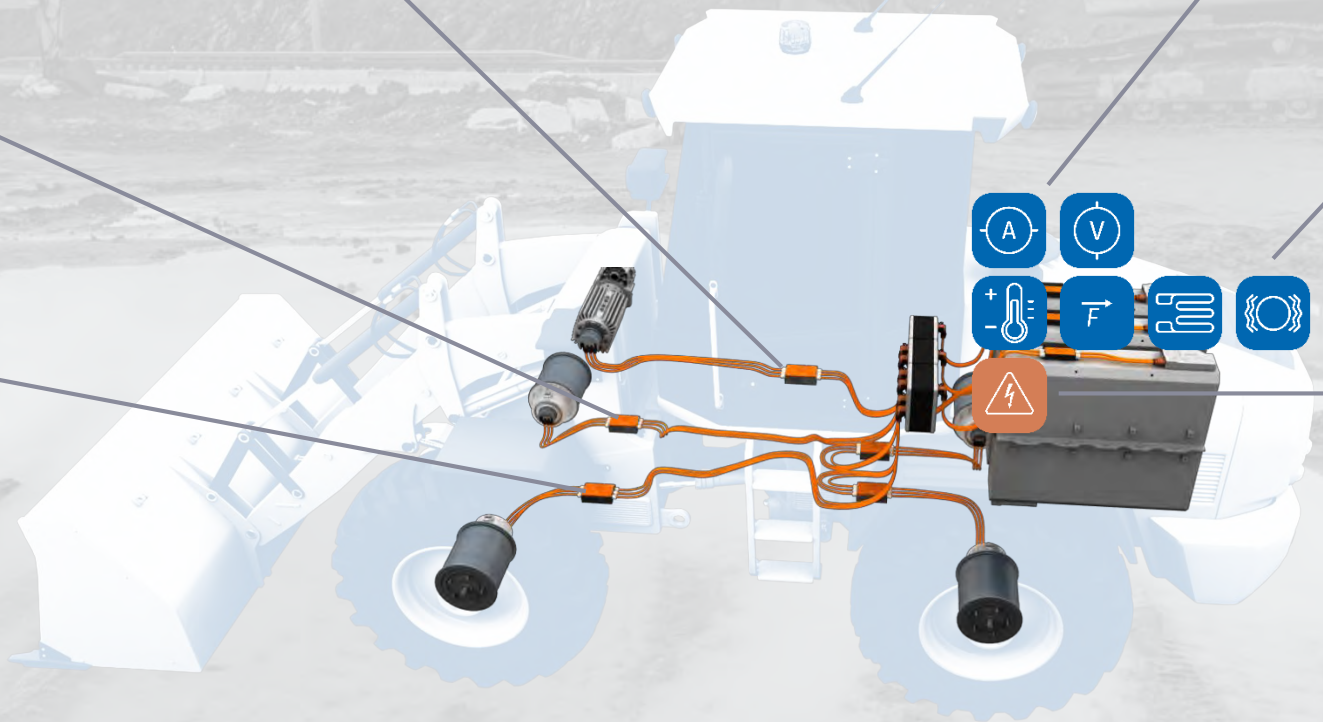
Dichtigkeit

Befestigung

Sehr hohe Ströme und Spannungen

Parallele Erfassung zahlreicher weiterer Messgrößen

HV-Sicherheit



# HV-sichere Messkette

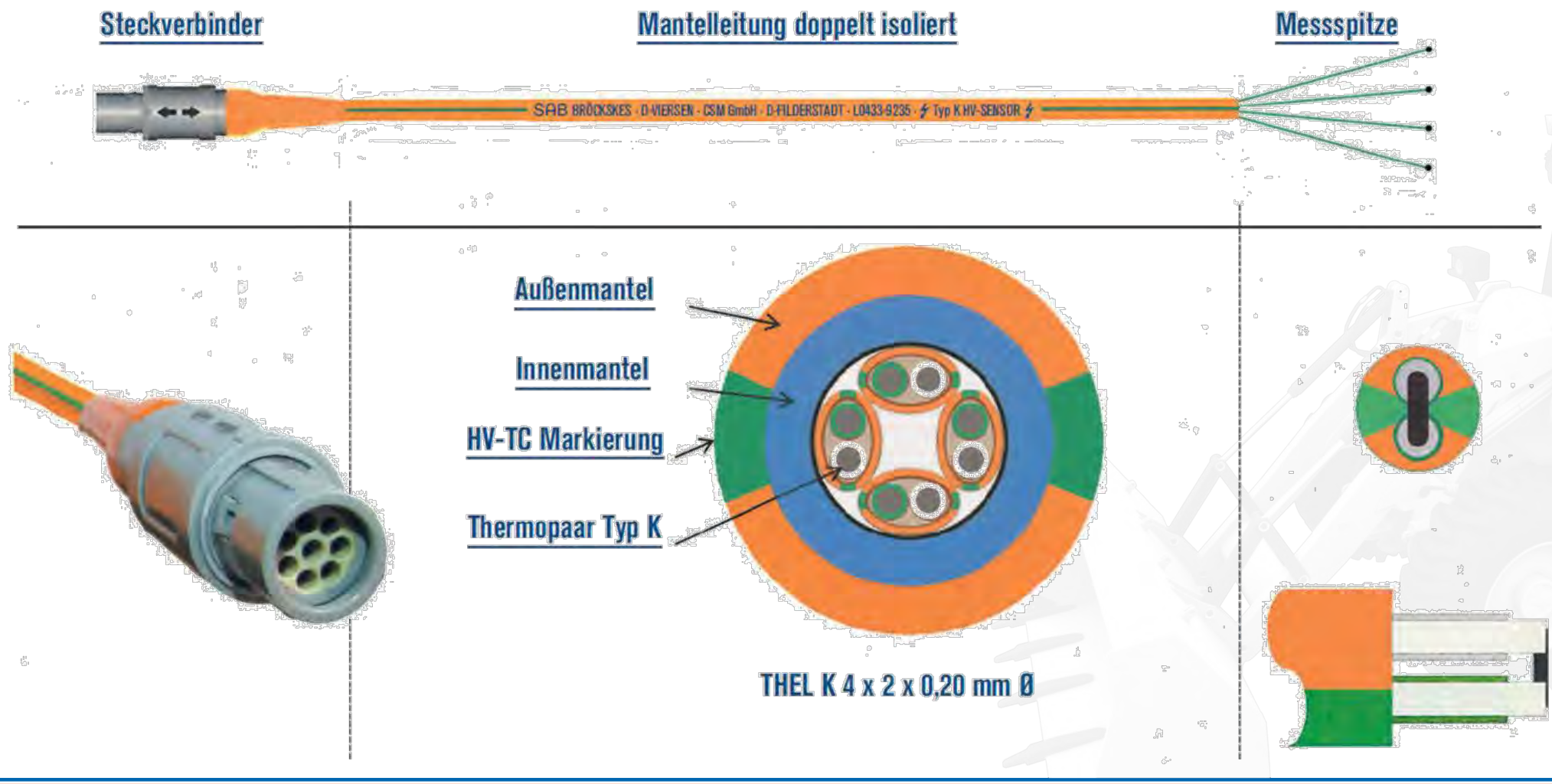
## Auswahl geeigneter Messmittel für Hochvolt-Umgebungen

Unter Berücksichtigung von:

- Einsatz-Szenario (Prüfstand? Labor? Mobil / Feldeinsatz?)
- Klimatischen Bedingungen (Umgebungstemperatur, Luftfeuchte)
- Verschmutzungsgrad
- Zu erfassenden Signalfrequenzen (Nutzbandbreite der Messkanäle)
- Arbeitsspannung

**Messmittel müssen komplett neu bewertet werden!**

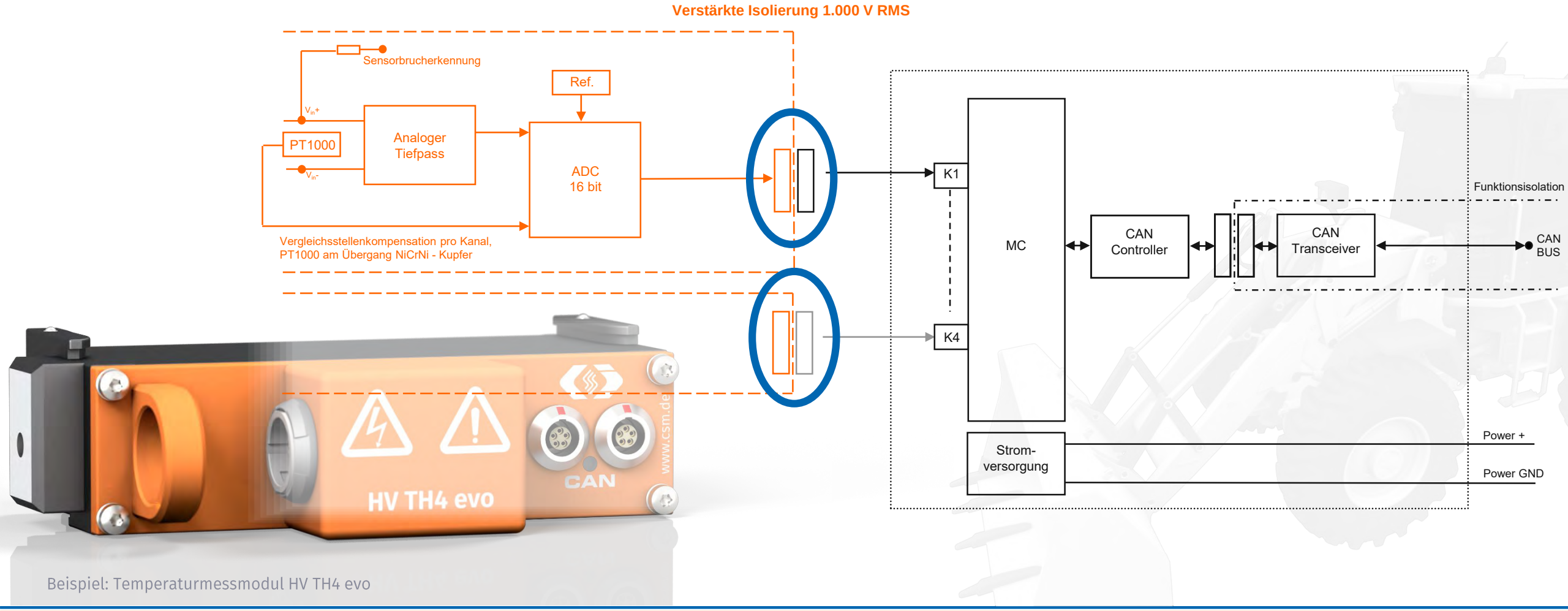
# HV-sichere Messkette
## Sensorleitungen



# HV-sichere Messkette

## HV-sichere Steckverbindung

# HV-sichere Messkette
## Isolation im Messmittel



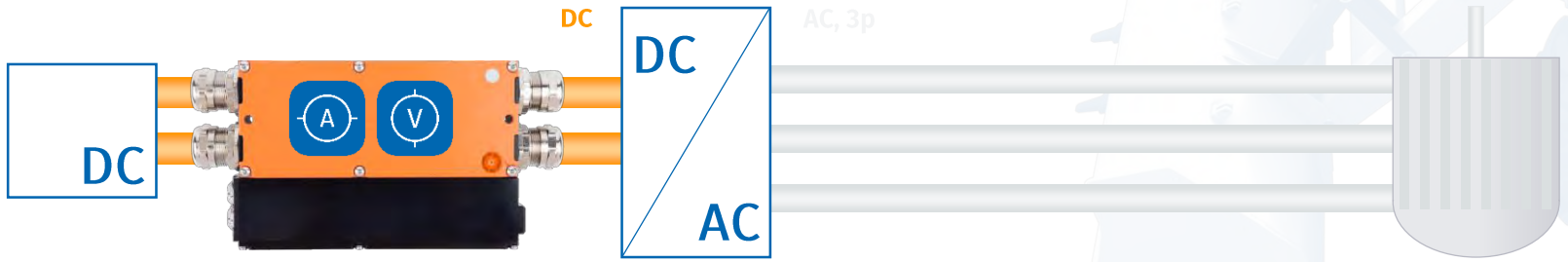

Beispiel: Temperaturmessmodul HV TH4 evo

# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang
## Leistungsmessung zwischen HV-Batterie und Inverter

Smart Logger



PC




HV-Batterie

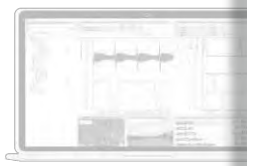
HV Breakout-Modul 1.2

Inverter

Elektromotor

# Leistungsmessung im elektris
## Leistungsmessung zwischen H

Smart Logger



PC

HV-Batterie

HV Breakout-Modul 1.2

Inverter

Elektromotor

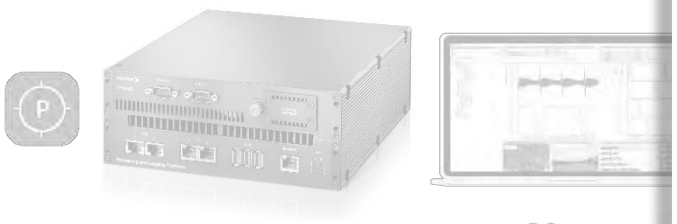
# HV Breakout-Module

HV Breakout-Module
auf www.csm.de

## Messung von hohen Strömen und Spannungen

- Alles in einer kompakten Lösung
- Messung direkt in den HV-Leitungen

Leistungsmessung im elektris
Leistungsmessung zwischen H



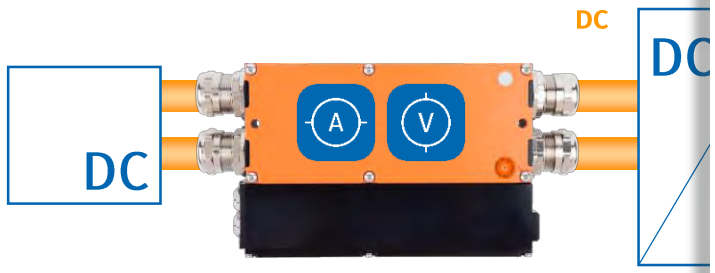
Smart Logger PC

# HV Breakout-Module

## Messung von hohen Strömen und Spannungen

- Strommessung mit Shunt-Modulen
  - Innenleiterstrom $I_{nom}$ : ±50 A bis ±1.000 A
  - Schirmstrom
- Spannungen bis ±2.000 V
- Berechnung von Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung, Leistungsfaktor und Effektivwerten U und I direkt im Modul

- Datenrate bis zu 2 MHz pro Kanal (XCP-on-Ethernet),
  1 MHz pro Kanal mit EtherCAT®
  zusätzliche CAN Schnittstelle
- Für Anwendungen im Fahrzeug und Prüfstand
  - IP67, Betriebstemperaturbereich: -40 °C bis +125 °C

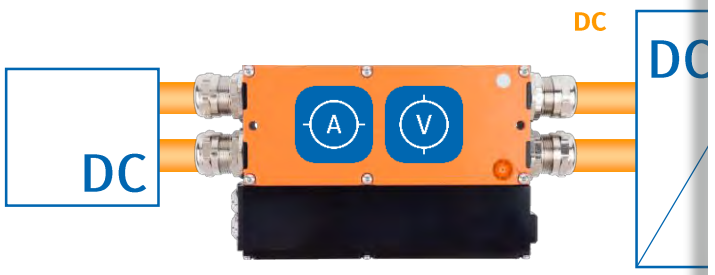



HV-Batterie HV Breakout-Modul 1.2 Inverter Elektromotor

Leistungsmessung im elektris
Leistungsmessung zwischen H

Smart Logger

PC




HV-Batterie

HV Breakout-Modul 1.2

Inverter

Elektromotor

# HV Breakout-Module

## Messung von hohen Strömen und Spannungen

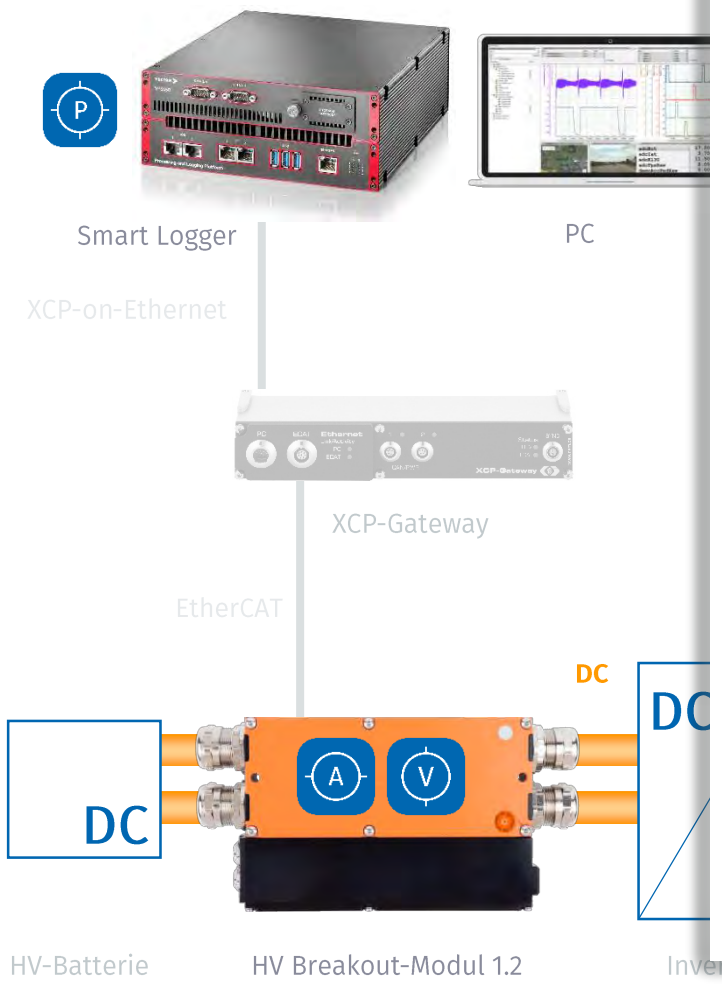
- Kabelanschluss über
  - PowerLok-Stecksystem
  - Kabelverschraubungen
    - Optional plug & play mit kundenspezifischen Steckadaptern

HV Breakout-Modul 1.2 mit vorkonfektionierten kundenspezifischen Steckadaptern

Leistungsmessung im elektris
Leistungsmessung zwischen H

# vMeasure – Datenerfassungs-Software

- **eMobilityAnalyzer** Leistungsanalyse abgestimmt auf CSM Messmodule
- Multithreading-Funktionalität
- Zeitsynchronisierte Datenerfassung von
  - CSM Messmodulen (HV BM, ECAT, CAN)
  - Fahrzeugbussen (Ethernet, Flexray, CAN FD, ...)
  - Steuergeräten
  - Video, GPS
- Online-Berechnungen und Scripting
- Multiple Visualisierung




# Leistungsanalyse mit eMobilityAnalyzer und HV Breakout-Modul

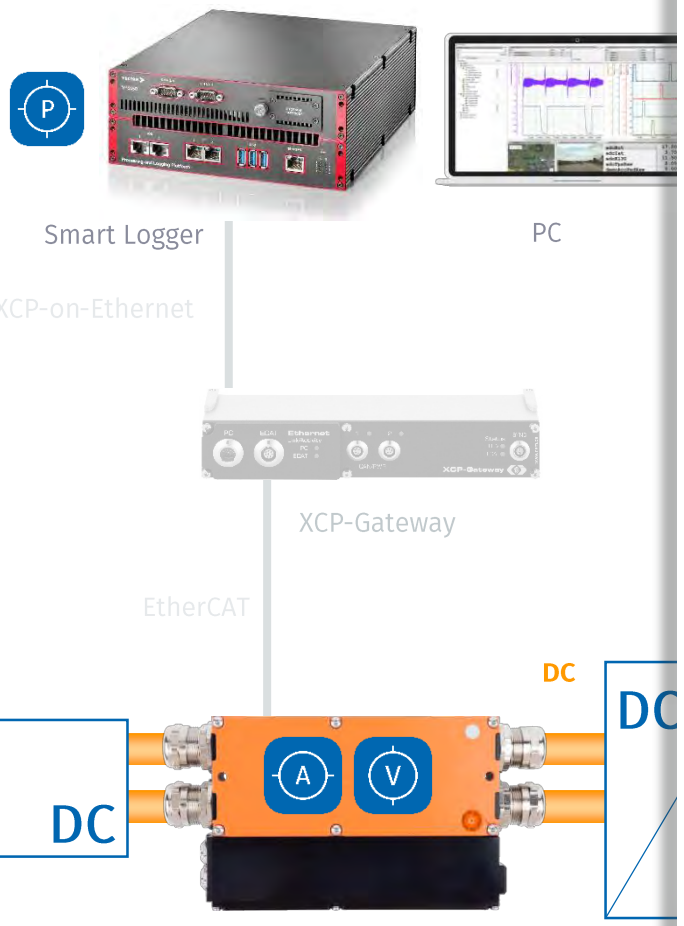
## Kurze Messkette für die Leistungsberechnung

- **HV Breakout-Modul** liefert die digitalen Momentanwerte (Abtastwerte) von Spannung $u_n$ und Strom $i_n$
- **Echtzeit-Berechnung** der Intervall-bezogenen Größen wie beispielsweise die Wirkleistung $P$ im **eMobilityAnalyzer**

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u(t) \times i(t)dt$$

$$P = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N} u_n i_n \Delta t$$

Leistungsmessung im elektris
Leistungsmessung zwischen H




# eMobilityAnalyzer - Funktionsbibliothek

Der eMobilityAnalyzer ermöglicht eine **Echtzeitanalyse** von

| | |
|---|---|
| ▸ AxlePower | Mechanische Leistung und Arbeit einer Achse |
| ▸ ChargerEfficency | Wirkungsgrad Ladesystem |
| ▸ DCAnalysis | Analyse eines Gleichstromsignals |
| ▸ DCEfficency | Wirkungsgrad eines Wandlers |
| ▸ eMotorPowerAnalysis | E-Motor Leistungsanalyse |
| ▸ eMotorYdelta | E-Motor Stern-Dreieck Transformation |
| ▸ Harmonics | Harmonische Analyse (Grund- und Oberwellen) |
| ▸ InverterEfficency | Inverter Wirkungsgrad |
| ▸ PWMPowerAnalysis | Pulsweitenmodulation Leistungsanalyse |
| ▸ Ripple | Restwelligkeit eines Gleichstromsignals |
| ▸ ShaftPower | Mech. Leistung aus Drehmoment und Drehzahl |

# Leistungsmessung im elektris
## Leistungsmessung zwischen H

Smart Logger



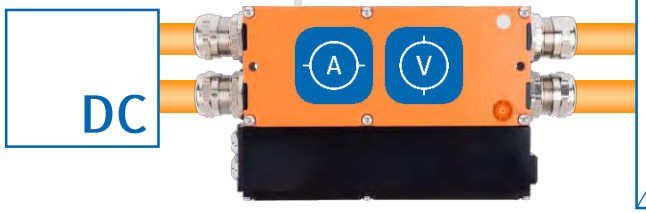
PC

XCP-on-Ethernet

XCP-Gateway

EtherCAT

DC




DC

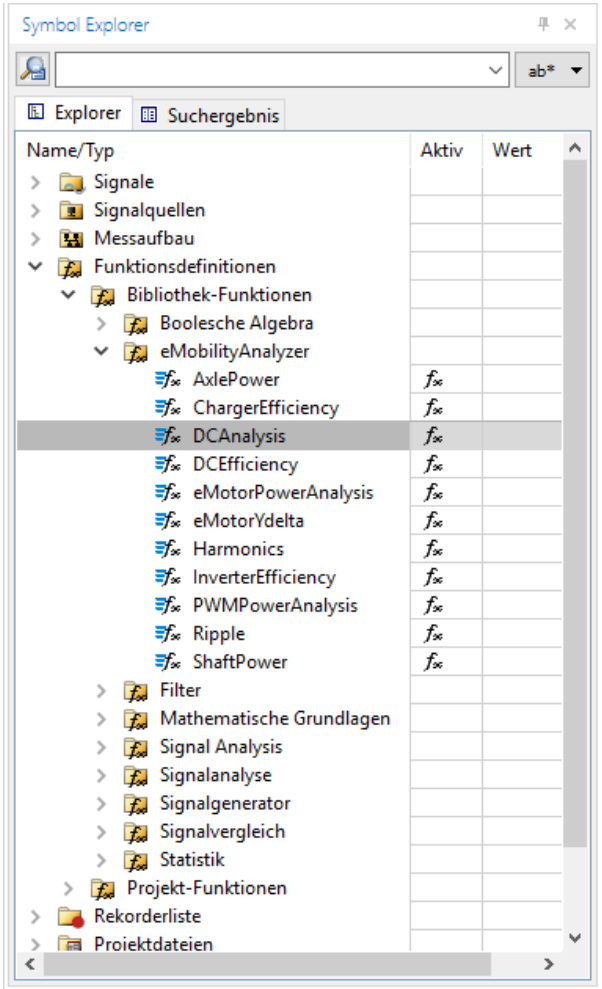
HV-Batterie

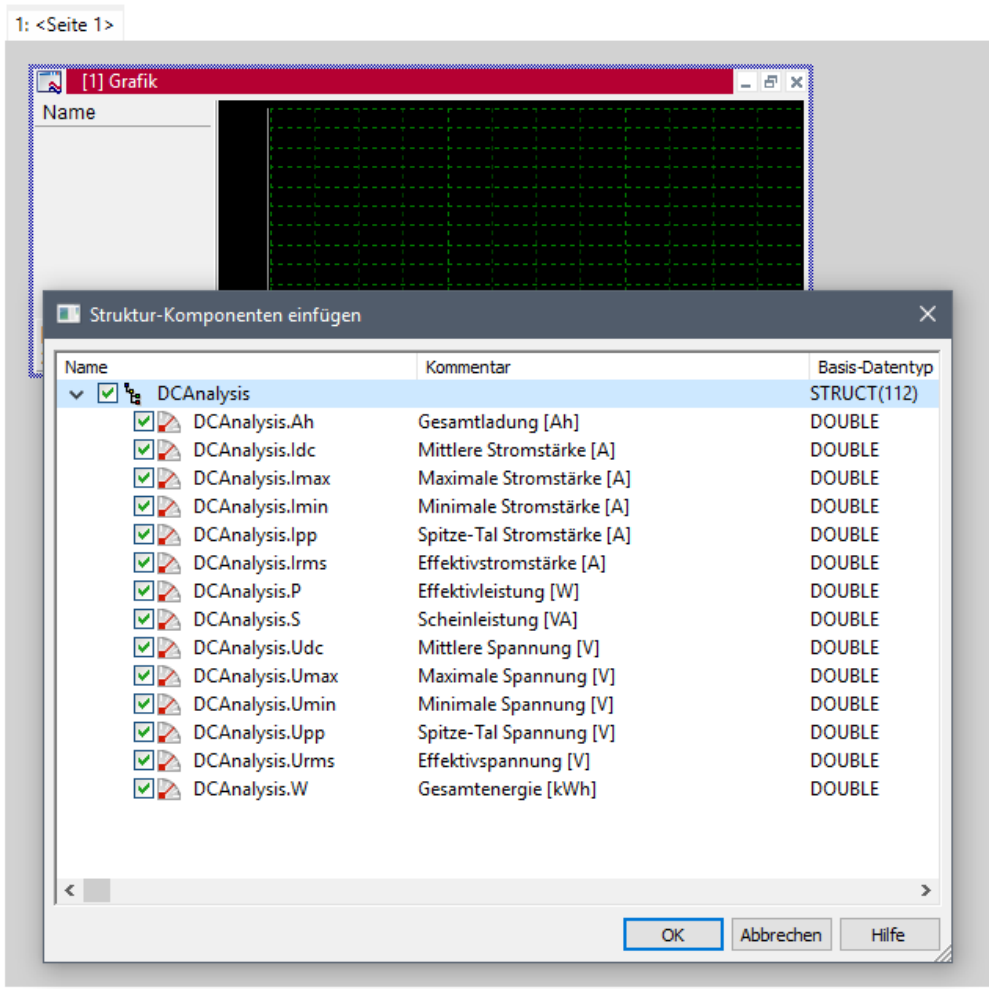
HV Breakout-Modul 1.2

Inverter

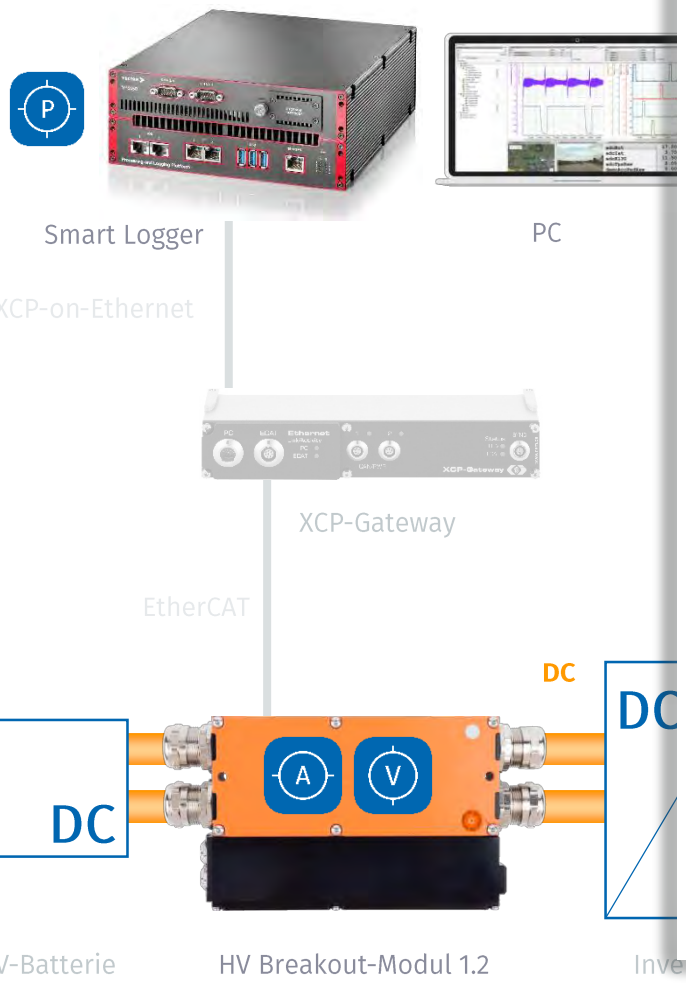
Elektromotor

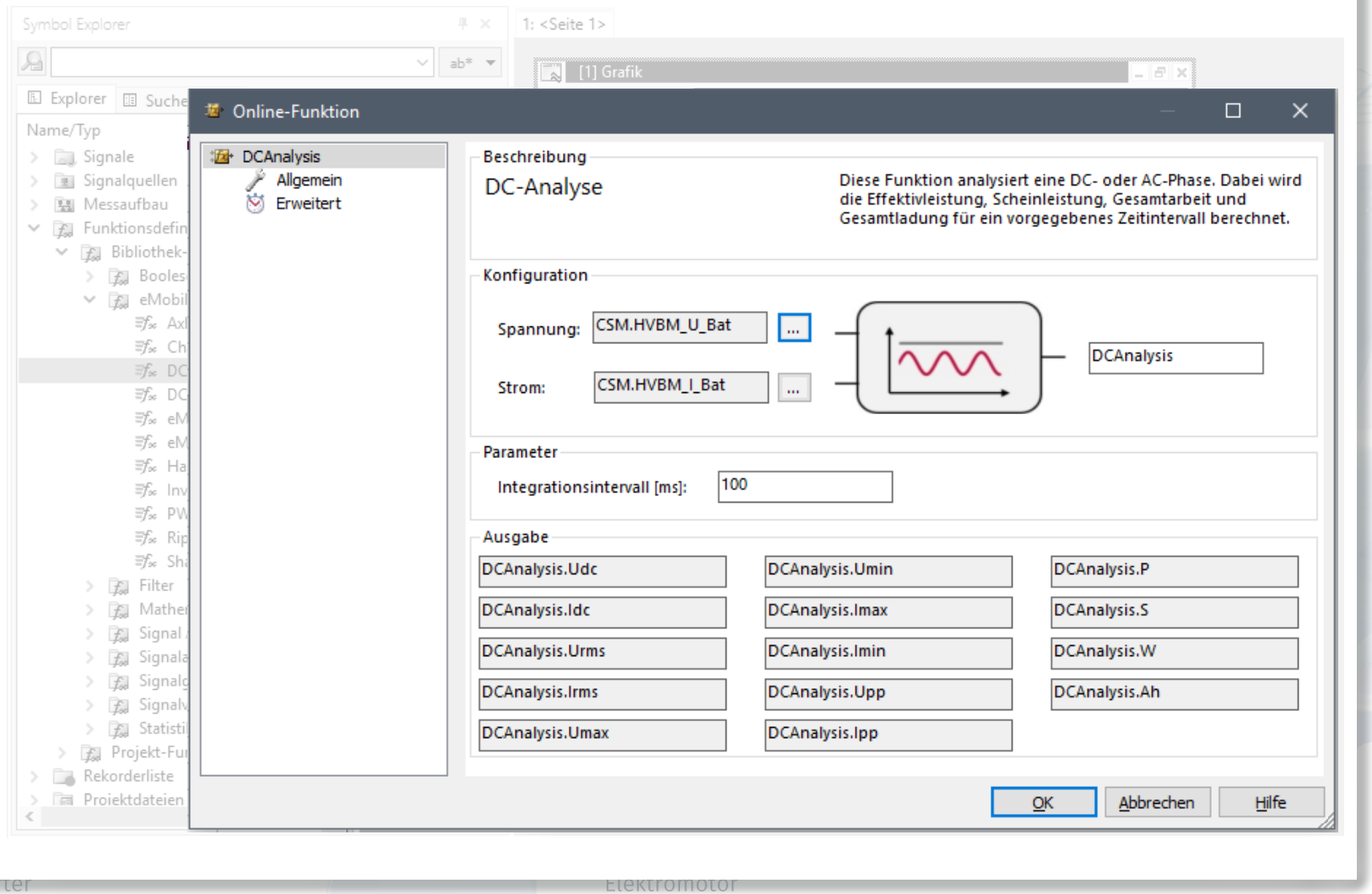
# Leistungsanalyse an einem DC-Signal



# Leistungsanalyse an einem DC-Signal



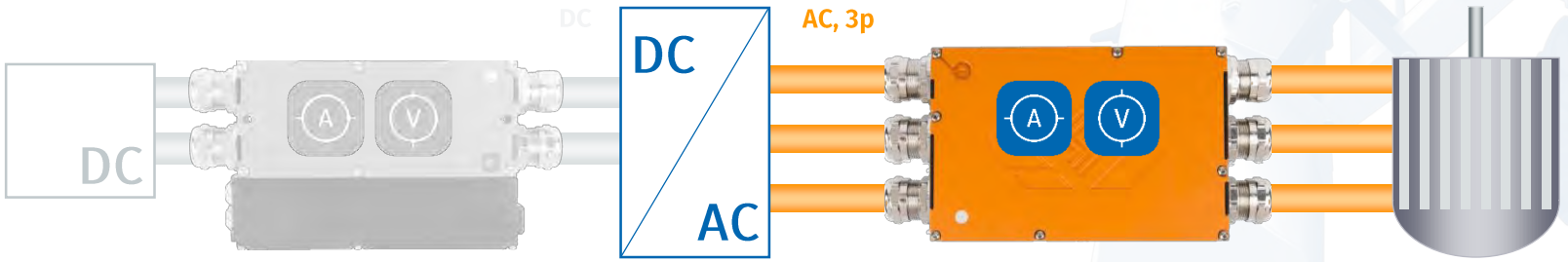



# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang
## Leistungsmessung zwischen Inverter und Elektromotor

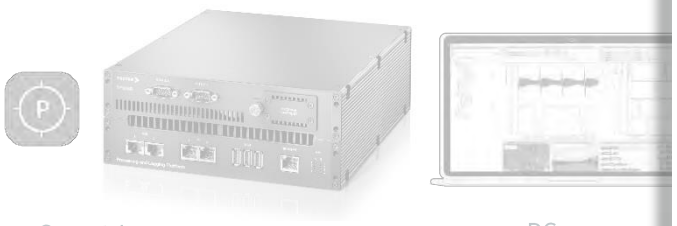
Smart Logger



PC




HV-Batterie | HV Breakout-Modul 1.2 | Inverter | HV Breakout-Modul 3.3 | Elektromotor



Smart Logger PC

DC DC

HV-Batterie HV Breakout-Modul 1.2 Inverter HV Breakout-Modul 3.3 Elektromotor

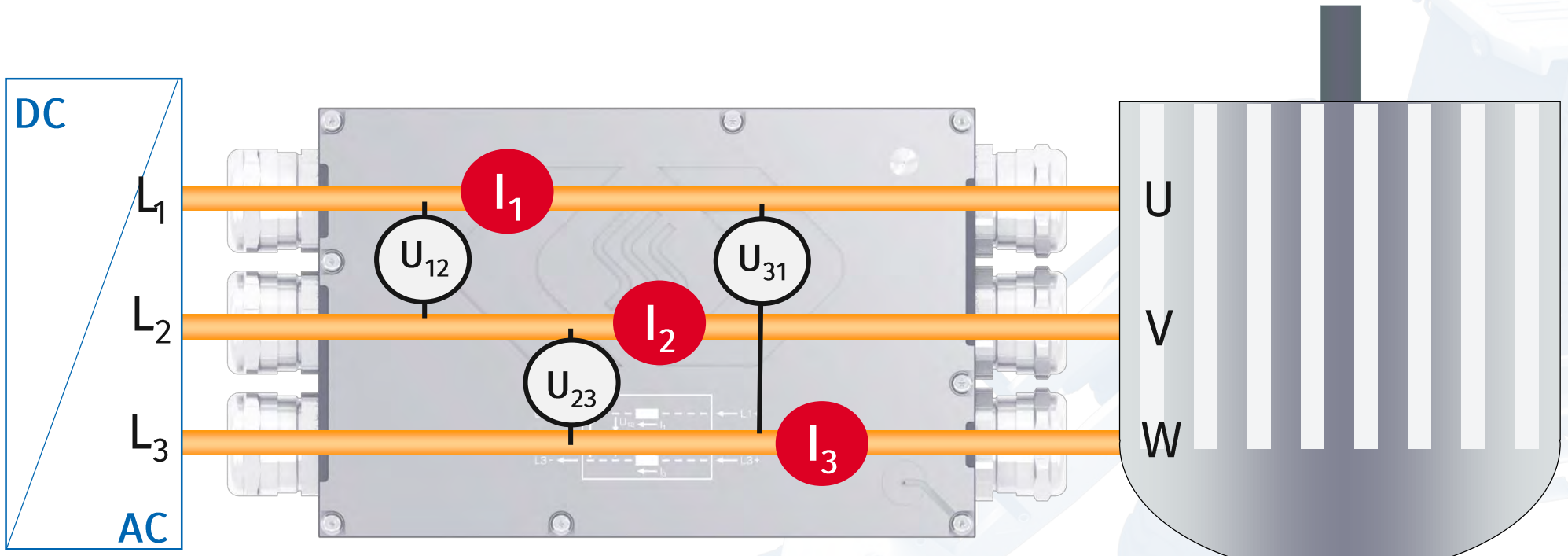
# HV Breakout-Modul 3.3

HV BM 3.3 auf www.csm.de

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

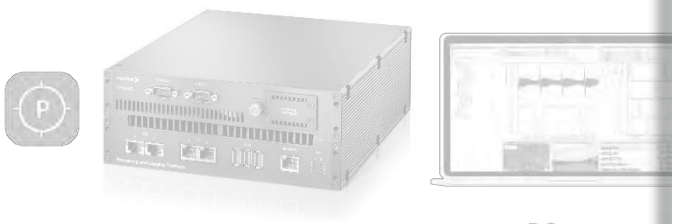
HV BM 3.3 Varianten: Kabelanschluss über Kabelverschraubungen oder PowerLok-Stecksystem

# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang
## Leistungsmessung zwischen Inverter und Elektromotor




Inverter HV Breakout-Modul 3.3 E-Motor

Leistungsmessung im elektris
Leistungsmessung zwischen Ir



Smart Logger PC

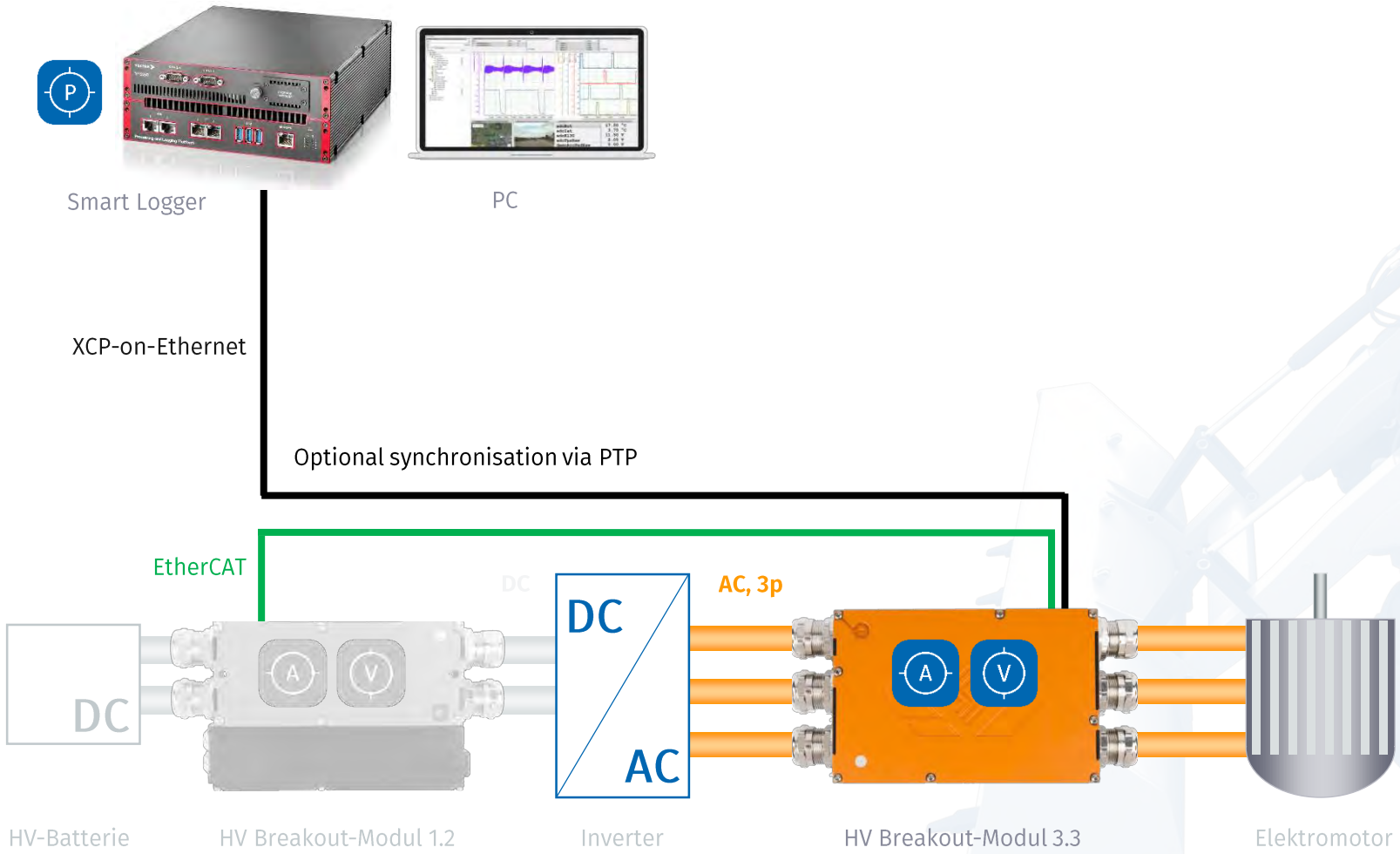
DC DC

HV-Batterie HV Breakout-Modul 1.2 Inverter HV Breakout-Modul 3.3 Elektromotor

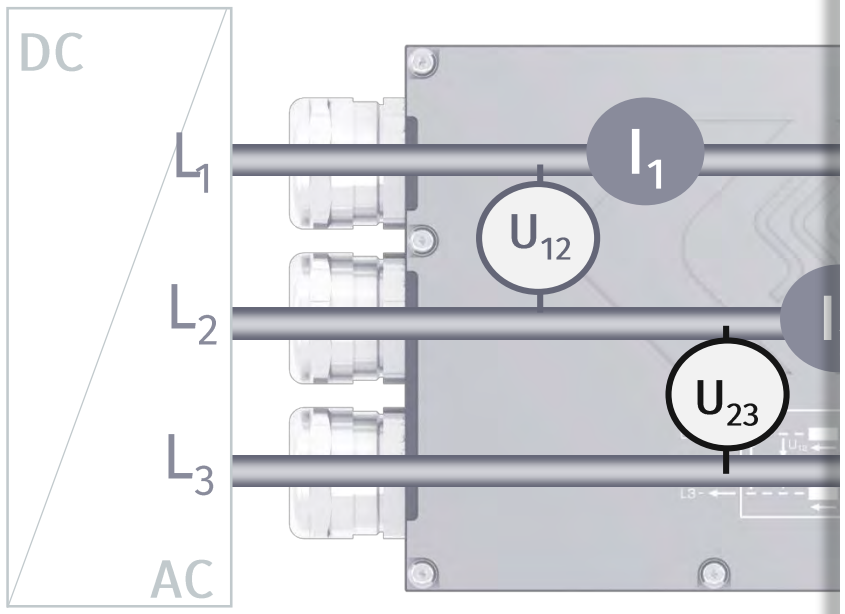
# HV Breakout-Modul 3.3

- Spannungen bis ±1.000 V (Messbereich für Transiente bis ±2.000 V)
- Ströme bis ±800 A (Nennwert Shuntmodul) (Messbereich für Peaks bis ±1.400 A)
- Optionale **„XCP-Gateway“-Funktion** zum Anschluss weiterer CSM CAN- und EtherCAT®-Messmodule
- Optional PTP Sync (IEEE 1588)

# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang
## Leistungsmessung zwischen Inverter und Elektromotor



# 3-phasige Leistungsmessung (3φ3L, 3V3A
## Phasensynchrone Messung von Strom un




Inverter

HV Breakout-

# Einfache Konfiguration im eMobilityAnalyzer

eMotorPowerAnalysis
- Allgemein
- Parameter
- Erweitert

**Beschreibung**

E-Motor Leistungsanalyse

Diese Funktion berechnet die Effektivleistung eines 3-Phasen- Systems basierend auf einer erkannten Strom-Periodendauer. Eingangsgrößen sind die 3 Strangspannungen und die 3 Leiterströme.

**Konfiguration**

| | |
|---|---|
| U12: | CSM.HVBM_3_3_U12 |
| U23: | CSM.HVBM_3_3_U23 |
| U31: | CSM.HVBM_3_3_U31 |
| I1: | CSM.HVBM_3_3_I1 |
| I2: | CSM.HVBM_3_3_I2 |
| I3: | CSM.HVBM_3_3_I3 |

M

eMotorPowerAnalysis

**Parameter**

Integrationsintervall [ms]: 100,0

Min. Zyklenanzahl: 10

Vorfilterung Stromstärke und Spannung der Ausgänge

Tiefpass: ☐ Grenzfrequenz [Hz]: 10000,0

Sync-Eingang

○ Stromstärke ◉ Spannung

Min. Effektivwert: 10,0

Min. Frequenz [Hz]: 10,0

Max. Frequenz [Hz]: 5000,0

Motortyp

◉ Stern ○ Dreieck

**Ausgabe**

| | | |
|---|---|---|
| eMotorPowerAnalysis.P | eMotorPowerAnalysis.P1 | eMotorPowerAnalysis.f |
| eMotorPowerAnalysis.S | eMotorPowerAnalysis.P2 | eMotorPowerAnalysis.W |
| eMotorPowerAnalysis.Q | eMotorPowerAnalysis.P3 | eMotorPowerAnalysis.Lambda |
| eMotorPowerAnalysis.I0rms | | |

# Leistungsmessung im elektrisch
## Wirkungsradmessung am Invert

Smart Logger



PC

XCP-on-Ethernet

Optional synchronisation via PTP

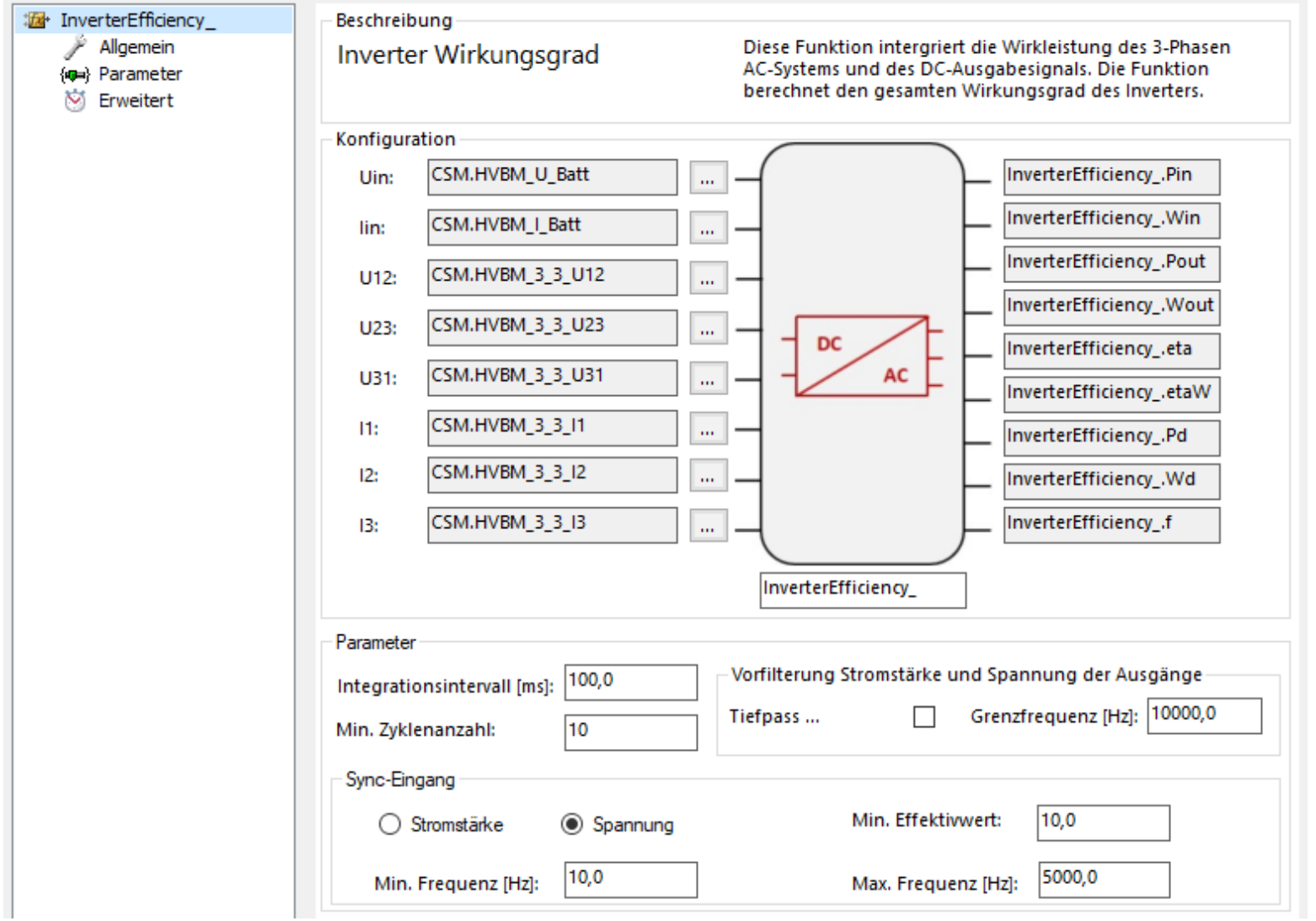
EtherCAT

HV-Batterie

HV Breakout-Modul 1.2

Inverte

# Berechnung im eMobilityAnalyzer



# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang
## Berechnung des Gesamtwirkungsgrades

Smart Logger



PC

XCP-on-Ethernet

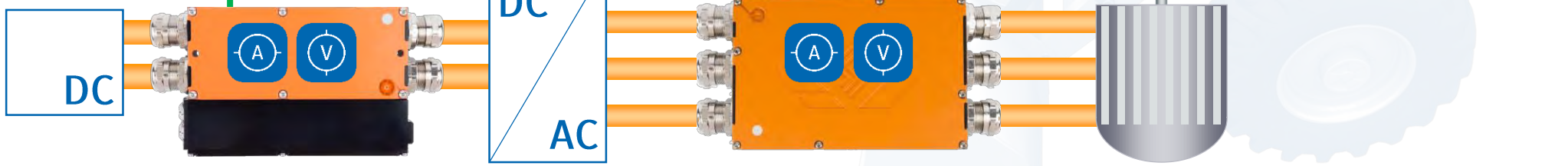
Optional synchronisation via PTP

CAN

EtherCAT

DC

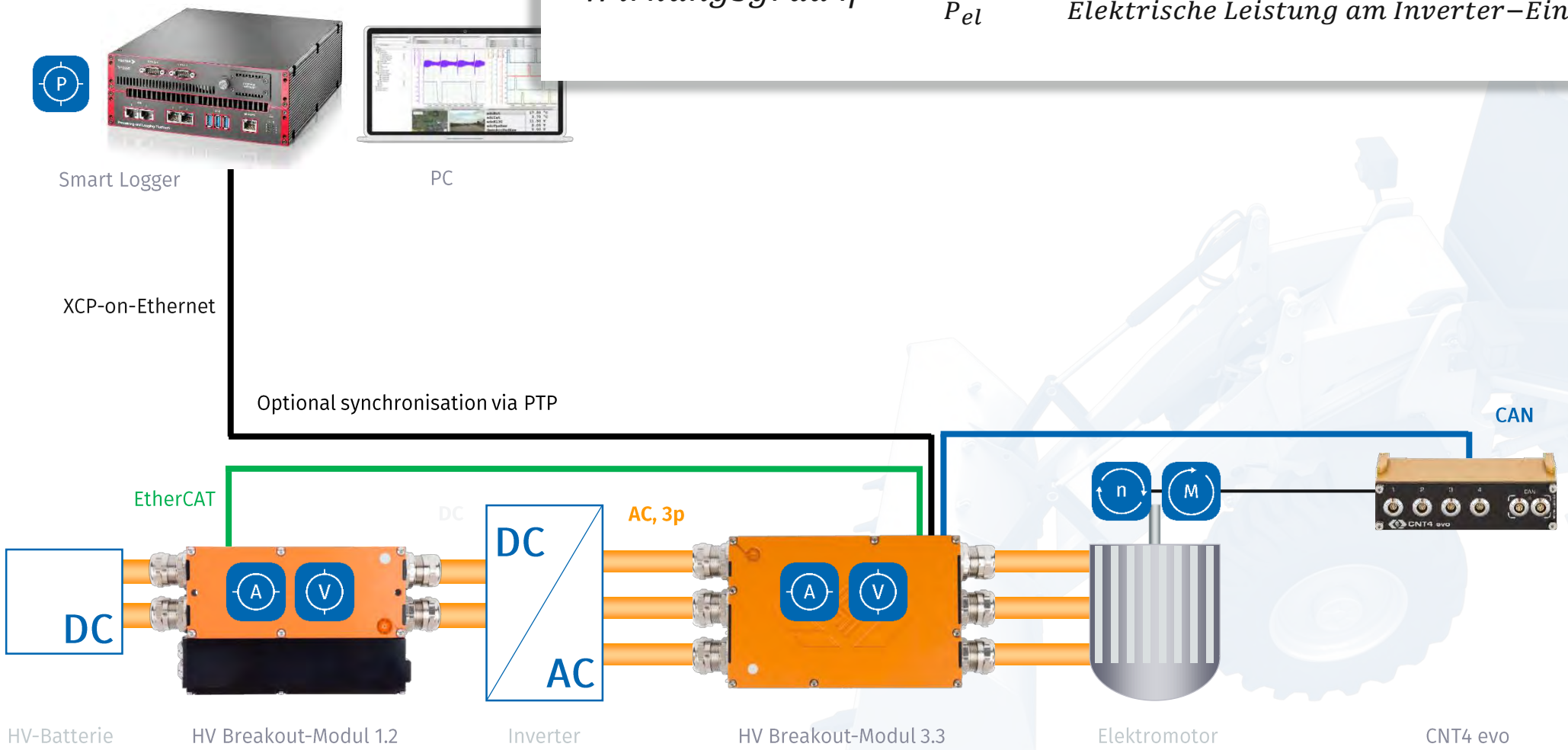
AC, 3p

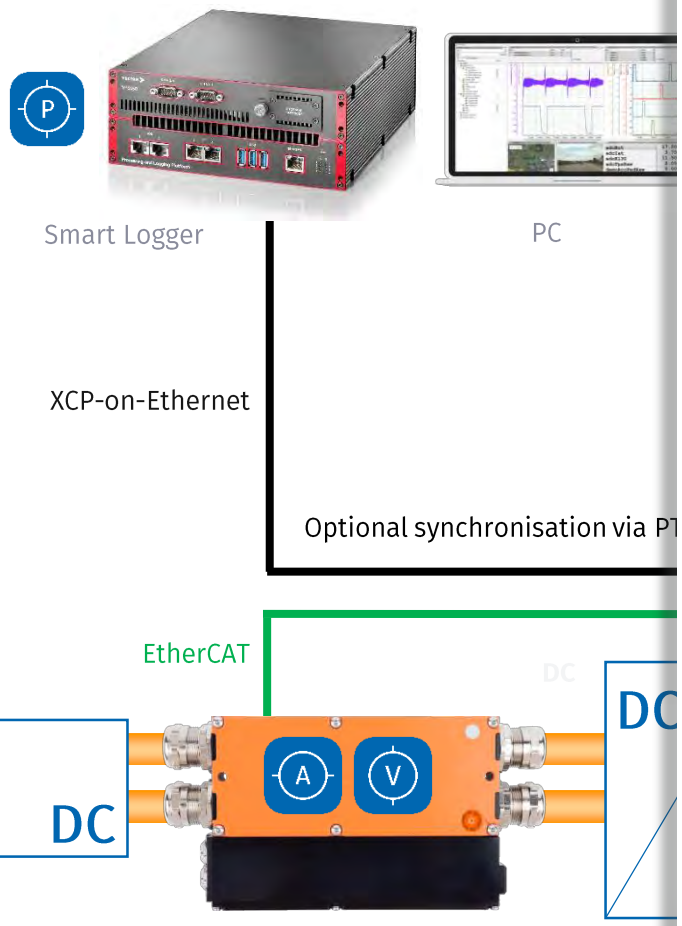



HV-Batterie | HV Breakout-Modul 1.2 | Inverter | HV Breakout-Modul 3.3 | Elektromotor | CNT4 evo

# Berechnung im eMobilityAnalyzer

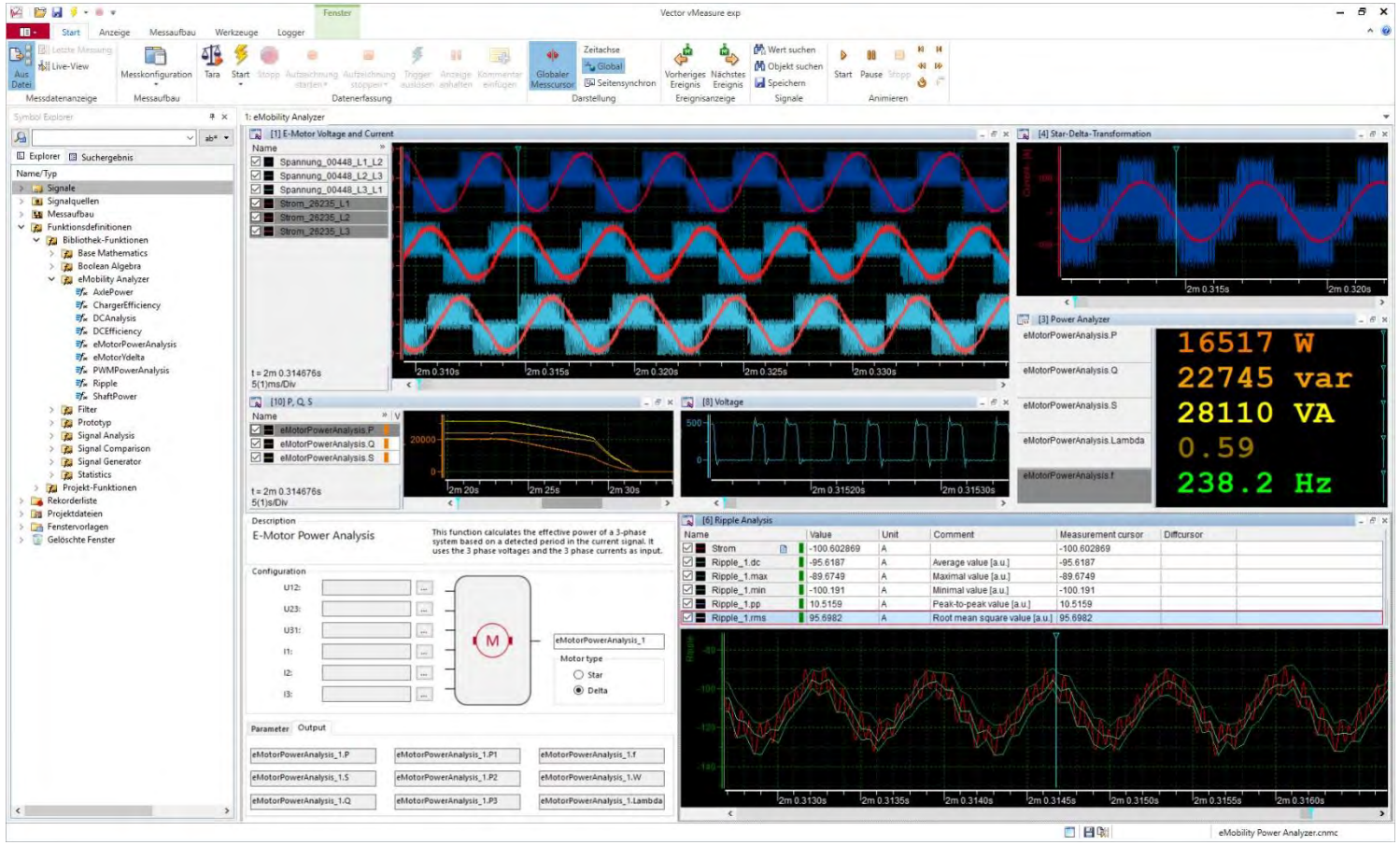
$$Wirkungsgrad\ \eta = \frac{P_{mech}}{P_{el}} = \frac{Mechanische\ Wellenleistung\ am\ E-Motor}{Elektrische\ Leistung\ am\ Inverter-Eingang}$$



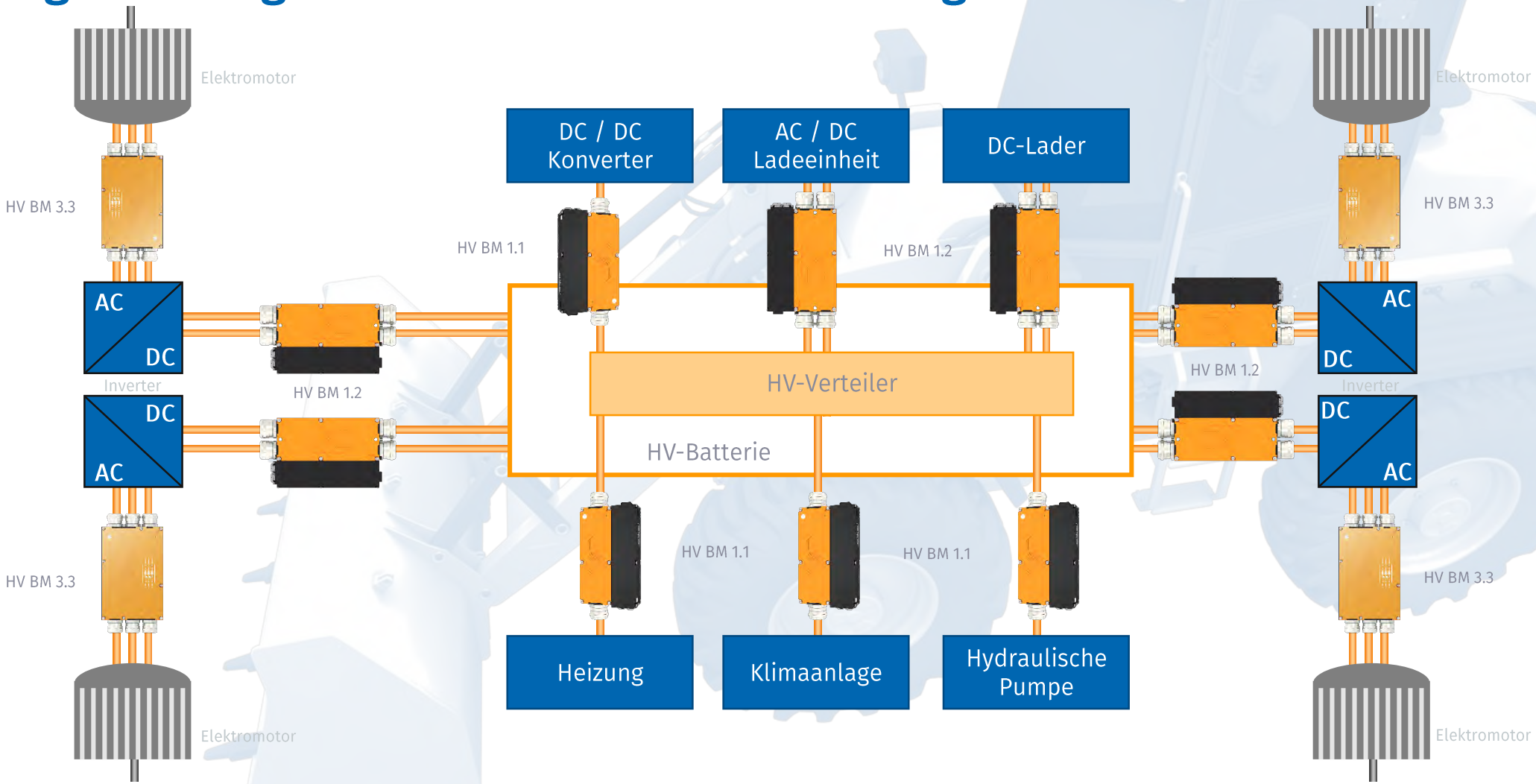



# Online-Darstellung in vMeasure

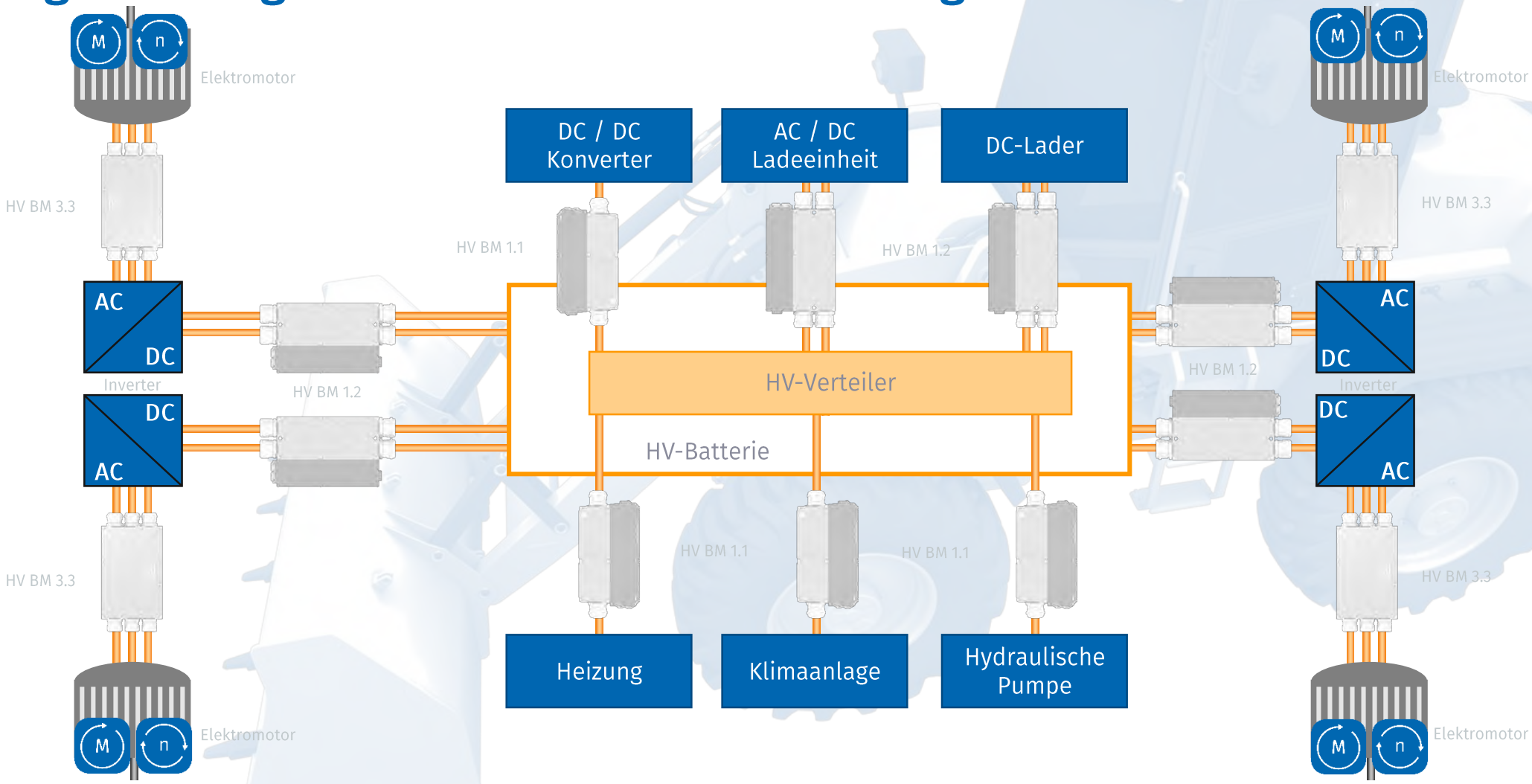
- Multiple Visualisierung verschiedener gleichzeitiger eMobilityAnalysen



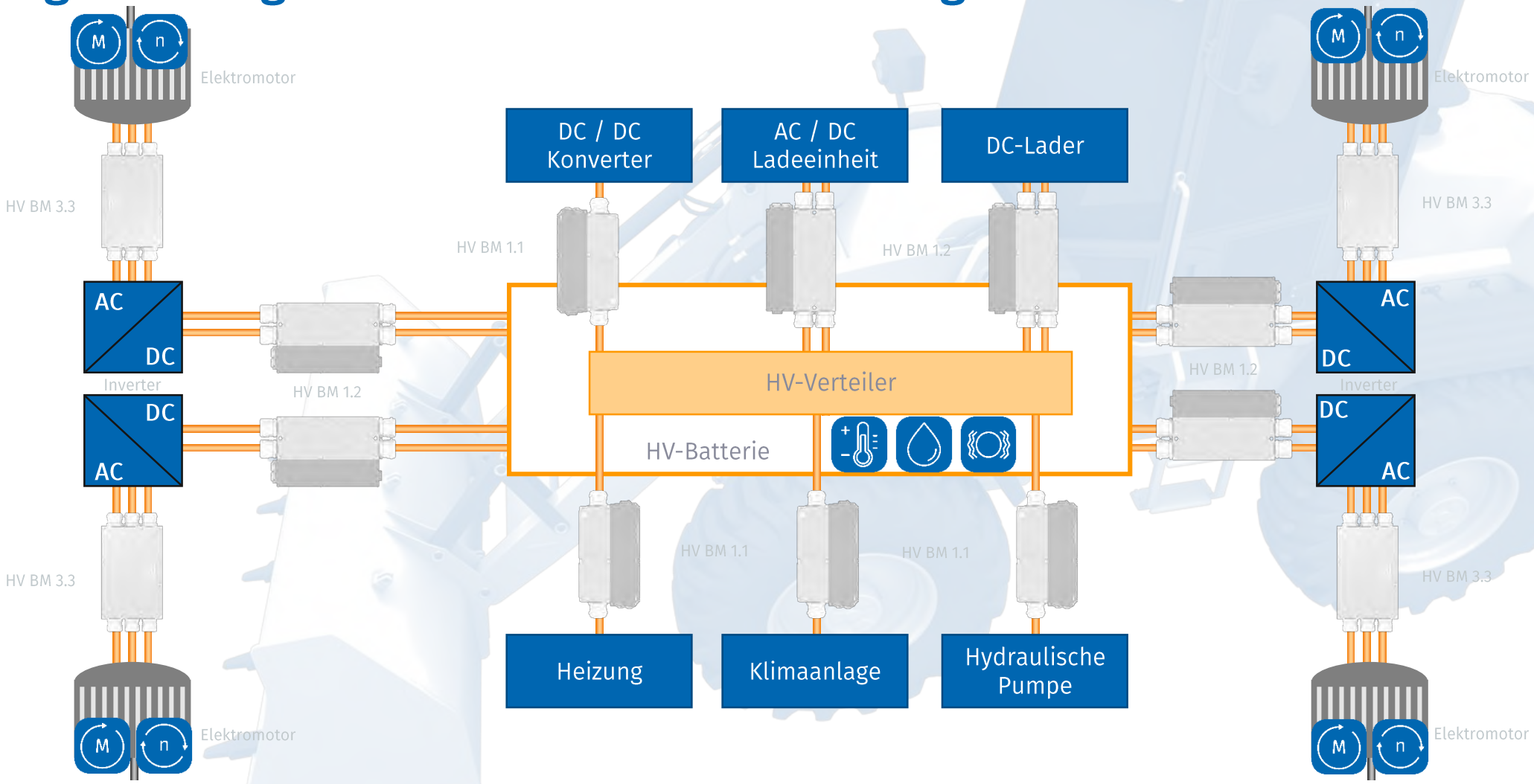
# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang



# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang



# Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang



# Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem

Das E-Mobilty-Messsystem auf www.csm.de

**Datenanalyse und Messdatenmanagement**

- vSignalizer
- vMDM

**E-Mobility Basismesssystem**

- CANape vMeasure exp
- eMobility Analyzer
- XCP-Gateway
- HV Breakout HV BM Split Module
- HV / NV XCP Module
- HV / NV ECAT Module
- HV / NV CAN Module

Spannung, Strom, Temperatur, Beschleunigung, Dehnung, Vibration, Durchfluss, Feuchte, Druck, Drehmoment, Drehzahl, Frequenz, Leistungsdaten, Wirkungsgrad, Wirkleistung, u. v. m.

**Vector Data Logger / Interfaces**

- CANape log vMeasure log VP Familie
- eMobility Analyzer
- VN Familie
- VX Familie
- POD

CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, Ethernet

ECU

**CSM Logger**

- UniCAN 3 Datenlogger Familie

CAN, CAN FD, Ethernet

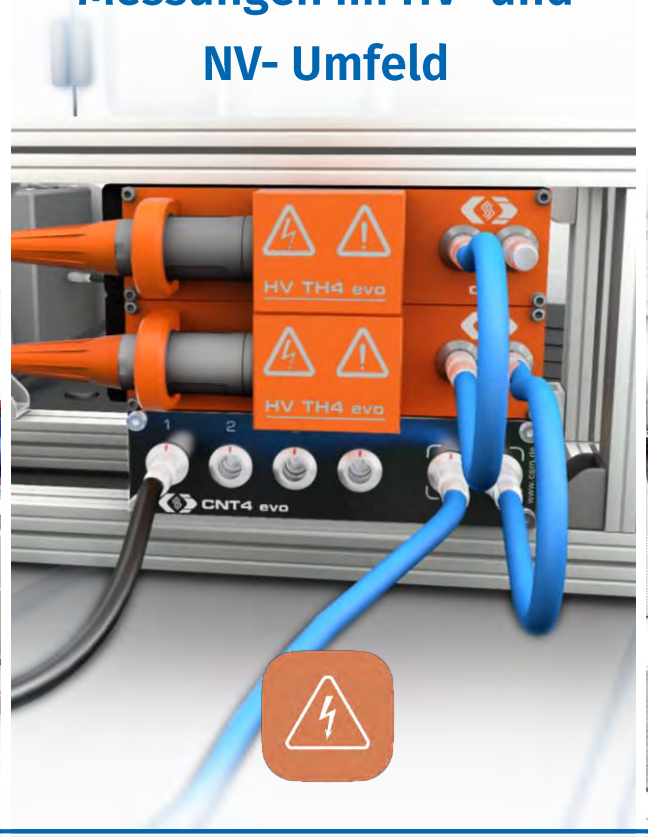
# Leistungsmessung an elektrifizierten mobilen Maschinen und Baugeräten

Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem erlaubt einfach und präzise

**Elektrische Leistungsmessungen**

**die Erfassung zusätzlicher thermischer und mechanischer Messgrößen**

**Messungen im HV- und NV- Umfeld**



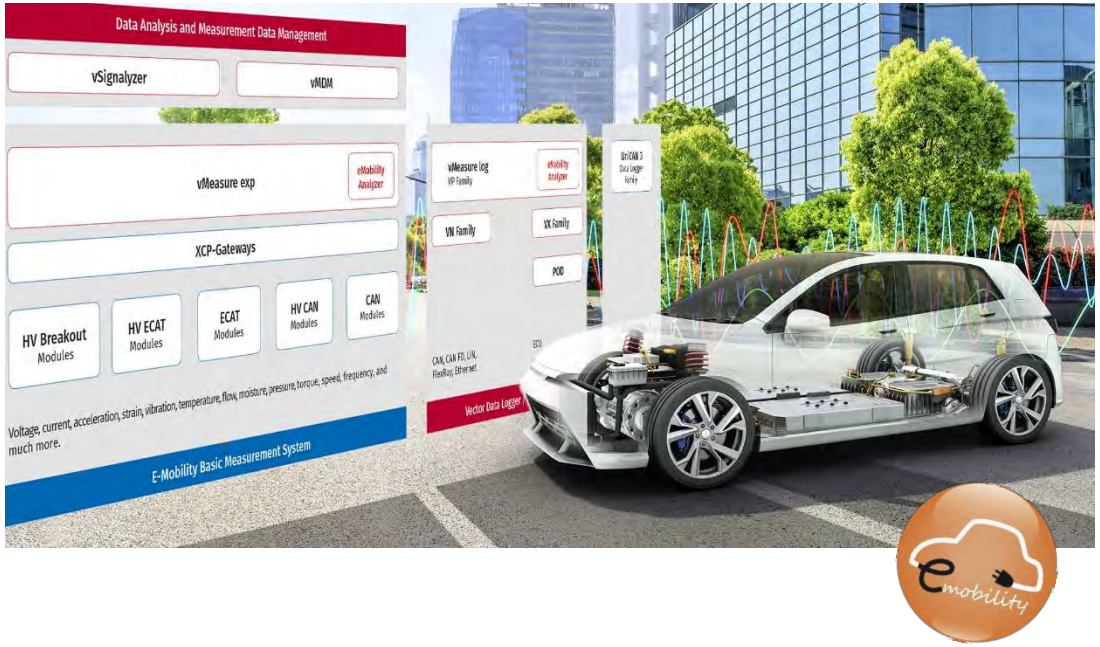

**den Einsatz im Fahrversuch oder auf dem Prüfstand**

# 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**

CSM Xplained
measurement technology