



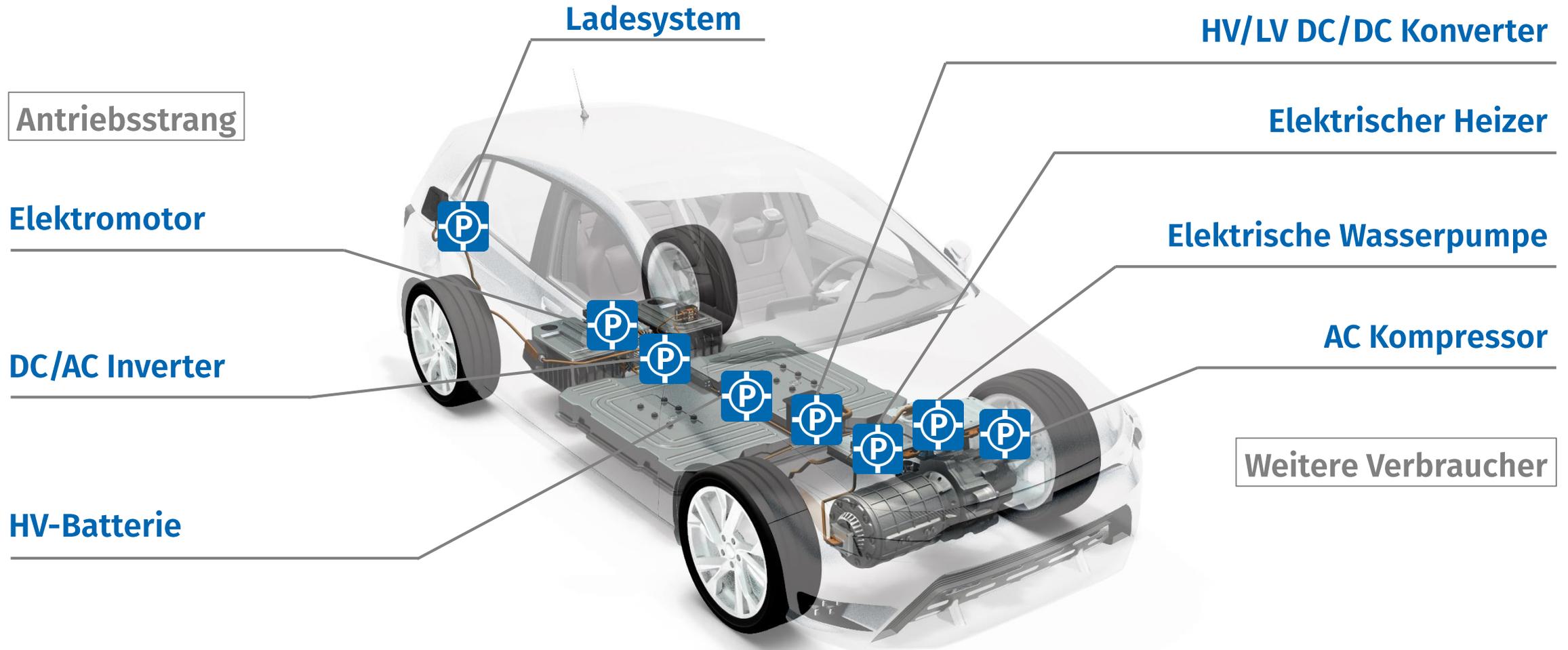
Leistungs- und Wirkungsgradmessungen

CSM Web-Seminare

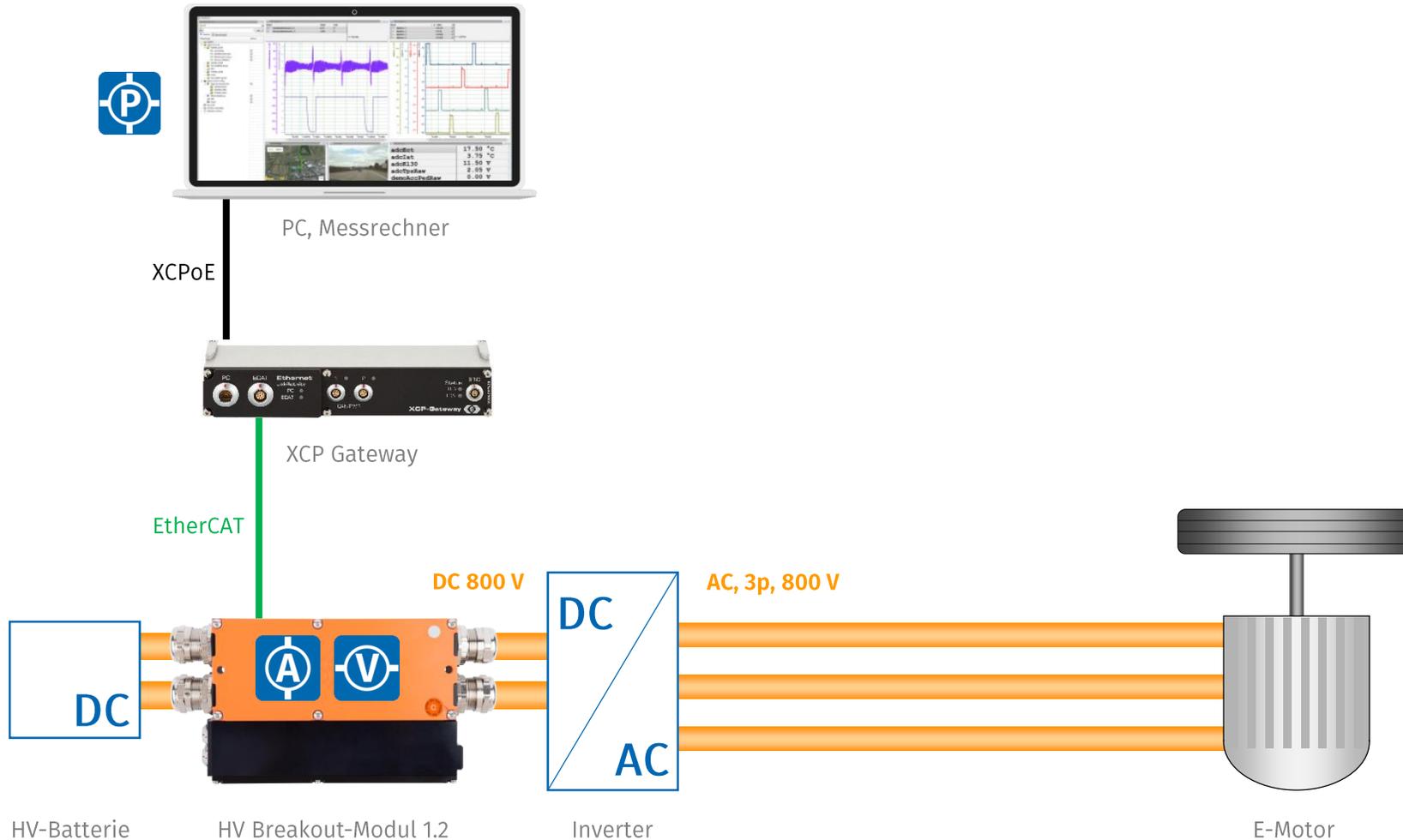


CSM **Xplained**
measurement technology

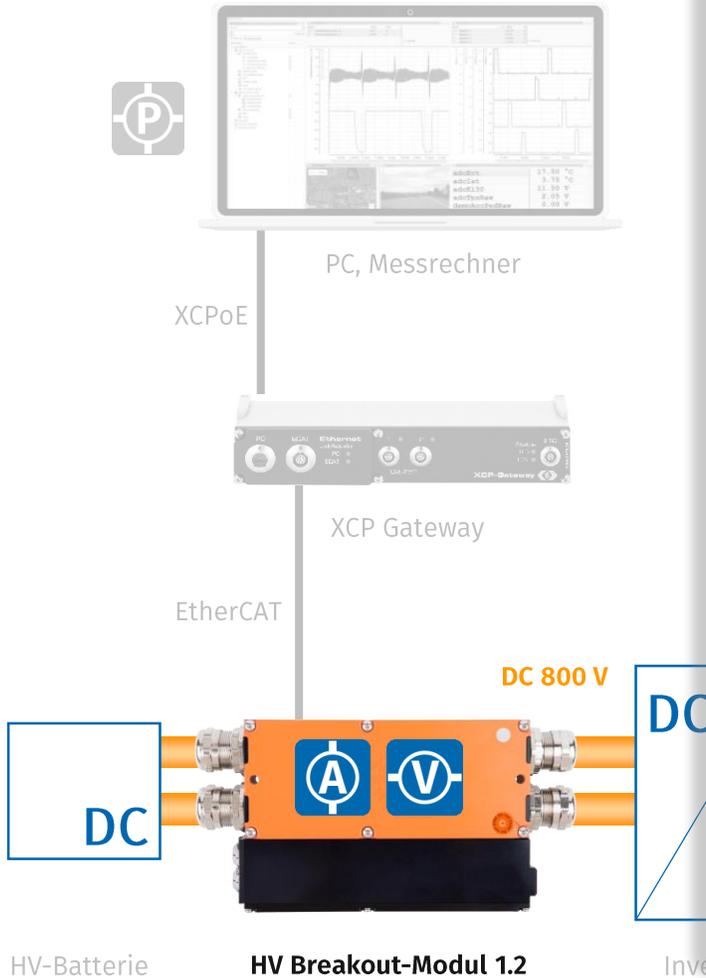
Leistungs – und Wirkungsgradmessungen



Leistungsmessung zwischen HV-Batterie und Inverter



Leistungsmessung zwischen



HV Breakout-Module

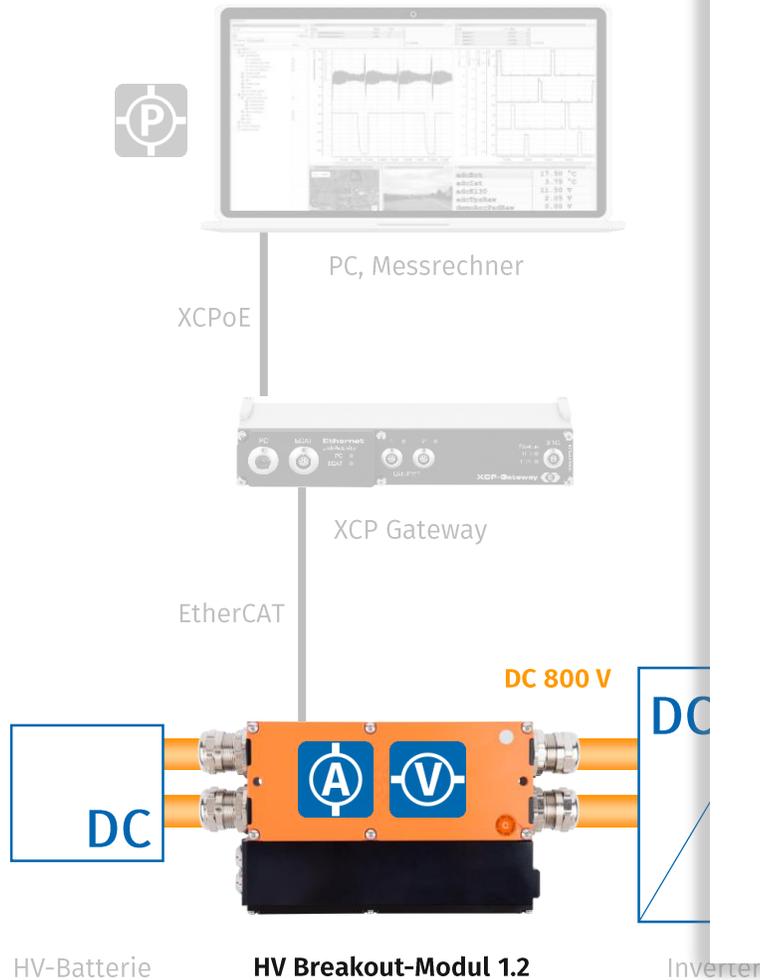
Messung von hohen Strömen und Spannungen

- ▶ Alles in einer kompakten Lösung
- ▶ Einfache Installation direkt in die HV-Stromkabel
- ▶ Stecksystem für einfachen Wechsel an Versuchsträgern

Zu HV Breakout-Modulen auf www.csm.de



Leistungsmessung zwischen



HV Breakout-Module

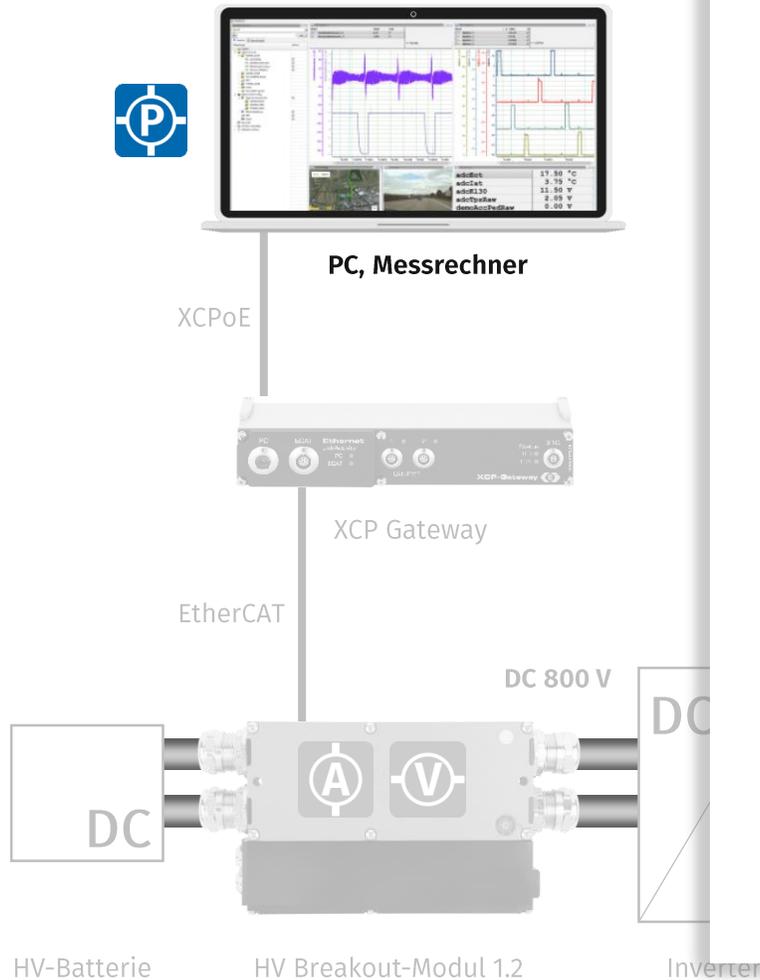
Messung von hohen Strömen und Spannungen

- ▶ Strommessung mit Shunt-Modulen
 - Innenleiterstrom I_{nom} : ±50 A bis ±800 A
 - Schirmstrom
- ▶ Spannungen bis 2.000 V
- ▶ Datenrate bis zu 1 MHz pro Kanal mit EtherCAT, zusätzliche CAN Schnittstelle
- ▶ Für Anwendungen im Fahrzeug und Prüfstand
 - IP67, Betriebstemperaturbereich: -40 °C bis ±125 °C

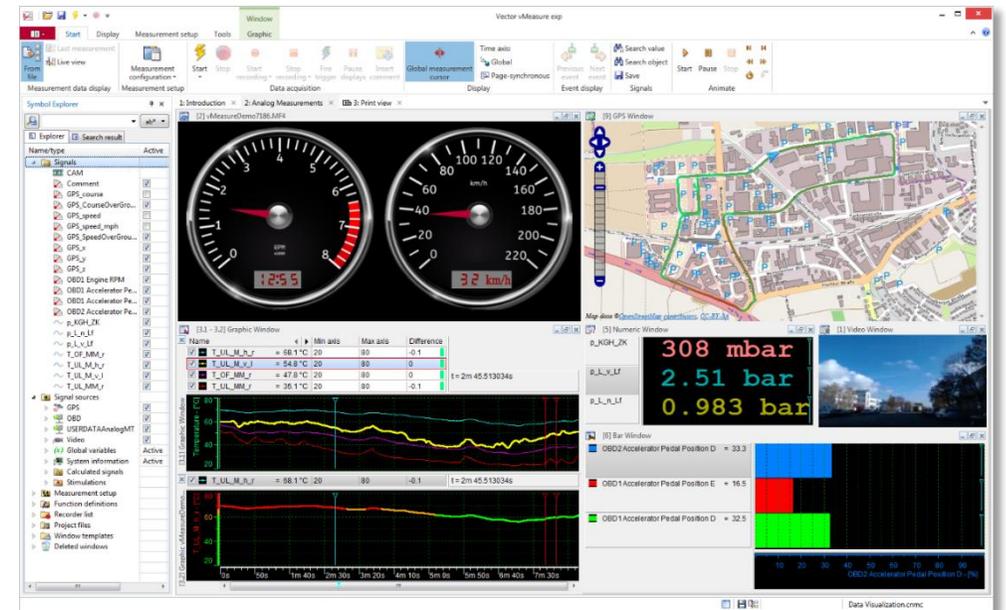


vMeasure exp – Datenerfassungs-Software

Leistungsmessung zwischen



- ▶ **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



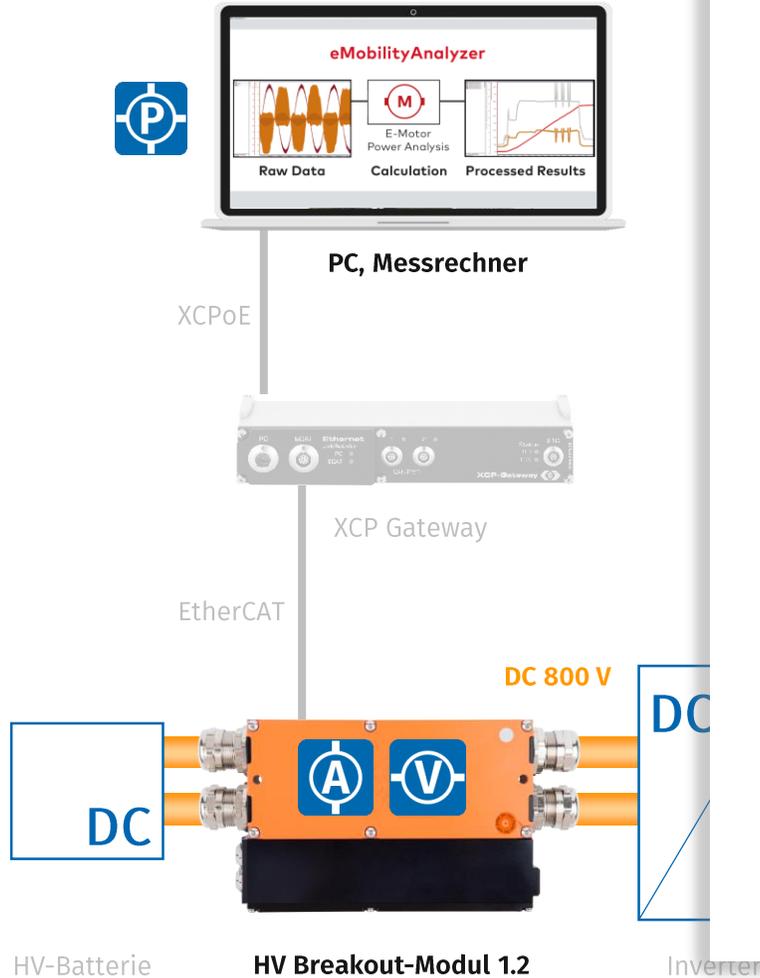
Grundlagen Elektrische Leistung

Elektrische Leistung	$P = U \times I$	Gleichstrom (DC)
Momentanleistung	$p(t) = u(t) \times i(t)$	nicht sinusförmige Signale
Wirkleistung	$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \times i(t) dt$	nicht sinusförmige Signale
Wirkleistung	$P = U_{rms} \times I_{rms} \times \lambda$	Wechselstrom (AC)
Scheinleistung	$S = U_{rms} \times I_{rms}$	Gesamte Scheinleistung
Leistungsfaktor	$\lambda = \frac{ P }{S}$	beliebige Kurvenform
Leistungsfaktor = Verschiebungsfaktor	$\cos \varphi = \frac{ P }{S}$	Sinussignal
Blindleistung	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	Gesamte Blindleistung
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$	Allgemein
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{mech}}{P_{el}}$	E-Motor

Leistungsmessung zwischen

Leistungsanalyse mit eMobilityAnalyzer und HV Breakout-Modul

Kurze Messkette für die Leistungsberechnung

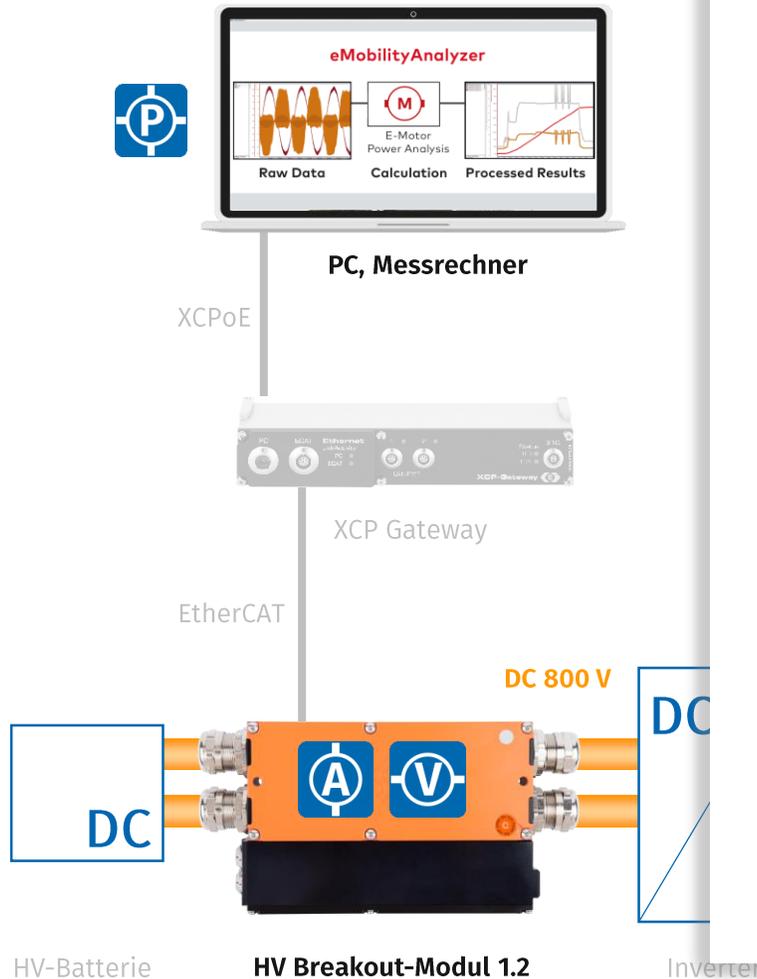


- ▶ **HV Breakout-Modul** liefert die digitalen Momentanwerte (Abtastwerte) von Spannung u_n und Strom i_n
- ▶ **Echtzeit-Berechnung** der Intervall-bezogenen Größen wie beispielsweise die Wirkleistung P im **eMobilityAnalyzer**

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

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

Leistungsmessung zwischen



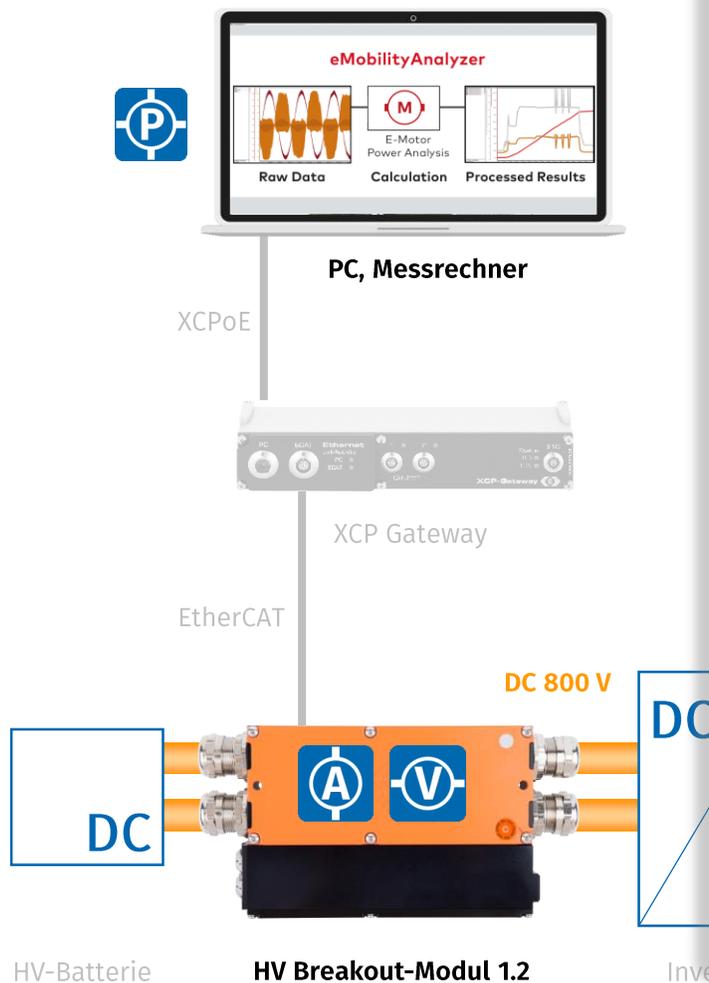
eMobilityAnalyzer - Funktionsbibliothek

Der eMobilityAnalyzer ermöglicht eine **Echtzeitanalyse** von

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

Leistungsanalyse an einem DC-Signal

Leistungsmessung zwischen



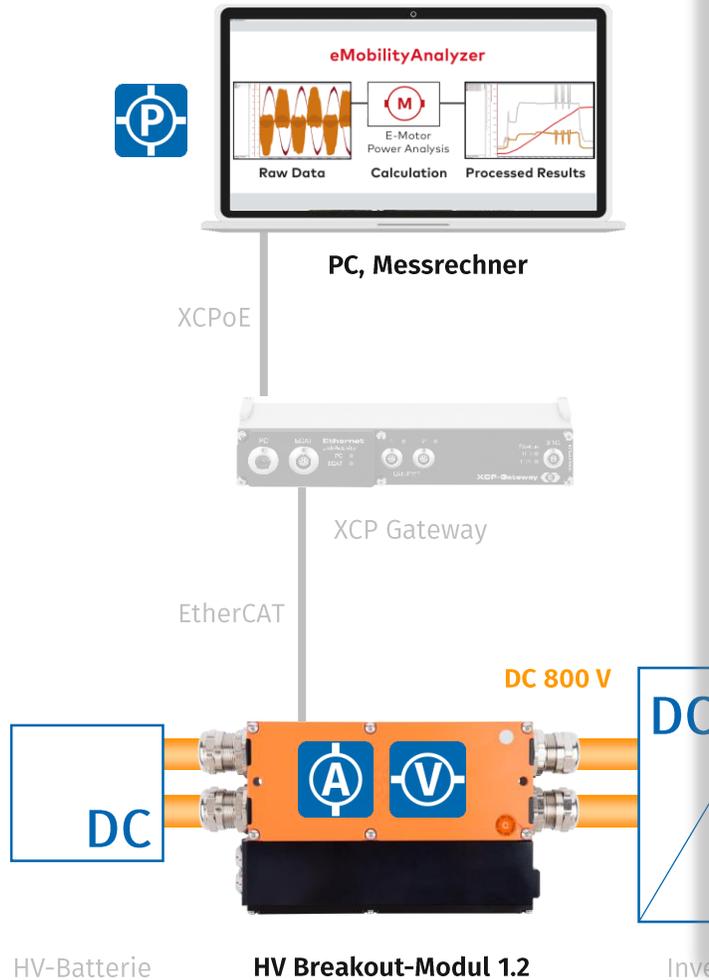
The screenshot shows the software interface. On the left is the 'Symbol Explorer' window with a tree view:

- Signale
- Signalquellen
- Messaufbau
- Funktionsdefinitionen
 - Bibliothek-Funktionen
 - Boolesche Algebra
 - eMobilityAnalyzer
 - AxlePower (f_∞)
 - ChargerEfficiency (f_∞)
 - DCAnalysis (f_∞)**
 - DCEfficiency (f_∞)
 - eMotorPowerAnalysis (f_∞)
 - eMotorYdelta (f_∞)
 - Harmonics (f_∞)
 - InverterEfficiency (f_∞)
 - PWMPowerAnalysis (f_∞)
 - Ripple (f_∞)
 - ShaftPower (f_∞)
 - Filter
 - Mathematische Grundlagen
 - Signal Analysis
 - Signalanalyse
 - Signalgenerator
 - Signalvergleich
 - Statistik
 - Projekt-Funktionen
 - Rekorderliste
 - Projektdateien

On the right, the 'Struktur-Komponenten einfügen' dialog box is open, showing a list of components for 'DCAnalysis' (STRUCT(112)).

Name	Kommentar	Basis-Datentyp
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis		STRUCT(112)
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Ah	Gesamtladung [Ah]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Idc	Mittlere Stromstärke [A]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Imax	Maximale Stromstärke [A]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Imin	Minimale Stromstärke [A]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Ipp	Spitze-Tal Stromstärke [A]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Irms	Effektivstromstärke [A]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.P	Effektivleistung [W]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.S	Scheinleistung [VA]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Udc	Mittlere Spannung [V]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Umax	Maximale Spannung [V]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Umin	Minimale Spannung [V]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Upp	Spitze-Tal Spannung [V]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.Urms	Effektivspannung [V]	DOUBLE
<input checked="" type="checkbox"/> DCAnalysis.W	Gesamtenergie [kWh]	DOUBLE

Leistungsmessung zwischen



Leistungsanalyse an einem DC-Signal

The screenshot shows the **DCAnalysis** configuration window. The **Beschreibung** (Description) section states: "Diese Funktion analysiert eine DC- oder AC-Phase. Dabei wird die Effektivleistung, Scheinleistung, Gesamtarbeit und Gesamtladung für ein vorgegebenes Zeitintervall berechnet." (This function analyzes a DC or AC phase. The effective power, apparent power, total work, and total charge for a specified time interval are calculated.)

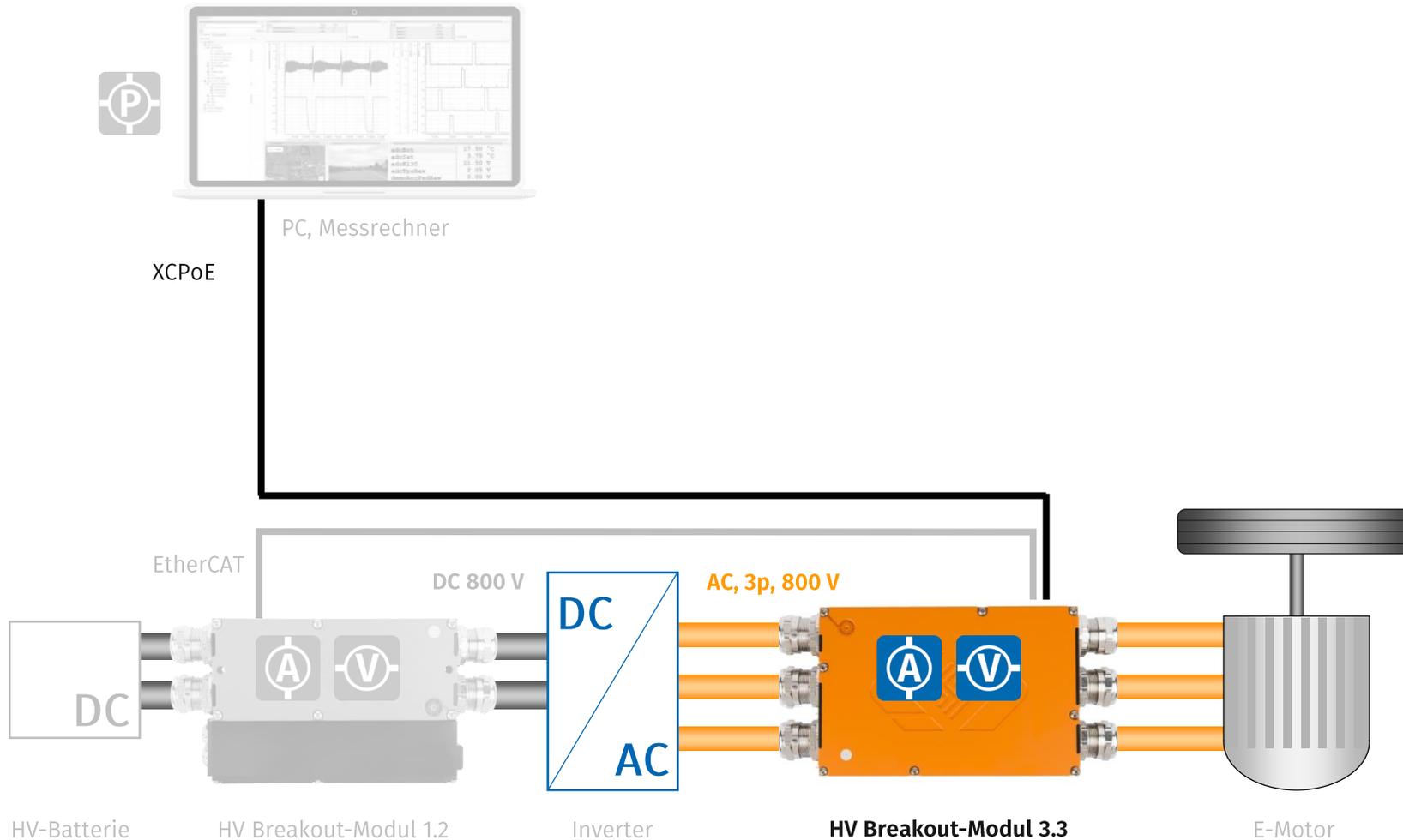
The **Konfiguration** (Configuration) section shows the following settings:

- Spannung:** CSM.HVBM_U_Bat
- Strom:** CSM.HVBM_I_Bat
- Integrationsintervall [ms]:** 100

The **Ausgabe** (Output) section lists the following parameters:

- DCAnalysis.Udc
- DCAnalysis.Idc
- DCAnalysis.Urms
- DCAnalysis.Irms
- DCAnalysis.Umax
- DCAnalysis.Umin
- DCAnalysis.Imax
- DCAnalysis.Imin
- DCAnalysis.Upp
- DCAnalysis.Ipp
- DCAnalysis.P
- DCAnalysis.S
- DCAnalysis.W
- DCAnalysis.Ah

Leistungsmessung zwischen Inverter und Elektromotor (in Echtzeit)



HV Breakout-Modul 3.3

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

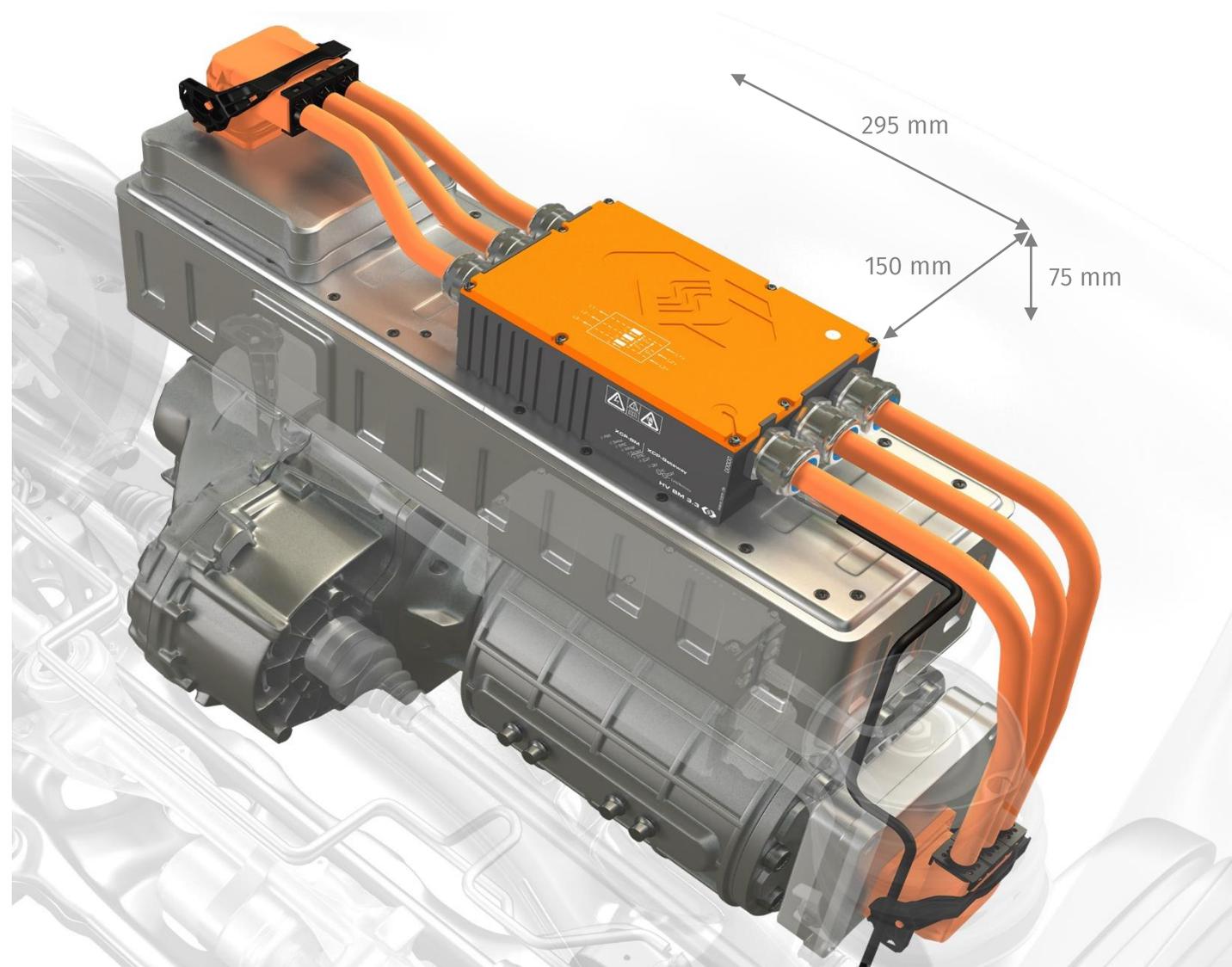
Zu HV Breakout-Modulen auf www.csm.de



NEUHEIT

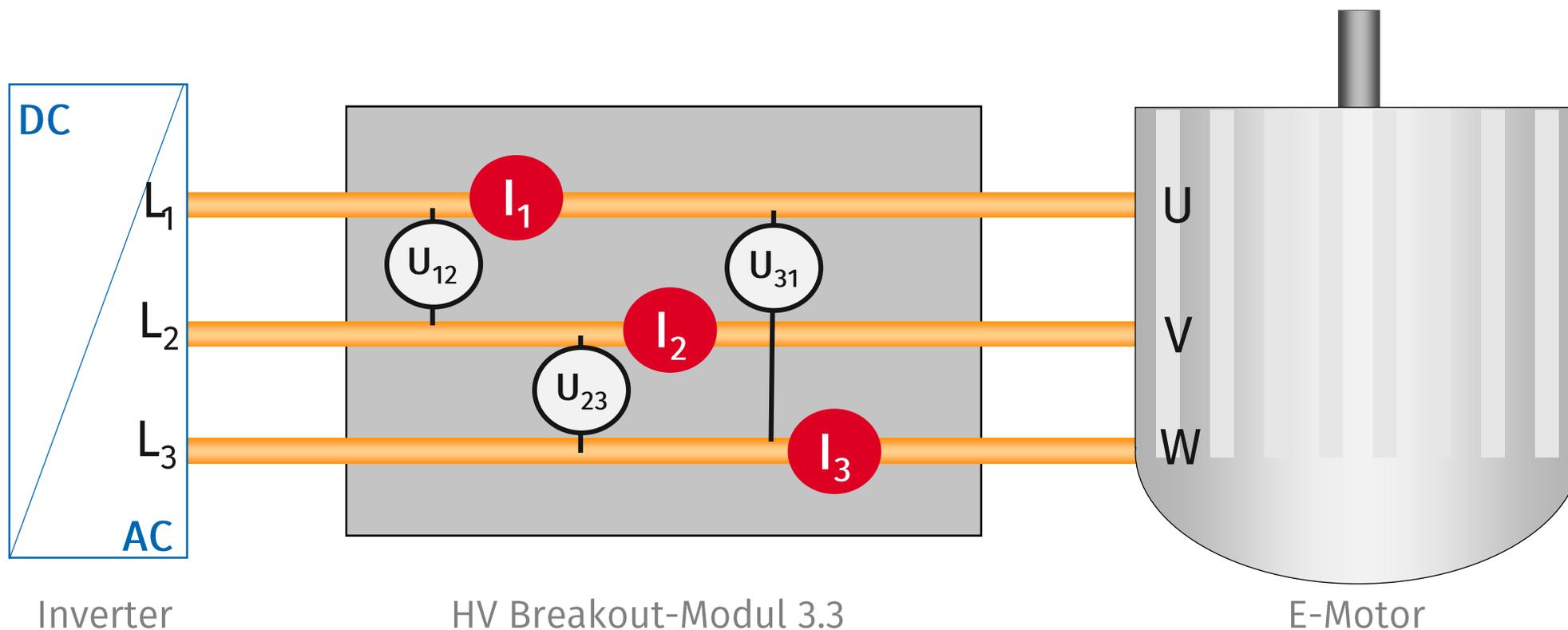
HV Breakout-Modul 3.3

- ▶ Spannungen bis $\pm 1.000\text{ V}$
Messbereich für Transiente bis $\pm 2.000\text{ V}$
- ▶ Ströme bis 800 A (Nennwert Shuntmodul)
Messbereich für Peaks bis $\pm 2.000\text{ A}$
- ▶ Optional PTP Sync (IEEE 1588)
- ▶ Optionale „XCP-Gateway“-Funktion
zum Anschluss weiterer CSM CAN-
und EtherCAT®-Messmodule



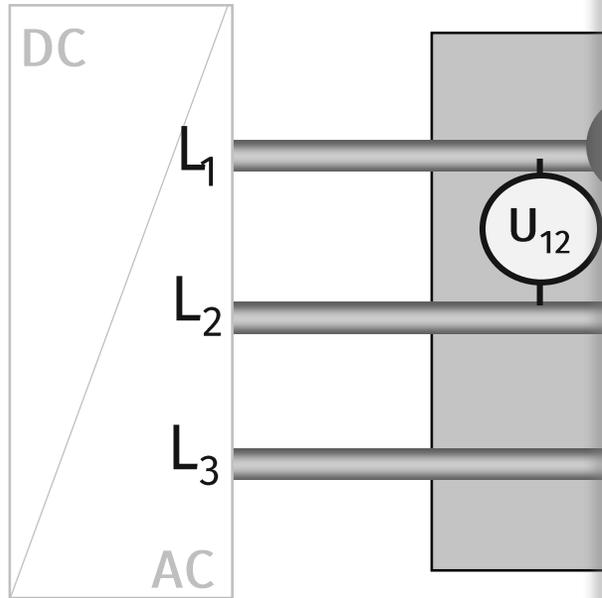
3-phasige Leistungsmessung (3φ3L, 3V3A)

- ▶ Phasensynchrone Messung von Strom und Spannung



3-phasige Leistungsmessung

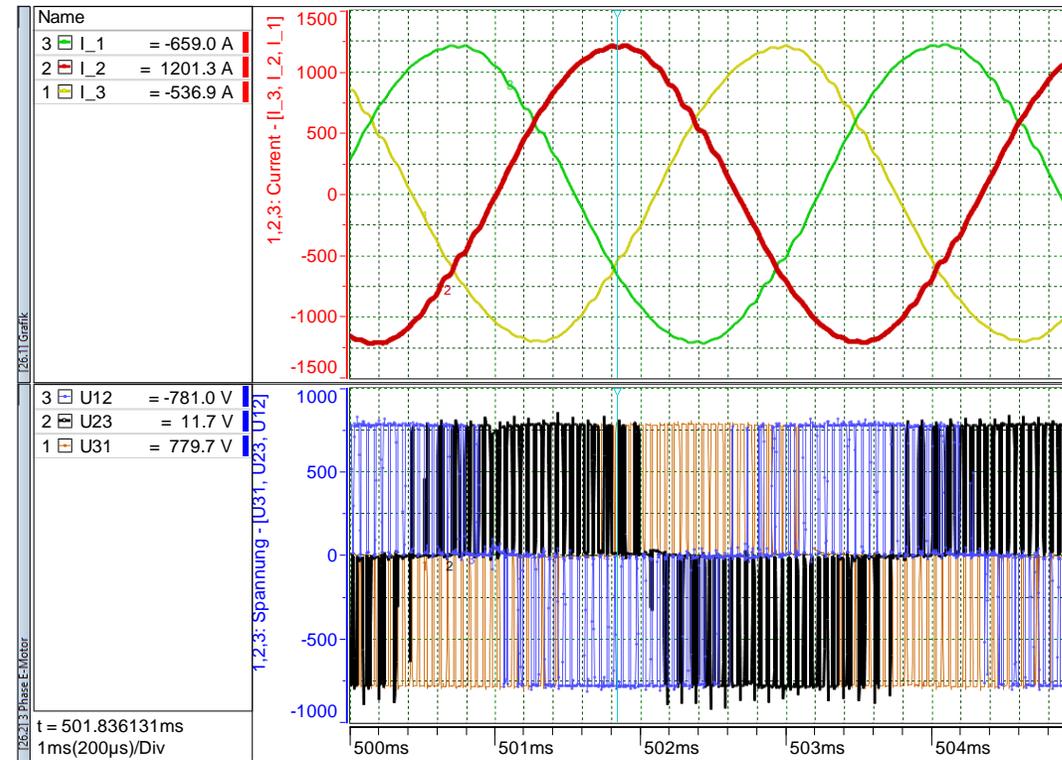
- Phasensynchrone Messung von



Inverter

Berechnung im eMobilityAnalyzer

Für die 3-phasige Leistungsanalyse berechnet der eMobilityAnalyzer die **Periodenlänge** und die **Frequenz** in **Echtzeit** aus den Abtastwerten den phasensynchronen Strömen und Spannungen des HV Breakout-Moduls.



Messung an
3-phasiger E-Maschine

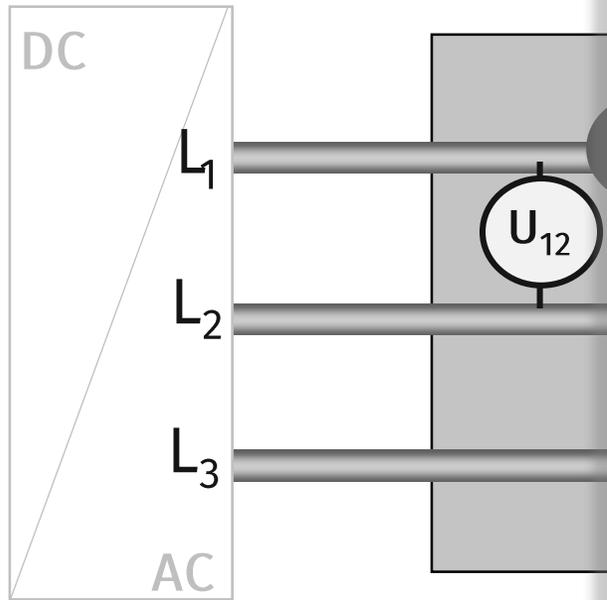
@ P_{el} ~ 550 kW

HV Breakout-Modul 3.3

E-MOTOR

3-phasige Leistungsmessung

- ▶ Phasensynchrone Messung von



Inverter

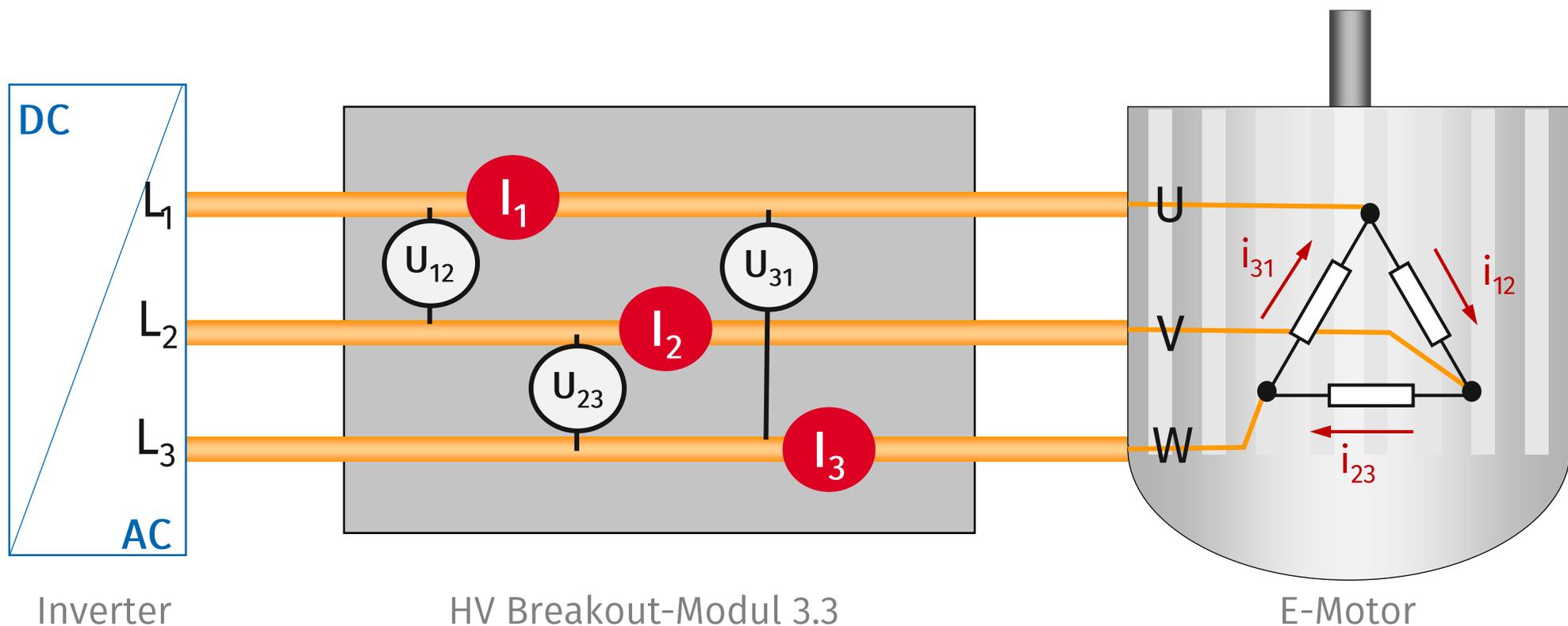
HV Breakout-Modul 3.3

E-MOTOR

Einfache Konfiguration im eMobilityAnalyzer

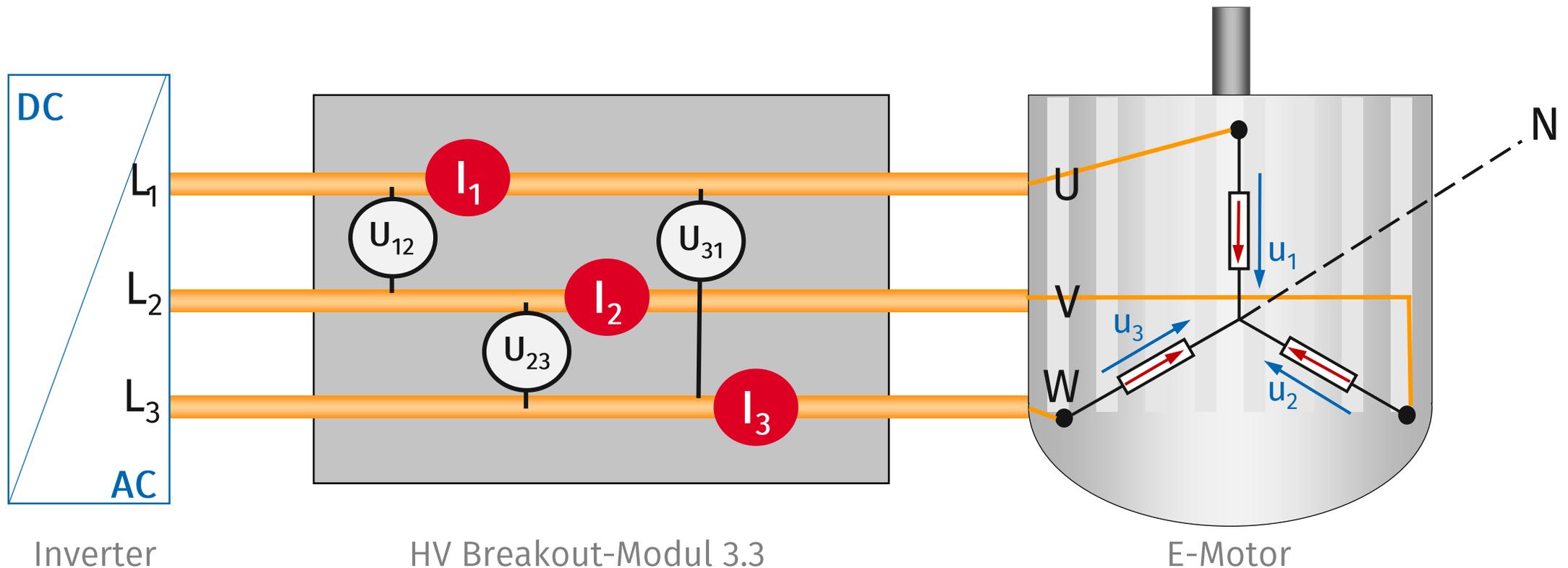
3-phasige Leistungsmessung (3φ3L, 3V3A)

- ▶ mit Y-Δ-Transformation
- ▶ Effektivleistung Motor = Summe Effektivleistungen der einzelnen Motorwicklungen
- ▶ $P = P_1 + P_2 + P_3$



3-phasige Leistungsmessung (3φ3L, 3V3A)

- ▶ mit Y-Δ-Transformation
- ▶ Effektivleistung Motor = Summe Effektivleistungen der einzelnen Motorwicklungen
- ▶ $P = P_1 + P_2 + P_3$



Leistungsberechnung im eMobilityAnalyzer

3-phasige

- ▶ mit Y-Δ-Transformation
- ▶ Effektivleistung
- ▶ $P = P_1 + P_2 + P_3$

DC

A

Inverter

HV Breakout-Modul 3.3

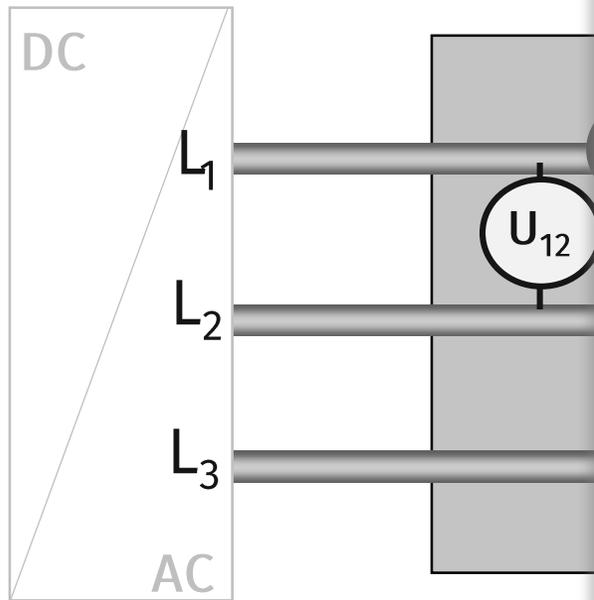
E-MOTOR

The screenshot displays the eMobilityAnalyzer software interface. On the left, the 'Symbol Explorer' shows a tree view of components, with 'eMotorPowerAnalysis' selected. In the center, a graph window titled '[1] Grafik' shows a plot with a y-axis ranging from 0 to 200. On the right, a dialog box titled 'Struktur-Komponenten einfügen' is open, displaying a list of components and their properties.

Name	Kommentar	Basis-Datentyp
✓ eMotorPowerAnalysis_1		STRUCT(72)
✓ eMotorPowerAnalysis_1.f	Frequenz der Stromstärke [Hz]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.Lambda	Effektiver Leistungsfaktor P /S	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.P	Gesamte Wirkleistung [W]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.P1	Wirkleistung Wicklung 1 (Stern) oder Wicklung 1 zu 2 (Dreieck) [V]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.P2	Wirkleistung Wicklung 2 (Stern) or Wicklung 2 zu 3 (Dreieck) [A]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.P3	Wirkleistung Wicklung 3 (Stern) oder Wicklung 3 zu 1 (Dreieck) [V]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.Q	Gesamte Blindleistung [var]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.S	Gesamte Scheinleistung [VA]	DOUBLE
✓ eMotorPowerAnalysis_1.W	Gesamte von der Wirkleistung geleistete Arbeit [kWh]	DOUBLE

3-phasige Leistungsmessung

- ▶ mit Y- Δ -Transformation
- ▶ Effektivleistung Motor = Summe Effektivleistungen
- ▶ $P = P_1 + P_2 + P_3$



Inverter

HV Breakout-Modul 3.3

E-MOTOR

Stern-Dreieck-Transformation im eMobilityAnalyzer

Beschreibung
E-Motor Y- Δ -Transformation
Diese Funktion berechnet über die Stern-Dreiecktransformation die Strangströme I12, I23, I31 und Leiterspannungen U1, U2, U3. Eingänge sind die drei Strangspannungen U12, U23, U31 und die Leiterströme I1, I2, I3.

Konfiguration

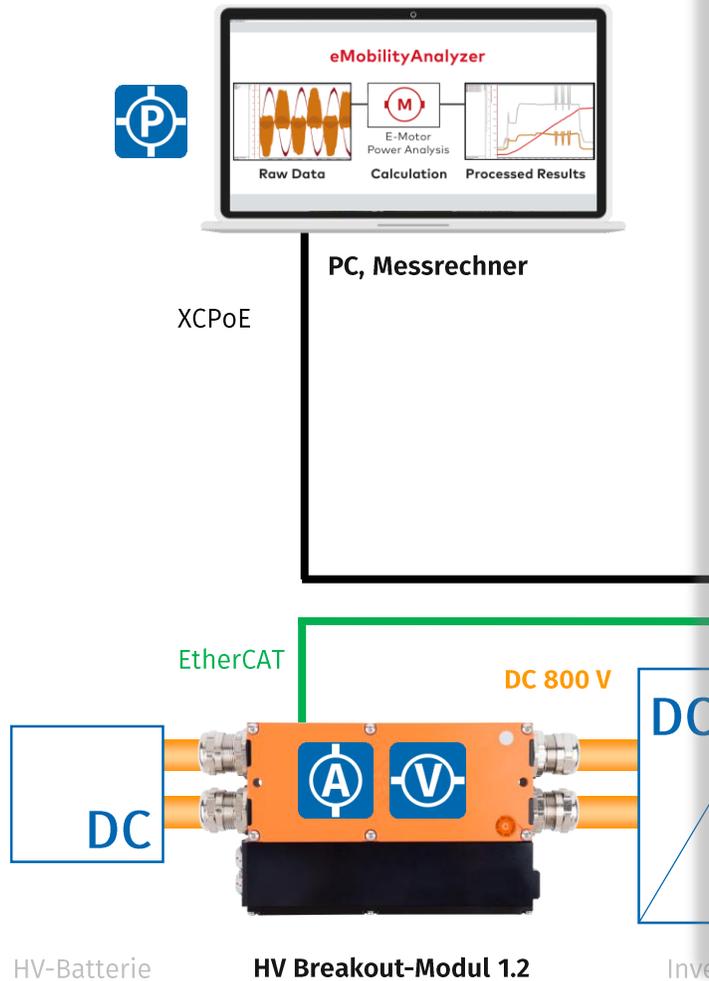
U12: CSM.HVBM_3_3_U12 ...
U23: CSM.HVBM_3_3_U23 ...
U31: CSM.HVBM_3_3_U31 ...
I1: CSM.HVBM_3_3_I1 ...
I2: CSM.HVBM_3_3_I2 ...
I3: CSM.HVBM_3_3_I3 ...

Ausgabe

eMotorYdelta.U_1 eMotorYdelta.U_3 eMotorYdelta.I_23
eMotorYdelta.U_2 eMotorYdelta.I_12 eMotorYdelta.I_31

OK Abbrechen Hilfe

Wirkungsgradmessung a



Berechnung im eMobilityAnalyzer

InverterEfficiency

- Allgemein
- Erweitert

Beschreibung

Inverter Wirkungsgrad

Diese Funktion integriert die Wirkleistung des 3-Phasen AC-Systems und des DC-Ausgabesignals. Die Funktion berechnet den gesamten Wirkungsgrad des Inverters.

Konfiguration

Uin:	CSM.HVBM_U_Bat	...			
lin:	CSM.HVBM_I_Bat	...			
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	...			

InverterEfficiency

	InverterEfficiency.Pin				
	InverterEfficiency.Win				
	InverterEfficiency.Pout				
	InverterEfficiency.Wout				
	InverterEfficiency.eta				
	InverterEfficiency.etaW				
	InverterEfficiency.Pd				
	InverterEfficiency.Wd				
	InverterEfficiency.f				

Parameter

Integrationsintervall [ms]:	100	Zyklen min.:	10	Irms min.:	0
Frequenz min.:	500	Frequenz max.:	5000	Sync Source:	0

OK
Abbrechen
Hilfe

CSM Xplained: Leistungs- und Wirkungsgradmessungen
09.06.2021 Folie 22

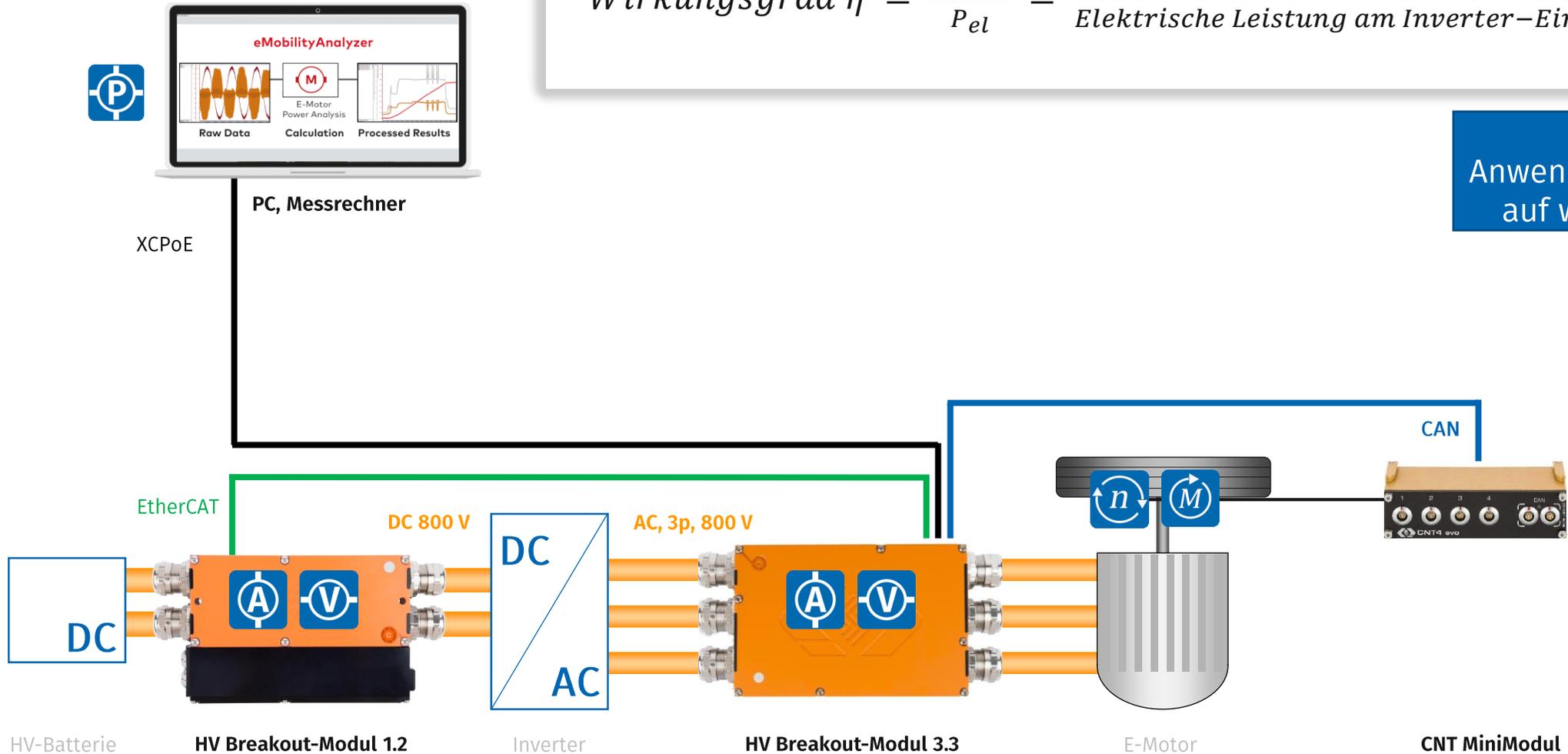
www.csm.de

Gesamtwirkungsgrad

Berechnung im eMobilityAnalyzer

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

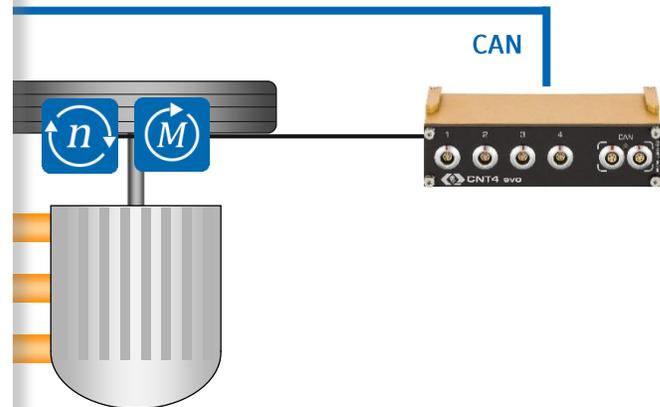
Zum Anwendungsbeispiel auf www.csm.de



Berechnung im eMobilityAnalyzer

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

The screenshot shows the 'ShaftPower' configuration window. On the left, a sidebar lists 'Allgemein' and 'Erweitert'. The main area is divided into sections: 'Beschreibung' (description), 'Konfiguration' (configuration), 'Parameter' (parameters), and 'Ausgabe' (output). The description states that the function calculates mechanical shaft power from torque and speed. The configuration section shows torque (M) and speed (n) inputs set to 'T12.HP_MSG0.M' and 'T12.HP_MSG0.n' respectively, with a central icon of a shaft and a 'ShaftPower' output box. The parameter section has an integration interval of 100 ms. The output section shows 'ShaftPower.P' and 'ShaftPower.W'. At the bottom are 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.



E-Motor

CNT MiniModul

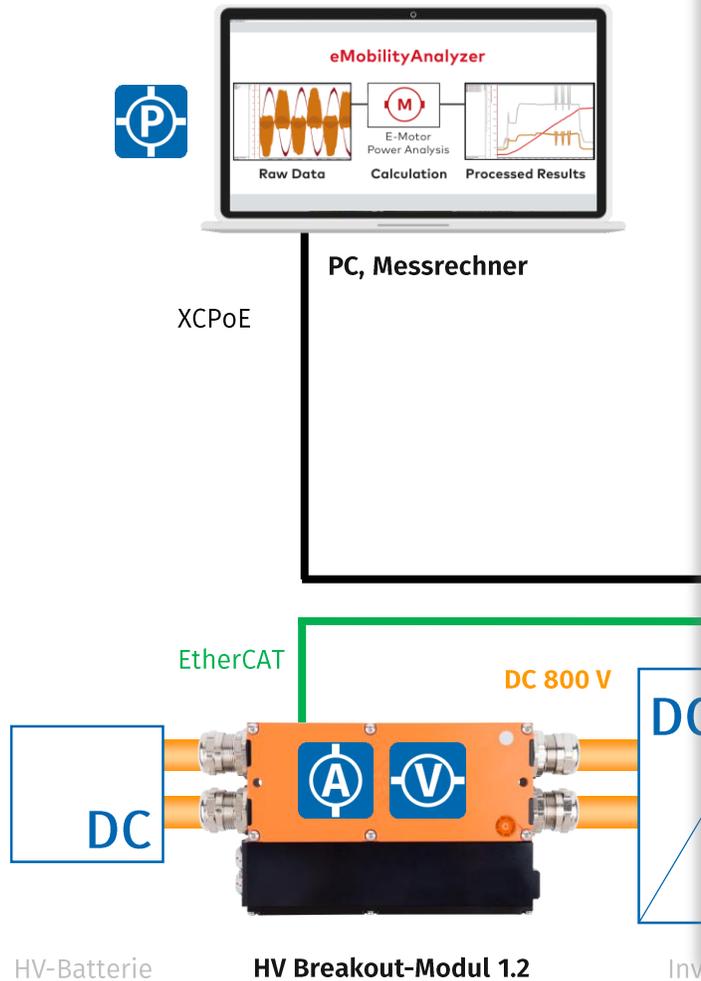
HV-Batterie

HV Breakout-Modul 1.2

Inverter

HV Breakout-Modul 3.3

Gesamtwirkungsgrad



Berechnung im eMobilityAnalyzer

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

DCAnalysis

- Allgemein
- Erweitert

Beschreibung
DC-Analyse
 Diese Funktion analysiert eine DC- oder AC-Phase. Dabei wird die Effektivleistung, Scheinleistung, Gesamtarbeit und Gesamtladung für ein vorgegebenes Zeitintervall berechnet.

Konfiguration

Spannung: CSM.HVBM_U_Bat ...

Strom: CSM.HVBM_I_Bat ...

Parameter

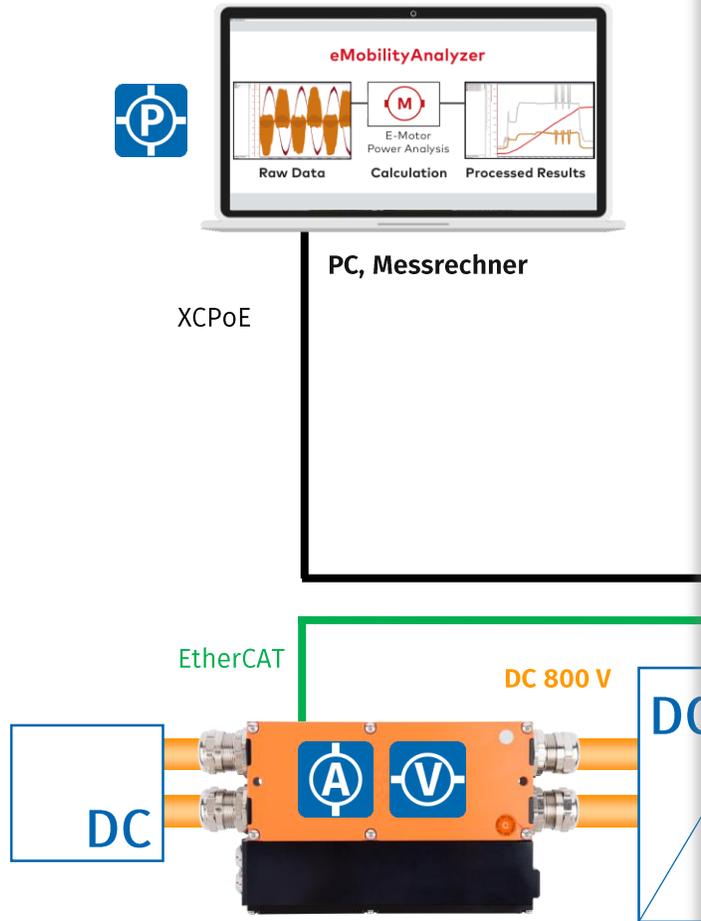
Integrationsintervall [ms]: 100

Ausgabe

DCAnalysis.Udc	DCAnalysis.Umin	DCAnalysis.P
DCAnalysis.Idc	DCAnalysis.Imax	DCAnalysis.S
DCAnalysis.Urms	DCAnalysis.lmin	DCAnalysis.W
DCAnalysis.Irms	DCAnalysis.Upp	DCAnalysis.Ah
DCAnalysis.Umax	DCAnalysis.Ipp	

OK Abbrechen Hilfe

Leistungsanalyse



HV-Batterie HV Breakout-Modul 1.2 Inverter

Online-Darstellung in vMeasure exp

► Multiple Visualisierung verschiedener gleichzeitiger eMobilityAnalysen

Name	Value	Unit	Comment	Measurement cursor	Diffcursor
Strom	-100.602869	A		-100.602869	
Ripple_1_dc	-95.6187	A	Average value [a.u.]	-95.6187	
Ripple_1_max	-89.6749	A	Maximal value [a.u.]	-89.6749	
Ripple_1_min	-100.191	A	Minimal value [a.u.]	-100.191	
Ripple_1_pp	10.5159	A	Peak-to-peak value [a.u.]	10.5159	
Ripple_1_rms	95.6982	A	Root mean square value [a.u.]	95.6982	

HV Breakout-Modul 3.3 E-MOTOR CNT MINIMODUL

Vector CSM E-Mobility Basismesssystem – Leistungsanalyse

vMeasure exp

eMobility
Analyzer

XCP-Gateways

HV Breakout
Module

HV ECAT
Messmodule

ECAT
Messmodule

HV CAN
Messmodule

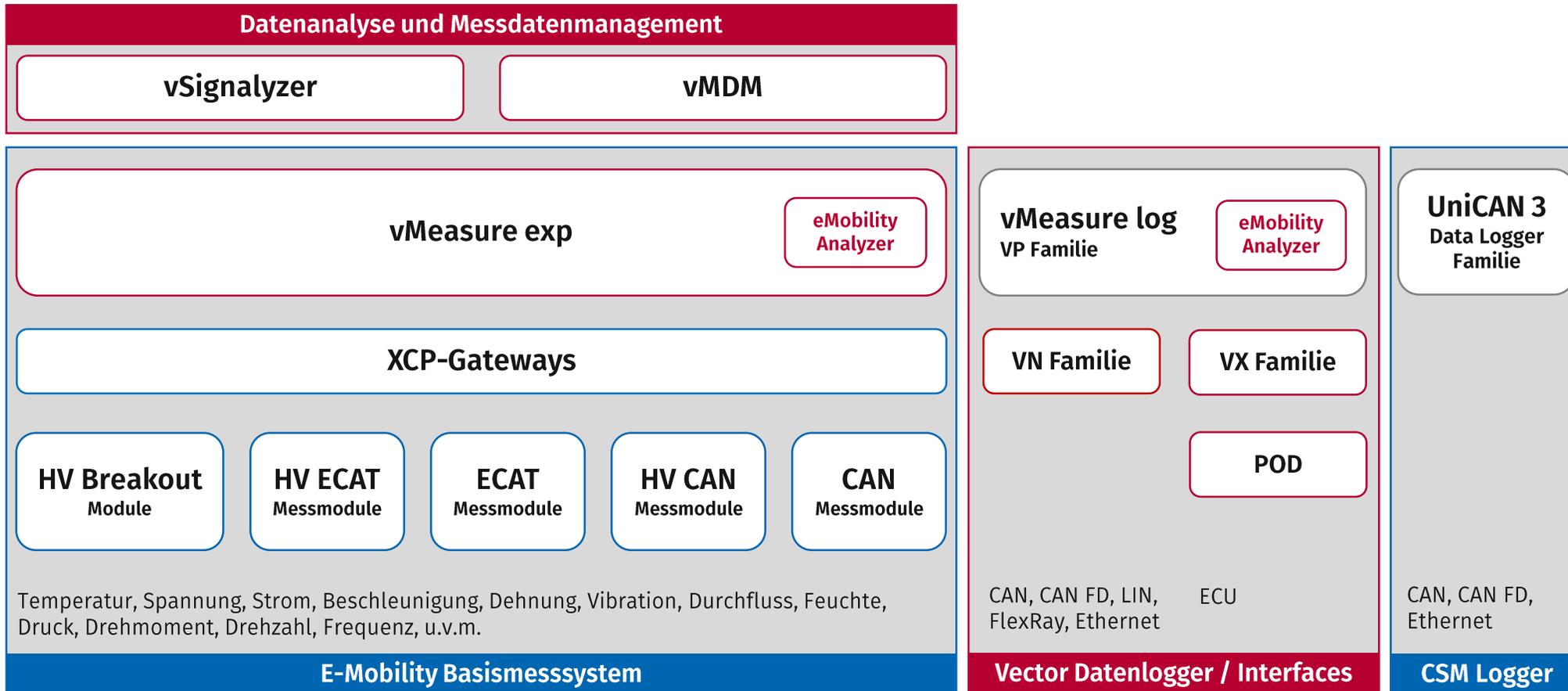
CAN
Messmodule

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

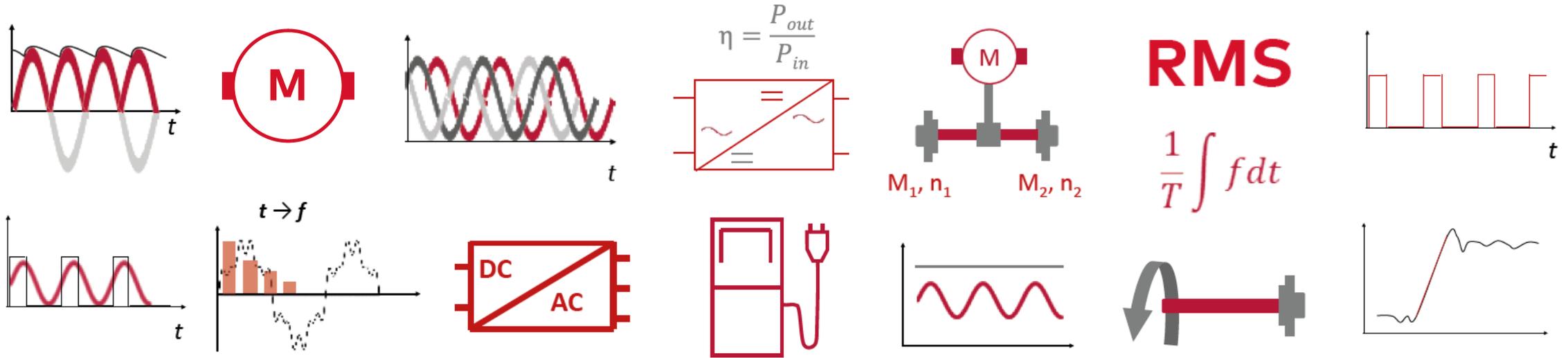
E-Mobility Basismesssystem

Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem

Zum E-Mobility
Messsystem auf
www.csm.de



Eigenschaften und Vorteile des Vector CSM E-Mobility Messsystems



Das E-Mobility Messsystem wird ständig weiter mit Kundenanwendungen ausgebaut. Sie erhalten mit jedem Vector Softwarerelease neue kostenlose Analyse-Werkzeuge. Neue Messmodule von CSM erschließen Anwendungen für alle Bereiche der Elektromobilität.

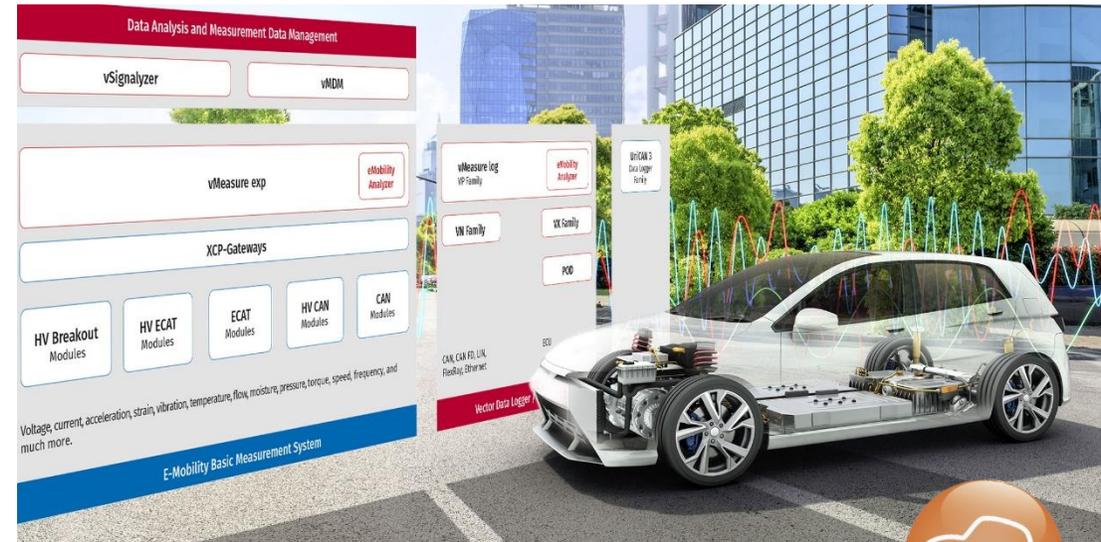
Über CSM

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