

Idee Zukunft

Netzwerk der anderen Art

Chancen und Gefahren der Elektromobilität

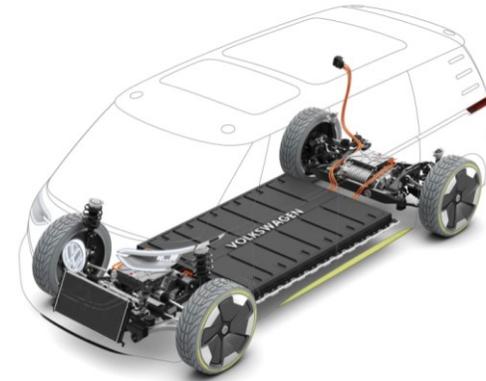
9. März 2021, Lausanne

Elektromobilität Chancen, Gefahren und Entwicklung



Elektroantrieb: Die Komponenten

Das Herz des Elektroautos ist der **Akku**. Weitere Komponenten sind der **Elektromotor**, die **Leistungselektronik** sowie die **Kühlsysteme** beziehungsweise das **Temperaturmanagement**.



Nicht nur Volkswagen baut seine E-Autos in "Skateboard"-Architektur • © Volkswagen

Aggregate wie Lenkung, Bremsgerät und Heizung/Klimaanlage werden elektrisch betrieben. Auch das **12-Volt Bordnetz** wird über einen Spannungswandler aus der Hochvoltbatterie versorgt.

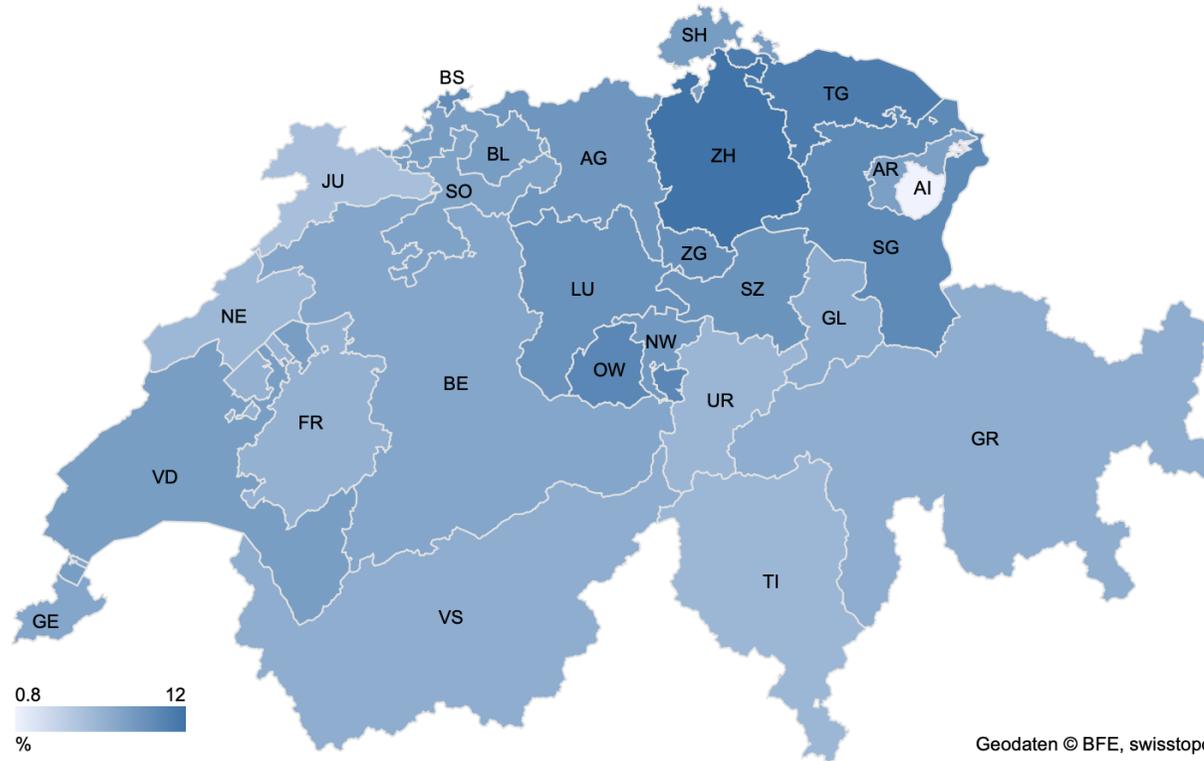
Das "Gehirn" der Batterie ist das **Batteriemanagementsystem**, welches stets den Zustand der Batterie kennt und Ladevorgänge und Leistungen während des Betriebes regelt.

Bei der Anordnung der Komponenten im Fahrzeug hat sich die so genannte "**Skateboard**"-Architektur durchgesetzt: **Der Akku liegt zwischen den Achsen im Unterboden, der Elektromotor und die Leistungselektronik an Vorder- und/oder Hinterachse.** Die Karosserie wird dann über dieses Skateboard "gestülpt". Diese Unterflur-Architektur garantiert einen **niedrigen Schwerpunkt** und ermöglicht eine etwas **bessere Raumnutzung** als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

Kennzahlen Neuzulassungegn BEV nach Kantonen, letzte 4 Quartale

Kennzahlen nach Kantonen - Letzte 4 Quartale

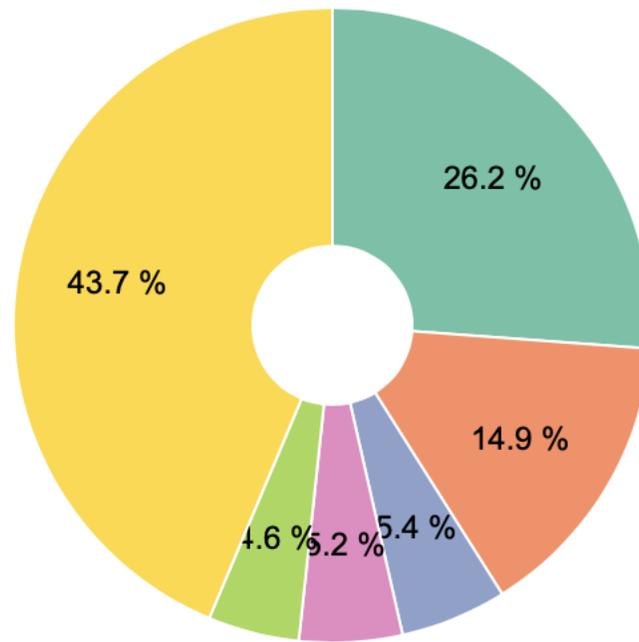
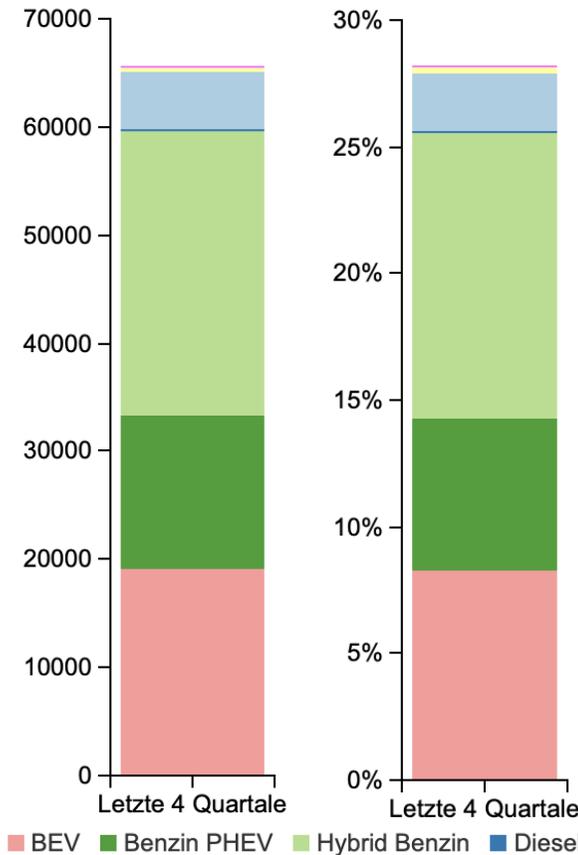
Anteil von batterie-elektrischer Personenwagen (BEV) an allen Neuzulassungen



Anteile der alternativen Antriebe und energieeffizienten Fahrzeugen an den Neuzulassungen in der Schweiz

Anteile alternativen Antriebe und energieeffizienter Fahrzeuge an den Neuzulassungen in der Schweiz (letzte 4 Quartale)

Die beliebtesten batterie-elektrischen Fahrzeuge (BEV) - Letzte 4 Quartale



Modell	Anzahl
Tesla Model 3	5016
Renault Zoe	2853
Hyundai Kona	1035
VW ID3	1001
Audi etron	887
Andere	8371
	19163

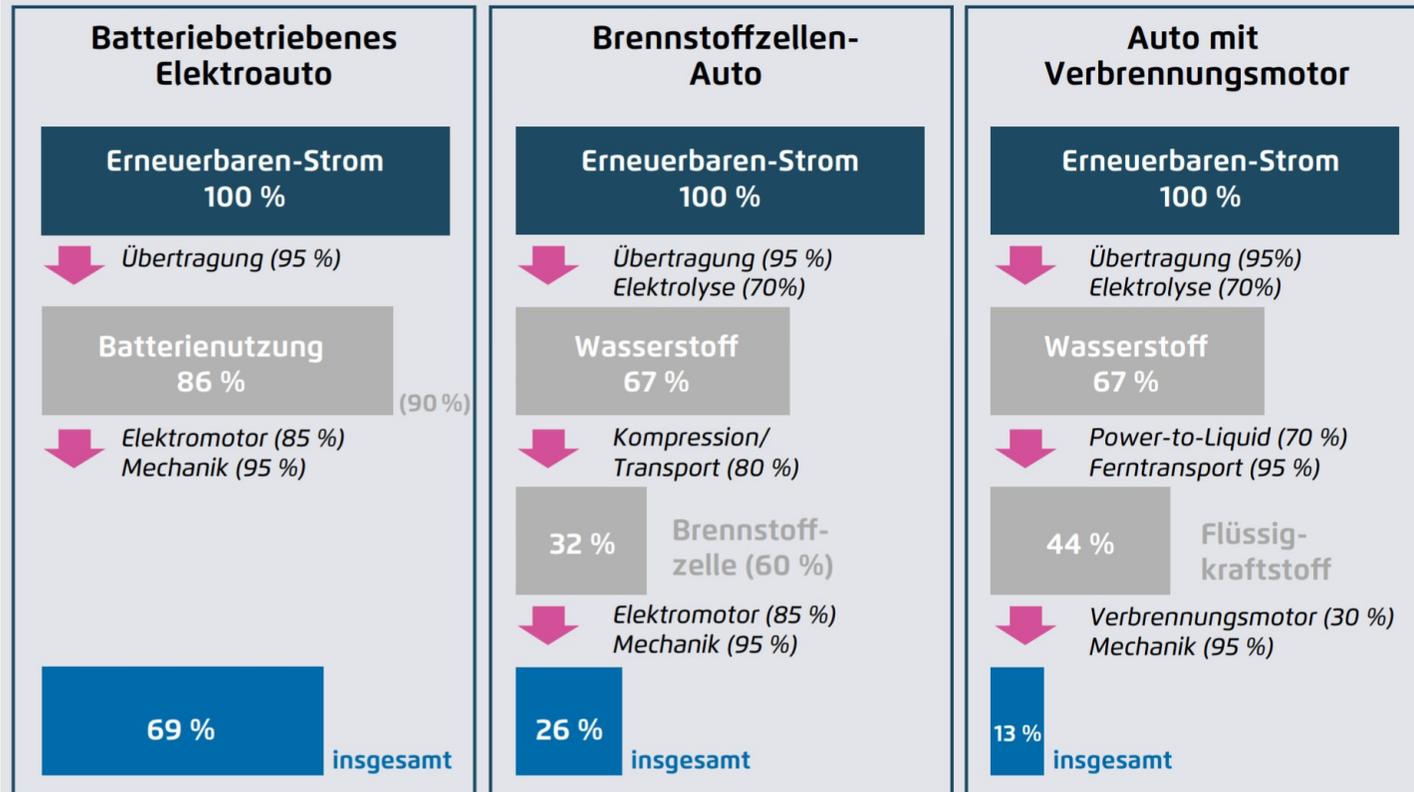
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/kennzahlen-fahrzeuge/kennzahlen-alternative-antriebe-neuwagen.html>

Aktuelle Fahrzeugtypen

	 CONVENTIONAL	 HEV HYBRID	 PHEV PLUG-IN HYBRID	 BEV ALL-ELECTRIC	 FCHEV Brennstoffzelle
Energiequelle					
Verbrauch					
Emissionen					

Wirkungsgrad Antriebskonzepte

Einzel- und Gesamtwirkungsgrade von Pkw mit unterschiedlichen Antriebskonzepten ausgehend von erneuerbar erzeugtem Strom



Hinweis: Einzelwirkungsgrade in Klammern. Durch Multiplikation der Einzelwirkungsgrade ergeben sich die kumulierten Gesamtwirkungsgrade in den Kästen.

<https://www.zukunft-mobilitaet.net/wp-content/uploads/2019/06/wirkungsgrade-antriebskonzepte-regenerative-energie-elektrofahrzeug-brennstoffzelle-ptx.jpg>

das Elektroauto ist sauberer – heute & morgen

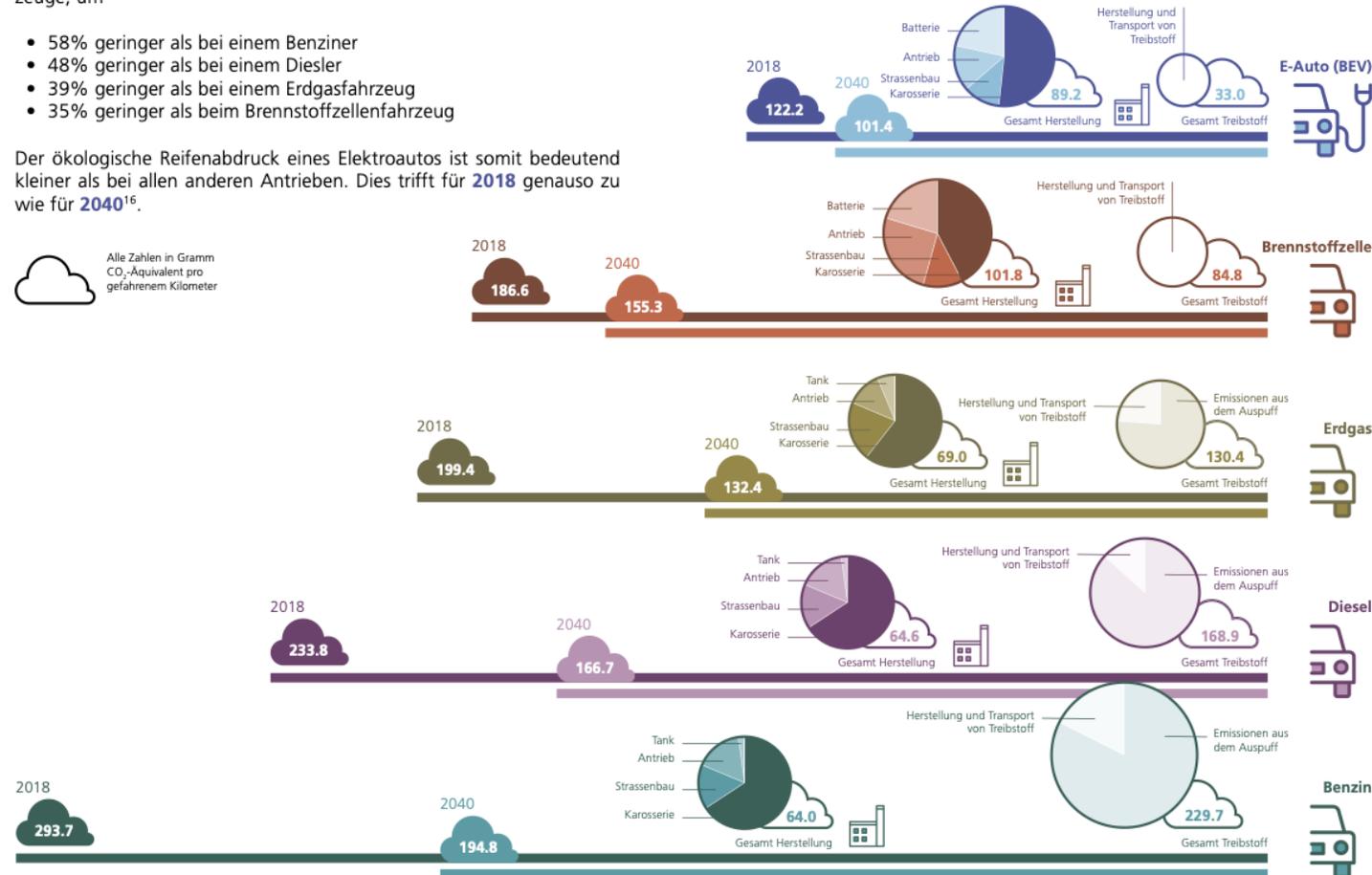
Der Schadstoffausstoss eines batterieelektrischen Autos (in g CO₂-äquivalent/km) war 2018, inklusive Emissionen bei der Herstellung der Fahrzeuge, um

- 58% geringer als bei einem Benziner
- 48% geringer als bei einem Diesler
- 39% geringer als bei einem Erdgasfahrzeug
- 35% geringer als beim Brennstoffzellenfahrzeug

Der ökologische Reifenabdruck eines Elektroautos ist somit bedeutend kleiner als bei allen anderen Antrieben. Dies trifft für **2018** genauso zu wie für **2040**¹⁶.

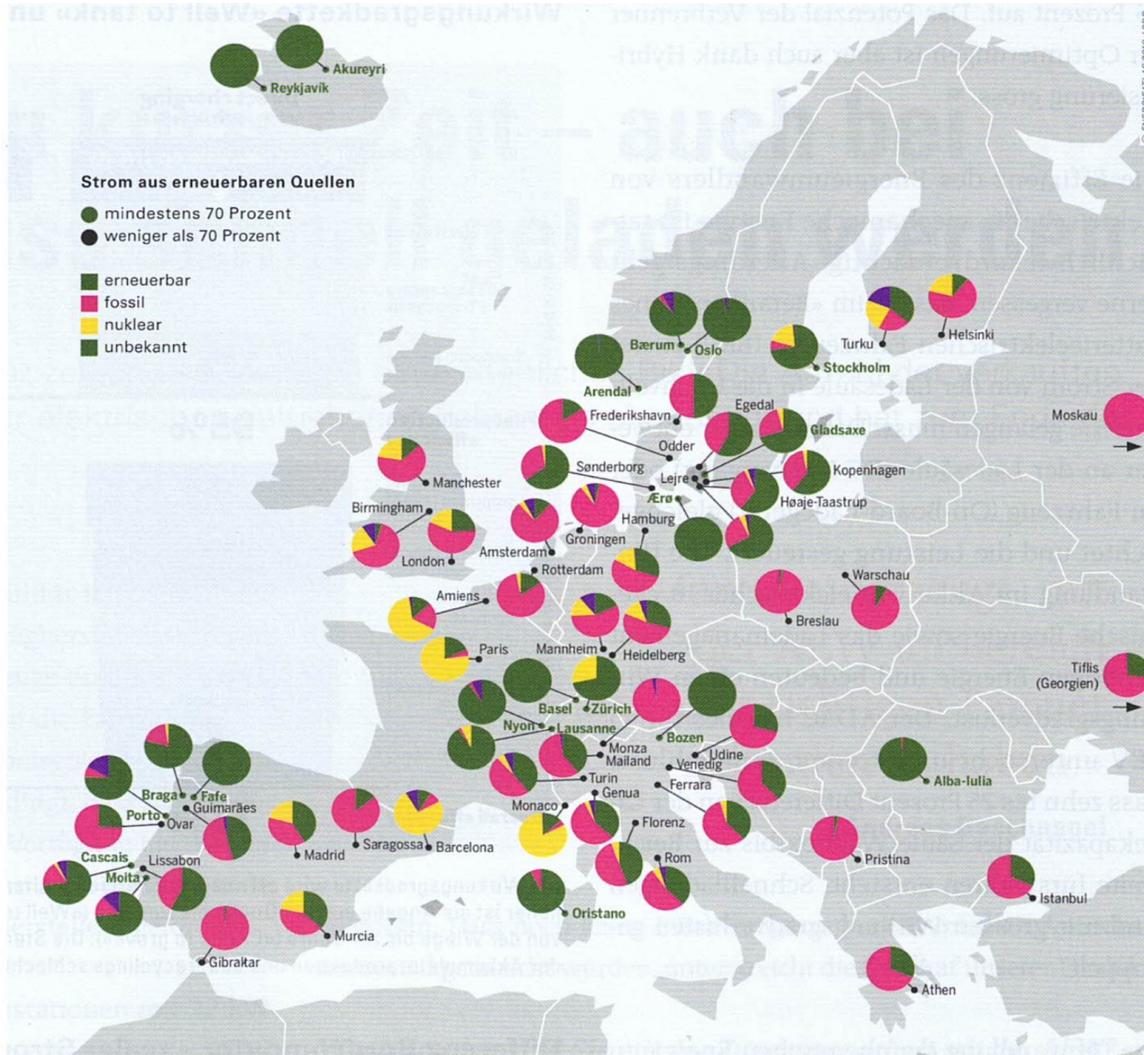
Alle Zahlen in Gramm CO₂-Äquivalent pro gefahrenem Kilometer

Treibhausgasemissionen von Mittelklasseautos in g CO₂-äquivalent/km



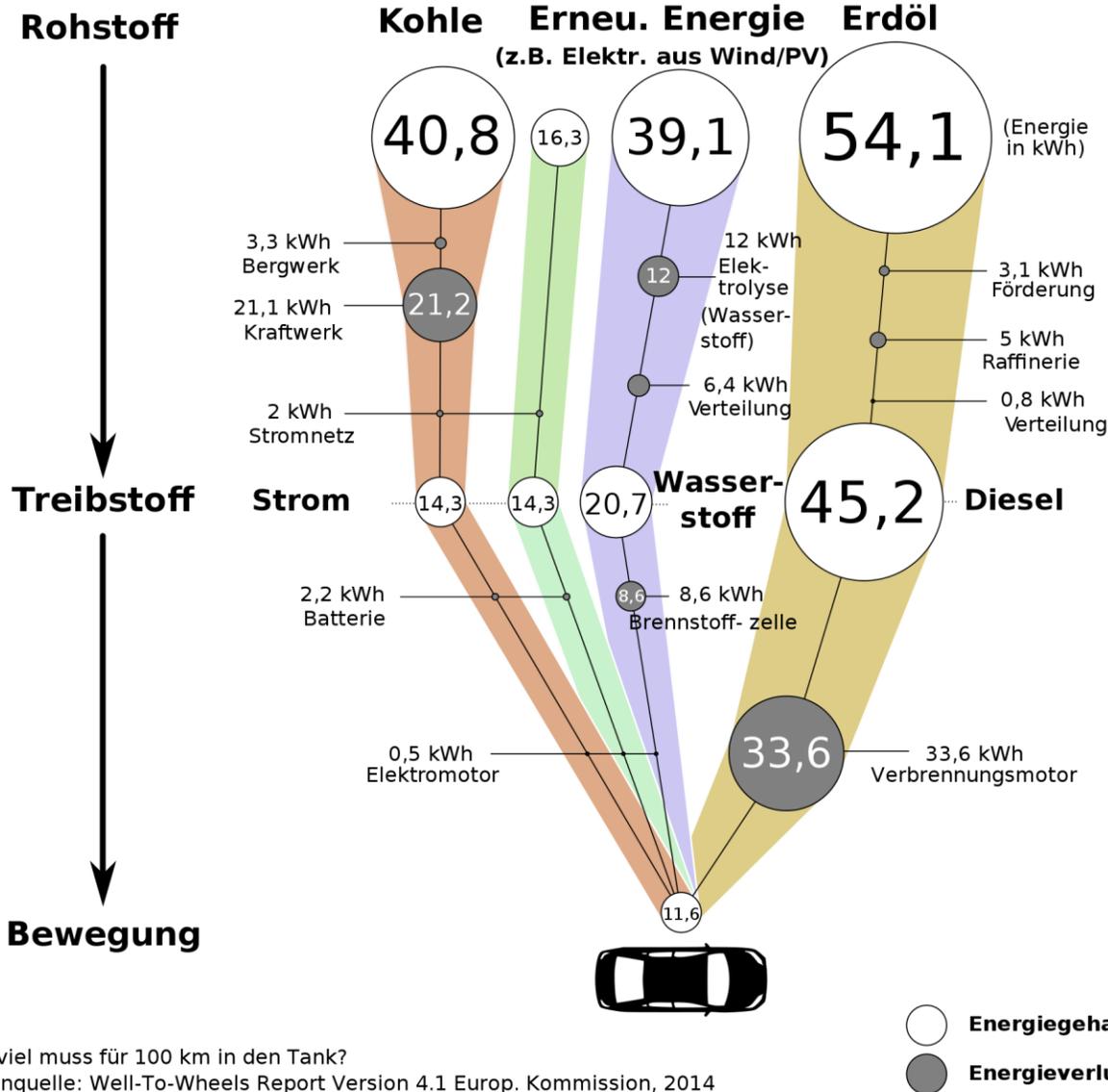
¹⁶ Paul Scherrer Institut 2020: Mobilität von Morgen

Woher kommt der Strom?



Nur wenn es gelingt, die Stromproduktion ohne fossile Energieträger (Rohöl, Kohle, Erdgas) sicherzustellen, ist elektrische Mobilität sauber. In der Grafik wird der Strommix in europäischen Städten dargestellt. Die pink markierten Anteile der fossilen Stromproduktion dominieren oft und sind nicht einfach zu ersetzen. (Quelle: Energieatlas)

100km Einfluss Stromproduktion?

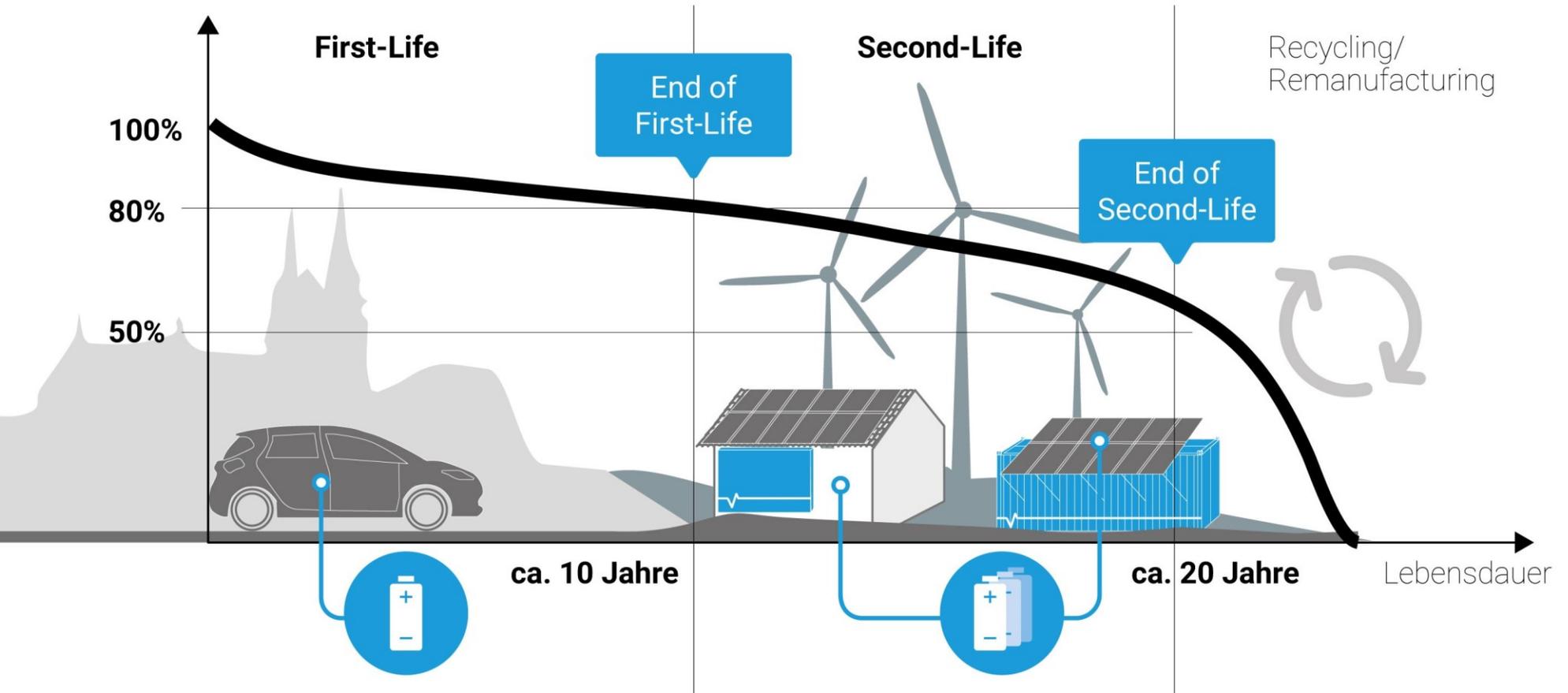


Wie viel muss für 100 km in den Tank?

Datenquelle: Well-To-Wheels Report Version 4.1 Europ. Kommission, 2014

LiBa Recycling?

Batteriekapazität



<https://upvolt.ch/second-life-stromspeicher/>

Was sind Lithium-Ionen-Batterien?

Lithiumbatterien im Alltag



Quelle : saftey training plus

Der Lithium Ionen Akku

Welche Vorteile haben sie?

- Lithiumbatterien (LiBa) sind sicher
- LiBa haben eine hohe Energie- und Leistungsdichte
- Hohe Zellspannung bis 3,7 V
- Sehr lange Lagerfähigkeit
- Geringe Selbstentladung
- Breiter Temperaturbereich für Lagerung und Betrieb
- Hoher Wirkungsgrad bis zu 95%
(Verhältnis Entladestrommenge/Ladestrommenge)
- LiBa sind aus unserer Gesellschaft nicht wegzudenken
- Nach Vorschrift angewendet sind die LiBa Batterien sicher
- Standardenergiequelle für Unterhaltungselektronik, Werkzeuge, Speicher und Mobilität

Leistungsklassen der LiBa

Leistungsklassen



Geringe Leistung Energie

Computer, Multimedia,
Kleinelektrogeräte,
Kleinwerkzeuge



Mittlere Leistung Energie

Pedelecs, E-Bikes,
E-Scooter,
größere Gartengeräte



Hohe Leistung Energie

Automotive,
netzunabhängige Großgeräte



Lithiummetall-Energiespeicher:

≤ 2 g Li je Energiespeicher

> 2 g Li je Energiespeicher und
 ≤ 12 kg brutto je Energiespeicher

> 2 g Li je Energiespeicher und
 > 12 kg brutto je Energiespeicher

Lithium-Ionen-Energiespeicher:

≤ 100 Wh je Energiespeicher

> 100 Wh je Energiespeicher und
 ≤ 12 kg brutto je Energiespeicher

> 100 Wh je Energiespeicher und/oder
 > 12 kg brutto je Energiespeicher

Wie funktioniert die LiBa

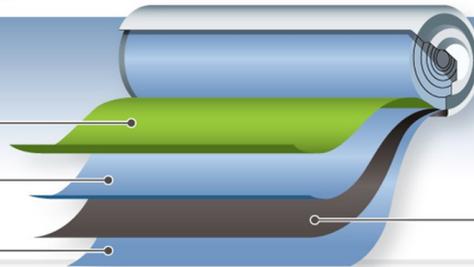
So funktioniert eine Lithium-Ionen-Batterie

Lithium-Ionen Batterien zeichnen sich durch eine schnelle Lade- und Entladerate aus.



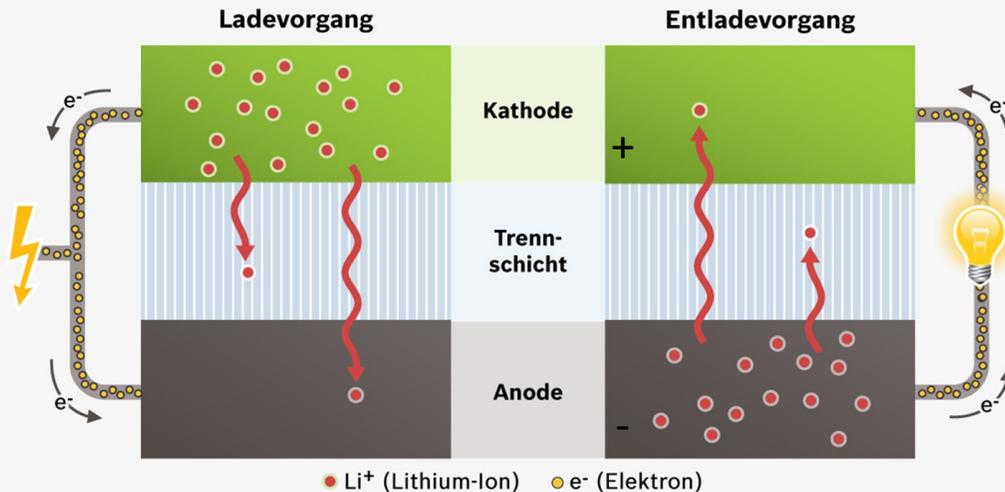
Positive Elektrode (Kathode)
enthält Lithium-Metalloxide

Trennschicht
(ionendurchlässig)



Negative Elektrode (Anode)
besteht aus Graphit

- ➔ Beim **Ladevorgang** wandern Lithium-Ionen zur negativen Elektrode. Dort speichern sie Elektronen aus einer externen Stromquelle.
- ➔ Beim **Entladevorgang** gibt Lithium in der negativen Elektrode Elektronen ab. Diese können einen externen Verbraucher betreiben.



BMS = Batterieüberwachungselektronik (Steuerung und Überwachung der Batterie)



Lithium – Ionen Batteriezellen

Zylindrisch, übliche Bauform



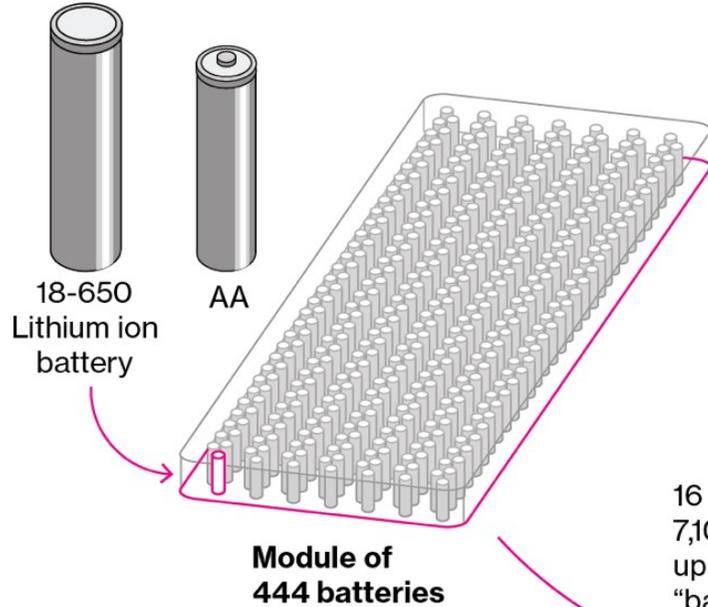
Die **zylindrische Zelle** ist die am weitesten verbreitete Bauform von Akkuzellen. Ein Standard ist die 18650-Zelle, die 18 mm im Durchmesser und 65 mm in der Höhe misst. Sie ist mechanisch relativ stabil, denn sie verfügt über eine Metallhülle.

Sie wird in zahlreichen kleinen und großen Produkten eingesetzt, vom Notebook und der Powerbank bis zum Elektrofahrrad.



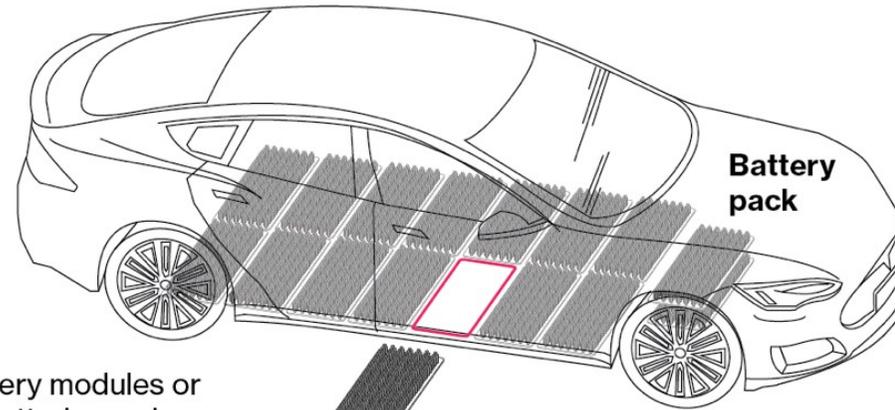
Lithium – Ionen Batteriezellen

Zylindrisch, übliche Bauform



Tesla Model S

The entire battery pack weighs 1,200 pounds...

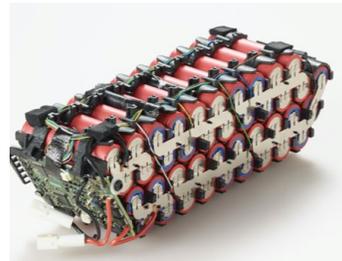


16 battery modules or 7,104 batteries make up the total Tesla S "battery pack."

 **Lithium equivalent**

...but only 15 pounds (7kg) is lithium. About the weight of a bowling ball.

E-Bike Akku



Tesla S Zelle – Modul - Batterie



LiBa Batterimanagementsystem

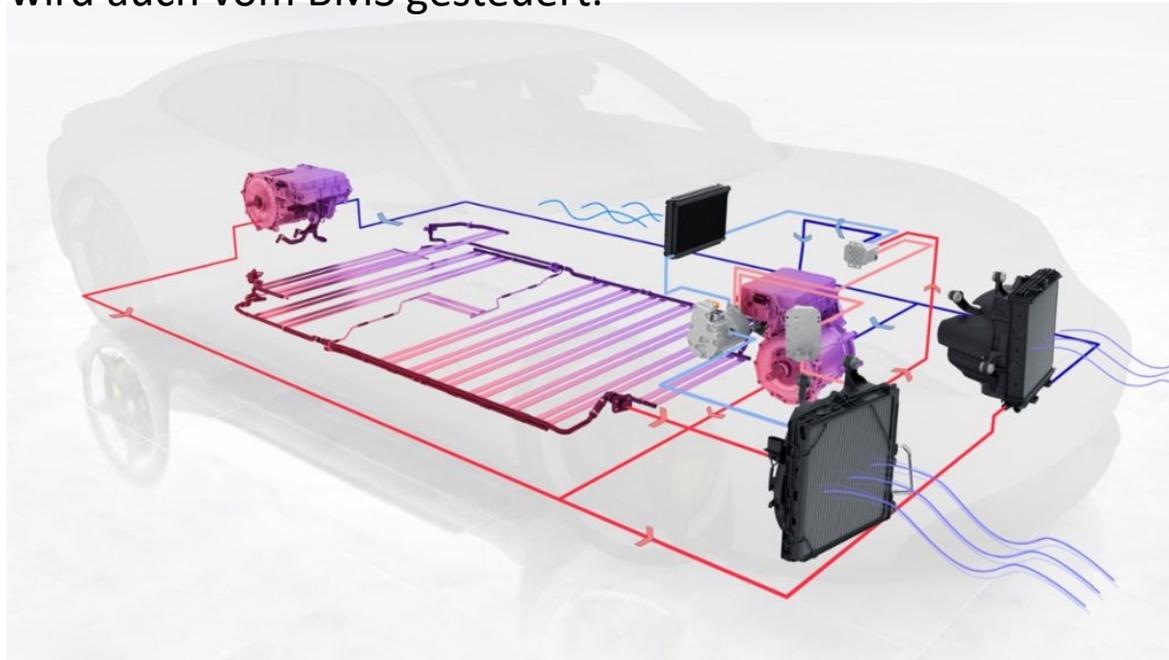
Batteriemanagementsystem (BMS)

Das Batterimanagementsystem ist das "**Gehirn**" der Hochvoltbatterie. Es überwacht die Zustände der Zellen während des Betriebs und beim Laden. Beim Laden gibt das

BMS auf Basis verschiedener Umgebungsdaten die **mögliche** Ladeleistung, insbesondere beim Schnellladen, vor.

Die Kühlung wird auch vom BMS gesteuert.

Kühlsystem



<https://newsroom.porsche.com/de/produkte/taycan/batterie-18541.html>

Welche Gefahren bergen LiBa Akkus?



Besondere Gefahren bergen:

- LiBa in einem undefinierten Zustand, z.B. gebrauchte LiBa
- Mechanisch beschädigte oder deformierte LiBa
- Elektrisch beschädigte LiBa
- Nicht korrekte Ladung
- Gebrauch von falschen / manipulierten Ladegeräten
- Auslaufende LiBa
- Tiefentladene LiBa (nicht sichtbar)
- Beschädigte Batterien dürfen nicht aufgeladen werden
- Nichteinhalten der Betriebsvorschriften

=> Airbag – Deformation – überhöhte Temperatur

Lithium-Ionen Batterien Brand?

Entstehung von Feuer und giftigen Rauch



Können Lithium-Ionen-Akkus auch explodieren?

Die Bauweise macht die Batterien zwar kompakt, birgt aber auch negative Effekte. Bei einer Überladung, Beschädigung oder Überhitzung kann es zu einer unkontrollierten Freisetzung der gespeicherten Energie kommen.

Das nennt man „**thermisches Durchgehen**“ (engl.: **thermal runaway**).

Thermisches Durchgehen einer Lithium-Ionen-Zelle NMC-18650 $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$

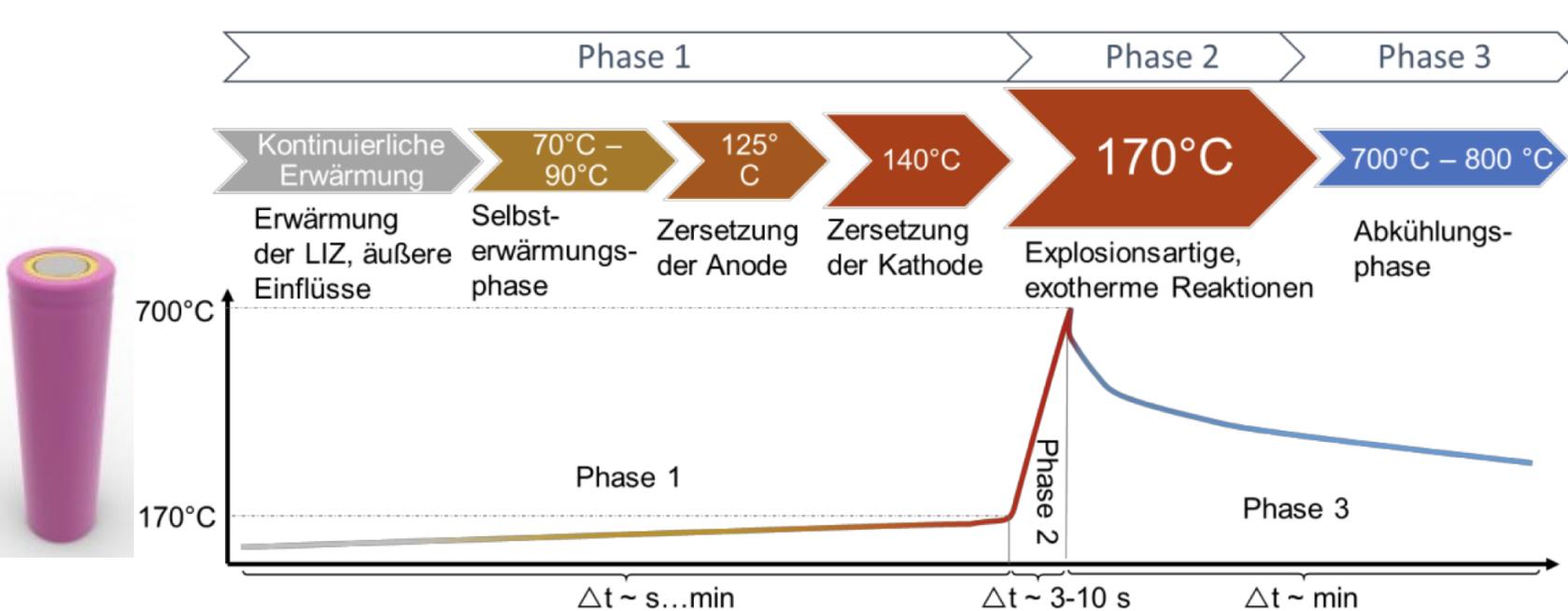
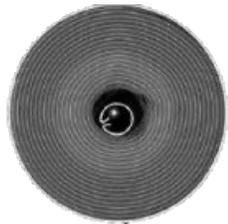


Abbildung 2.5: Ablauf einer thermisch durchgehenden LIZ Lithium-Ionen-Zelle

Quelle: <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1398170/document.pdf>

- Phase 1: Erwärmen der Lithium-Ionen-Zelle
- Phase 2: Explosionsartige exotherme Reaktion
- Phase 3: Abkühlungsphase

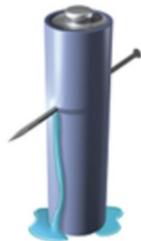
Was kann beim Unfall eines Elektrofahrzeuges passieren? Beispiele Zellversagen



Kurzschluss
durch externe Kontakte
durch Deformation bei
Aufprall, Schlag,
Verzögerung, Wassereinfall



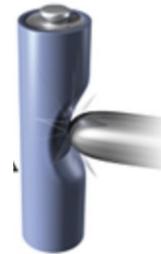
Kurzschluss
durch inneren Defekt,
defekte Zelle, zB.
Produktionsfehler



Kurzschluss
durch Penetration mit
einem Gegenstand bei
Schlag, Aufprall bei
einem Zusammenstoss



Kurzschluss
durch Hitze, externe
Hitzequelle wie Feuer oder
defekt der Batteriekühlung,
Überladung



Kurzschluss
durch äussere
Einwirkung Deformation
Schlag, Aufprall,
Verzögerung =>
Zerstörung Zellmembrane

Thermisches Durchgehen / Kettenreaktion

Kurzschluss

durch Hitze, externe Hitzequelle, keine Kühlung



Zellversagen durch

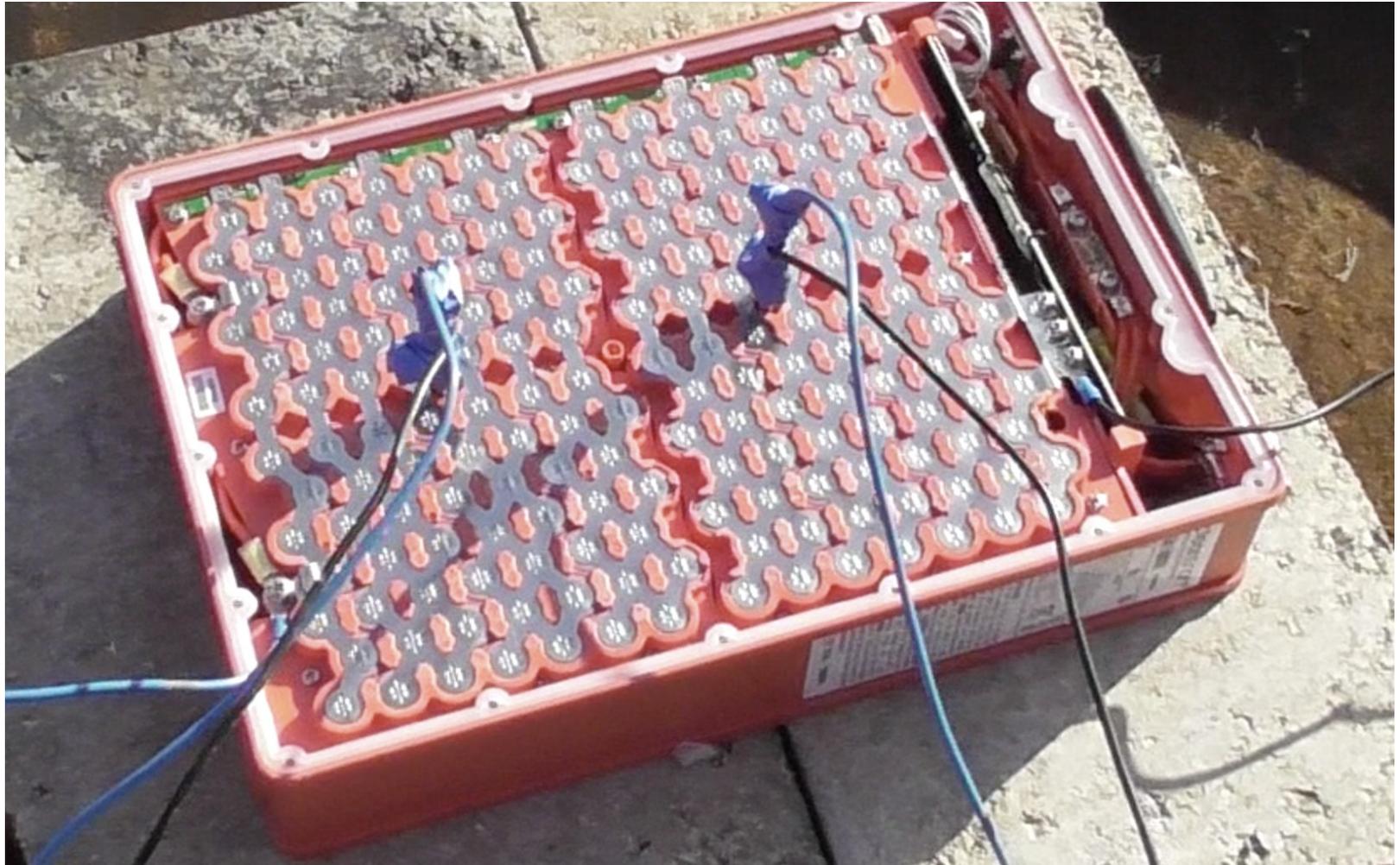
- Externer Kurzschluss
- Deformation
- Hitze/Feuer
- Penetration, z.B. Nagel
- Interner Kurzschluss

Thermisches Durchgehen einer Batterie Zelle

Kettenreaktion

- Brand
- Rauch

Thermisches Durchgehen / Kettenreaktion



Äusserlich thermisch provoziertes Durchgehen eines Lithium-Ionen-Akkus 2 kWh



(entspricht ca.
3-eBike Akkus
gleichzeitig)







Elektromobilität kommt schneller als erwartet

- **Nutzt die Energie am effizientesten**
- **Hat den tiefsten CO2 Ausstoss inkl. Produktion**
- **Effizienter als Brennstoffzellenfahrzeuge**
- **Strom ist überall verfügbar**
- **Stromengpass ist zu beheben, was einfacher ist als viel Wasserstoff mit Strom oder gar Erdgas zu erzeugen.**