

ALBERO – AP4.3 Entwicklung Detektion  
GTE GmbH, Dr. J. Kelleter, 6. 1. 2020, korrigiert 20. 1. 2020

## Detektion kritischer Zustände bei Elektrofahrzeugen

Thema:

Laden von ABF, Detektionsgrößen Gasemission und Oberflächentemperatur

Messungen an 3 ausgewählten vollelektrisch betriebenen Fahrzeugen während des Ladevorgangs, „Normalzustand“

Ort:

FKFS, Stuttgart

16. 12. 2019 und 17. 12. 2019

Beteiligte:

GTE GmbH, Dr. Kelleter

FKFS, Hr. Armbruster, Dr. Philipp (zeitweise)

## 1 Verwendete Fahrzeuge und Ladetechnik

Fahrzeug	Ladetechnik	Aktive Batterie Kühlung	Hinweise
Mercedes B-Klasse (B250E)	„AC“, 10,6 kW	ja, kontinuierlicher Kühlwasserstrom	nach 95 Minuten hat die 16 A Sicherung (Gebäudeseitig) ausgelöst
Citroen C-Zero	„AC“, 3,3 kW	ja, nur für die Ladeelektronik. Kühlwasserstrom intervallweise, ca. 20 sek an, ca. 60 sek aus	Der Akku ist luftgekühlt und kann aktiv durchströmt werden; nur bei DC Schnell-ladung aktiv.
Nissan Leaf E+	„DC“, 50 kW	nein	Ladeleistung nach 40 Min bereits auf unter 30 kW reduziert

## 2 Verwendete Messtechnik

Temperaturverlauf Fahrzeug-Unterboden:

IR-Sensor HTPA32x32 (Heimann Sensor GmbH) 1000 Pixel,

Temperaturaufösung 1K

Gasemission:

Gassensor UST6xxx (Umweltsensortechnik)

Beide Sensortypen sind in eine eigene Sensorplattform der GTE integriert und liefern Messdaten über den GTE eigenen Datenbus (ähnlich M-Bus)

sowie zusätzlich:

### **3 Ergebnisse der Messungen**

#### Oberflächentemperaturen

Während normaler Aufladevorgänge tritt bei beiden Fahrzeugen ein geringer Anstieg der Akku-Oberflächentemperatur auf. Bei beiden Fahrzeugen wird aktiv mit umlaufender Kühlflüssigkeit gekühlt.

Das dritte betrachtete Fahrzeug (Nissan Leaf e+) verfügt über keine erkennbare Flüssigkeitskühlung; Dennoch wurde auch hier keine signifikante Temperaturerhöhung des Akkus beobachtet.

#### Gasemission

Während normaler Aufladevorgänge tritt keine signifikante H<sub>2</sub> Emission in der unmittelbaren Umgebung des Fahrzeugs auf. Messgrenze: 0,1 ppm H<sub>2</sub>

#### Zusammenfassung hinsichtlich Detektion

Eine Detektionstechnologie, basierend auf der Kombination „Temperaturanstieg Akku-Oberfläche“ UND „H<sub>2</sub> Gasemission“ detektiert im Normalfall kein H<sub>2</sub> durch den Ladevorgang und einen Temperaturanstieg je nach Fahrzeugtyp von wenigen K. Bei der Wahl von Auslöseschwellen von z. B. 1 ppm H<sub>2</sub> Anstieg UND 10 K Temperaturanstieg (Unterboden) ist bei den betrachteten Fahrzeugmodellen nicht mit unerwünschten Auslösungen zu rechnen.

## 4 Ergänzende Hinweise

### Verriegeln

Die Prozedur des Verriegelns des Ladekabels ist zu beachten:

- Stecken des Ladeadapters in die Buchse des Fahrzeugs.
- Das Fahrzeug verriegelt den Stecker, er kann nicht mehr gezogen werden, solange das Fahrzeug nicht aufgeschlossen wird.
- Ende des Ladevorgangs (weil Akku voll), der Stecker bleibt verriegelt
- Öffnen der Türen, der Stecker wird entriegelt.

Daraus ergibt sich: Soll ein Fahrzeug bewegt werden (z. B. abgeschleppt), muss erst mit dem Schlüssel geöffnet werden. Ist das Kabel zusätzlich an der Ladesäule fest montiert (nicht über Stecksystem), ist das Fahrzeug solange „angekettet“. Ein Abreißen der Kabel sollte aus Sicherheitsgründen unbedingt vermieden werden.

### Ladeleistung

AC-Ladung:

Die Ladeleistung wird durch das Fahrzeugseitige Ladegerät bestimmt.

Ist der Akku leer und kühl, kann mit maximaler Leistung geladen werden. Abhängig von der verwendeten Ladeinfrastruktur (Haushaltssteckdose, CCE 16A, CCE 32A, Wallbox und Ladekabel) muss dem Fahrzeug die maximal mögliche Leistung mitgeteilt werden. Hierzu kann entweder eine Widerstandscodierung (Mode 2) oder ein PWM-Signal bzw. Kommunikation zwischen Ladesäule und Fahrzeug (Mode 3) verwendet werden. Stimmt diese Leistungskennung nicht mit der wirklichen zur Verfügung stehenden Leistung überein, spricht (wenn vorhanden) die Sicherung des Ladepunktes an. Es gibt Adapter, über die man manuell die Leistung einstellen kann (teilweise ohne Prüfung auf Stimmigkeit).

Im weiteren Verlauf des Ladevorgangs nimmt die entnommene Leistung ab, der komplette Ladevorgang kann sich somit ggf. um viele Stunden verlängern.

DC-Ladung:

Bei der DC-Ladung erfolgt die Regelung der Ladeleistung durch den Gleichrichter der Ladesäule. Hierdurch ist eine erweiterte Kommunikation zwischen Ladesäule und Fahrzeug notwendig (Mode 4). Das Fahrzeug muss der Ladesäule kontinuierlich die maximal mögliche Ladeleistung der Batterie zum jeweiligen Zeitpunkt mitteilen.

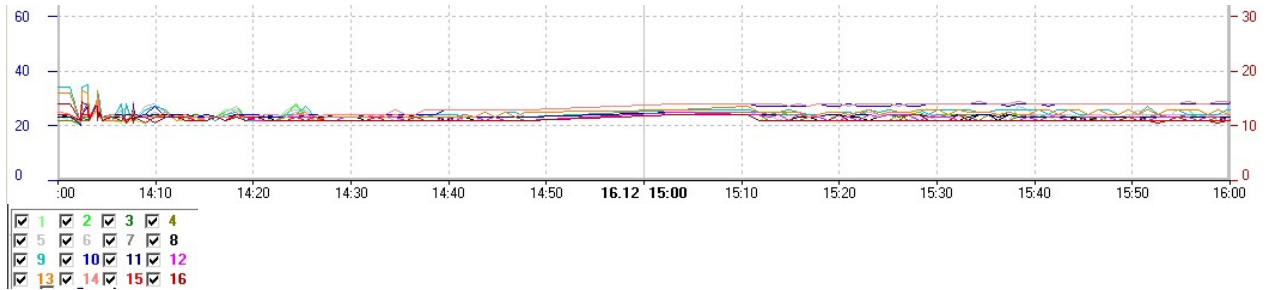
### Park-Stellung

Ein geparktes E-Fahrzeug kann mit Muskelkraft nicht bewegt werden. Es ist aber (bei den hier betrachteten Fahrzeugen) nur eine Achse, vorne bzw. hinten, blockiert. Wird ein angetriebenes Rad (frei drehend) angehoben, rollt das Fahrzeug auf den verbliebenen 3 Rädern.

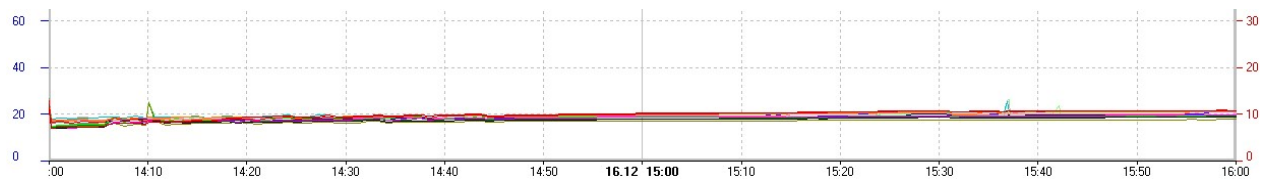
Das Verhalten entspricht dem eines konventionellen Fahrzeuges mit Automatikgetriebe. Durch das Einlegen des Neutral Ganges (N) wird das schieben des Fahrzeuges ermöglicht, hierzu ist in den meisten Fällen der Zündschlüssel notwendig um die elektrische Entriegelung zu aktivieren.

## Anhang 1 – „B-Klasse“

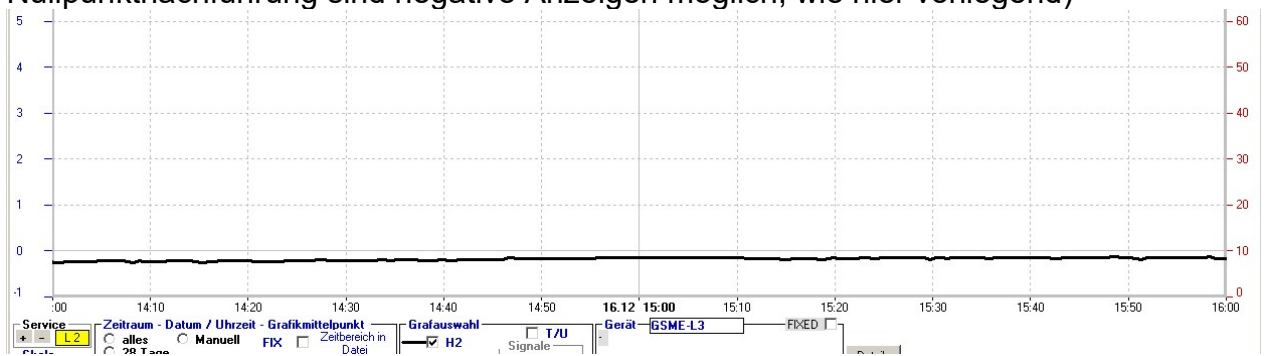
Verlauf mittlerer Zonentemperaturen Blick von der Seite auf Ladestecker und Ladeadapter; Vereinzelte Peaks: durchlaufende Personen  
Der Ladeadapter erwärmt sich um ca. 6K.



Verlauf mittlerer Zonentemperaturen der Fahrzeugunterseite (Blick teilweise über ein Wärme-spiegelndes Blech); Es ist ein Anstieg um ca. 2 – 3 K zu beobachten.



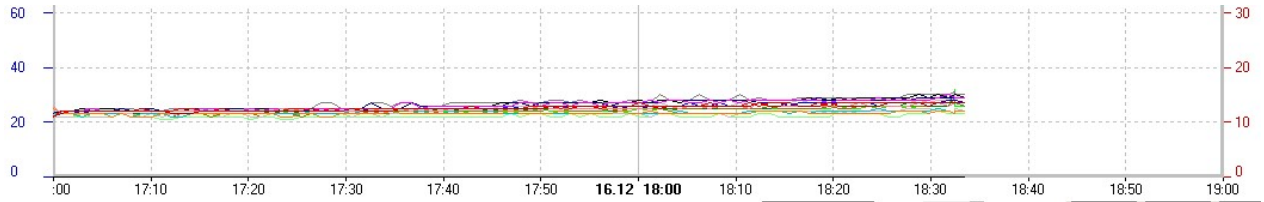
Verlauf der Wasserstoff-Konzentration, erfasst in der Nähe des rechten Hinterrades im Radlauf;  
Schwankungen um ca. 0,1 ppm, nicht signifikant. Hinweis: Aufgrund gleitender Nullpunktnachführung sind negative Anzeigen möglich, wie hier vorliegend)



## Anhang 2 – „Citroen C-Zero“

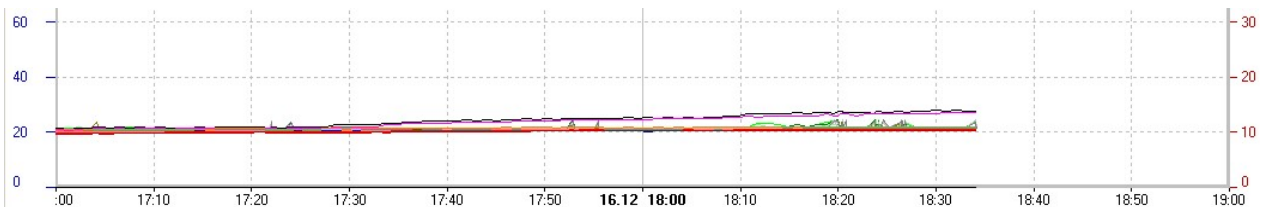
Verlauf mittlerer Zonentemperaturen der Fahrzeugfront (Blick teilweise in den Kühlergrill)

Es ist ein Anstieg einzelner Bereiche um ca. 5 K zu beobachten



Verlauf mittlerer Zonentemperaturen der Fahrzeugunterseite (Blick teilweise über ein Wärme-spiegelndes Blech)

Es ist ein Anstieg einzelner Bereiche um ca. 7 K zu beobachten



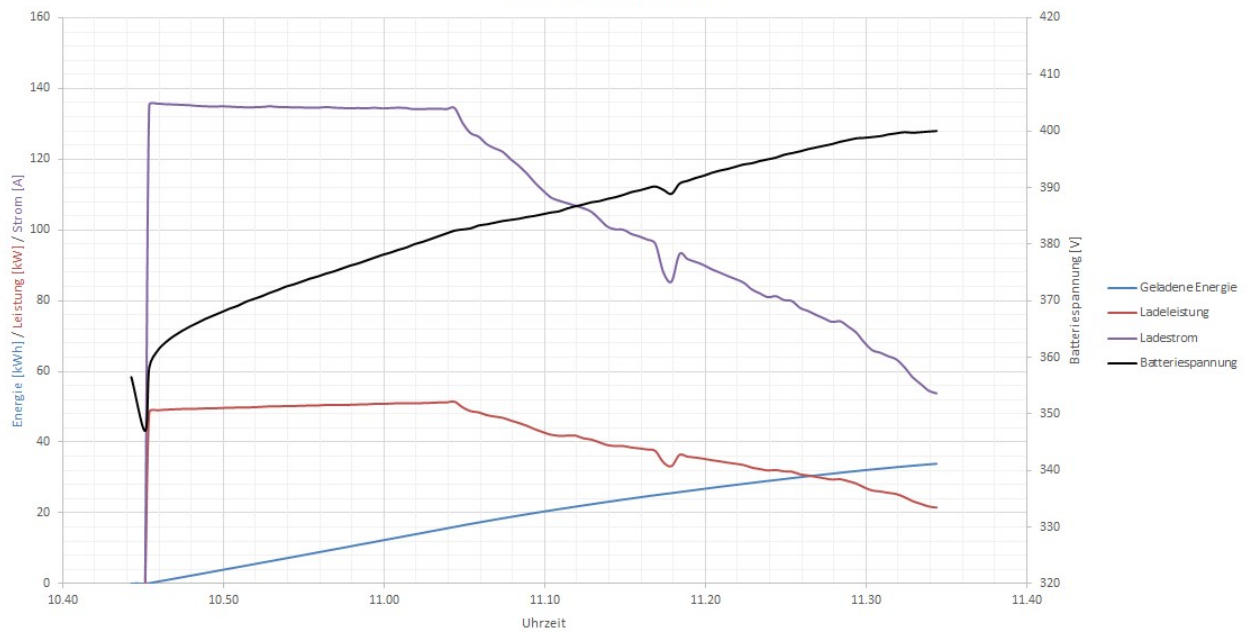
Verlauf der Wasserstoff-Konzentration, erfasst in der Nähe des rechten Vorderrads im Kotflügel;

Schwankungen um ca. 0,1 ppm, nicht signifikant. Hinweis: Aufgrund gleitender Nullpunktnachführung sind negative Anzeigen möglich, wie hier vorliegend)



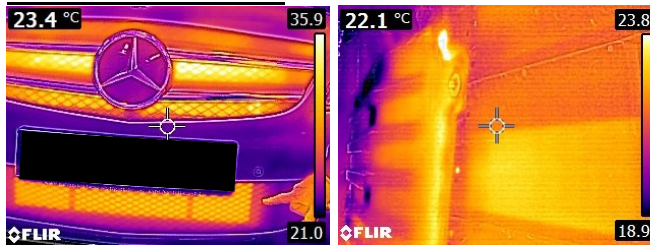
### Anhang 3: Ladediagramm für den „Nissan Leaf e+“:

Ladeversuch Nissan Leaf e+



Start des Ladevorganges bei einem Ladezustand von ca. 26%. Abbruch bei einer Reduzierung der Ladeleistung auf unter 20 KW(ca. 86%). Durchführung außerhalb des Gebäudes bei trockenen, kalten Bedingungen.

## Anhang 4: (Fotos) Mercedes B-Klasse



Front-Kühler

Unterboden, rechts ohne Abdeckung



„Messung“ der Unterbodentemperatur via Spiegelung



Steuerelektronik im Motorraum, mit Wasserkühlung



B-Klasse Unterboden

Für die Messungen während des Ladens ist eine Hälfte der Abdeckung entfernt worden:

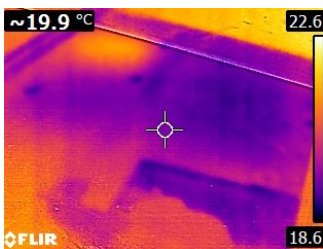


Unter der entfernten Kunststoff-Abdeckung kommt die schwarz eloxierte Alu-Oberfläche des Akkus zum Vorschein. Bei diesem Fahrzeug handelt es sich um einen Akku des Herstellers Tesla.

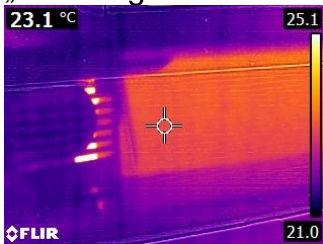
Bezüglich Thermografie: der Emissionskoeffizient ist zu beachten:

Material	Emissionskoeffizient
Alu blank	ca. 0,1
Alu eloxiert	ca. 0,55
„Kühlkörper“ dies ist Alu schwarz eloxiert	0,98
eigene Abschätzung durch Messung der gespiegelten Temperatur der eigenen Hand: 28°C (real 32°, Umgebung 20°)	$\epsilon = (28-20)/(32-20)$ $\epsilon = 0,6...0,7$

### Citroen C Zero

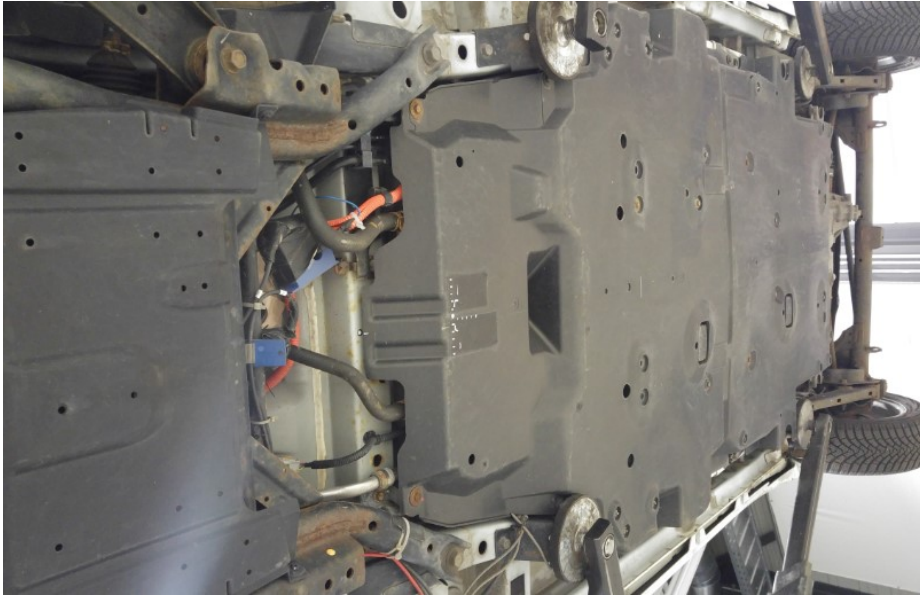


„Messung“ der Unterbodentemperatur via Spiegelung

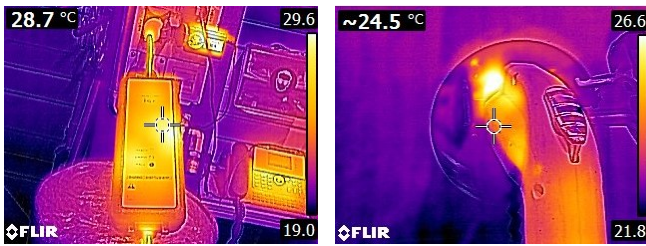


Kühlergrill





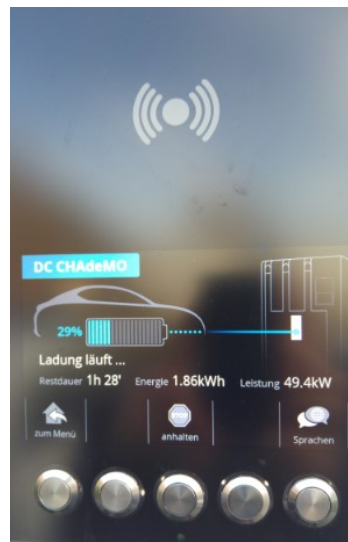
Citroen C Zero Unterboden



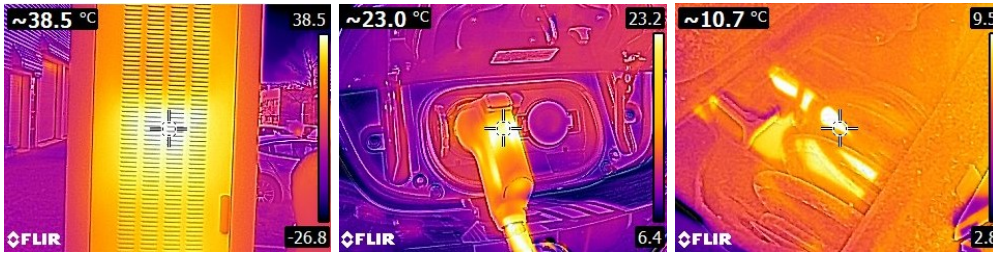
Ladeadapter

Ladestecker

Nissan Leaf (nur) an der Schnellladesäule



Wärmebilder:



Die Ladesäule erreicht auf der Abluftseite 30K über Umgebung  
 Der Stecker (evtl. Elektromagnet) erreicht 13K über Umgebung  
 Das „wärmste“ Element im Auto (soweit unmittelbar zugänglich) erreichte mit 10°C  
 (bei 5°C Umgebung) einen Anstieg um 5K.



Unterboden, mit Kunststoff-Abdeckung

#### Anhang 5: Übersicht Fahrzeugdaten

Fahrzeug	Batteriekapazität	Reichweite	Motorleistung	Ladeanschlüsse
Mercedes B250e	28 kWh	155 km	132 kW	Typ 2
Citroen C-Zero	14,5 kWh	100 km	49 kW	Typ 1 / CHAdeMO
Nissan Leaf e+	62 kWh	385 km	160 kW	Typ 2 / CHAdeMO