



# Benchmarking in der E-Mobility – Messtechnische Anwendungen, effiziente Lösungen

CSM Web-Seminare

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

**VECTOR** 



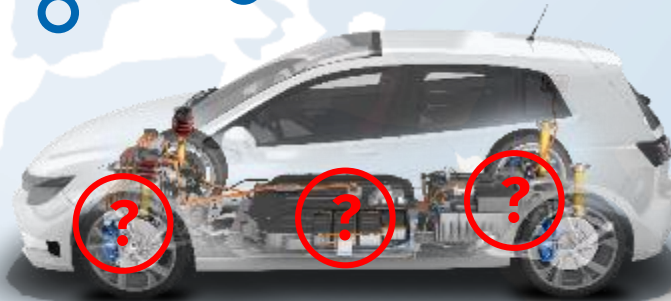
Innovative Mess- und Datentechnik

# Warum Benchmarking?

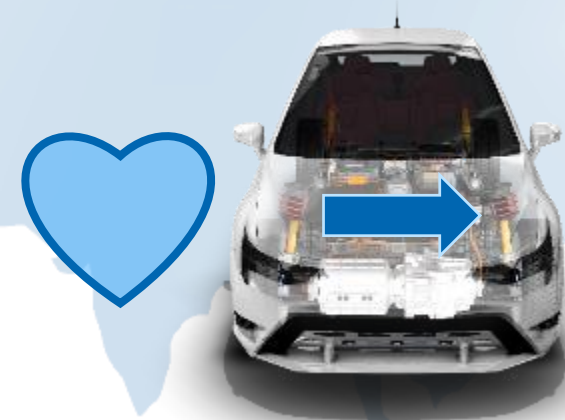


|   | 1 | 2 |
|---|---|---|
| A | + | - |
| B | + | + |
| C | - | + |
| D | + | + |

Technischer und  
kommerzieller  
Vergleich



Erkenntnisse zu  
Lösungsstrategien



Objektivierung von  
subjektiven  
Eindrücken

**Vorausschauende Analyse des Marktes und der Wettbewerber,  
um die eigenen Modell-Strategien möglichst gewinnbringend auszurichten**

# Wie wird Benchmarking umgesetzt?

## Festlegung der zu untersuchenden Eigenschaften

- ▶ Leistung
- ▶ Fahrbarkeit
- ▶ Fahrerassistenzsysteme/  
Autonomes Fahren (ADAS/AD)
- ▶ Fahrzeugakustik (NVH)
- ▶ Handling
- ▶ Fahrkomfort
- ▶ Zyklusverbrauch (z. B. WLTP)/  
Emissionen und Energiemanagement
- ▶ Kraftstoff-/Energieverbrauch  
und Emissionen im realen Straßenverkehr
- ▶ Fahrwiderstand
- ▶ Wärmeverhalten und Effizienz
- ▶ Ladeleistung und Effizienz
- ▶ ...

# Wie wird Benchmarking umgesetzt?

Festlegung der zu untersuchenden Eigenschaften

Definition der Metriken / physikalischen Messgrößen

| Zu bestimmende Metrik (Beispiel)                   | Reale Messgröße(n)                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Performance e-Achse peak Leistung [kW]             | HV-Spannung, HV-Strom                                                                                                                   |
| Performance e-Achse peak Drehmoment [Nm]           | Drehmoment (mittels Drehmoment-Messwelle)                                                                                               |
| Kühltemperatur Ein [°C]                            | Temperatursensor (z.B. PT100 oder Thermoelement)                                                                                        |
| Kühltemperatur Aus [°C]                            | Temperatursensor (z.B. PT100 oder Thermoelement)                                                                                        |
| Kühlung Durchfluss [l/min]                         | Durchfluss-Turbine (mit Analog- oder Frequenz Ausgang)                                                                                  |
| Wirkungsgrad im WLTC [%]                           | HV-Spannung & Strom + Leistungsberechnung elektrisch, sowie Bestimmung mech. Abtriebsleistung aus Drehzahl und Drehmoment der Messwelle |
| Energieverbrauch im WLTC [kWh/100km]               | Integral der elektrischen Leistung über die Zeit                                                                                        |
| Max. Fahrzeuggeschwindigkeit [km/h]                | Optischer Geschwindigkeitssensor, Max. Bestimmung                                                                                       |
| Beschleunigung 0-100 km/h und Wiederholbarkeit [s] | Analyse Geschwindigkeitssignale über die Zeit                                                                                           |
| DC-Strom (max./nominal) [A]                        | HV-Strom                                                                                                                                |
| System-Spannung [V]                                | HV-Spannung                                                                                                                             |

# Wie wird Benchmarking umgesetzt?

Festlegung der zu untersuchenden Eigenschaften

Definition der Metriken / physikalischen Messgrößen

Messung

- ▶ Messung im Serienfahrzeug
- ▶ Instrumentierung  
(umfangreich, um so viele Parameter wie möglich zu erfassen)
- ▶ Erprobung in standardisierten Abläufen
  - ▶ Rollenprüfstand
  - ▶ Fahrversuch



# Wie wird Benchmarking umgesetzt?

Festlegung der zu untersuchenden Eigenschaften

Definition der Metriken / physikalischen Messgrößen

Messung

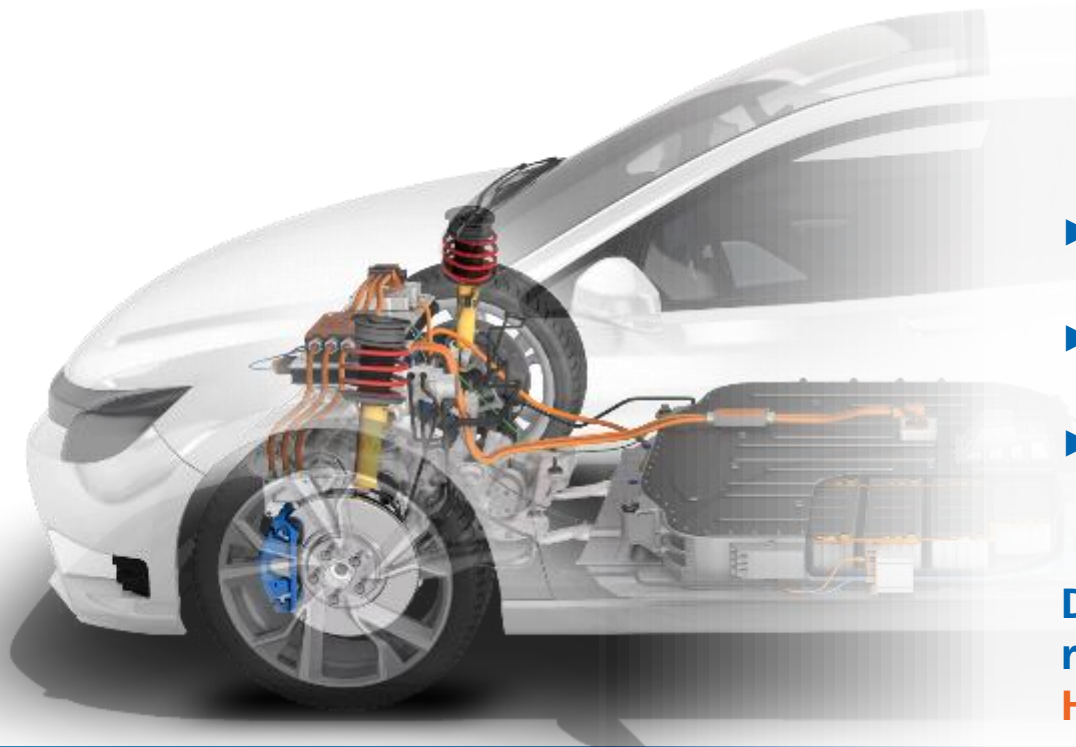
Analyse / Vergleich

- ▶ Übertragung der gewonnenen Messdaten in Datenbanken
- ▶ Analyse und Vergleich



# Herausforderungen für die Messtechnik

## Bauraum



- ▶ Erfassung der Messdaten
  - ▶ Im Motorraum
  - ▶ Im Kofferraum
  - ▶ Im Innenraum
  - ▶ Am Chassis und Fahrwerk
  - ▶ Auf rotierenden Teilen
  - ▶ Im HV-Umfeld
- ▶ Serienfahrzeuge bieten nur begrenzten Raum für die Installation der Messtechnik
- ▶ Verkleidungen, Abdeckungen usw. erschweren den Einbau
- ▶ Ordnungsgemäßer Betrieb darf nicht beeinträchtigt werden

**Die Messtechnik muss möglichst kompakt und robust sein und je nach Messstelle auf die HV-Sicherheit gewährleisten**

# Herausforderungen für die Messtechnik

Zeit

- ▶ Die Instrumentierung dauert in der Regel mehrere Wochen
- ▶ Messtechnik darf kein zusätzlicher Zeitfresser sein (Budget)
- ▶ Erleichterung und Beschleunigung der Instrumentierung durch Montagehilfen und kundenspezifische Adapterlösungen

Bauraum



# Herausforderungen für die Messtechnik

## Flexibilität

Zeit

Bauraum



- ▶ Erfassung zahlreicher Messgrößen mit nur einem Messsystem
- ▶ Im Idealfall ist die Messtechnik auch für weitere Messungen verwendbar
- ▶ Der Messaufbau sollte flexibel sein, um an wechselnde Rahmenbedingungen anpassbar zu sein
- ▶ Verwendung des gleichen Messaufbaus auf dem Prüfstand und im Fahrversuch

**Gefordert werden robuste Messtechnik, ein modulares Messsystem und offene Schnittstellen für den Einsatz mit verschiedenen DAQ-Systemen**

# Herausforderungen für die Messtechnik

Genauigkeit

Flexibilität

Zeit

Bauraum

- ▶ Die Unterschiede zwischen Vergleichsmodellen liegen häufig im Detail
- ▶ Gleiche Messtechnik in allen zu vergleichenden Fahrzeugen dringend empfohlen, um die Messdaten auch wirklich direkt vergleichen zu können

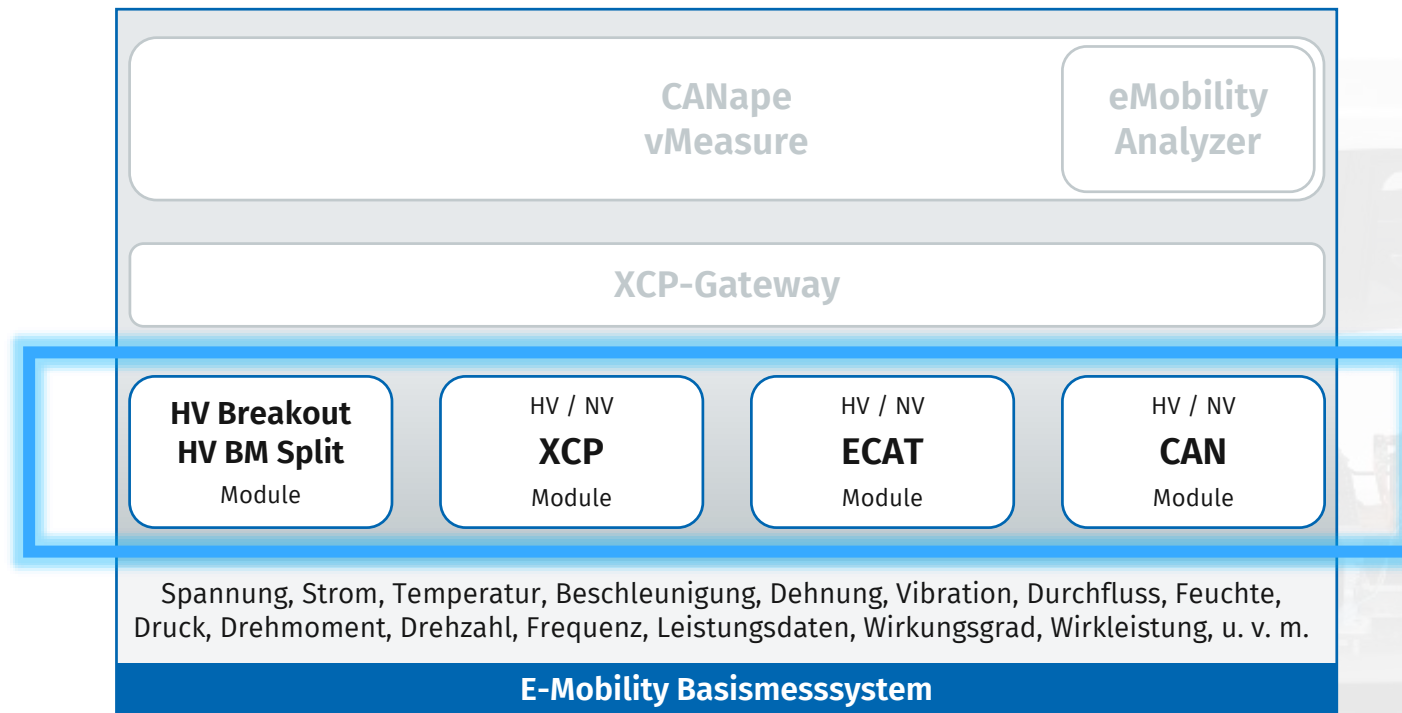
**Die Messtechnik muss hochauflösend sein und hohe Abtastraten erlauben, um auch schnelle Phänomene und geringfügige Änderungen zu erfassen**



# CSM Messtechnik für Benchmarking

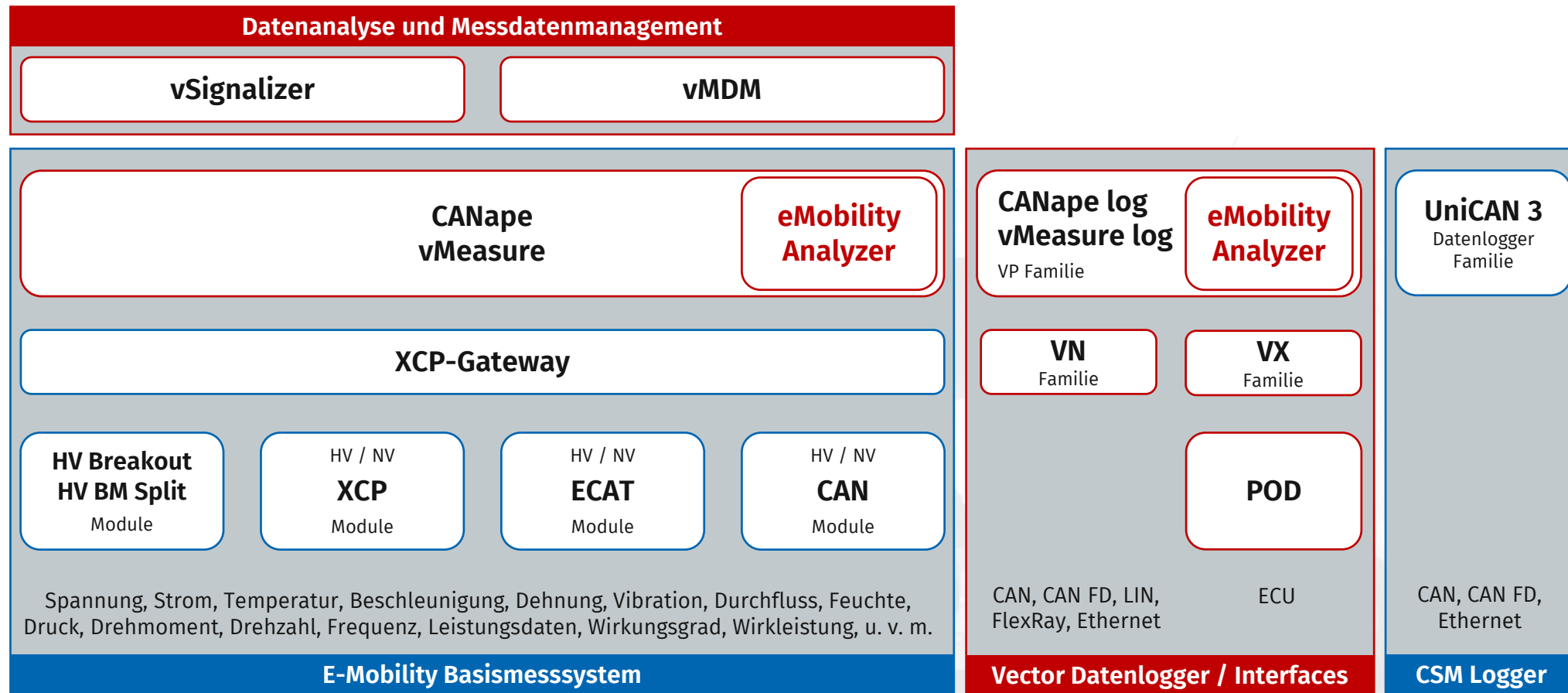
|               |          | Strom<br> | Spannung<br> | Temperatur<br> | Sensor-<br>spannungen<br> | DMS<br> | IEPE<br> | Frequenzen<br> |
|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HV-sicher     | XCPE     |           |                                                                                               |                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
|               | EtherCAT |           |                                                                                               |                                                                                                   |                           |         |          |                                                                                                   |
|               | CAN      |           |                                                                                               |                 |                           |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
| Konventionell | EtherCAT |         |            |                                                                                                   |                         |       |        |                                                                                                   |
|               | CAN      |         |            |              |                         |       |                                                                                             |              |

# Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem



# Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem

Vector CSM E-Mobility-  
Messsystem  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)



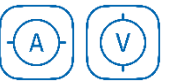
# Reichweitenbenchmark

## Erkenntnisse zu Lösungsstrategien

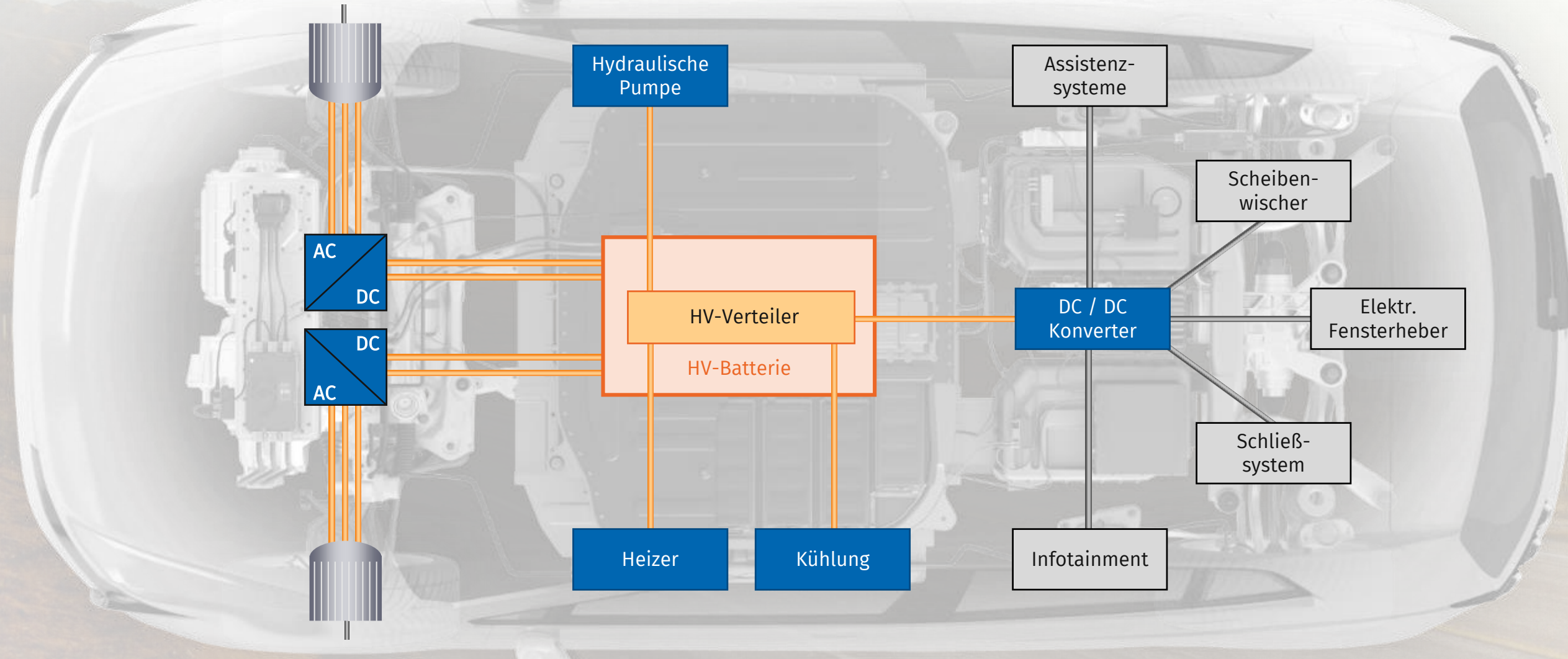
### Wie kann die Reichweite eines BEV gesteigert werden, ohne auf wesentlichen Komfort zu verzichten?

Nebenverbraucher im Niedervolt-Bordnetz nutzen auch die Energie aus der Traktionsbatterie für den elektrischen Antrieb.

- ▶ Leistungsaufnahme der Nebenverbraucher (NV Bordnetz)
- ▶ Untersuchung der Wechselwirkungen des NV-Bordnetzes mit dem HV-Bordnetz
- ▶ Wirkungsgrad des Antriebsstranges
- ▶ Überprüfung der Klimatisierung und von Temperaturen in Komponenten
- ▶ Überprüfung von Schaltvorgängen der Steuergeräte



# Reichweitenbenchmark

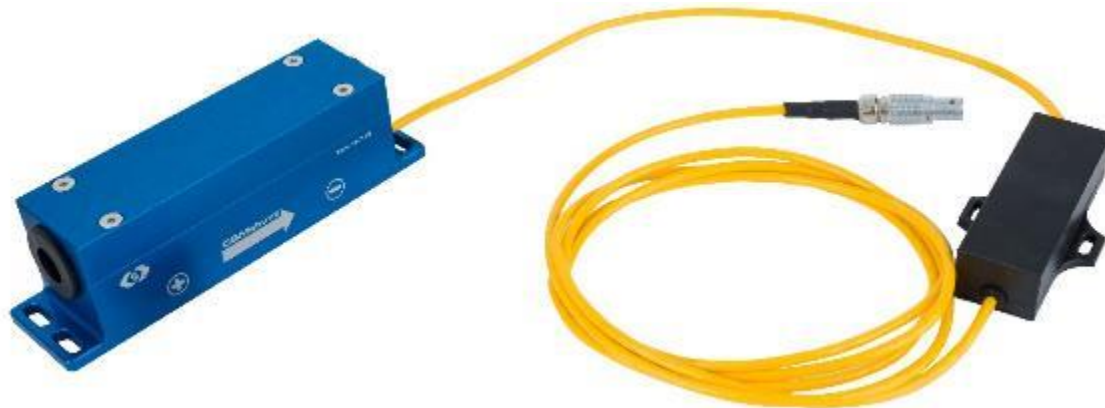




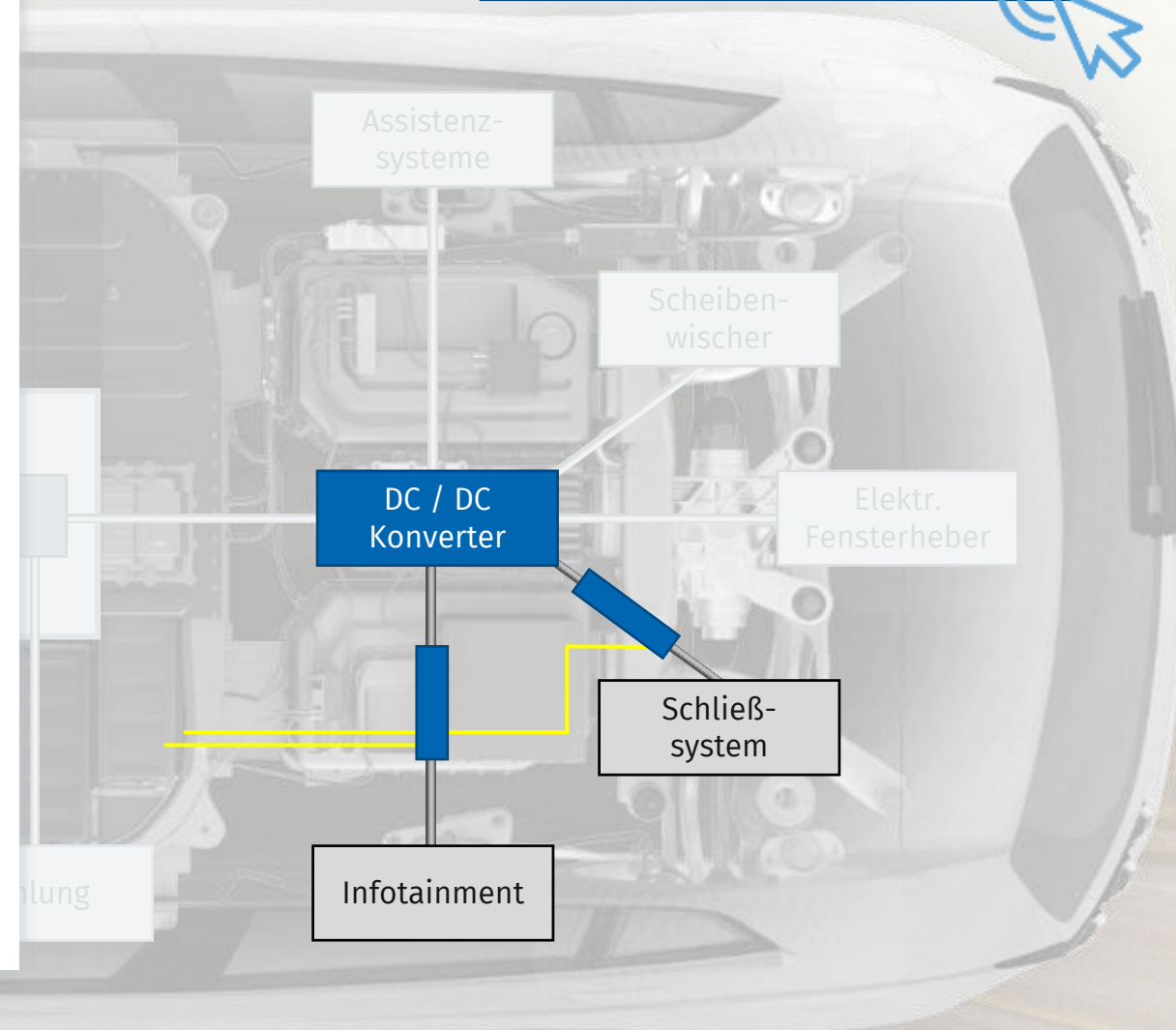
## Leistungsaufnahme der Nebenverbraucher

### CSMshunts

- ▶ Präzisionswiderstand zur Strommessung
- ▶ Aktiver Messverstärker
- ▶ Temperaturkompensation über den gesamten Einsatzbereich von  $-40^{\circ}$  bis  $+125^{\circ}\text{C}$
- ▶ Kleine Variante für  $\pm 2,5\text{ A}$  und  $\pm 25\text{ A}$  Messbereich und direkten Abgriff für den Fahrzeug-Sicherungskasten (ATO Sicherungen)
- ▶ Leicht größere Variante für Messbereiche  $\pm 125\text{ A}$  und  $\pm 250\text{ A}$



CSMshunts  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)

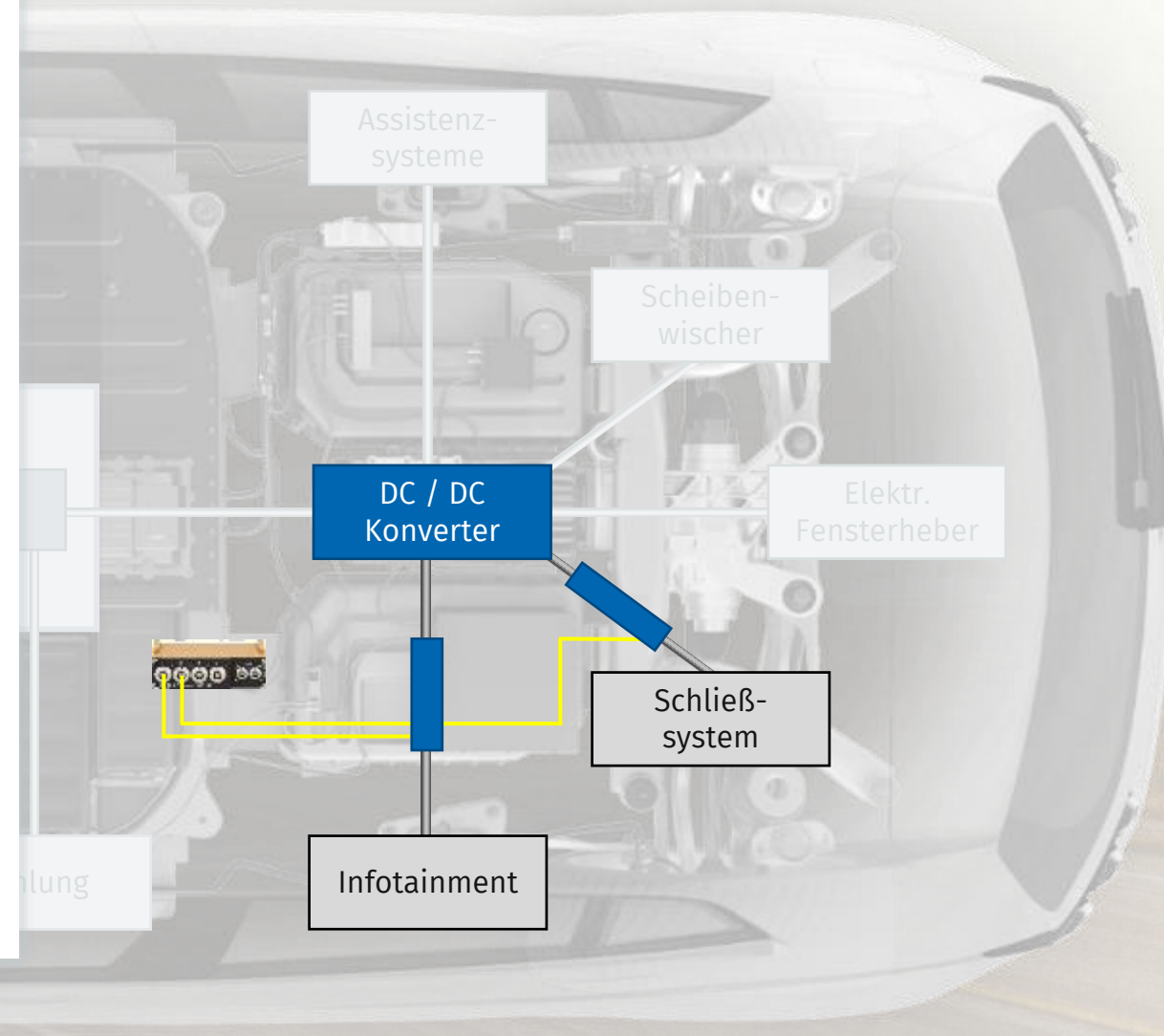




## Leistungsaufnahme der Nebenverbraucher

### CSMshunts

- ▶ Kleine Varianten für 2,5 A und 25 A Messbereich für den Fahrzeug-Sicherungskasten (ATO Sicherungen)
- ▶ Leicht größere Varianten für Messbereiche 125 A und 250 A
- ▶ Anschluss an AD Messmodule





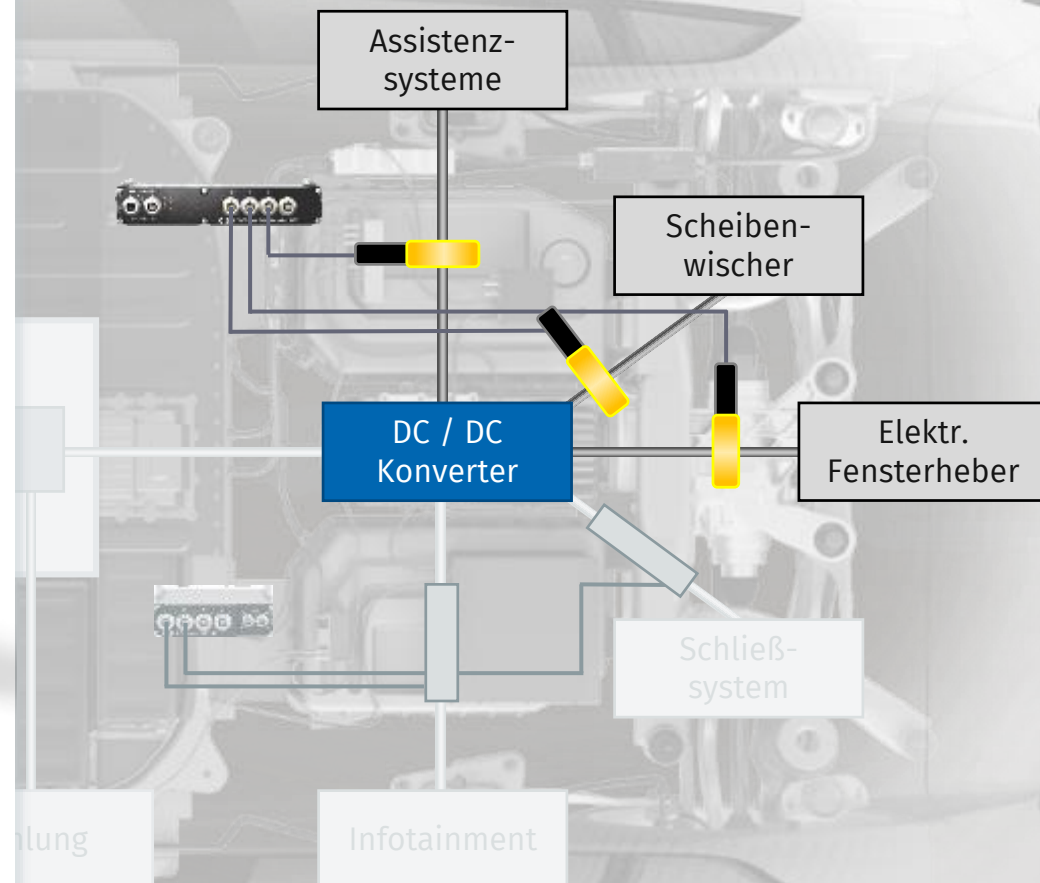
## Leistungsaufnahme der Nebenverbraucher

### CSM Current Clamp

- ▶ Messbereiche von  $\pm 20$  A bis  $\pm 1.000$  A
- ▶ Grenzfrequenz bis 2 MHz (je nach Strommessbereich)
- ▶ Fertig verkabelt mit Versorgungsmodul



CSM Current Clamp  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)

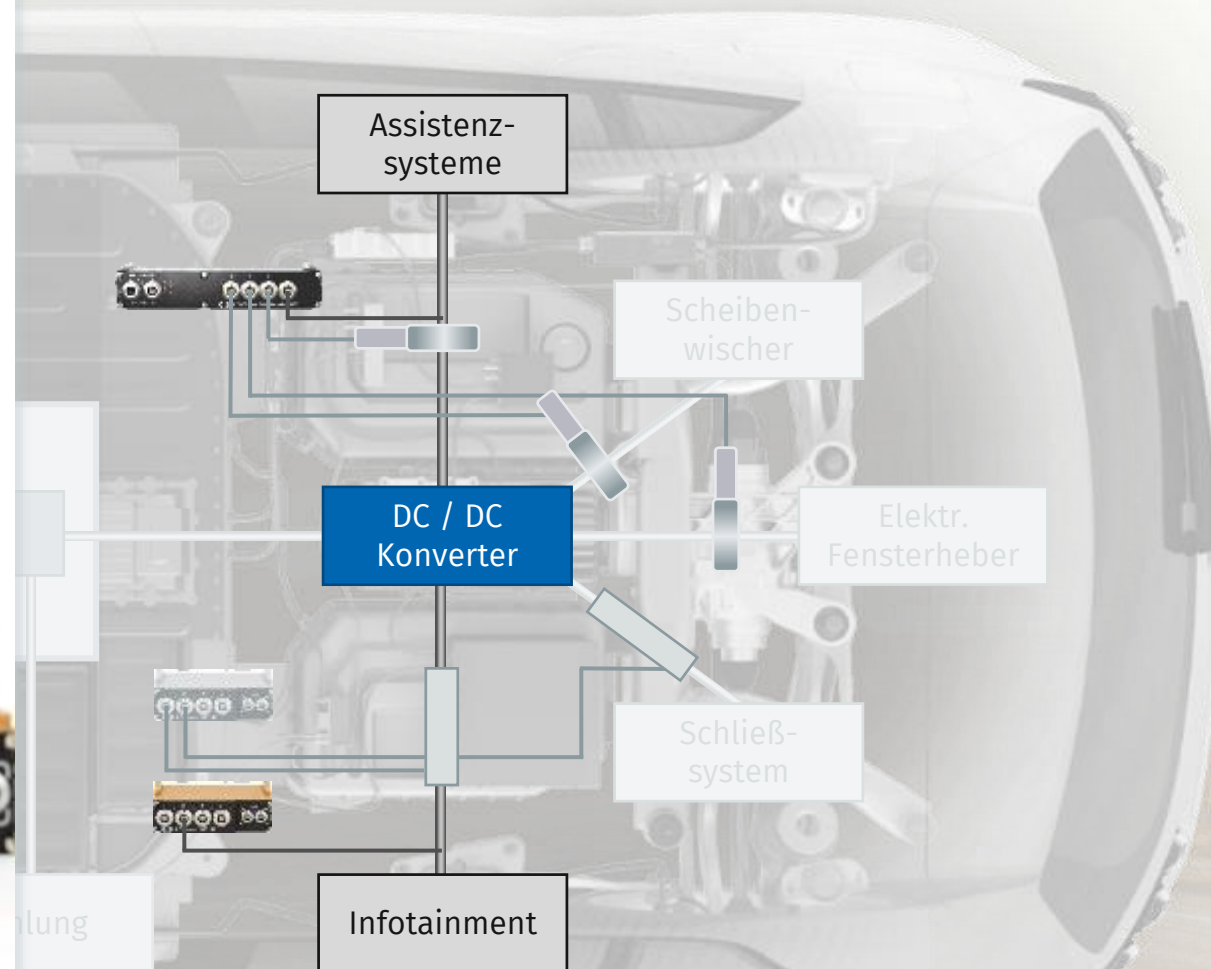




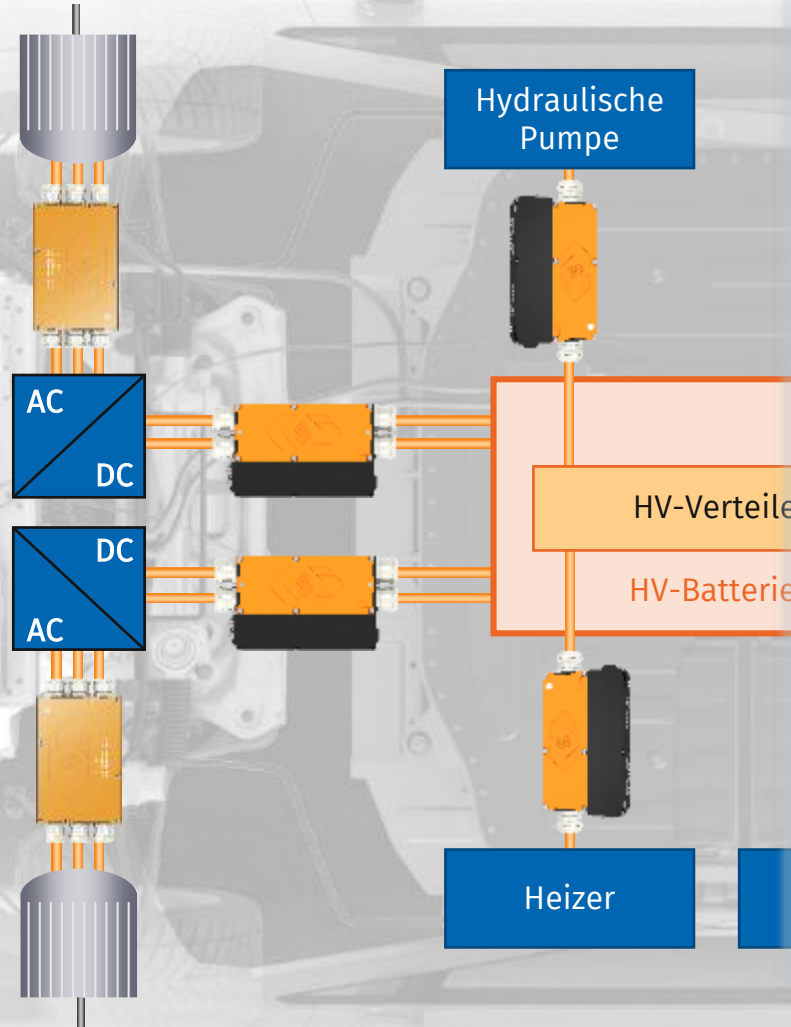
## Leistungsaufnahme der Nebenverbraucher

### Signalanschluss Stromsensoren

- ▶ Mittels CAN oder EtherCAT® Messmodulen
- ▶ Viele Messbereiche für unterschiedliche Messaufgaben
- ▶ Rauscharme Signalverarbeitung, auch bei Extremtemperaturen
- ▶ Hohe effektive Auflösung und Messgenauigkeit (typ. 0,05%)
- ▶ Integrierte Sensorversorgung
- ▶ Schutzart IP67
- ▶ Betriebstemperaturbereich: -40°C bis +125°C



# Reichweitenbenchmark



## Untersuchung der Wechselwirkungen des NV-Bordnetzes mit dem HV-Bordnetz

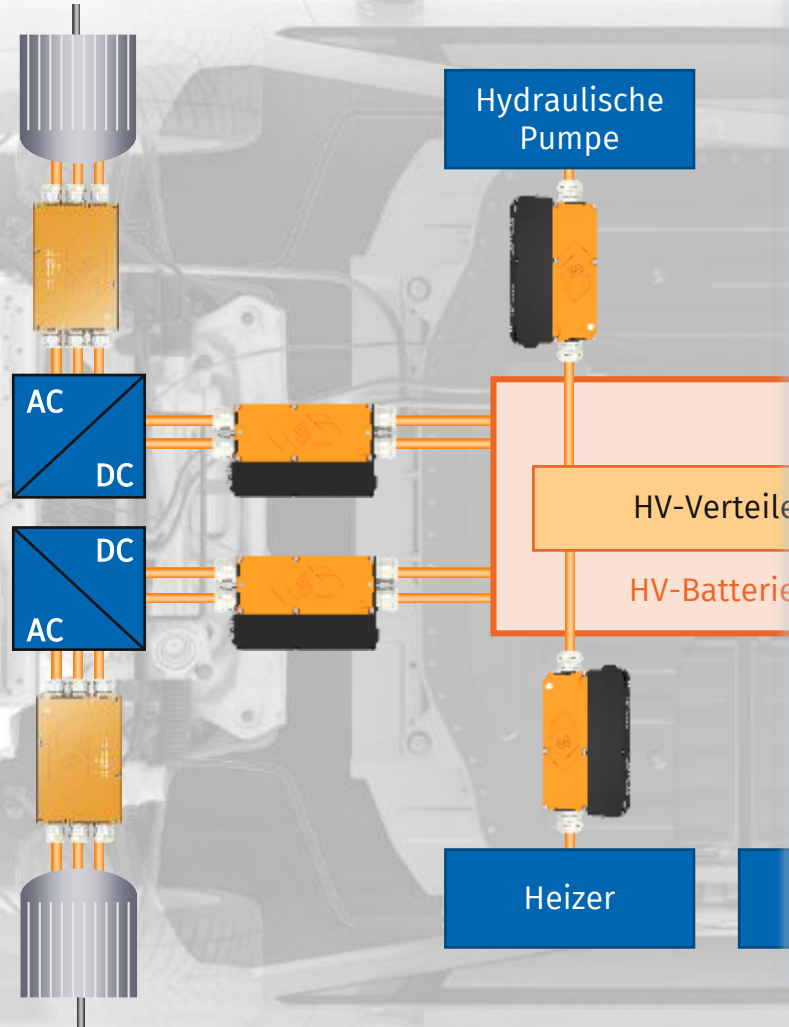
### HV Breakout-Module

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



# Reichweitenbenchmark



## Untersuchung der Wechselwirkungen des NV-Bordnetzes mit dem HV-Bordnetz

### HV Breakout-Module

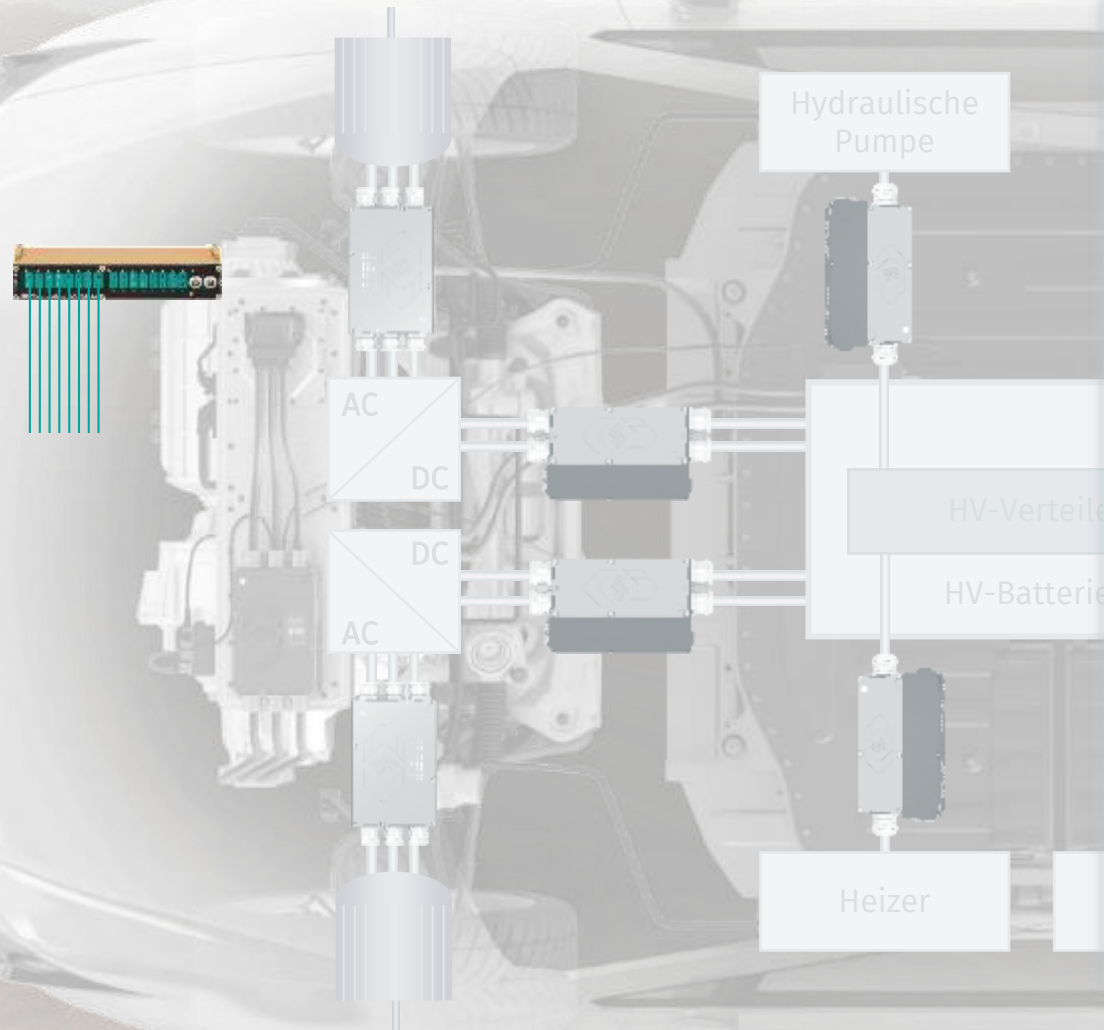
- Kabelanschluss über
  - Kabelverschraubungen
    - Optional plug & play mit kundenspezifischen Steckadaptern

HV Breakout-Module  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)



HV Breakout-Modul 1.2 mit vorkonfektionierten kundenspezifischen Steckadaptern

# Reichweitenbenchmark



## Überprüfung der Klimatisierung und von Temperaturen in Komponenten

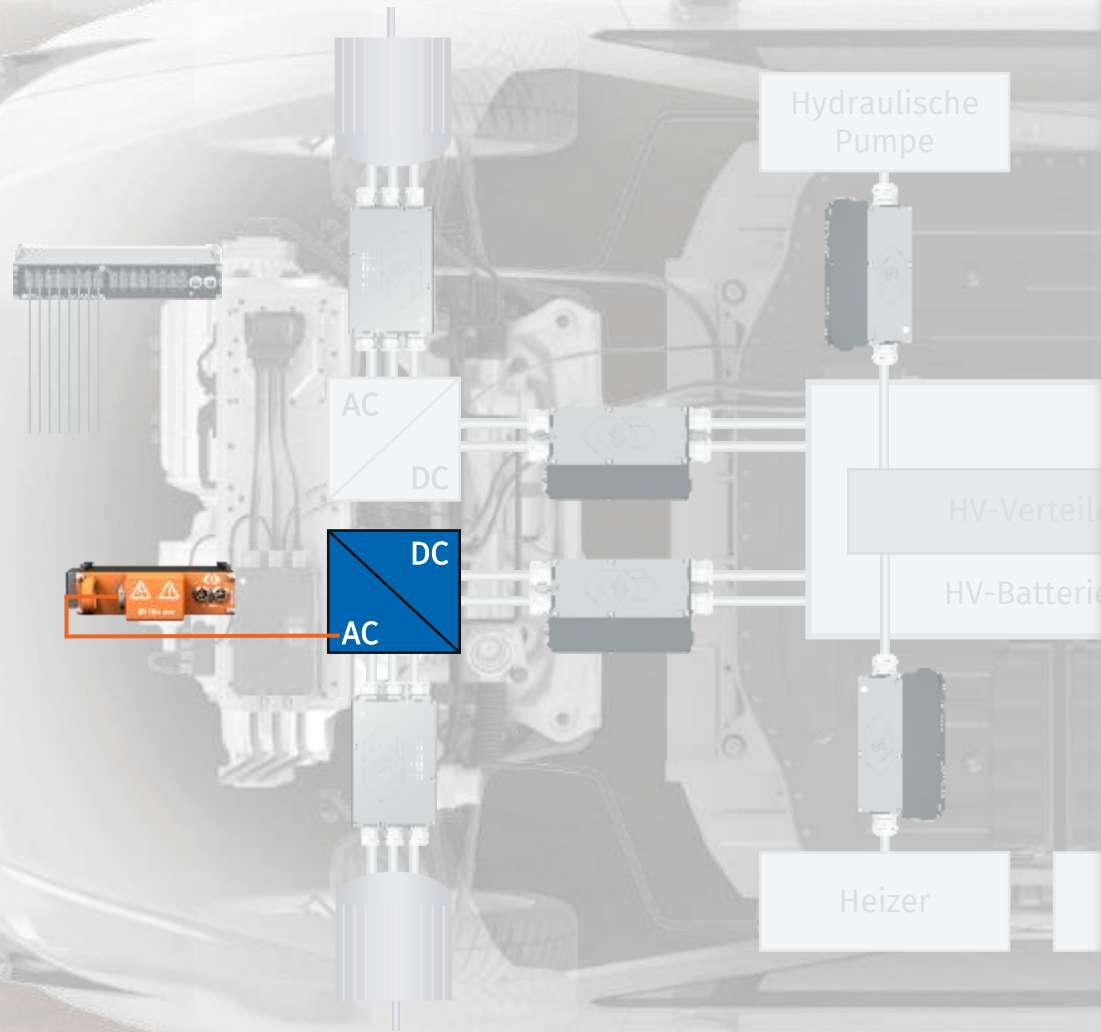
### Thermo-Messmodule

- ▶ Bewährte und robuste Messmodule für
  - ▶ Thermoelemente
  - ▶ PT100 / PT1000 Widerstandssensoren

Thermo-Messmodule  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)



# Reichweitenbenchmark



## Überprüfung der Klimatisierung und von Temperaturen in Komponenten

### HV Thermo-Messmodule

- ▶ Sichere Verwendung von Standardsensoren in HV-Umgebungen

- ▶ Thermoelemente
- ▶ PT100 / PT1000  
Widerstandssensoren
- ▶ IC Sensoren

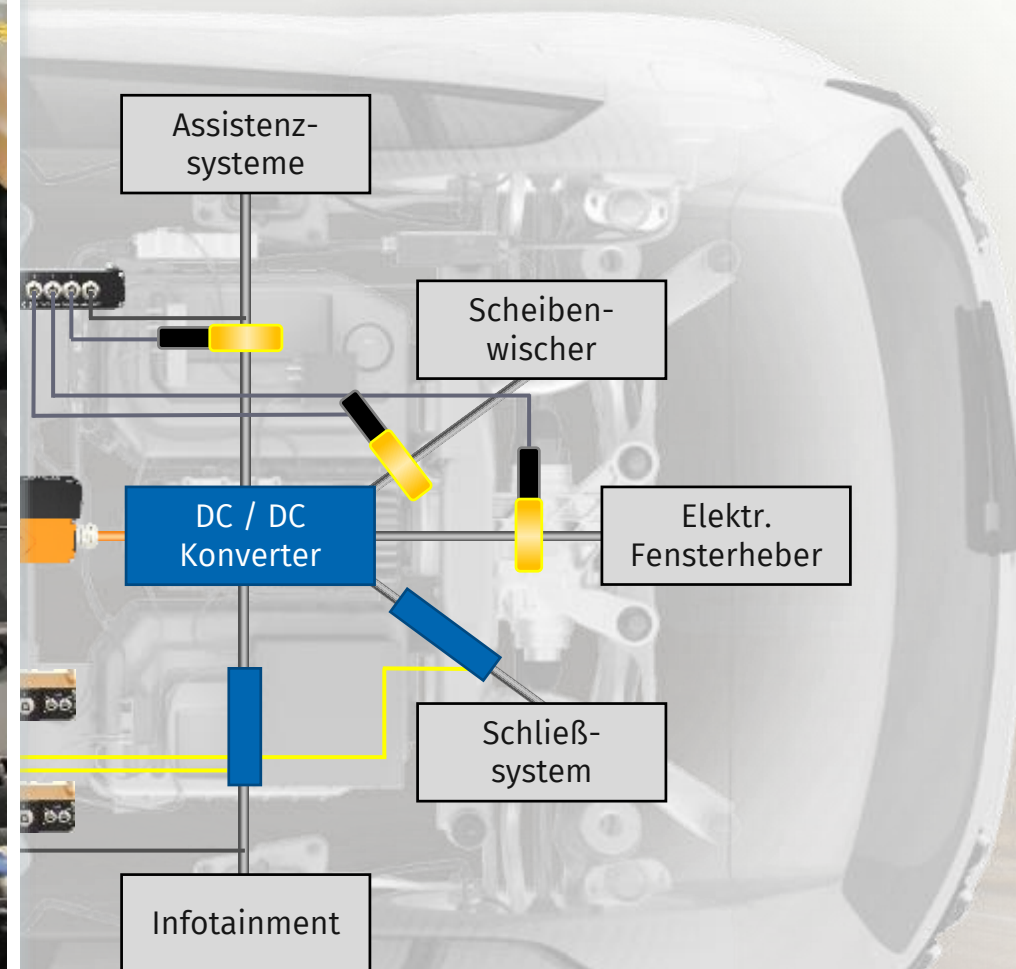
- ▶ MiniModul oder Prüfstandsmodul

HV Thermo Messmodule  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)





Abb. Mit freundlicher Genehmigung der APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH **APL**



# Reichweitenbenchmark

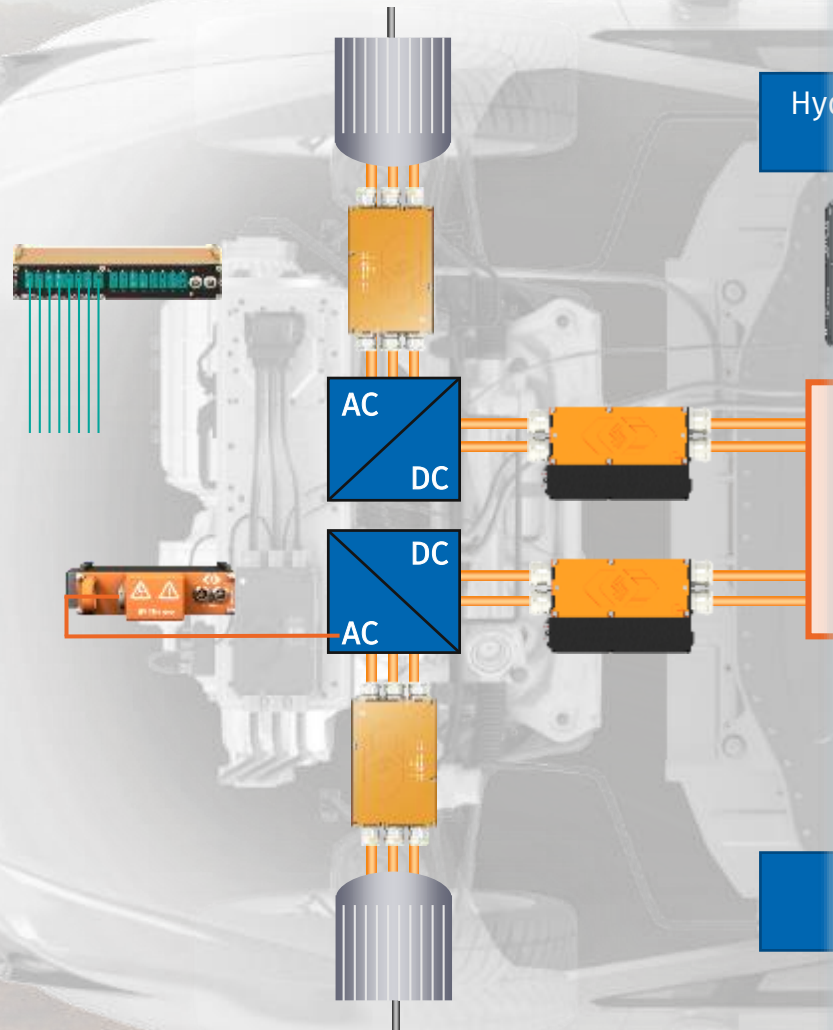
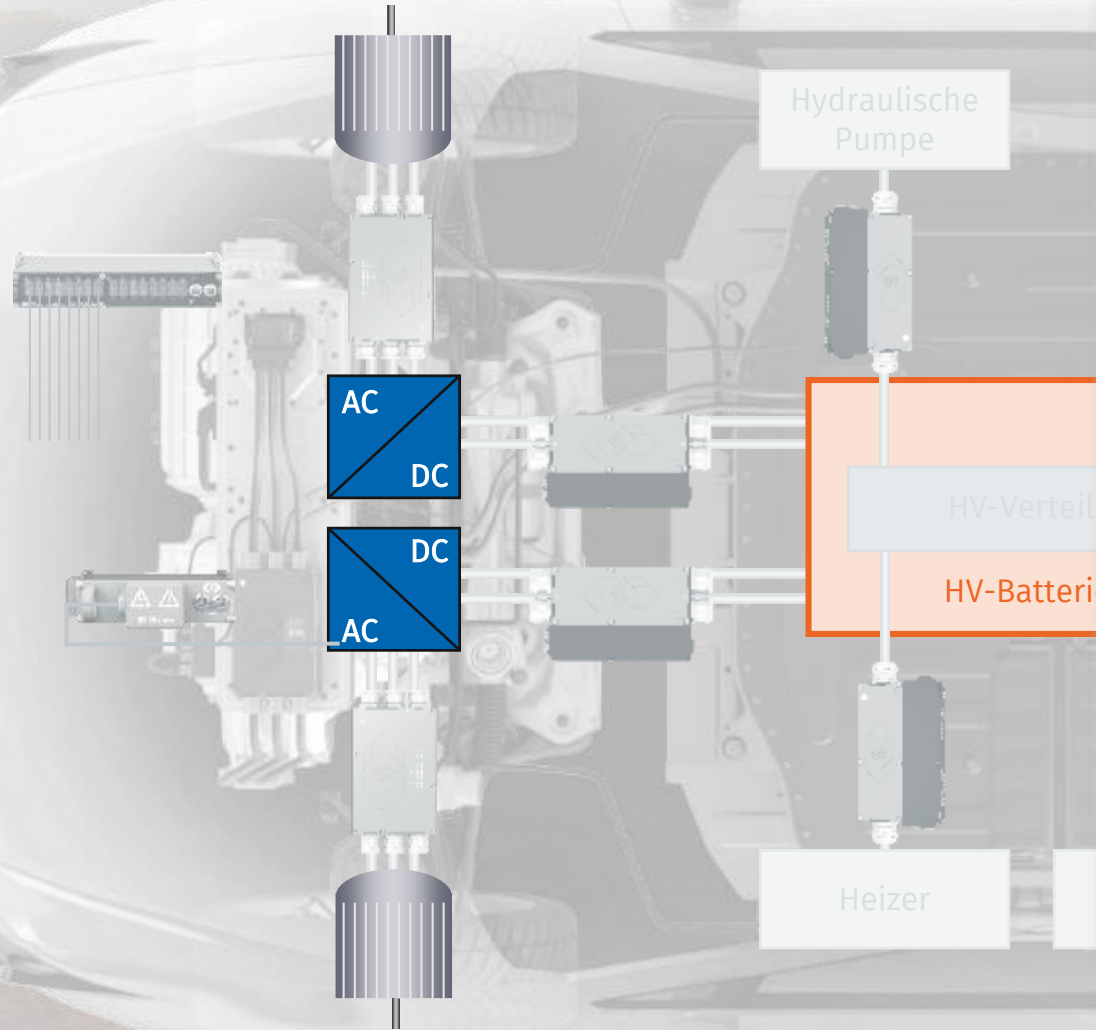


Abb. Mit freundlicher Genehmigung der APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH **APL**

# CSM Messtechnik für Benchmarking

|               |          | Strom<br> | Spannung<br> | Temperatur<br> | Sensor-<br>spannungen<br> | DMS<br> | IEPE<br> | Frequenzen<br> |
|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HV-sicher     | XCPOE    |           |                                                                                               |                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
|               | EtherCAT |           |                                                                                               |                                                                                                   |                           |         |          |                                                                                                   |
|               | CAN      |           |                                                                                               |                 |                           |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
| Konventionell | EtherCAT |         |            |                                                                                                   |                         |       |        |                                                                                                   |
|               | CAN      |         |            |              |                         |       |                                                                                             |              |

# Reichweitenbenchmark

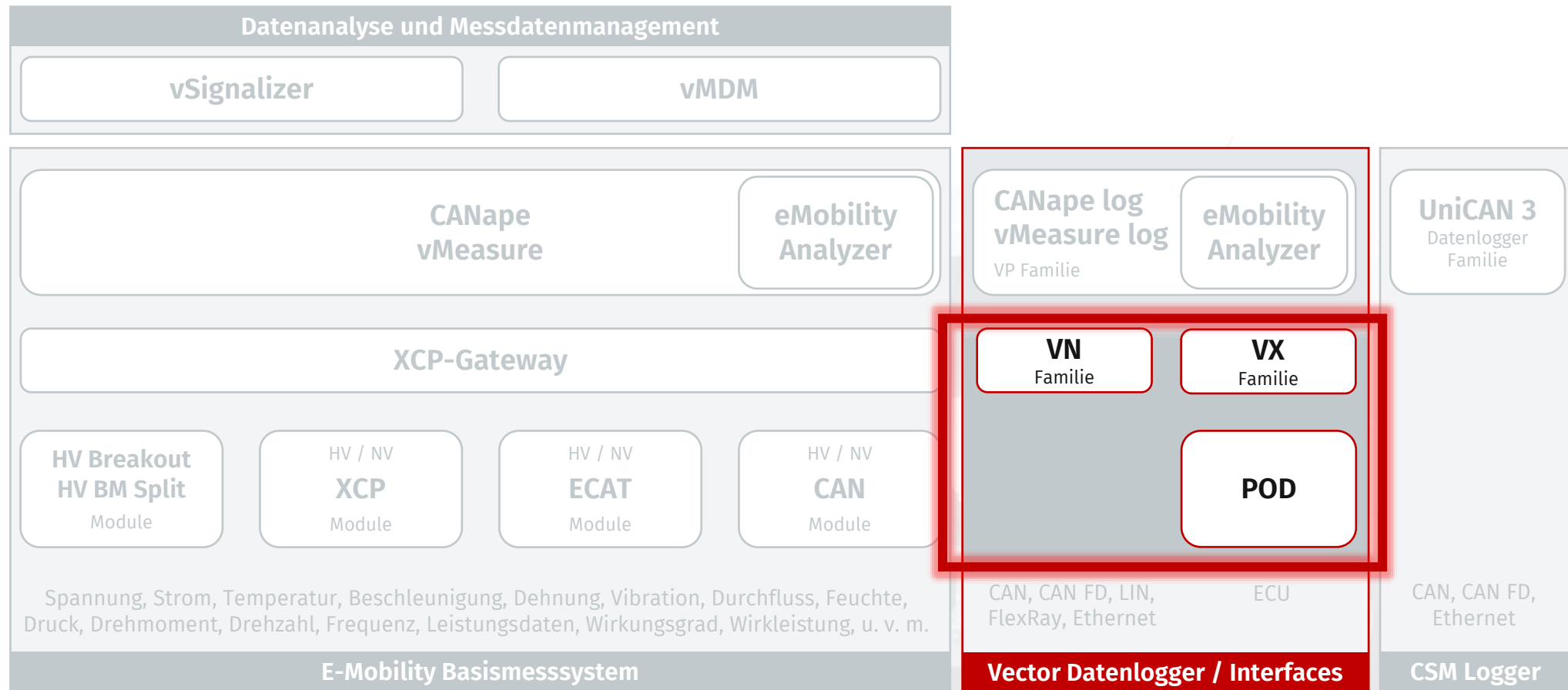


## ECU Überprüfung von Schaltvorgängen der Steuergeräte

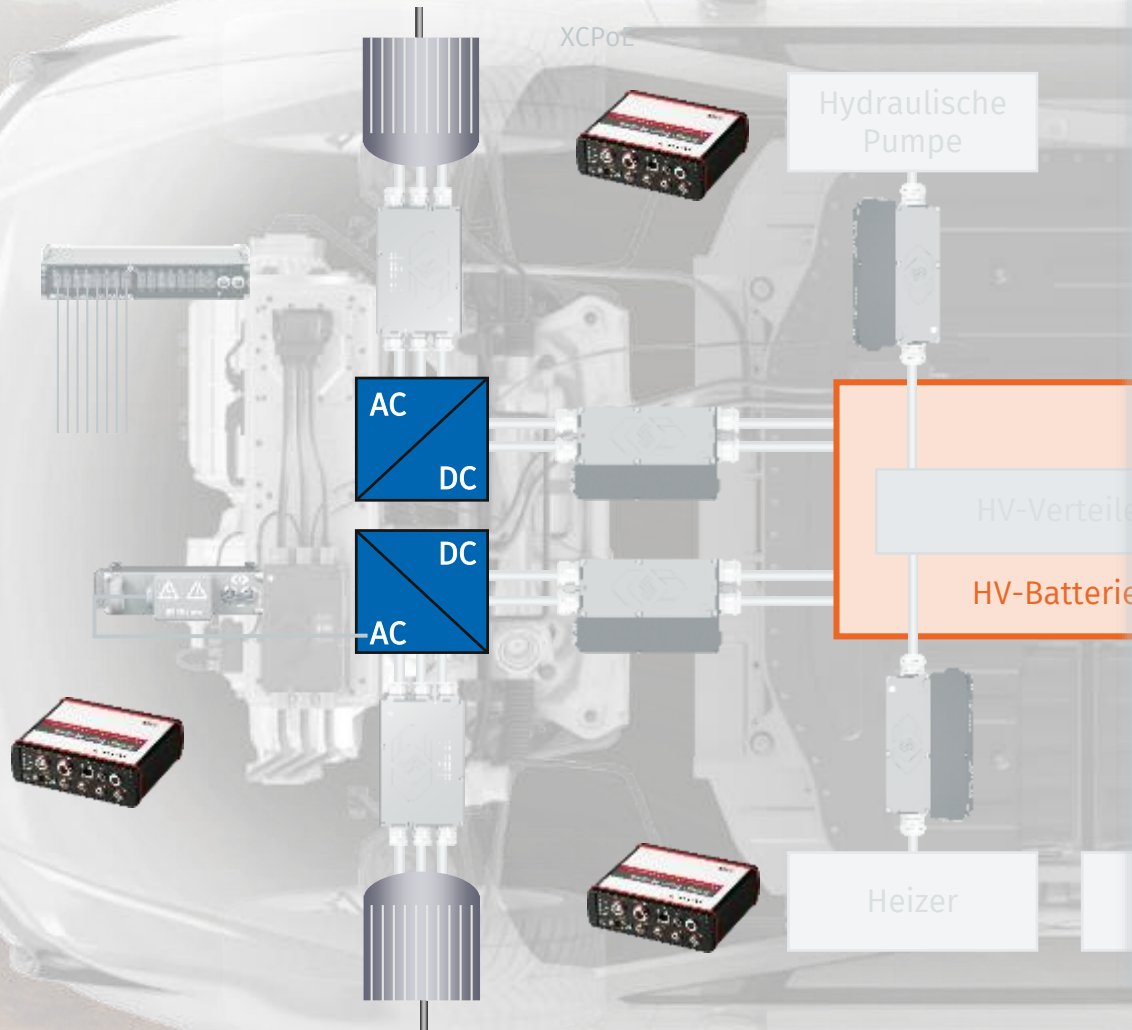
### Erfassung von Feldbus-Daten

- Synchron mit analogen Messdaten

# Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem



# Reichweitenbenchmark



## ECU Überprüfung von Schaltvorgängen der Steuergeräte

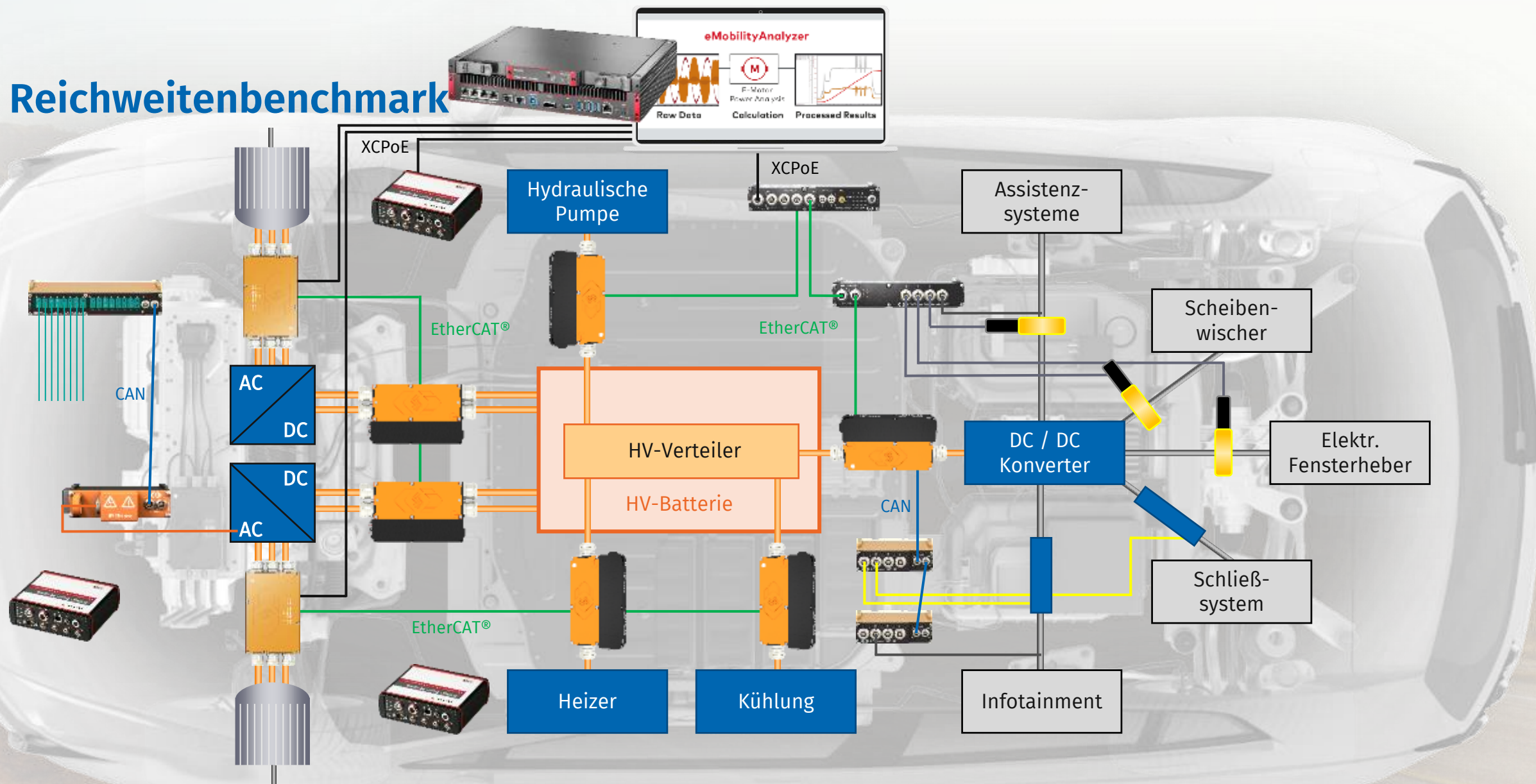
### Erfassung von Feldbus-Daten

- ▶ Synchron mit analogen Messdaten
- ▶ Mit Vector VN-Interface

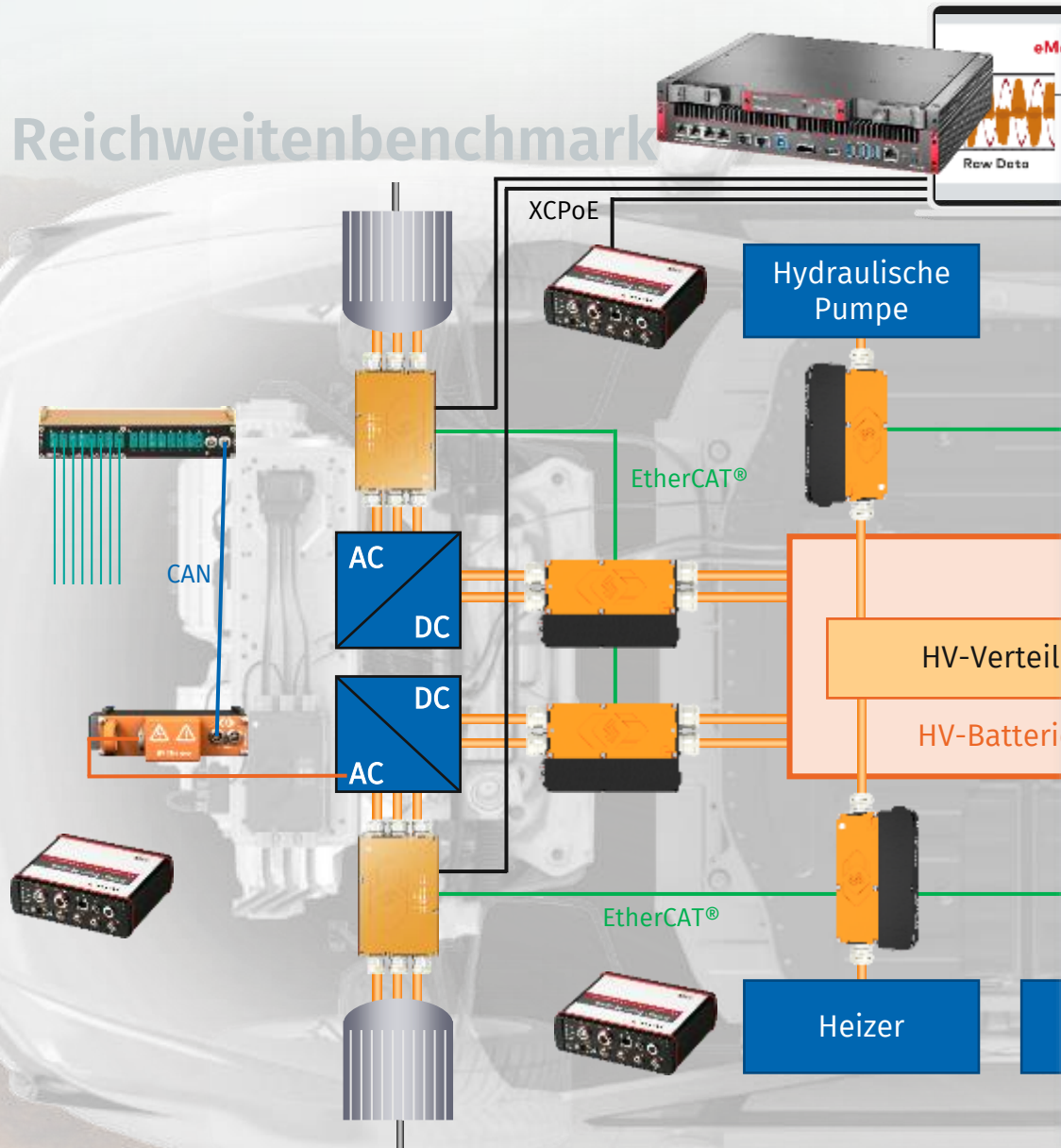
VN Interfaces  
auf [www.vector.com](http://www.vector.com)



# Reichweitenbenchmark



# Reichweitenbenchmark



## Datenauswertung mit dem Vector eMobilityAnalyzer

► Funktionsbibliothek für CANape und vMeasure

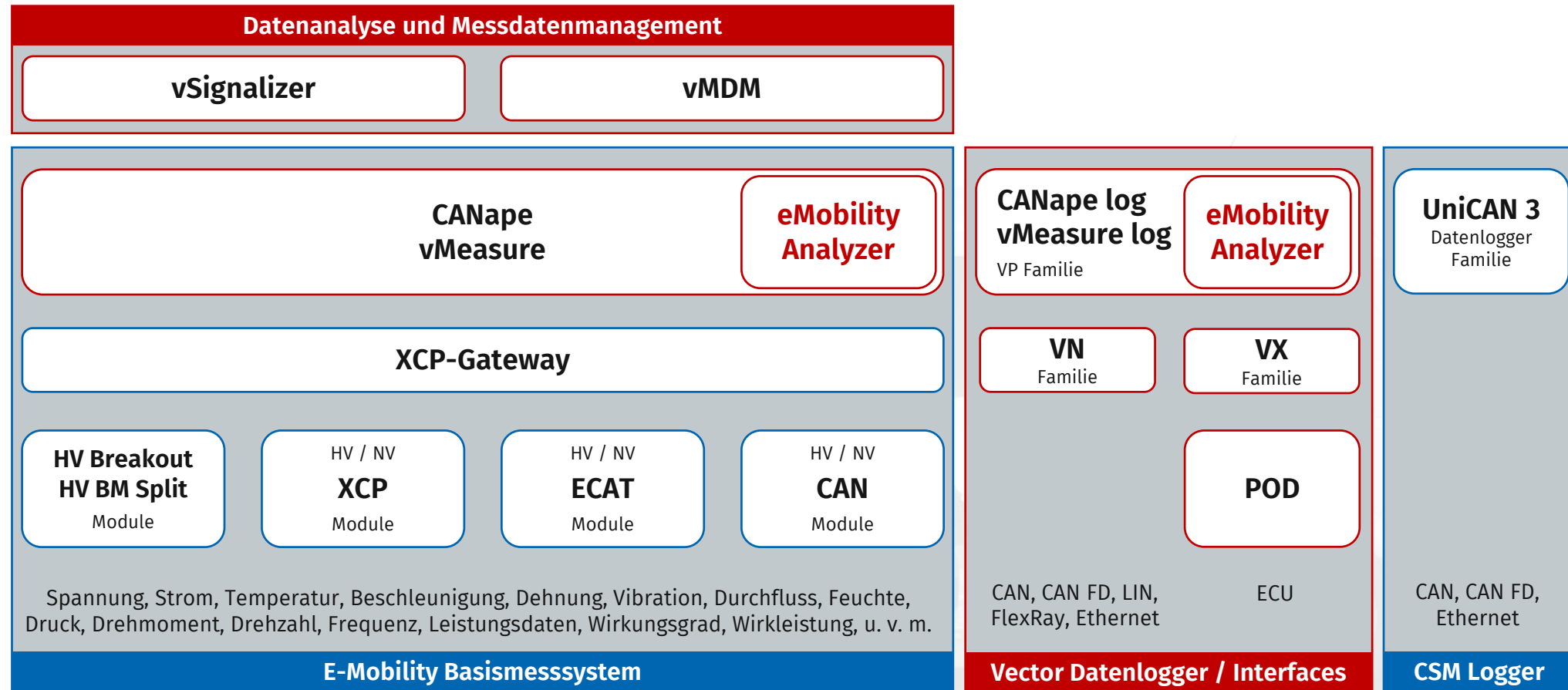
► Zahlreiche Analysen in Echtzeit

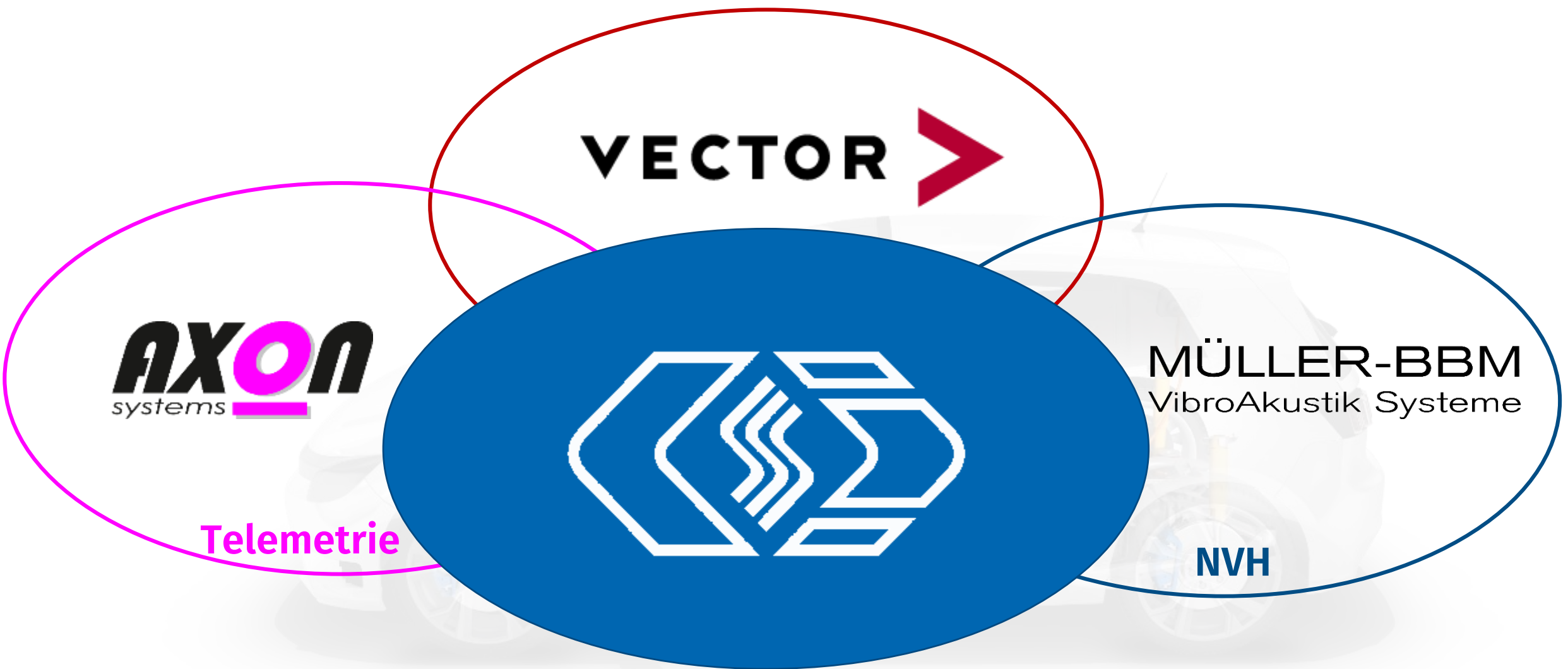
- DC/AC Spannungen und Strömen
  - Ripple, Slope, TrueRMS, ...
- Leistungsanalyse
  - Wirkleistung, Schein- und Blindleistung, Leistungsfaktor
- Harmonischen Analyse
- PWM Analyse
- Mechanische Leistung und Achsenleistung
- Energieverbrauch
- Wirkungsgrad
  - Inverter, Ladesystem, E-Motor

Alle Messdaten stehen auch für die [Offline-Datenverarbeitung](#) zur Verfügung.

# Das Vector CSM E-Mobility-Messsystem

Vector CSM E-Mobility-  
Messsystem  
auf [www.csm.de](http://www.csm.de)





# CSM Messtechnik für Benchmarking

|               |          | Strom<br> | Spannung<br> | Temperatur<br> | Sensor-<br>spannungen<br> | DMS<br> | IEPE<br> | Frequenzen<br> |
|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HV-sicher     | XCPOE    |           |                                                                                               |                                                                                                   |                                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
|               | EtherCAT |           |                                                                                               |                                                                                                   |                           |         |          |                                                                                                   |
|               | CAN      |           |                                                                                               |                 |                           |                                                                                            |                                                                                             |                                                                                                   |
| Konventionell | EtherCAT |         |            |                                                                                                   |                         |       |        |                                                                                                   |
|               | CAN      |         |            |              |                         |       |                                                                                             |              |

## 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](mailto: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