DEKRA

Erkenntnisse für den Feuerwehreinsatz

Die Inhalte

- Einleitung
- Formen der Elektromobilität
- Antriebs- und Ladekonzepte
- Fahrzeugsicherheit
- Schadenereignisse
- Brandbekämpfung
- Fazit

Die Unfallforschung

- Internationale Analyse des realen Unfallgeschehens
- Betrachtung aller Verkehrsteilnehmer
- Erkennung und Darstellung von Problembereichen
- Ableitung von Verbesserungsmöglichkeiten
- Sicherheitsbewertung neuer Systeme/Technologien

Die Unfallforschung

- Brandschutz und Brandbekämpfung
- Absicherung von Einsatzstellen
- Sicherheit auf Einsatzfahrten
- Rettung aus Kraftfahrzeugen
  - Alternative Antriebe
  - Lkw-Rettung
  - Pkw-Rettung

Warum das Ganze?

Ziel der EU-Kommission:

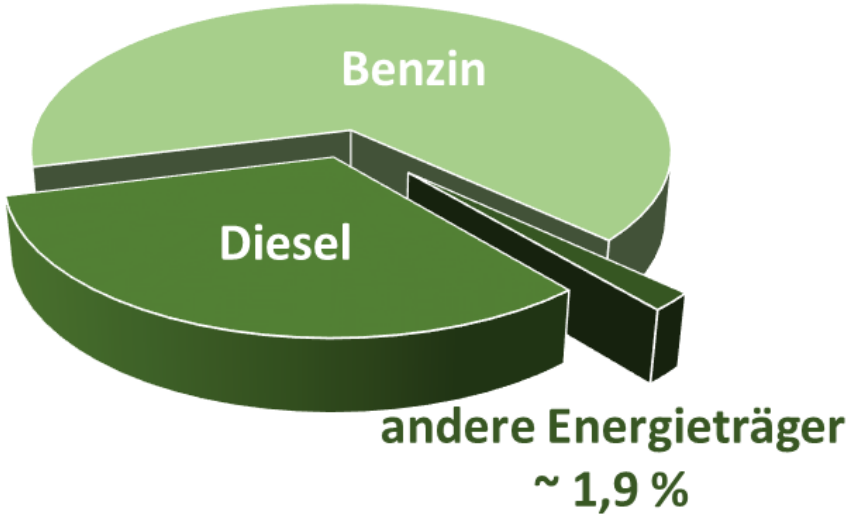
- 20 % des Gesamtenergiebedarfs muss aus erneuerbaren Quellen stammen
- Mindestens 10 % des Kraftstoffverbrauchs im Transportwesen eines jeden Mitgliedsstaats muss aus erneuerbaren Quellen stammen

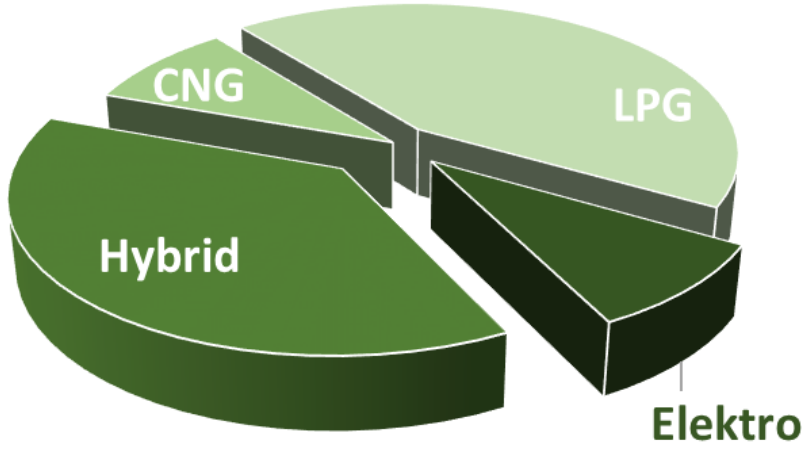
Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG

Vorgesehene alternative Kraftstoffe

- Methanol
- Erdgas
- Strom mit Batteriespeicherung
- Wasserstoff
- Biodiesel
- Flüssiggas
- Dimethylether

Pkw-Bestand 2019

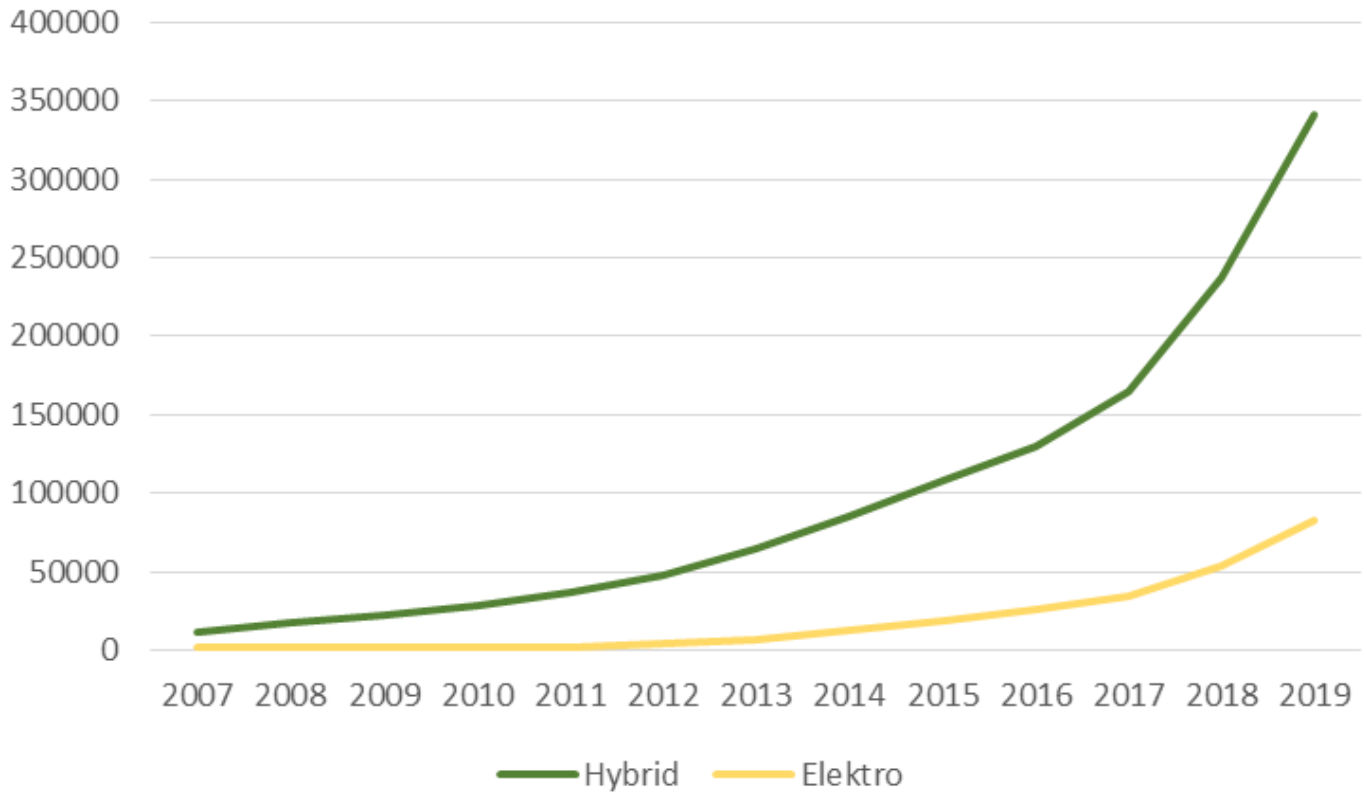




Anteil der Elektro- und Hybridfahrzeuge: 0,9 %

Pkw-Bestand in Deutschland am 1. Januar 2019
Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt

Pkw-Bestand 2019



Pkw-Bestand in Deutschland
Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt

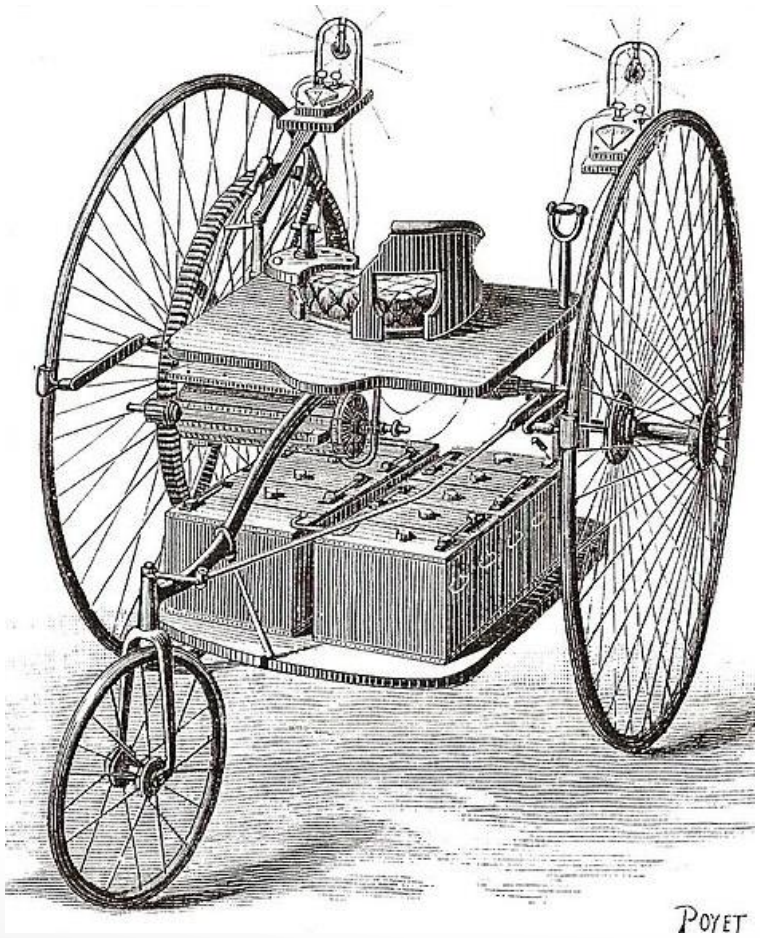
Formen der Elektromobilität

Formen der Elektromobilität

Elektrofahrzeug

Formen der Elektromobilität

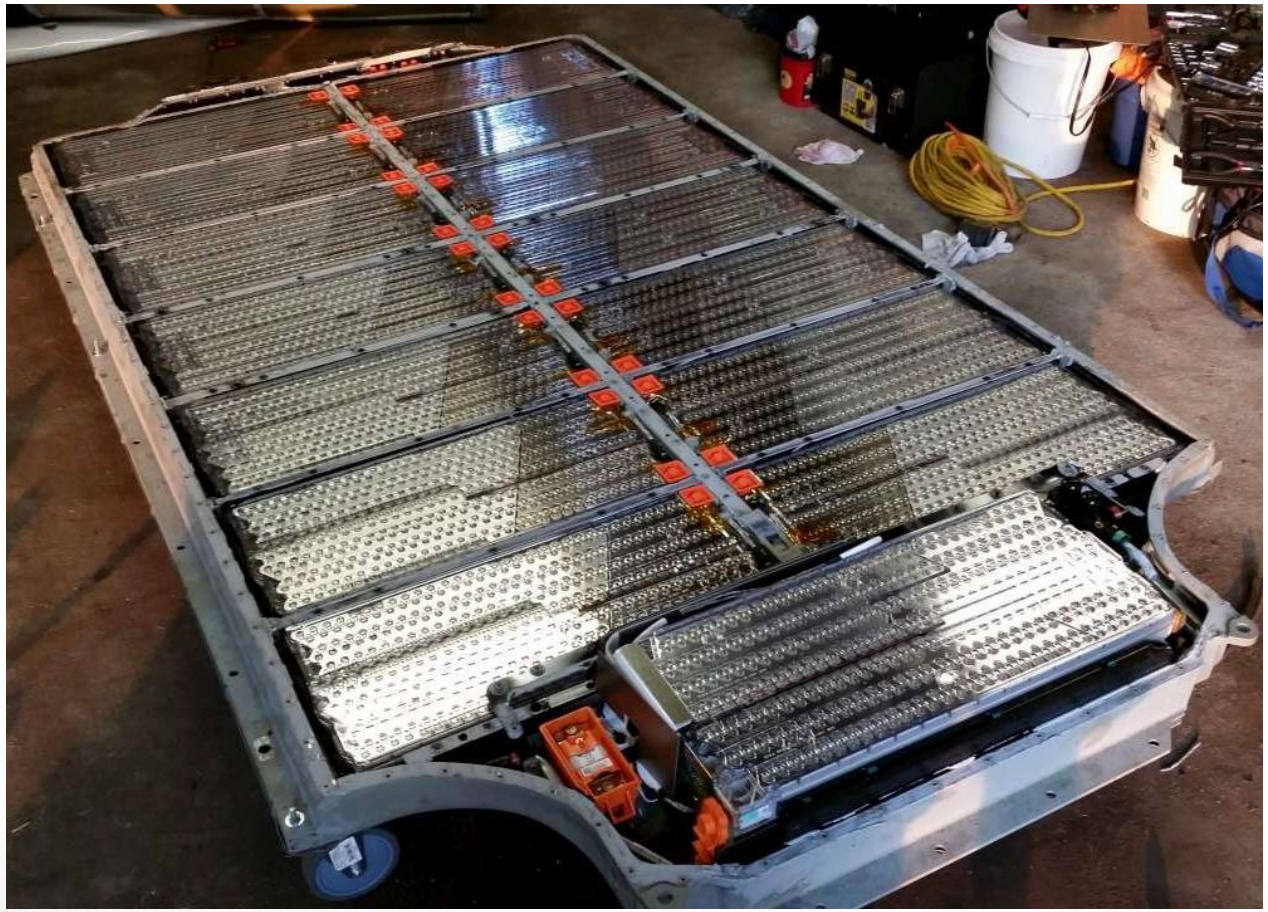
Formen der Elektromobilität



Leistungsdaten Akkupack:

1,5 kWh, 20 Volt

Formen der Elektromobilität



Quelle: teslamotorclub.com

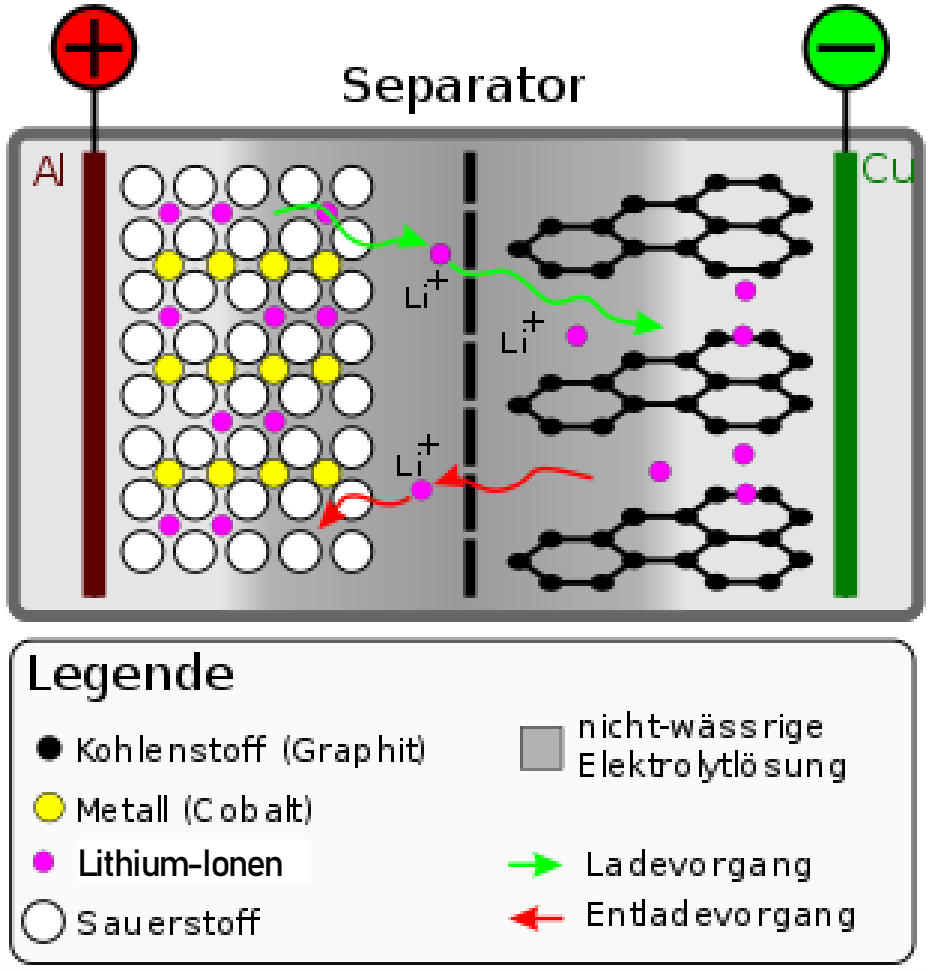
Leistungsdaten Akkupack:

85 kWh, 400 Volt

Formen der Elektromobilität

- Veränderte Zellchemie
- Deutlich höhere Leistungsdichte
- Deutlich höhere Ströme und Spannungen

Die Batterie



Quelle: wikiwand.com

Die Batterie

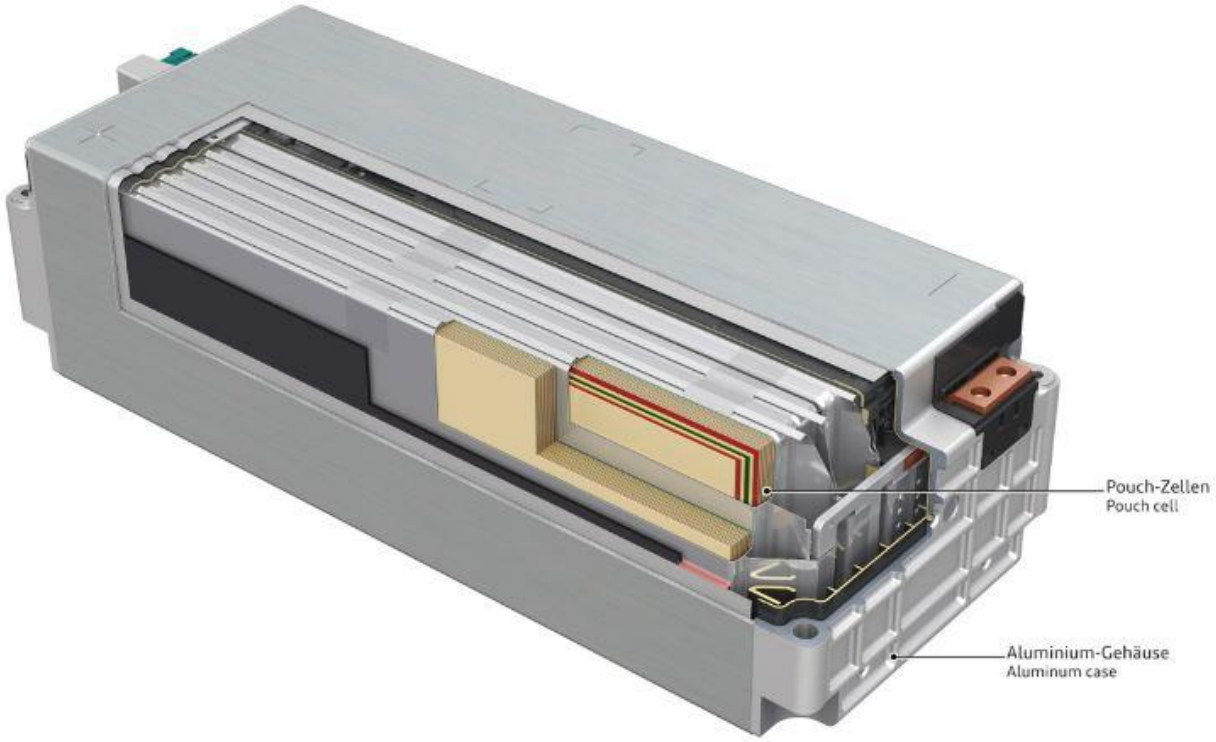
Rundzelle

Pouch bag

Prismazelle

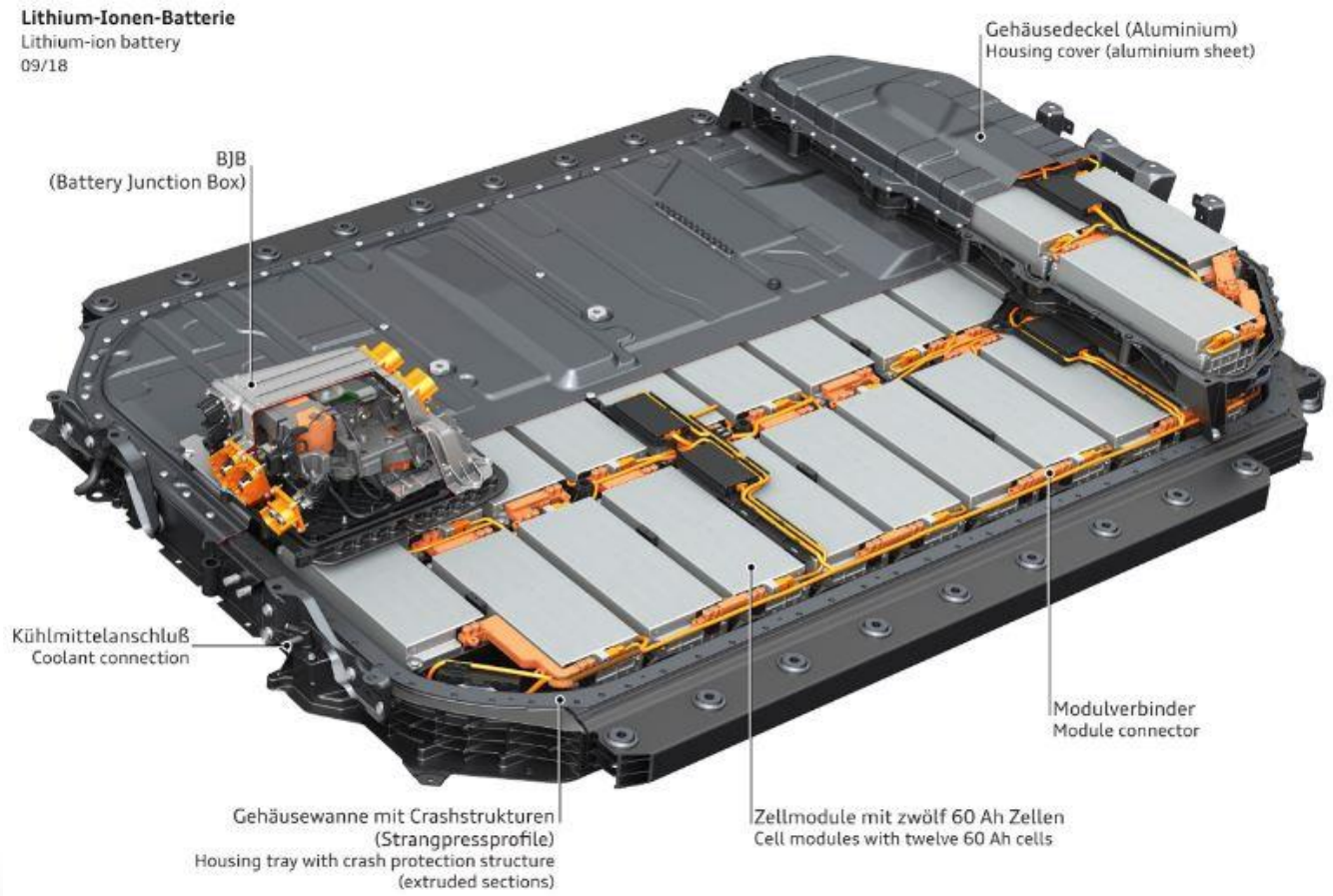
Die Batterie

Lithium-Ionen-Batterie mit zwölf Pouch-Zellen
Lithium-ion battery modul with twelve pouch cells
09/18



Quelle: Audi

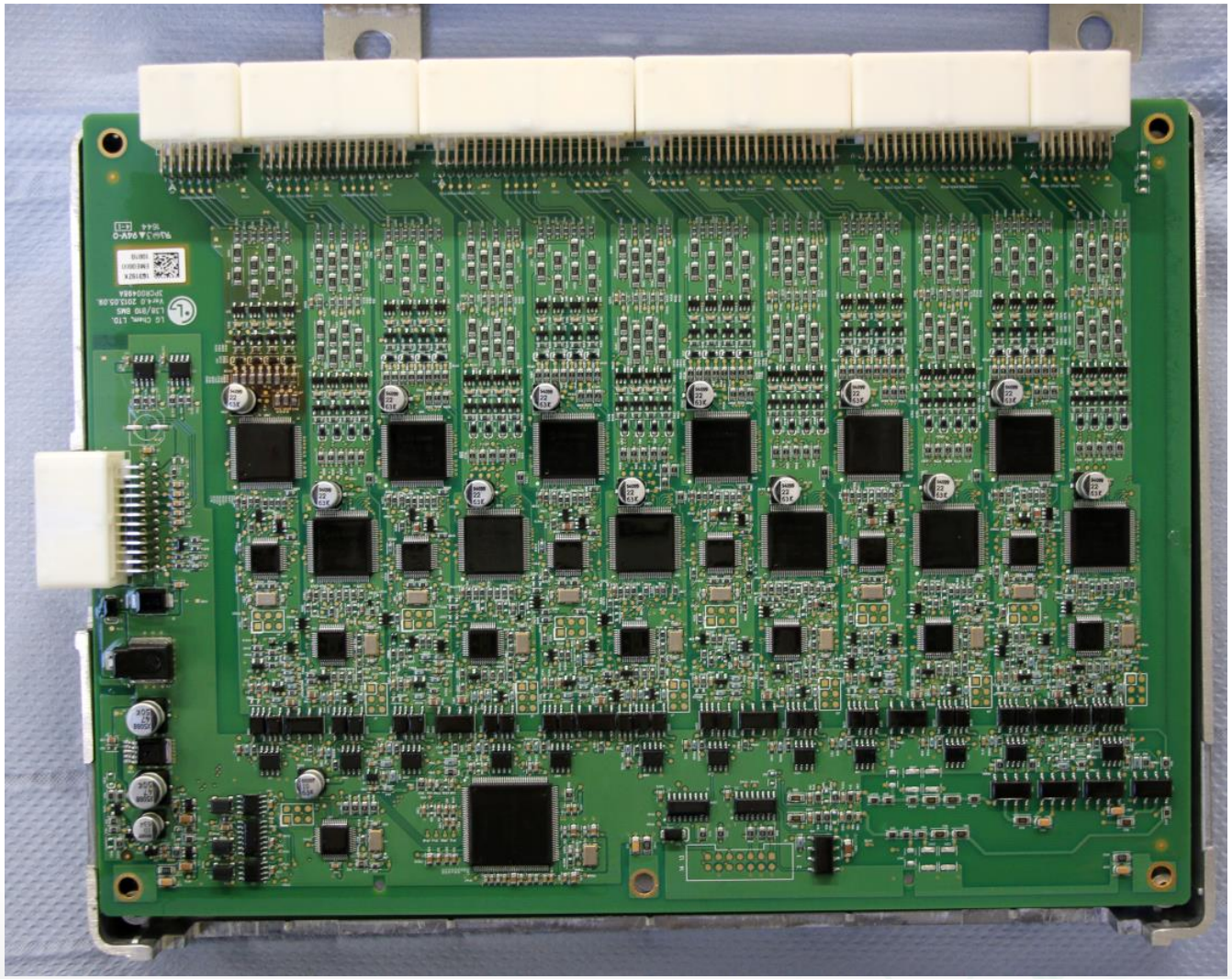
Die Batterie



Quelle: Audi

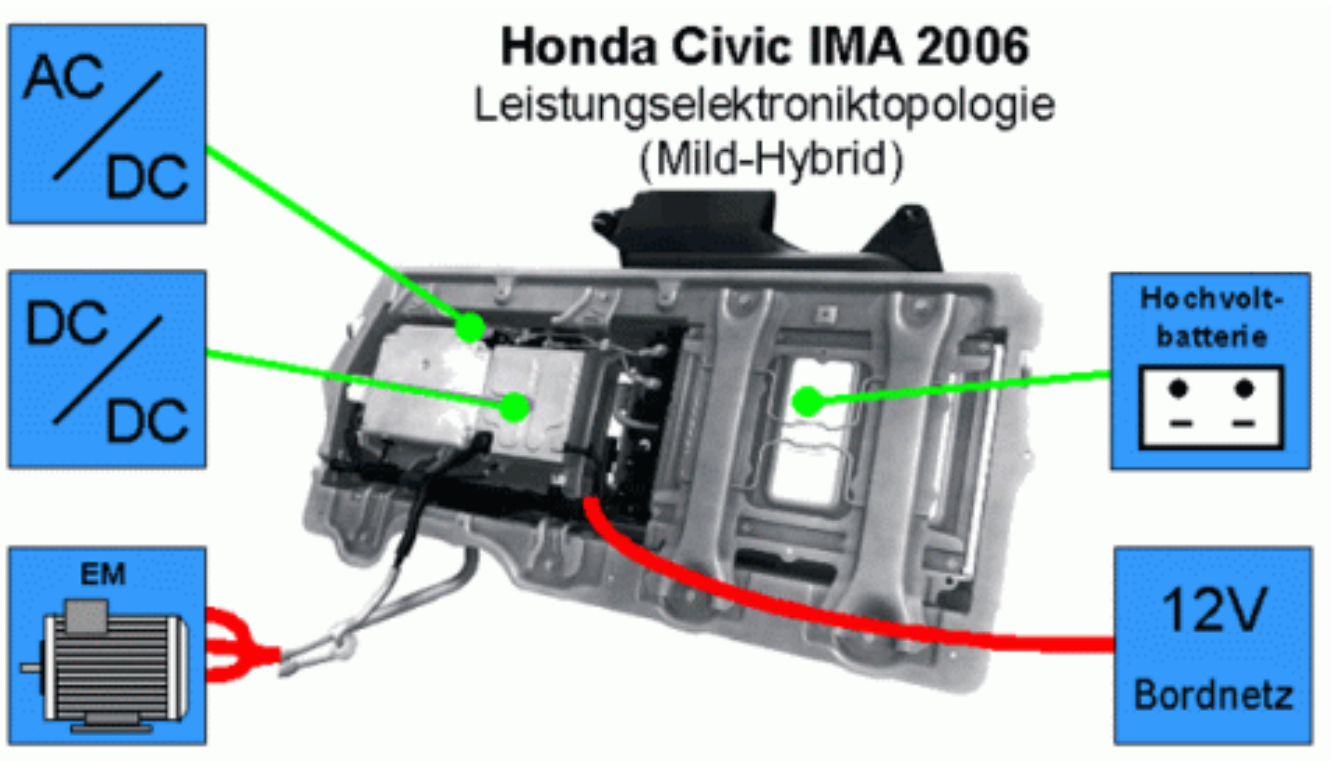
Die Batterie

Batteriemanagementsystem (BMS)



Der Motor

Die Leistungselektronik



Quelle: Audi/Honda

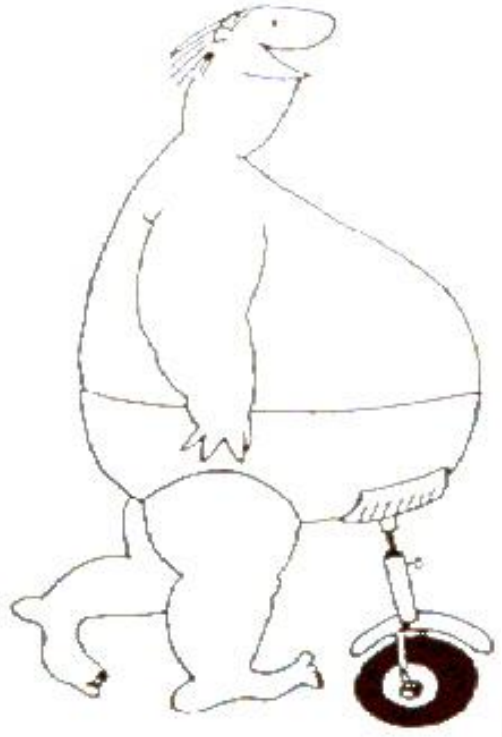
Antriebs- und Ladekonzepte

Wesentliche Unterscheidungskriterien

- Art der Energiespeicherung
- Art der Energieumwandlung

Antriebs- und Ladekonzepte

Energiespeicher



Energiewandler

Antriebs- und Ladekonzepte

- Monovalente Antriebe
- Bivalente Antriebe
- Hybridantriebe

Antriebs- und Ladekonzepte

Monovalente Antriebe

Ein Energiespeicher und ein Energiewandler

- Konventionelle Antriebsform
- Benzin, Diesel, Wasserstoff, Elektro, Gas

Antriebs- und Ladekonzepte

Bivalente Antriebe

Zwei Energiespeicher und ein Energiewandler

- Konventionelle Antriebsform mit zweierlei Kraftstoffen
- Benzin, Erdgas, Autogas

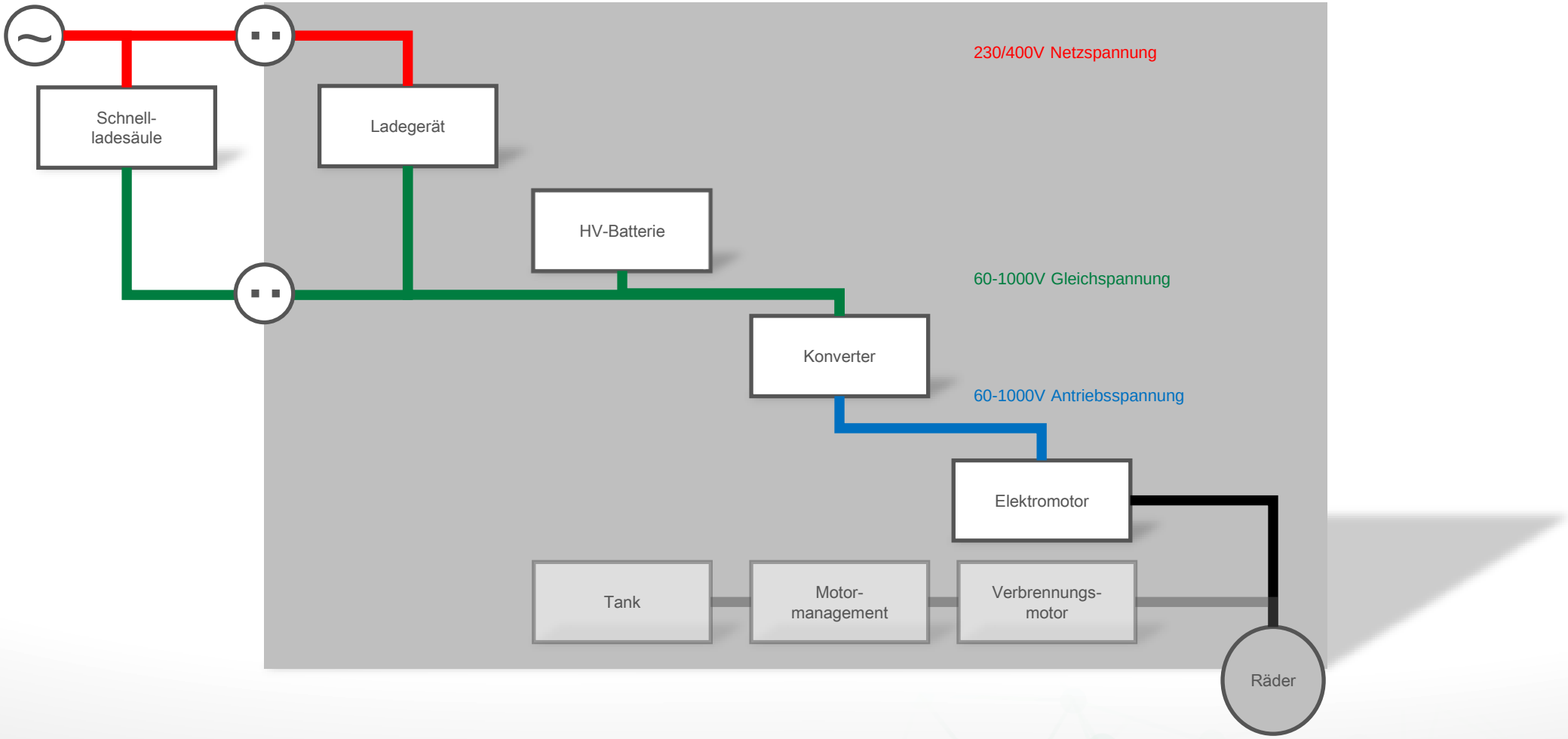
Antriebs- und Ladekonzepte

Hybridantriebe

Mindestens zwei Energiespeicher und zwei Energiewandler

- i. d. R. Verbrennungs- und Elektromotor
- i. d. R. Flüssigkraftstoff und Batterie, aber auch Brennstoffzelle und Batterie

Antriebs- und Ladekonzepte

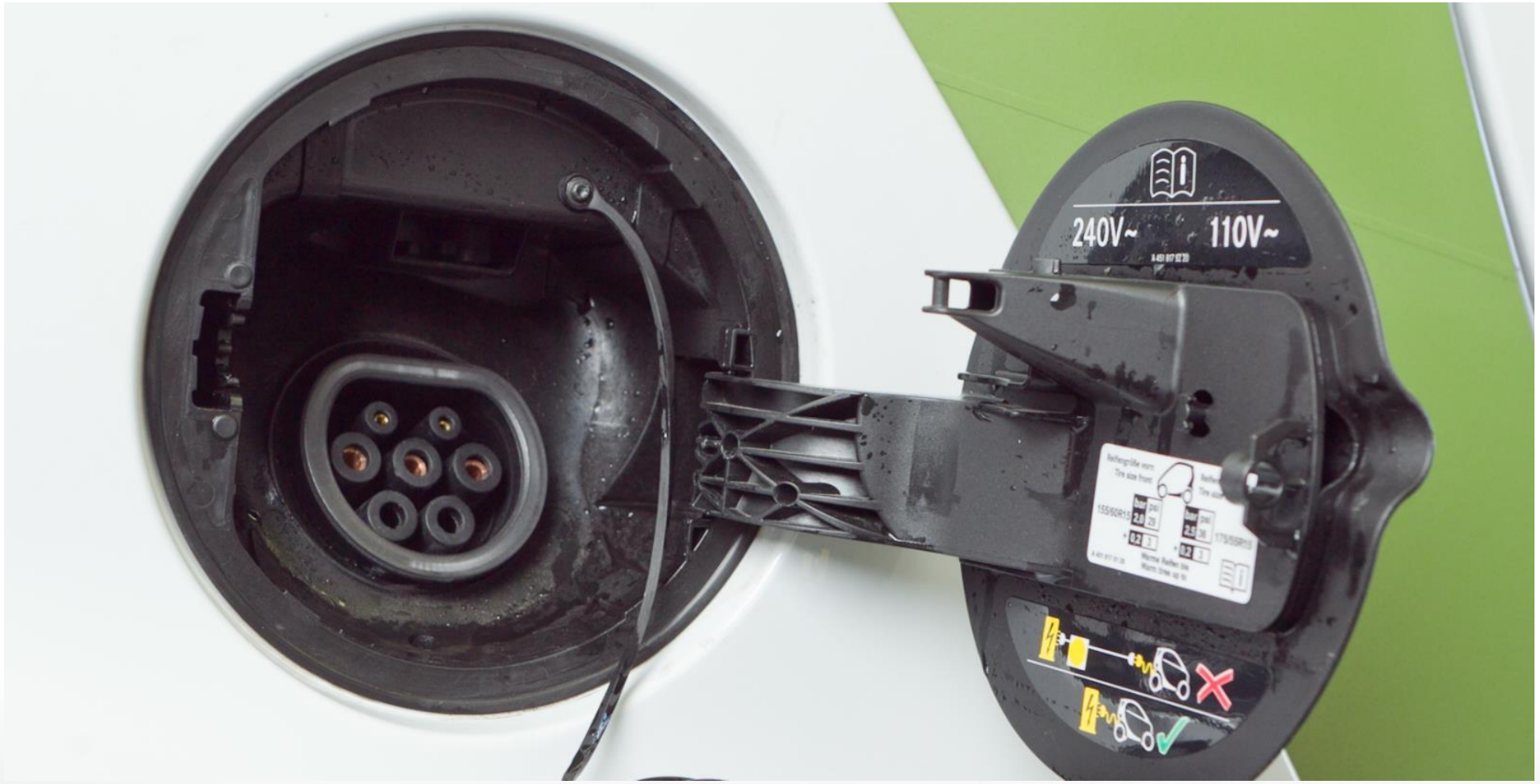


Antriebs- und Ladekonzepte

Fahrzeuge	Ladetechnologie	Ladeleistung [kW]	Ladestrom [A]	Batteriekapazität [kWh]	Netzanschluss
Pedelecs, E-Bikes, E-Scooter	AC oder DC	bis 2	bis 8	0,1 – 2,0	AC 1-phasig
Elektro-Motorräder	AC 1-phasig	bis 3	bis 13	1 – 5	AC 1-phasig
Elektrofahrzeuge einschließlich Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge	AC 1-phasig	bis 3,7	bis 16	5 – 85[1]	AC 1-phasig
	AC 3-phasig	bis 43	bis 63		AC 3-phasig
	DC	bis 170[2]	bis 200		AC 3-phasig

Quelle: Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur

Antriebs- und Ladekonzepte



Antriebs- und Ladekonzepte

Quelle: Volkswagen AG

Antriebs- und Ladekonzepte

Antriebs- und Ladekonzepte

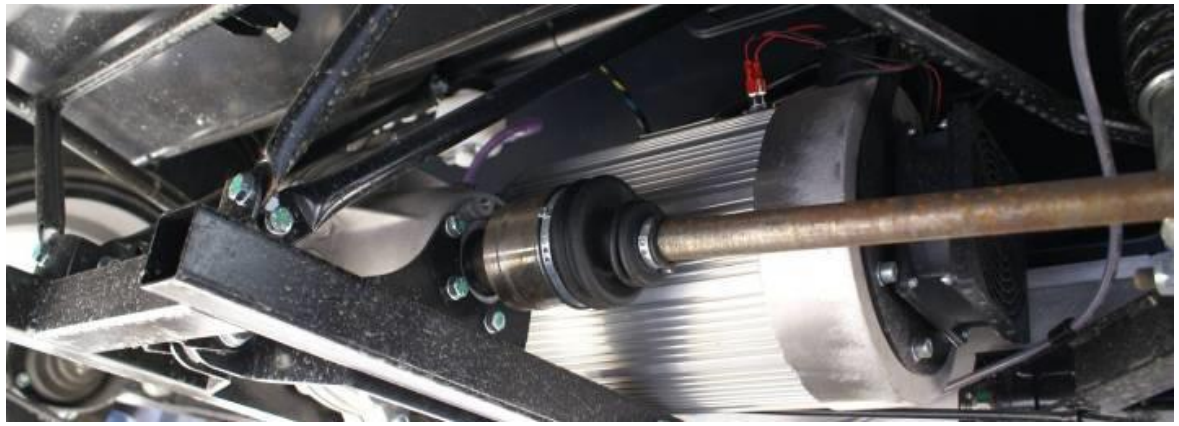
Fahrzeugsicherheit

Genehmigungsmöglichkeiten für Fahrzeuge und -teile

EG-Typgenehmigung
für Systeme, Bauteile und selbstständige technische Einheiten

EBE
bei techn. Änderungen

EBE
bei Neuentwicklungen



EG-Typgenehmigung
für Kleinserien

EG-Typgenehmigung
für Serienfahrzeuge

ECE Regulation No. 100

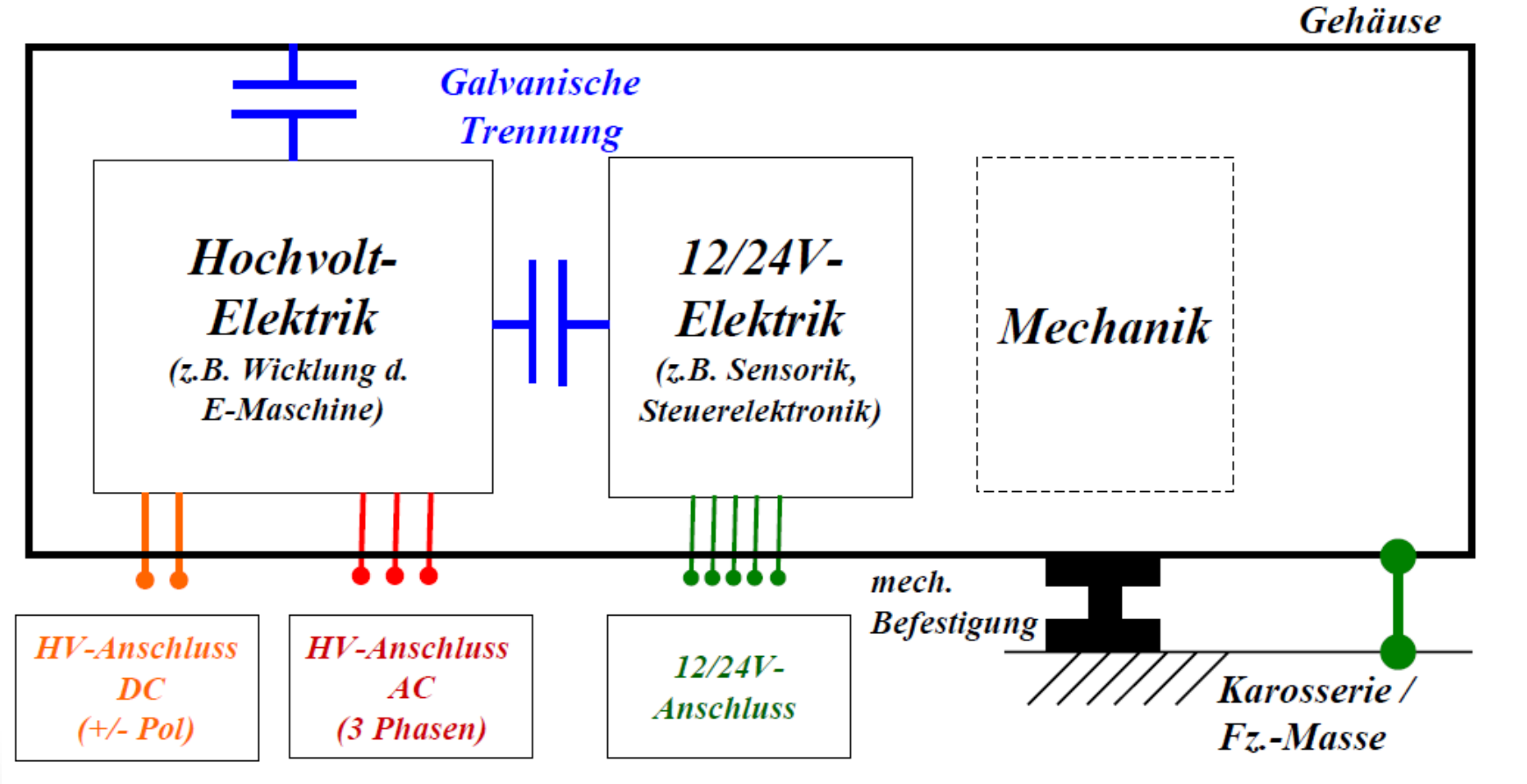
- Seit 01/2012: ECE-R 100-01
- ab 06/2015: ECE-R 100-02

- Für Typprüfungen ist bezgl. Hochvoltsicherheit die ECE-R100 verbindlich!

Warnhinweise, Kennzeichnungen, Berührungsschutz

- Warnhinweis Hochvolt
- Orangefarbene Kennzeichnung der Hochvolt-Kabel
- Berührungsschutz
- Anforderungen an die Betriebssicherheit / funktionale Anforderungen
- Bestimmung der Wasserstoffemissionen von Antriebsbatterien
- Anforderungen an Dokumentation

Fahrzeugsicherheit



Fahrzeugsicherheit

Bestimmung des Isolationswiderstands

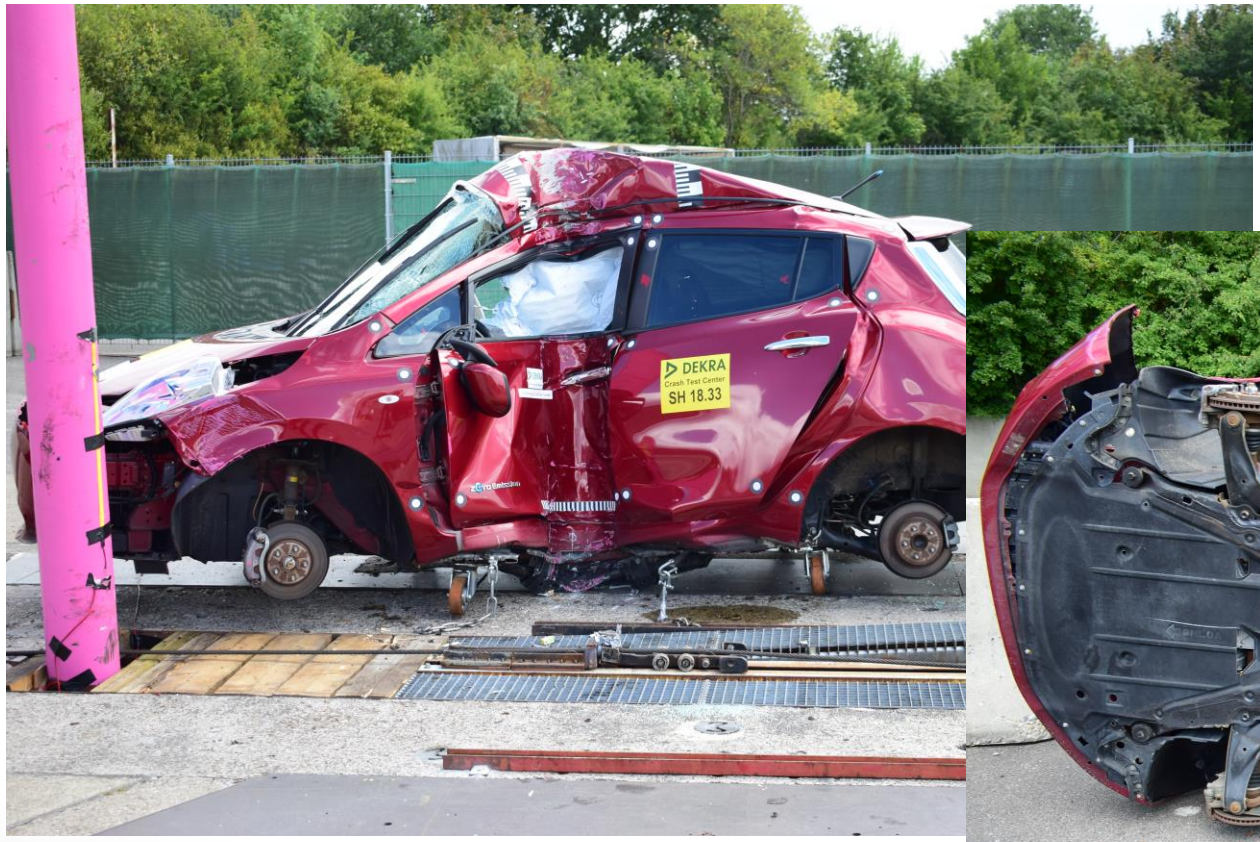
Fahrzeugsicherheit

Prüfung des Schutzes gegen Berührung

Fahrzeugsicherheit

Bei eingestecktem Stecker darf das Fahrzeug nicht fahren

Fahrzeugsicherheit



Fahrzeugsicherheit

Fahrzeugsicherheit

https://www.youtube.com/watch?v=dclFMzKSJMA

https://www.youtube.com/watch?v=KzBotW7KLeo

Fahrzeugsicherheit

Erkenntnisse für den Feuerwehreinsatz

Brandbekämpfung

Brandbekämpfung

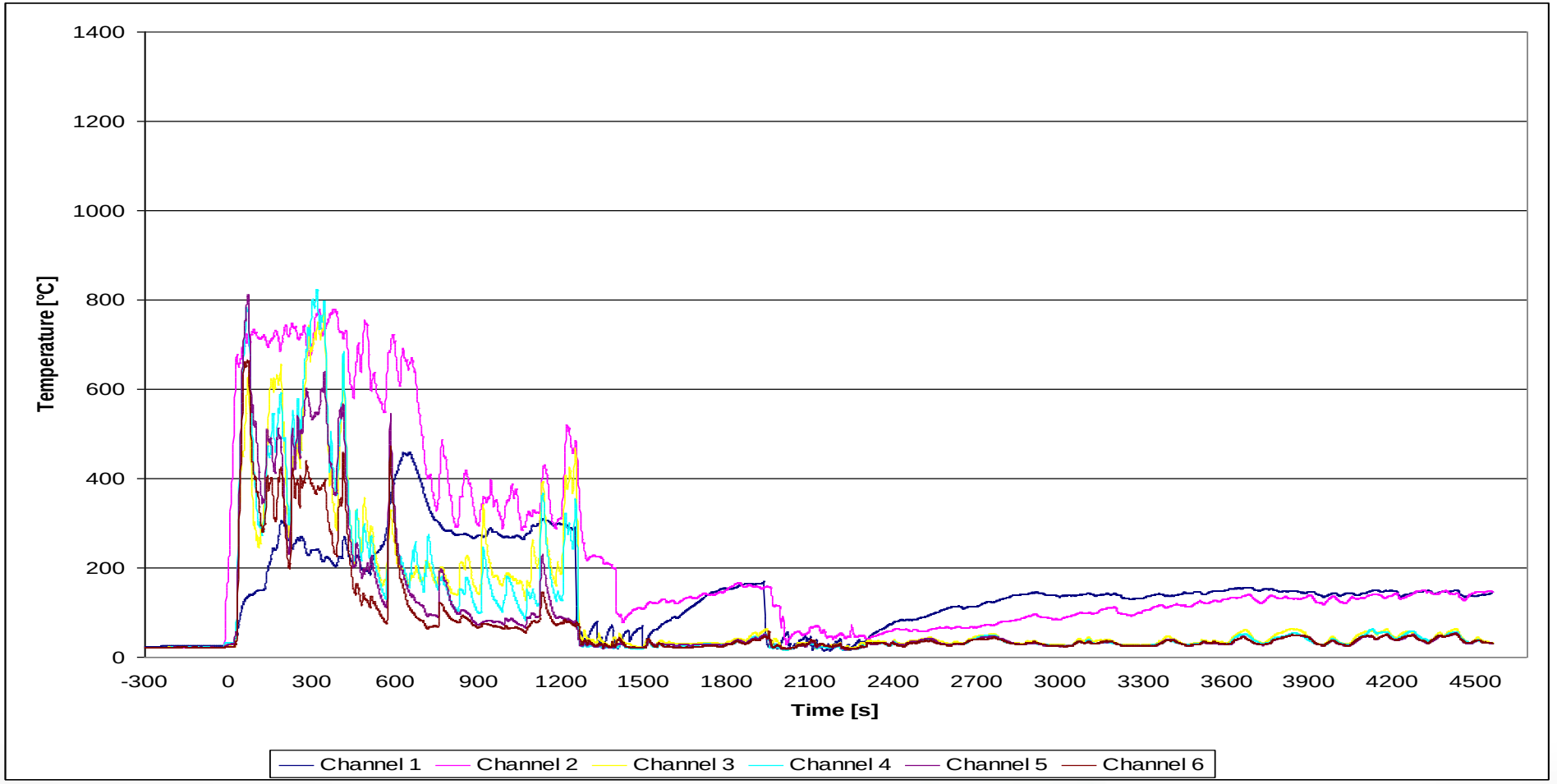
Löschversuche mit HV-Traktionsbatterien

- Pouchzellen-Technologie
- Kapazität: 17.6 kWh
- Masse: 175 kg
- State of Charge: 95 %
- Beflammung mit 45 l n-Heptan
- Beflammungszeit: 11 Minuten

Brandbekämpfung

- Heptan Brandtemperatur etwa 800°C
- Temperatur am Batteriegehäuse 450°C bis 800°C
- Max. Flammentemperatur 1,300°C
- Resttemperatur nach Brandbekämpfung 150°C

Brandbekämpfung



Brandbekämpfung

	Test 1 Water	Test 2 F-500	Test 3 Firesorb
LiB		identical type	
Type of cell		Pouch-cell	
Weight		175kg	
Capacity		17,6kW/h	
Amount of water	400l	80l	120l
Additive	-	F-500	Firesorb
injection rate	-	1%	1.8%
Extinguishing time			
No Flames	40s	7s	6s
Re-ignition	yes	no	no
stop of extinguishing	1050s	689s	456s
time of flowing water	447s	100s	91s
Temperatures			
max temp on top side	460°C	577°C	409°C
max temp on bottom side	823°C	711°C	751°C
max temp on side	780°C	1294°C	934°C

Brandbekämpfung

Brandbekämpfung

Brandbekämpfung

Brandbekämpfung

Andere Studien

- Vergleiche von ICEVs und BEVs
- HRR Identifikation
- Analysis freigesetzter Gase
- Brandverhalten der Batterien

Quelle: Høgskolen Stord/Haugesund

Brandbekämpfung

- Li-Ion-Batterien in Fahrzeugdummy
- Brandbekämpfung mit Wasser
- Ableitung von einsatztaktischen Hinweisen für die Feuerwehr

NFPA RESEARCH FOUNDATION
RESEARCH FOR THE NFPA MISSION

Rettung

Rettung

Von Ladepunkt trennen!

Rettung

- Fahrzeugsicherung
- Bis zur Deaktivierung des Antriebssystems:
  Sichern gegen Wegfahren,
  nicht nur Wegrollen!

Gefahr von Stromschlägen

- Eigenüberwachtes System mit Notabschaltung
- Potentialfreies System
- Keine HV-Führung über Karosserie

Gefahr von Stromschlägen

- Stromschlag nur dann, wenn beide nicht abgeschalteten Pole gleichzeitig berührt werden

Rettung

Quelle: youtube

https://www.youtube.com/watch?v=aZ7I_150bqU

Fahrzeug im Wasser

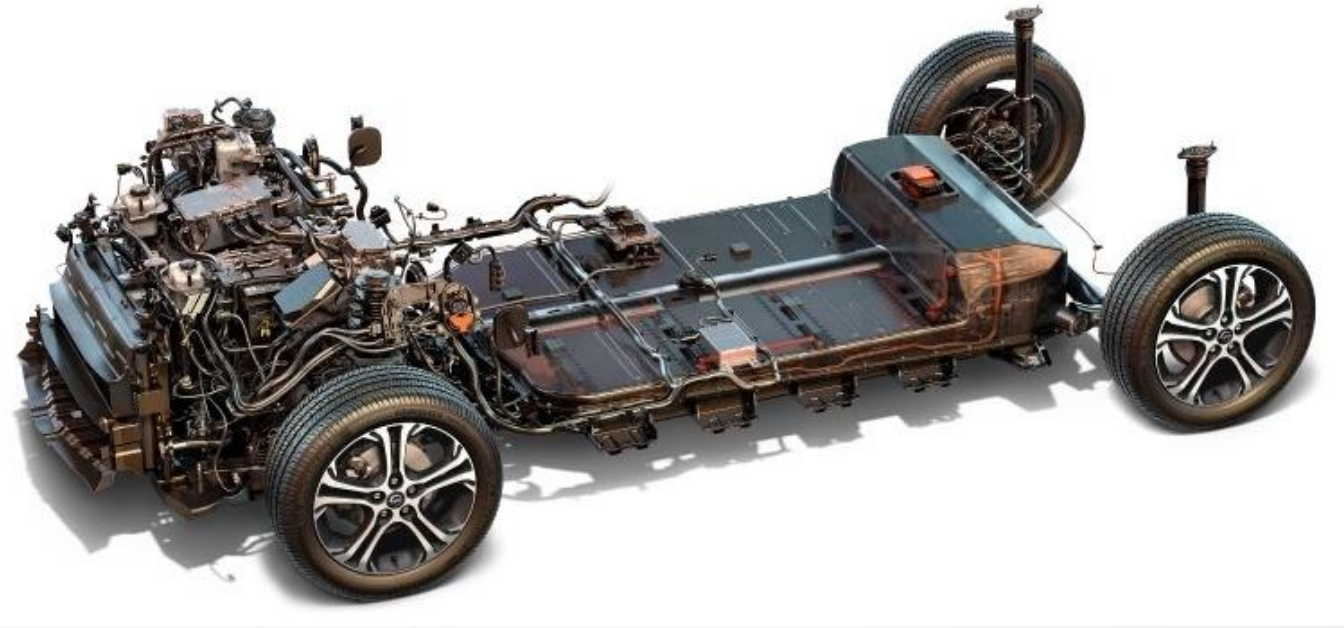
- Mindestens Schutzklasse IP67

Fahrzeug im Wasser

- Bei Eindringen von Wasser in die Batterie:
- Selbstentladung
- Kurzschlüsse
- Ggf. Brandfolge
- Kein Stromschlagrisiko!

Rettung

- Fahrzeugschwerpunkt extrem niedrig
- Schnelles (Zurück-)Kippen auf die Räder!



Bergung

Bergung

Bergung

- Gefahr von Rückzündungen/Entzündungen
- Hinweise an Abschlepper und Werkstatt/Sichersteller
- Ggf. Begleitfahrzeug stellen
- Tunnel meiden

Bergung

Bergung

Fazit

Fazit

- Gute Erkundung ist Basis für Einsatzerfolg
- Auf Schneid- und Spreizarbeiten im Bereich von Energiespeichern und Kraftstoffleitungen/orangenen Kabeln verzichten
- Nach Nutzung für die Rettung relevanter elektrischer Funktionen 12-V-Batterie abklemmen
- Vorgehen „Gasausströmung“ bei Undichtigkeiten an Gasfahrzeugen anwenden
- Elektrofahrzeuge vom Ladepunkt trennen
- Abschlepp-/Bergedienst auf Besonderheiten hinweisen

Fazit

- Kein elementares Lithium in Li-Ionen-Batterien
- Mehrere Abschaltkriterien im Schadenfall
- Kein geerdetes System

Fazit

komm mit mensch
Sicher. Gesund. Miteinander.

DGUV
Fachbereich Feuerwehren
Hilfeleistungen Brandschutz

DEKRA

Fachbereich AKTUELL Sachgebiet Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen

Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden

FBFHB-024 Stand: 28.07.2020

Die Zahl der Feuerwehreinsätze bei Verkehrsunfällen oder Fahrzeugbränden mit Beteiligung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen nimmt aktuell zu. Hieraus ergeben sich auch Fragestellungen zu möglichen Gefahren und sicheren Löschverfahren bei Fahrzeugbränden, bei denen auch Lithium-Ionen-Akkus[1] vom Brandgeschehen betroffen sind.

Grundsätzlich unterscheidet sich die Brandbekämpfung bei Fahrzeugbränden mit Beteiligung von Lithium-Ionen-Akkus nicht wesentlich von Bränden bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen (z. B. Benzin- oder Dieselfahrzeuge). Die nachfolgend aufgeführten Hinweise sollen eine Hilfestellung bieten.

Diese Fachbereich AKTUELL bezieht sich dabei auf Serienfahrzeuge. Bei Kleinserien oder individuell nachgerüsteten Fahrzeugen kann sie nur als grobe Orientierungshilfe angesehen werden.

1 Besonderheiten bei Bränden von Lithium-Ionen-Akkus in Elektrofahrzeugen

Lithium-Ionen-Akkus werden insbesondere als Energiespeicher für das Hochvoltsystem verwendet (Hochvoltbatterie), gelegentlich werden sie auch für das 12- bis 48-Volt-Bordnetz eingesetzt.

Hochvoltbatterien sind in der Regel in einem stabilen, weitgehend wasserdichten Gehäuse eingebaut, welches geschützt in die Fahrzeugstruktur integriert ist (z. B. im Unterboden). Deshalb kann aufgebrachtes Löschwasser den Brandherd bei einem Brand innerhalb eines mechanisch nur unwesentlich beschädigten Lithium-Ionen-Akkus nicht erreichen. Auch eine externe Kühlung ist kaum wirksam, da die Zellen zum Außengehäuse zunehmend thermisch isoliert sind. Versuche und bisherige Einsatzerfahrungen haben gezeigt, dass sich hierdurch die Löschdauer und der Löschmittelbedarf erhöhen. Die Erfahrungen zeigen auch, dass bei Lithium-Ionen-Akkus ein Löscherfolg erst dann einsetzt, wenn das Wasser in ausreichender Menge das Innere der Lithium-Ionen-Akkus erreichen kann.

Versuche haben gezeigt, dass Wasser als Löschmittel geeignet und empfehlenswert ist. Löschmittelzusätze sind nicht erforderlich.

Nicht jede in einem Fahrzeug verbaute (Hochvolt-)Batterie ist ein Lithium-Ionen-Akku. Andere Technologien (z. B. Nickel-Metallhydrid, NiMH) sind beispielsweise in vielen Hybridfahrzeugen eingebaut. Sie sind weniger reaktionsfreudig und auch weniger dynamisch im Brandverhalten.

Beim Brand von Lithium-Ionen-Akkus werden, ebenso wie bei anderen Bränden, Atemgifte, gesundheitsschädliche Verbrennungsprodukte und -rückstände in erheblichem Maße freigesetzt.

2 Wie brennt ein Lithium-Ionen-Akku?

Brände von Lithium-Ionen-Akkus können unter anderem durch mechanische Beschädigung sowie interne und externe thermische Ereignisse (z. B. Beflammung oder Kurzschlüsse) ausgelöst werden.

Während des Brandes kann sich das Feuer innerhalb der Batterie von Zelle zu Zelle ausbreiten.

1 Lithium-Ionen-Akku wird in diesem Dokument als Sammelbegriff für eine Vielzahl verschiedener Batteriearten genutzt, u. a. Lithium-Ionen, Lithium-Polymer, Lithium-Eisenphosphat.

https://publikationen.dguv.de/regelwerk/publikationen-nach-fachbereich/feuerwehren-hilfeleistungen-brandschutz/feuerwehren-und-hilfeleistungsorganisationen/3907/fbfhb-024-hinweise-fuer-die-brandbekaempfung-von-lithium-ionen-akkus-bei-fahrzeugbraenden?c=155

Fazit

- Einsatzlagen mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen und/oder alternativen Kraftstoffen kann mit den konventionellen Mitteln der Feuerwehr begegnet werden

Vielen Dank!