

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Elektromobilität

Der Batteriespeicher (Stand Dezember 2023)

Sascha Koch

18. Dezember 2023

IES – Institut für Energiesysteme



FV-IES

Förderverein
Institut für
Energiesysteme

Inhalt

1. Rohstoffe der Batterie
2. Lebenszyklus & Recycling
3. Ladetechnologien
4. Laden allgemein
5. Zusammenfassung



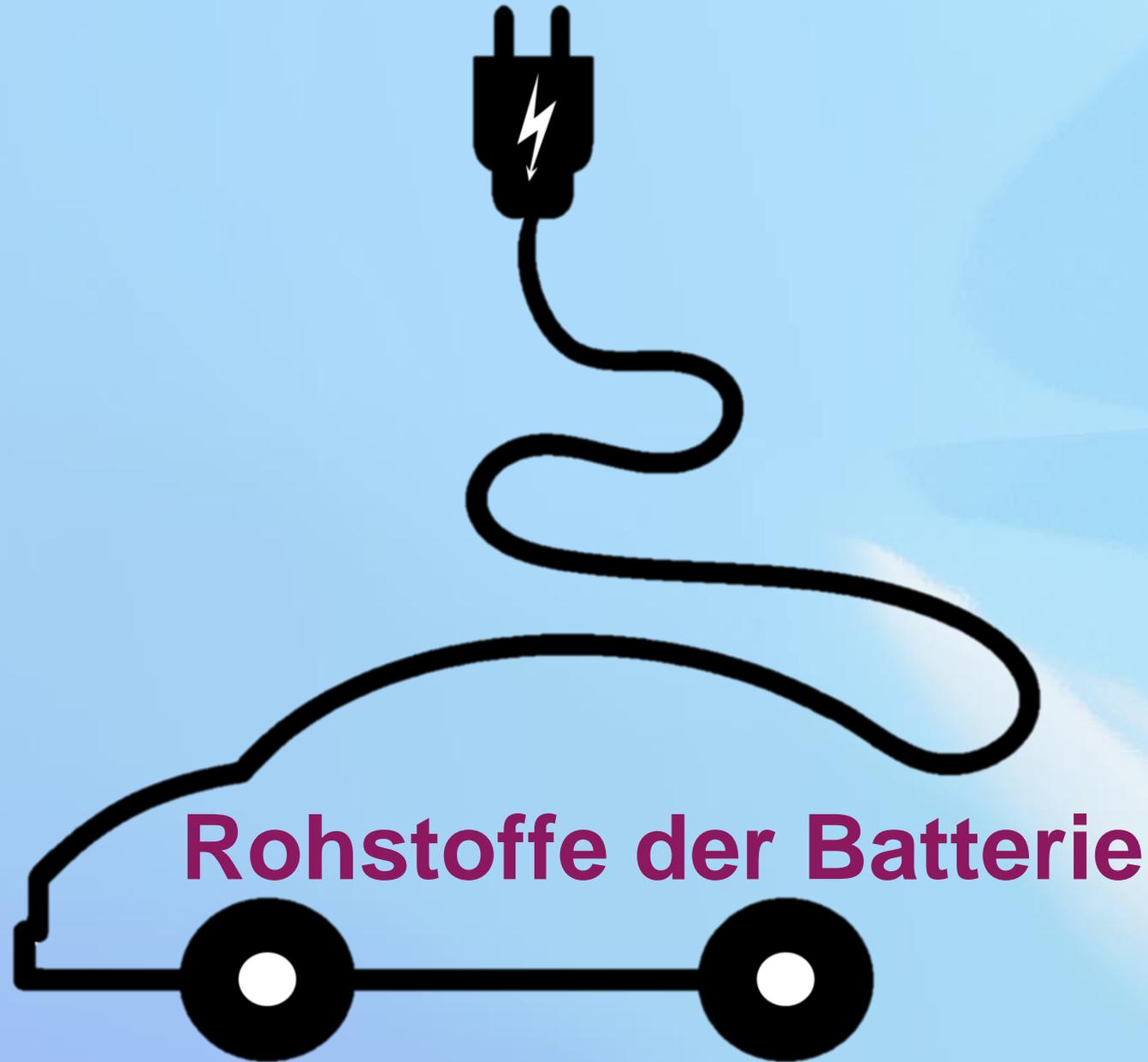


FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



Die Traktionsbatterie

Aufbau einer Lithiumbatterie

Entspricht ungefähr einer Kapazität von 60-65 kWh (je nach Aufbau unterschiedlich)
→ ca. 1/6 kWh pro kg

Materialien in einer Lithium-Ionen-Batterie mit 400 kg

1	126 kg	Aluminium	7	21 kg	Kunststoff
2	71 kg	Graphit	8	12 kg	Mangan
3	41 kg	Rest	9	9 kg	Kobalt
4	41 kg	Nickel	10	9 kg	Elektronik
5	37 kg	Elektrolyt	11	8 kg	Lithium
6	22 kg	Kupfer	12	3 kg	Stahl

Quelle: Volkswagen, 2021



Die **Batterie** und somit auch das **Herzstück** des Elektroautos besteht aus sehr vielen verschiedenen Metallen. Obwohl von einer **Lithiumbatterie** gesprochen wird enthält die Batterie nur rund **2% dieses Metalls**. Es werden aber viele weitere Rohstoffe für die Produktion benötigt.

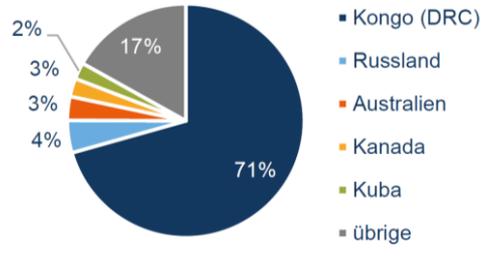
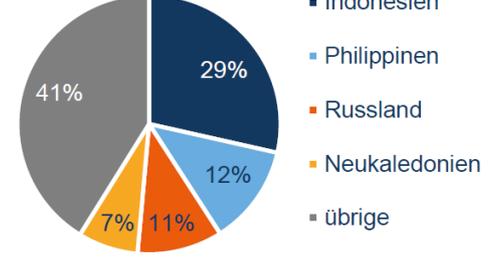
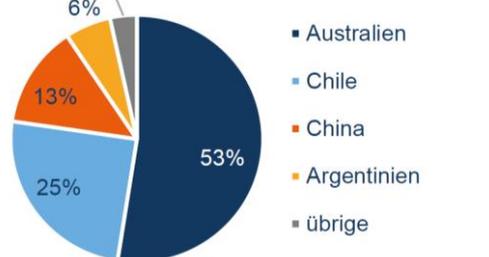
Rohstoffe wie **Kobalt, Lithium, Nickel, Kupfer, Graphit und Mangan** gelten mit Blick auf eine zukünftige Elektrifizierung der Mobilität global betrachtet zwar als **ausreichend vorhanden**, doch deren Abbau findet nicht immer in akzeptablen Verhältnissen statt.

Für Lithium, Kupfer, Kobalt, und Nickel werden ausgereifte **Recyclingverfahren** im industriellen Massstab künftig relevanter.

Es wird häufig davon gesprochen, dass für die Produktion der Batterien **seltene Erden** verwendet werden müssen. Dies ist aber **nicht korrekt**, denn in einer Batterie werden keine seltenen Erden verwendet. Diese werden aber **in Elektromotoren** verwendet (beispielsweise in Synchronmotoren mit Permanentmagneten).

Rohstoffe der Batterie

Von wo kommen die Rohstoffe ?

Kobalt (2.25%)	Nickel (10.25%)	Lithium (2%)
 <ul style="list-style-type: none"> 71% Kongo (DRC) 17% Russland 4% Australien 3% Kanada 3% Kuba 2% übrige 	 <ul style="list-style-type: none"> 41% Indonesien 29% Philippinen 12% Russland 7% Neukaledonien 11% übrige 	 <ul style="list-style-type: none"> 53% Australien 25% Chile 13% China 6% Argentinien 3% übrige
<h3>Negative ökologische und soziale Auswirkungen:</h3>		
<ul style="list-style-type: none"> - Mangelnde Rekultivierung der Abbaugelände - Frischwasserverbrauch und Kontamination von Gewässern - Staub- und Schwefeloxidemissionen - Ein kleiner Teil des handwerklichen Abbaus ist mit dem Risiko von Kinderarbeit verbunden <p>→ Kobaltfreie Batterien nächste Folie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grosser Flächenverbrauch - Grosser Grundwasserverbrauch und Kontamination durch Salzwasserintrusion - Kontamination von Gewässern mit Schwermetallen - Emissionen von schwermetallhaltigen Stäuben und Schwefeldioxid 	<ul style="list-style-type: none"> - Absenkung des Grundwasserspiegels und lokale Knappheit bei der Gewinnung aus Sole (Salz-Wasserlösung) - Kontamination des Bodens und des Trinkwassers - Zweidrittel des Lithiums wird jedoch in Australien aus Festgestein gewonnen mit geringen ökologischen und sozialen Auswirkungen

Das Problem von Kobalt und Nickel wurde erkannt und es laufen Entwicklungen von Batterien, welche diese Rohstoffe nicht mehr verwenden.

Kobalt- und nickelfreie Batterien

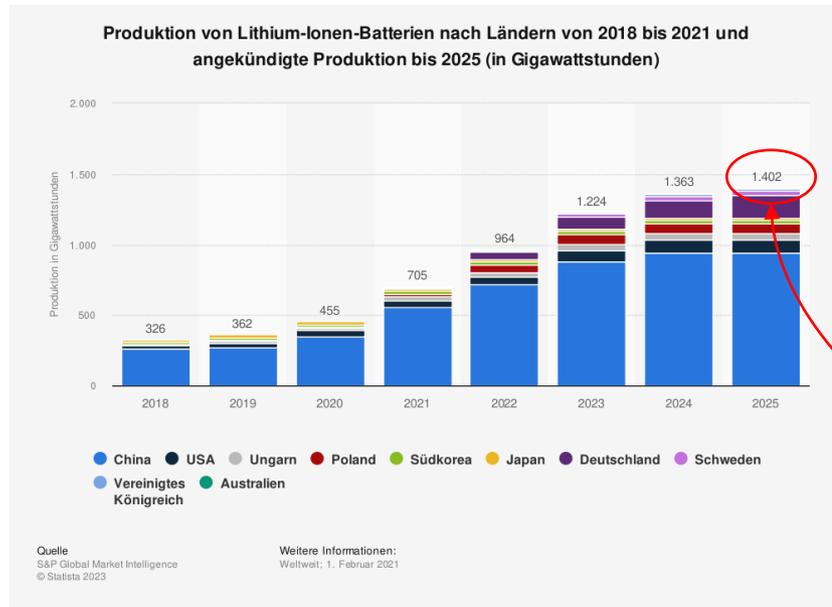
Vor allem die grossen **sozialen Auswirkungen** durch den Abbau von Kobalt treibt die Forschung zu **kobaltfreien** Batterien an. Für das **Tesla Modell Y** wurden solche Batterien verwendet. Diese Batterien werden **Lithium-Eisen-Phosphat**, kurz LFP, genannt. Mit dem Blick in die Zukunft sollten weitere Fahrzeuge mit dieser Technologie ausgerüstet werden. Der Grund, weshalb nicht sofort alle Hersteller auf diese chemische Zusammensetzung wechseln, ist weil **einige Nachteile** im Vergleich zu den kobalthaltigen Modellen bestehen. In der folgenden Tabelle werden die kobalt- und nickelhaltigen Batterietechnologien mit der LFP-Technologie verglichen.



Lithium-Eisen-Phosphat (LFP)		Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA) Nickel-Magnesium-Kobalt-Oxid (NMC)	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Günstiger in Beschaffung und Herstellung	Geringere Energiedichte	Höhere Energiedichte	Schnellere Degeneration bei Hitze oder hohen Spannungen
Basiert nicht auf Konfliktmaterialien (Kobalt)	Kleinere Reichweite mit der gleichen Batteriegrösse	Mehr Leistung und Reichweite	Basiert auf Konfliktmaterialien
Widerstandsfähiger gegen Hitze und hohe Spannungen	Langsameres Laden bei Kälte	Schnelleres Laden möglich	Teurer in der Herstellung
Langsamere Degeneration			

Rohstoffe der Batterie

Wo werden die Batterien produziert?

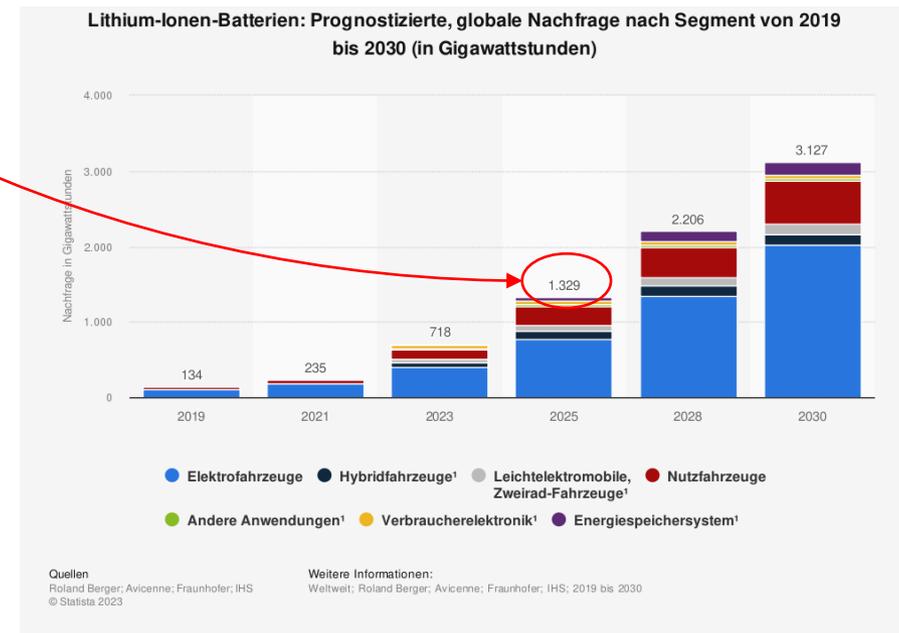


China ist der **grosse «Player»** in der Batterieproduktion. In den nächsten Jahren wird aber auch **Europa** in der **Produktion von Lithiumbatterien** mitmischen. Anhand der Statistik wird Deutschland seine Produktion erweitern und zusammen mit Schweden, dem Vereinigten Königreich, Polen und Ungarn Batterien in Europa produzieren.



Mit steigender Anzahl elektrischer Fahrzeuge wird folglich auch die **Nachfrage nach Batterien massiv ansteigen**. In der unteren Grafik ist ersichtlich, dass sich die **Nachfrage** von 2021 bis 2028 **verzehnfacht!**

Ob, und wie diese Nachfrage gedeckt werden kann, wird die Zukunft zeigen. Anhand der geschätzten Jahresproduktion von Batterien sollte sich der Bedarf im 2025 gerade decken lassen.



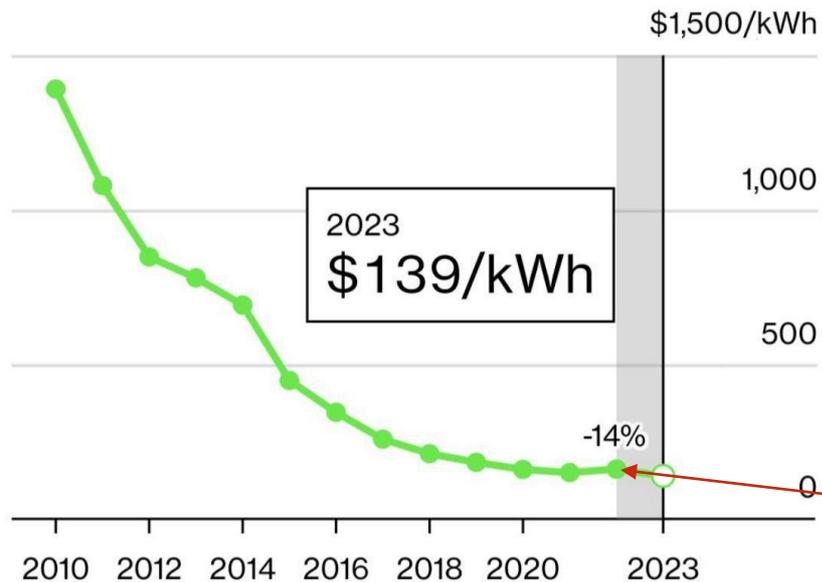
Kosten der Batterie



Battery Prices Are Falling Again

Lithium-ion battery pack prices

Volume-weighted average in real 2023 dollars



Source: BloombergNEF 2023 Lithium-ion Battery Price Survey

Note: Values are averages across passenger EVs, commercial vehicles, buses, two- and three-wheelers and stationary storage. Includes cell and pack.

Die Statistik zeigt, dass die **Preise pro kWh** in den letzten 13 Jahren nahezu **stetig gesunken** sind. Die **Prognose** von Batteriepreisen in der Zukunft ist extrem **schwierig**, denn die Preise schwanken teilweise stark. Gründe dafür sind vor allem **unvorhergesehene Lieferengpässe** bei den Rohstoffen. Anhand der Entwicklung ist aber ersichtlich, dass die Preise immer noch sinken. Einerseits werden die **Abbau- und Produktionsprozesse** immer weiter **verbessert** und andererseits **steigt die Nachfrage** (wie auf der vorherigen Folie gezeigt) stark an.

Bei solchen Preisanzeigen pro Kilowattstunde muss berücksichtigt werden, was alles im Preis inbegriffen wurde. In dieser Statistik wird im Preis **die Zelle und das Pack** betrachtet.



Diese Abbildung zeigt die Entwicklung des Kobaltpreises in den letzten **10 Jahren**. Der Peak im Jahr 2022 zeigt sich auch im Preis pro Kilowattstunde ab.

Y-Achse: US-Dollar pro Tonne



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



Lebenszyklus & Recycling



Lebenszyklus & Recycling der Batterie (1)

Für **prognostizierte 2963 GWh** (Quelle: Statista) für die Elektromobilität produzierte Batteriespeicher im Jahr 2030 werden im **enorme Rohstoffmassen** benötigt. Wird mit einer durchschnittlichen **Energiedichte von 200 Wh/kg*** gerechnet ergibt das alleine im **Jahr 2030** eine Produktion von:

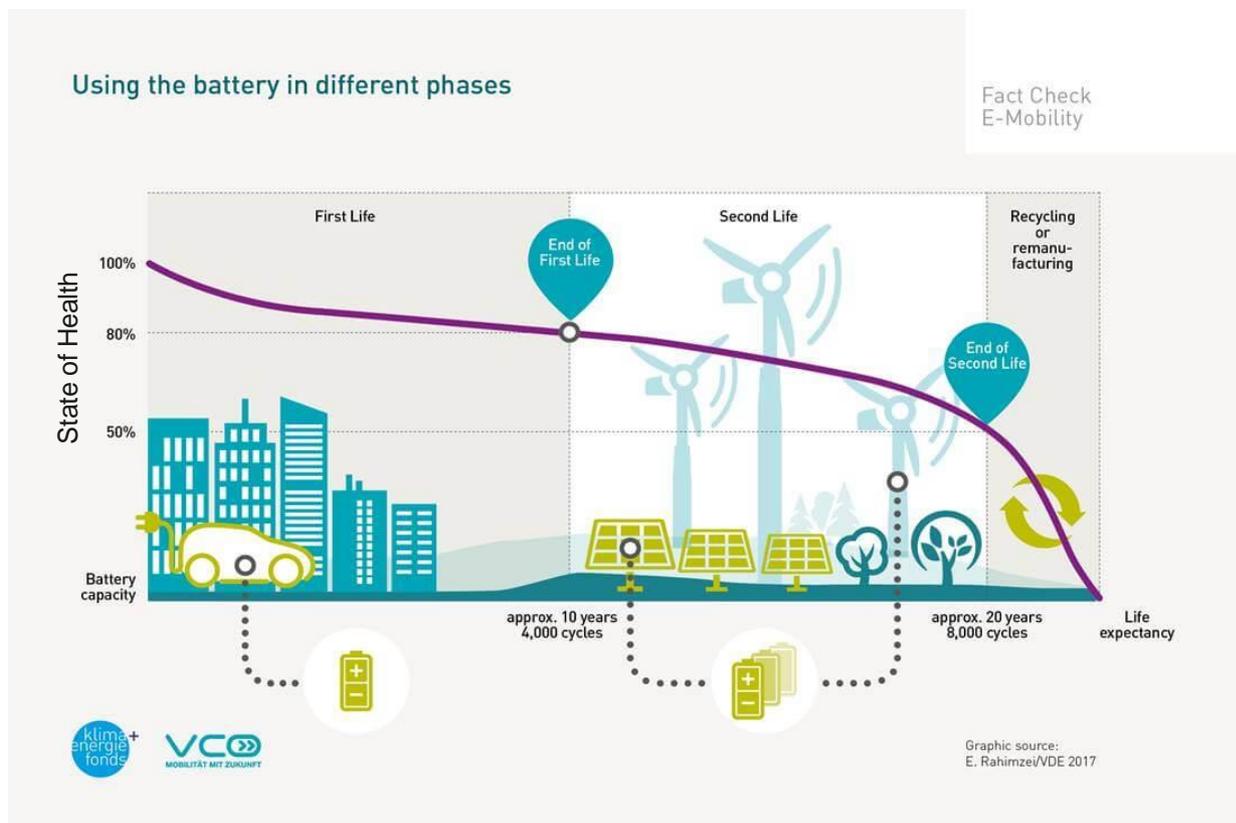
$$\frac{2963 \cdot 10^9 \text{ Wh}}{200 \text{ Wh/kg}} = 14'815'000'000 \text{ kg} = \mathbf{14'815'000 \text{ Tonnen "Batteriemasse"}}$$

Können wir alte Lithium-Ionen-Batterien recyceln und damit die Nachhaltigkeit erhöhen?



*Es kann aber damit gerechnet werden, dass die Energiedichte bis 2030 noch weiter steigen wird und somit der Bedarf an Rohmaterialien verringert wird.

Lebenszyklus & Recycling der Batterie (2)



Für Batterien werden **mehrere Lebenszyklen** geplant. Dabei stellt der **erste Zyklus** die Nutzung **im Fahrzeug** dar, weil dort die gespeicherte Energie pro Kilogramm die wichtigste Rolle spielt. Anhand des aktuellen Wissens kann mit einer Batterie rund **10 Jahre gefahren** werden, bis das **«End of First Life»** erreicht wird.

Das **zweite Leben** der Batterie ist als **Energiespeicher** für Erzeuger von erneuerbaren Energien wie Wind- und Sonnenenergie. Dort spielt das **Gewicht und die Grösse** der Batterie eine **kleinere Rolle**, weshalb problemlos Batterien mit nur noch 80 % maximaler Kapazität eingesetzt werden können.

Anschliessend nach **weiteren 10 Jahren** hat die Batterie aber das **Lebensende** erreicht. An diesem Punkt müsste die Batterie recycelt werden. Glücklicherweise können **Lithium-Ionen-Batterien** bis zu einem **theoretischen Wert von 90%** recycelt werden!

Lebenszyklus & Recycling der Batterie (3)

Ausblick

Die Recyclingkosten werden mit zunehmender Menge aufgrund von Skaleneffekten abnehmen. Die Entwicklung von Recyclingtechnologien wird es ermöglichen, einen zunehmenden Anteil an Batteriematerial in höherer Qualität zurückzugewinnen und damit die Erlöse aus dem Recycling zu steigern.

Vorgesehen Recyclingrate mit der neuen EU-Verordnung

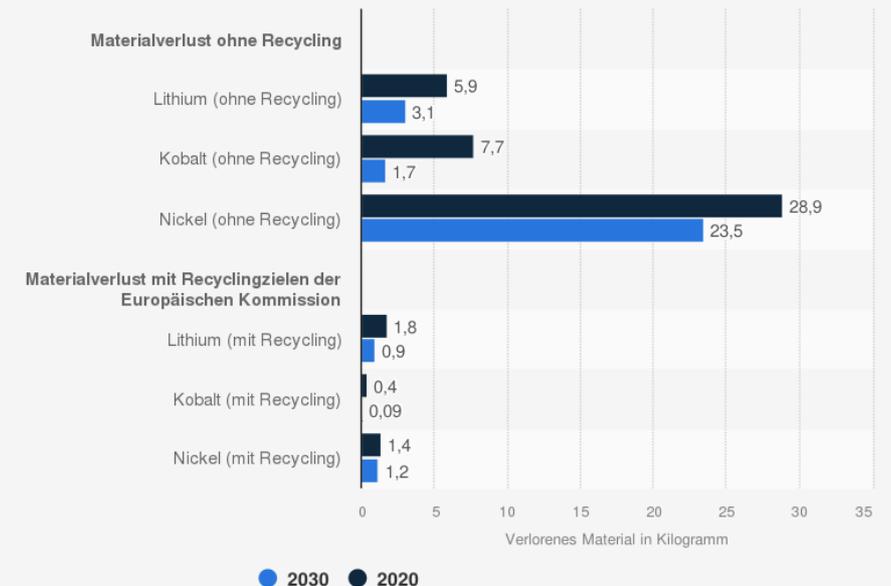
- Zielvorgaben für Lithium-Ionen-Batterien: **65%** bis 2025, **70%** bis 2030
- Verwertungsquoten von **90%** für Kobalt, Kupfer und Nickel sowie **50%** für Lithium bis Ende 2027
- Verwertungsquoten von **95%** für Kobalt, Kupfer und Nickel und **80%** für Lithium bis Ende 2030

Ein Recycling von Graphit aus Lithium-Ionen-Batterien findet derzeit aus wirtschaftlichen Gründen nicht statt, wird aber bereits erforscht. Bis 2025 wird mit einer Recyclingrate von Mangan von ca. 30% gerechnet (70% bis 2030).

Mit dem Recycling von Batterien kann eine **massive Verschwendung** von Rohmaterialien **verhindert** werden. Zudem wird auch die **Abhängigkeit der Schweiz** von den Ländern mit Rohstoffvorkommen **verringert**.

In der Schweiz ist das **Recycling** derzeit **nicht profitabel**. Hohe Anforderungen im Bereich Sicherheit, Überwachung und Umwelt- und Gesundheitsvorschriften führen zu hohen Kosten. Diese übersteigen die Erträge und fallen meist höher aus, als die Kosten für die Primärrohstoffe.

Materialverlust von Metallen für Li-Ion-Batterien mit und ohne Recycling im Jahr 2020 und Prognose für das Jahr 2030 (in Kilogramm)

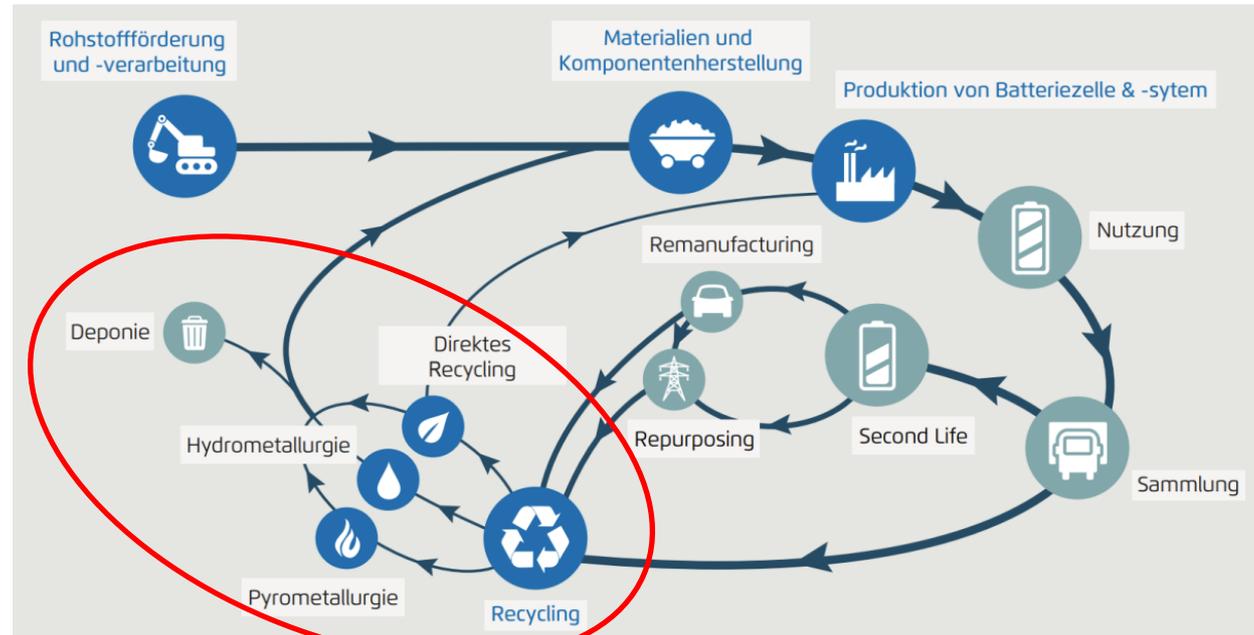


Quelle
Transport & Environment
© Statista 2023

Weitere Informationen:
EU: 2020 und Prognose für 2030

Die Angaben beziehen sich auf eine durchschnittliche Li-Ion-Batterie mit 60 kWh (entspricht ungefähr einem Totalgewicht von 380 kg)

Lebenszyklus & Recycling der Batterie (4)



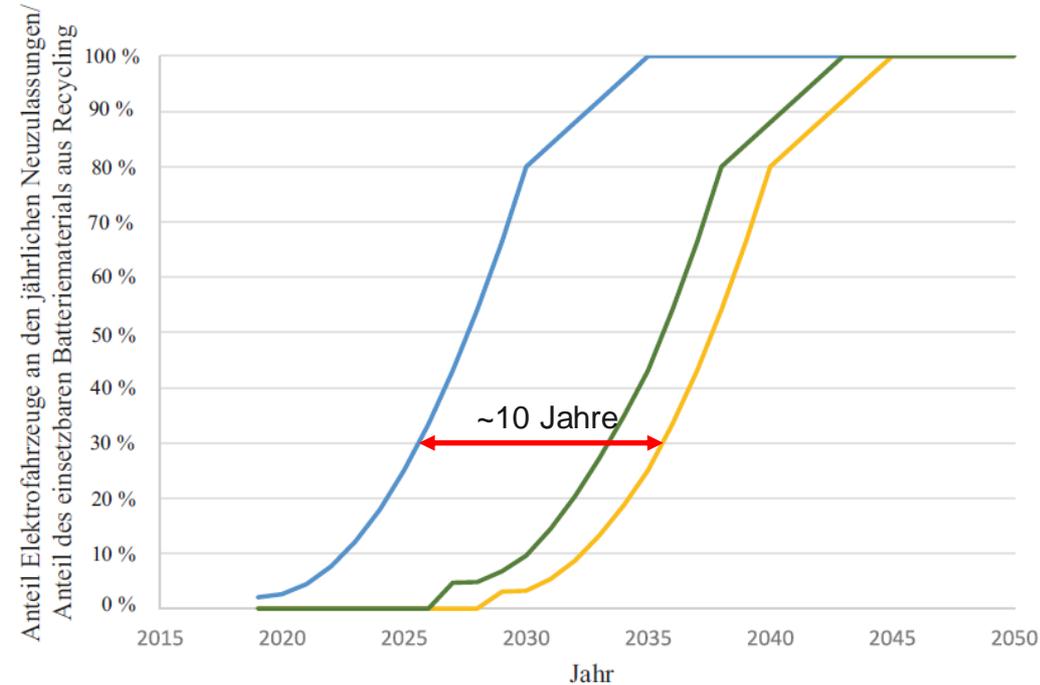
Bezogen auf die Schweiz gibt es einen **kritischen Punkt** bezüglich des **Recyclings** der Batterien. Dieser betrifft den **Export** von gebrauchten Fahrzeugen. In der Schweiz werden rund **80%** der Fahrzeuge am Ende ihrer Nutzungsphase **im Ausland** rezykliert oder weiterbenutzt. Zurzeit betrifft dies nur sehr wenige batteriebetriebene Fahrzeuge, dies wird aber in Zukunft auch weiter zunehmen.

Mit jedem aus der Schweiz exportierten Elektrofahrzeug wird auch eine Traktionsbatterie exportiert. Daher wird ihre **Entsorgung** nicht mehr durch **schweizerische Institutionen kontrolliert** bzw. überwacht, sondern erfolgt gemäss den geltenden Gesetzen und Praktiken des jeweiligen Landes. Somit kann **nicht garantiert** werden, dass diese Traktionsbatterien am Ende ihrer Lebensdauer **rezykliert** werden.



Recycelte Batterien

Wann Materialien aus dem Recycling zur Verfügung stehen



- Anteil Elektrofahrzeuge an den jährlichen Neuzulassungen
- max. Anteil von Recyclingmaterial für die Batterieproduktion bei 10 Jahren Lebensdauer
- max. Anteil von Recyclingmaterial für die Batterieproduktion bei 8 Jahren Lebensdauer

Wenn die Batterien eine **Lebensdauer von 10 Jahren** haben, kann frühestens im Jahr 2028 mit ersten recycelten Batterien gerechnet werden. Dabei wird aber kein «Second Life» berücksichtigt, was heisst, dass sich die recycelten Batterien noch weiter verzögern könnten, bis sie auf dem Markt auftauchen.

Sobald der **Recyclingmarkt** aber startet, muss mit einer **grossen Masse** an Batterien gerechnet werden, denn diese wird proportional zu der Zunahme von genutzten Elektroautos steigen, einfach 10 – 20 Jahre später.



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



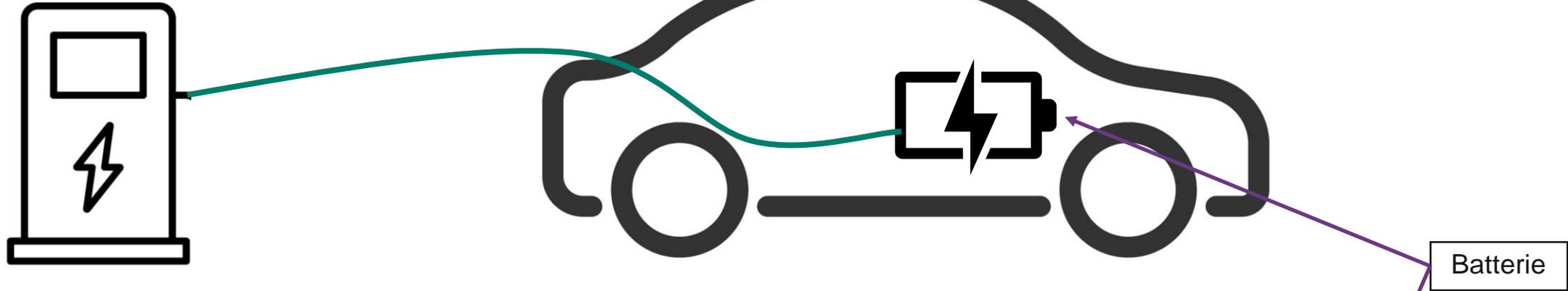
Ladetechnologien



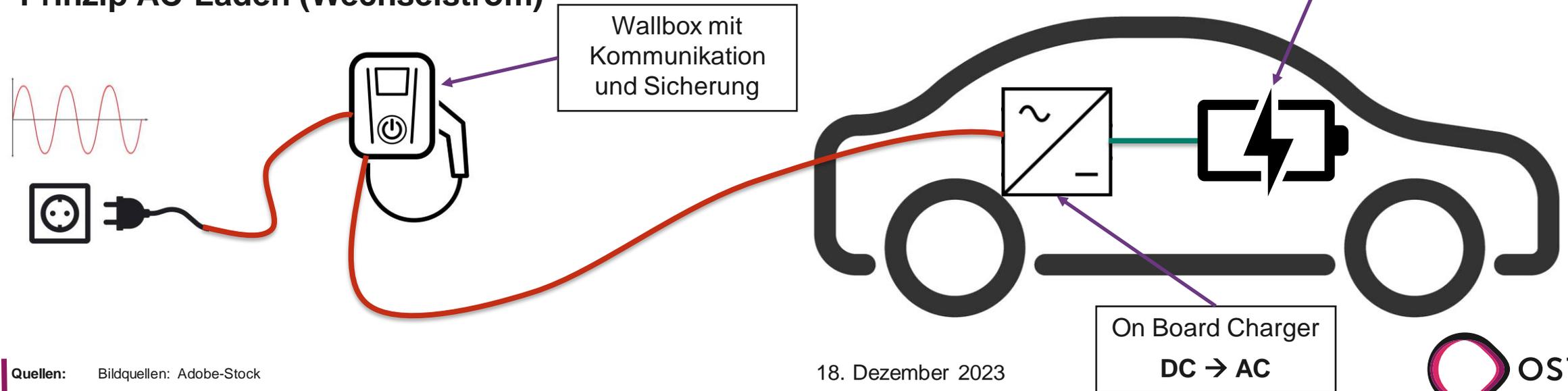
Unterschied AC-Laden und DC-Laden

— DC (Gleichstrom)
— AC (Wechselstrom)

Prinzip DC-Laden (Gleichstrom)



Prinzip AC-Laden (Wechselstrom)

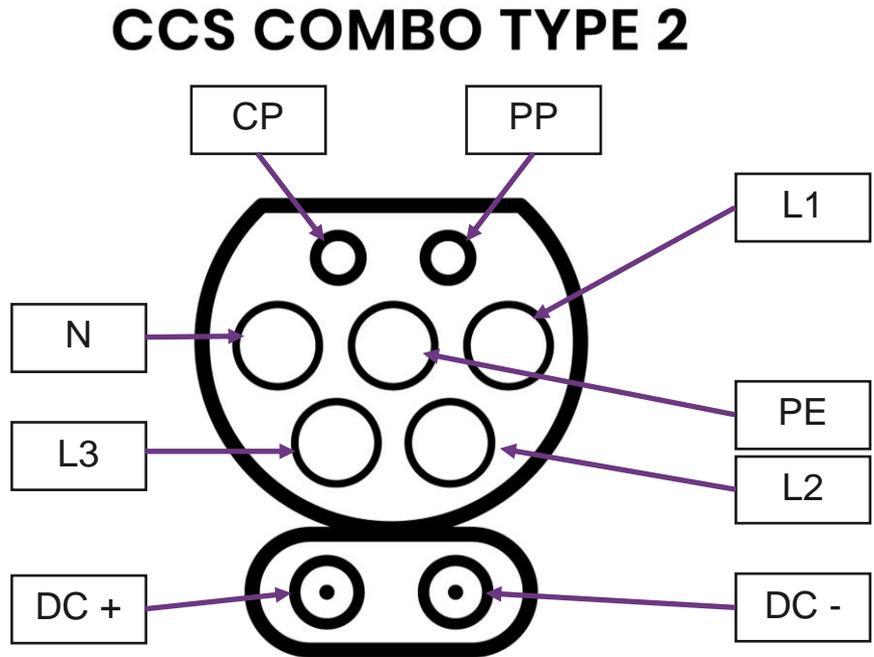


Unterschiedliche Lademodi

	AC-Laden im Modus 1	AC-Laden im Modus 2	AC-Laden im Modus 3	DC-Laden im Modus 4
				
Kommunikation	Keine Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und dem Ladepunkt.	Das Kabel beinhaltet die Kontroll- und Schutzschaltung. Es besteht eine Kommunikation.	Die Wallbox/Ladesäule kommuniziert mit dem Fahrzeug.	Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule benötigt.
Ladestrom (max)	16 A (1-Phasig)	32 A (1-Phasig)	32 A (3-Phasig)	Bis 500 A
Ladeleistung	3.7 kW	7.4 kW	22 kW	Bis 350 kW
Kommentar	Aufgrund der fehlenden Kommunikation wird dieser Lademodus nicht empfohlen.	Nur grundlegende sicherheitsrelevante Kommunikation.	Wallbox macht keine Strom- oder Spannungswandlung.	Die Kommunikation beinhaltet zusätzlich auch die Temperaturüberwachung.

CCS – Combined Charging System (1)

Das CCS kombiniert das DC und AC-Laden in einem Stecker. Auf der folgenden Abbildung sind die unterschiedlichen Pins dargestellt.



Low-Level-Kommunikation (aktuell AC-Laden):

PP-Kontakt: Erkennung Ladekabel, über einen Widerstand zwischen PP und dem Schutzleiter PE wird der Querschnitt des Kabels erkannt.

CP-Kontakt: Ladestation teilt über diesen Kontakt mit, welcher **maximale Strom** geliefert werden kann. Dafür wird ein Rechtecksignal mit 1 kHz Frequenz verwendet. Das Signal pendelt zwischen 12 und -12 V. Die Pulsweite (Duty-Cycle) gibt dabei die **Stromstärke** an.

High-Level-Kommunikation (für hohe Ladeleistungen, DC und AC-Laden):

Die Kommunikation wird nach der **Norm ISO 15118** geführt. Dies ist eine internationale Norm, die entwickelt wurde, um die Kommunikation zwischen Elektroautos und Ladestationen zu standardisieren. Vor allem in Kombination mit Vehicle-to-Grid und erneuerbaren Energien wird das Protokoll in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Die Low-Level-Kommunikation läuft aber immer parallel. Kommunikation wird auch über den CP-Kontakt geführt. Die Funktion des PP-Kontakts bleibt gleich.

CCS – Combined Charging System (2)

High-Level-Kommunikation:

Identifikation des Elektrofahrzeugs

Die Ladestation kann das Elektrofahrzeug anhand seiner Fahrzeugidentifikationsnummer (VIN) identifizieren.

Ladevorgangparameter

Die Ladestation kann Informationen wie die maximale Ladeleistung, die Ladedauer und den Ladezustand des Elektrofahrzeugs abrufen.

Abrechnungsdaten

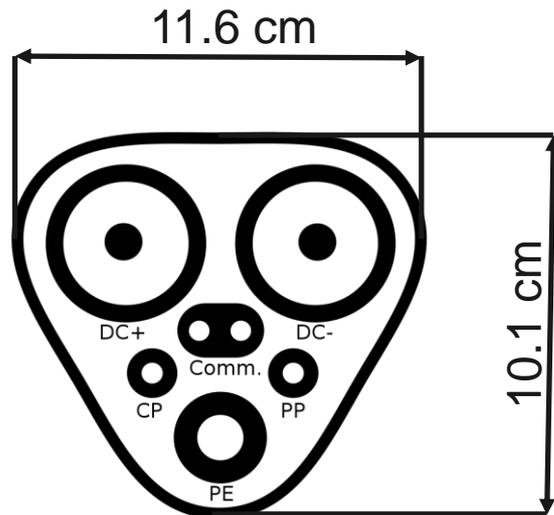
Die Ladestation kann Informationen über den Ladevorgang sammeln, um den Benutzer später abzurechnen

Authentifizierungsdaten

Die Ladestation kann die Identität des Elektrofahrzeugs überprüfen und sicherstellen, dass es berechtigt ist, an der Ladestation zu laden.

MCS – Megawatt Charging System

Für die vollständige Elektrifizierung des Lastenverkehrs auf der Strasse braucht es **hohe Reichweiten** und die Möglichkeit sehr **schnell zu laden**. Dazu werden zurzeit Normen für den Stecker ausgearbeitet, damit ein einheitliches Laden mit **Leistungen im Megawattbereich** möglich werden. Auf der linken Abbildung ist der voraussichtliche Entwurf des Steckers zu sehen. Rechts ist ein Vergleich der Spezifikationen vom aktuellen CCS-Laden und dem MCS-Laden zu sehen. Zur Kommunikation wird voraussichtlich eine Erweiterung der auch beim CCS genutzten Norm ISO 15118-20 verwendet.



DC +/-: Gleichstromkontakte

PE: Schutzleiter

Comm: Kommunikationsanschlüsse

CP/PP: Pins für CCS-Laden

	MCS	CCS
Power range	1 – 3.75 MW	22 - 350 kW
Voltage range	500 - 1250 V	50 -1000 V
Maximum current	3000 A	500 A



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



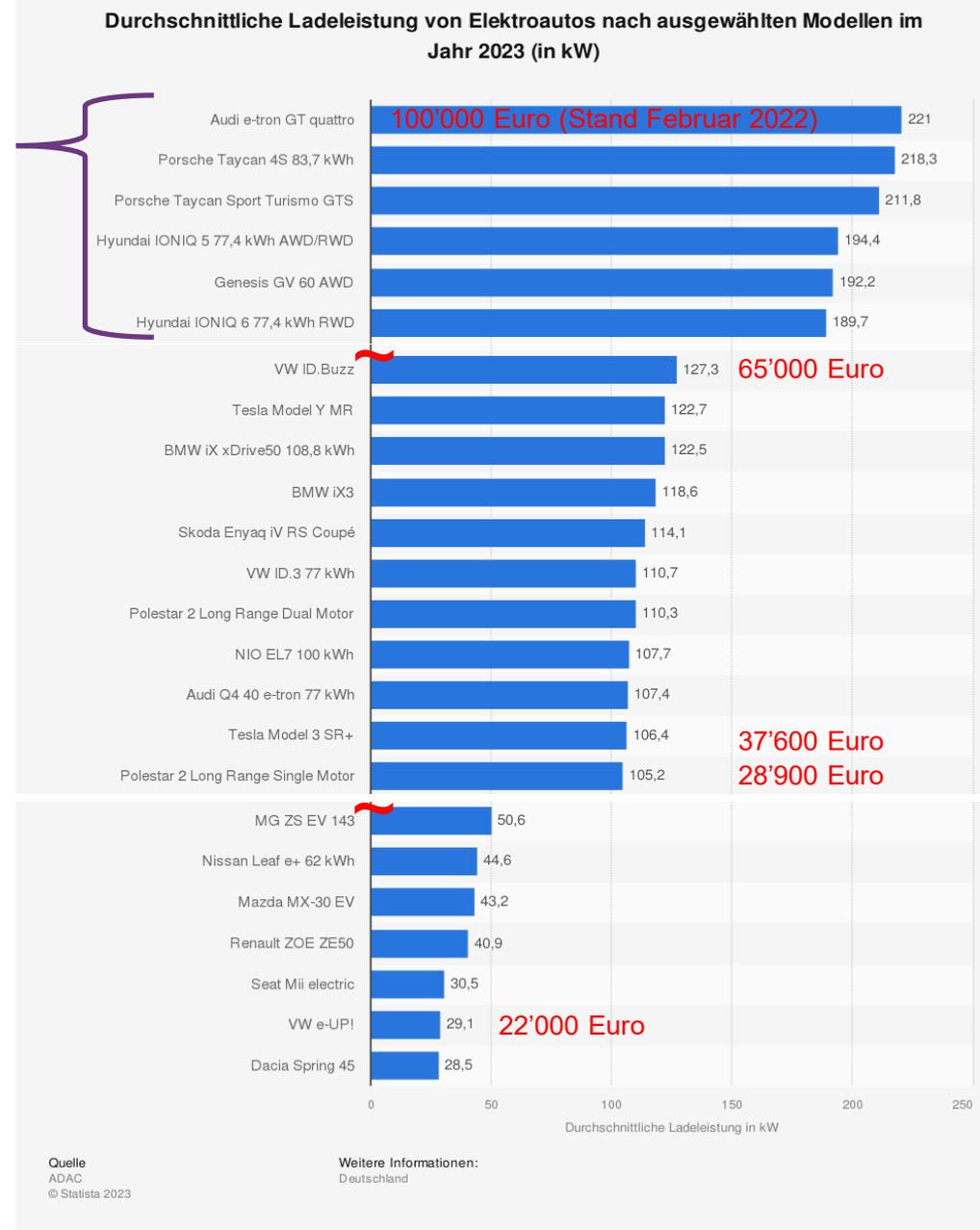
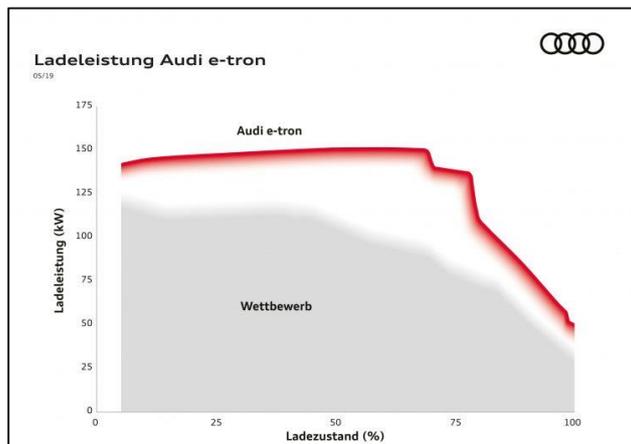
Laden allgemein

Ladeleistung

In der rechten Abbildung sind unterschiedliche Fahrzeugmodelle mit ihrer durchschnittlichen Ladeleistung zu sehen. Es gibt eine riesige Bandbreite an Ladeleistungen, wobei sich diese auch im Preis des Fahrzeugs widerspiegelt.

Die durchschnittliche Ladeleistung ist bei Elektroautos ein wichtiger Vergleichswert zur Ermittlung der Ladegeschwindigkeit. Die Hersteller geben in der Regel nur die maximale Ladeleistung an, welche aber nur über kurze Zeitspannen gehalten werden kann. So wird die Ladeleistung insgesamt unter anderem von der Außentemperatur, wie auch dem "State of Charge" (Füllstand der Batterie) stark beeinflusst. So kann beispielsweise der Audi e-tron GT quattro bis zu einem State of Charge von etwa 45 % mit einer Leistung von bis zu 270 kW laden. Bei einem State of Charge von etwa 75 % liegt die durchschnittliche Ladeleistung hingegen nur noch bei etwa 120 kW. Je nach Modell können die Schwankungen in der Ladeleistung auch noch größer ausfallen.

800 V Bordspannung



Fahrzeug aufladen

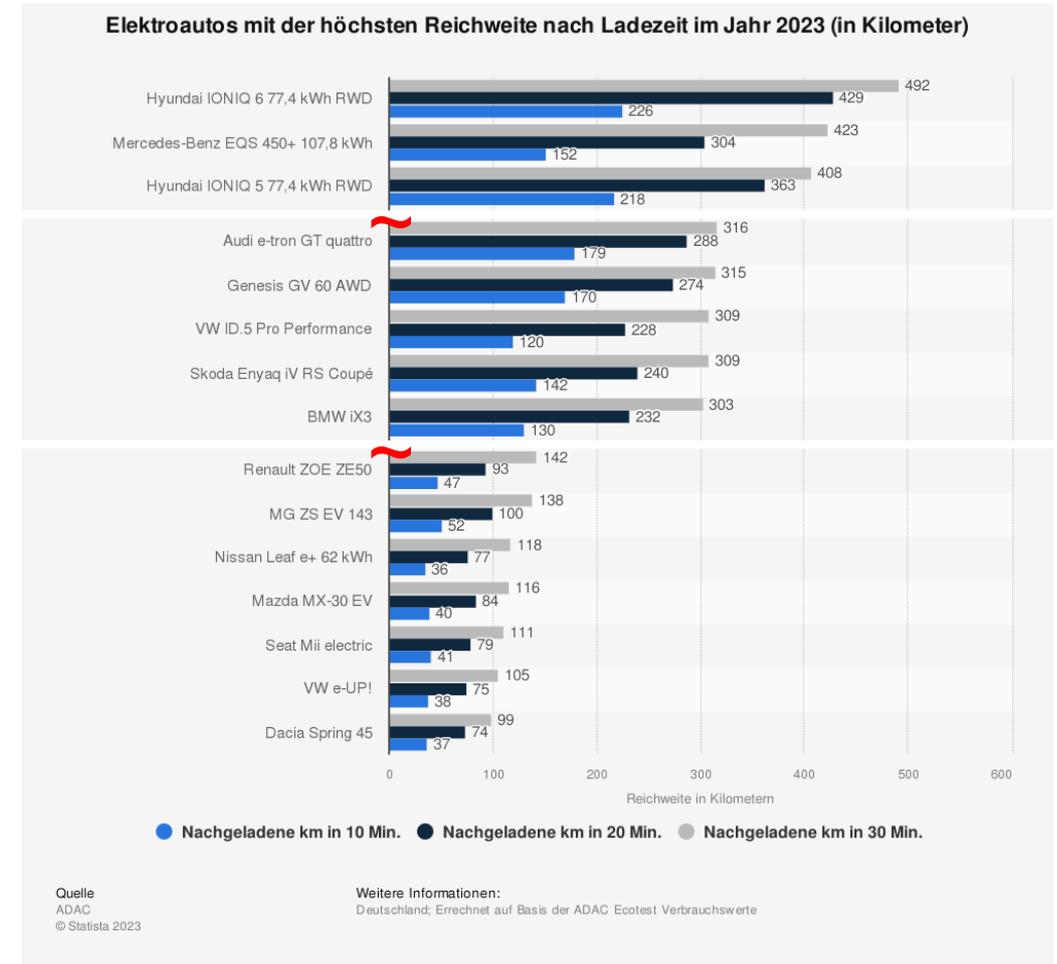
Ladezeit

Wie viele **zusätzliche Reichweite** in welcher **Zeit** geladen werden kann hängt vom **Verbrauch des Fahrzeugs** und der **Ladeleistung** ab. In der rechten Statistik können Vergleiche zwischen den Modellen gemacht werden. Es ist zu erkennen, dass viele Fahrzeuge, welche in der vorherigen Folie hohe Ladeleistungen aufgezeigt haben, auch hier im oberen Bereich zu finden sind.

Es ist zudem zu beachten, dass die **punktuell höchste Ladeleistung** nicht viel darüber aussagt, wie viel das Fahrzeug zum Beispiel in 30 Minuten geladen werden kann. Wichtiger ist, dass eine **hohe Ladeleistung** über einen möglichst **langen Zeitraum** anliegt. Dies ist auch der Grund weshalb viele Autohersteller die **Ladezeit** angeben, welche benötigt wird um das Fahrzeug **zwischen 20 und 80 %** aufzuladen. Den vor allem während der **letzten 20 %** muss die **Ladeleistung** häufig aus thermischen Gründen zum Schutz der Batterie stark **reduziert** werden. Es ist dabei gut möglich, dass das Laden von 20 % auf 80 % ähnlich lange dauert, wie das Laden von 80 auf 100%.

Empfehlung

Die Batterie eines Elektroautos möglichst zwischen 20 und 80 % SOC betreiben, um die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit zu maximieren.

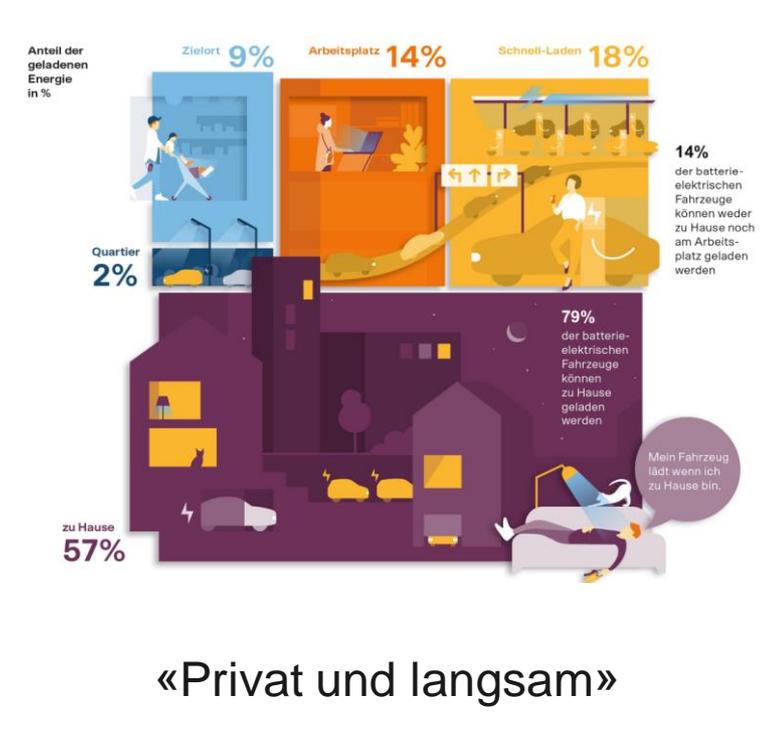


Laden allgemein

Wo wird das Auto geladen?

Zurzeit **laden** die meisten Leute (**64.7%**, Stand 2019, Deutschland) ihr Elektrofahrzeug **zu Hause**. Dort spielt die **maximale Ladeleistung** für das Fahrzeug und die Ladedauer nur eine **nebensächliche Rolle**.

Für die Schweiz wurden **drei** mögliche **Ladeszenarien** für das Jahr 2035 ausgearbeitet. Die unteren Abbildungen zeigen diese Szenarien schematisch. Des **aktuelle** Ladeverhalten entspricht dem Szenario **«Privat und langsam»**.



Zahlen: Anteil der geladenen Energie in %

Schnellladen (eng. Fast Charging)

Folgende drei Faktoren lassen die Batterie **schneller altern**:

- Sehr hohe oder tiefe Zell- bzw. Umgebungstemperaturen
- Ladezustand beim Abstellen des Fahrzeugs
- **Ladeleistung**

Schnellladen sollte, wenn möglich, **vermieden werden**. Mit diesem Ladevorgang **altert die Batterie chemisch schneller**, als wenn zum Beispiel jede Nacht zuhause mit moderater Ladeleistung geladen wird.

Es gibt Statistiken, welche dieses Verhalten belegen. Da es aber bis jetzt nur sehr wenige Batterien aus elektrischen Fahrzeugen mit einem hohen Alter gibt, sind diese nicht sehr aussagekräftig. Aus chemischer Sicht ist die schnellere Alterung ein Fakt. Wie stark dieser Einfluss wirklich ist, wird sich erst zukünftig zeigen.

Die Autohersteller streben aber danach diesen Effekt für den Kunden nicht bemerkbar zu machen. Dies einerseits mit dem Batteriemanagementsystem (BMS), welches die Batterie auf Schnellladevorgänge speziell vorbereitet, oder zum Beispiel mit automatisch zugeschalteten Ersatzzellen.

Zudem wird mit dem heutigen Stand der Technik die Lebensdauer der Batterie höher als die des Fahrzeugs geschätzt.

State of Health

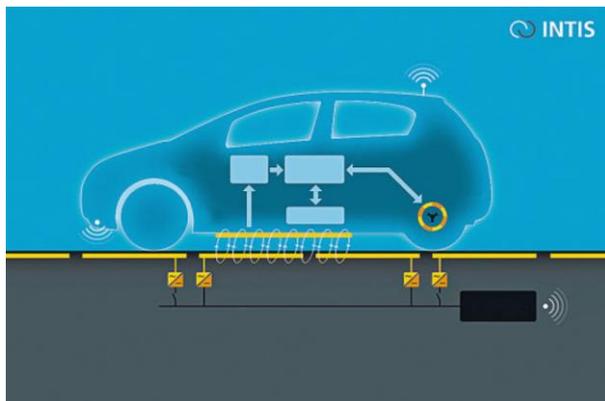
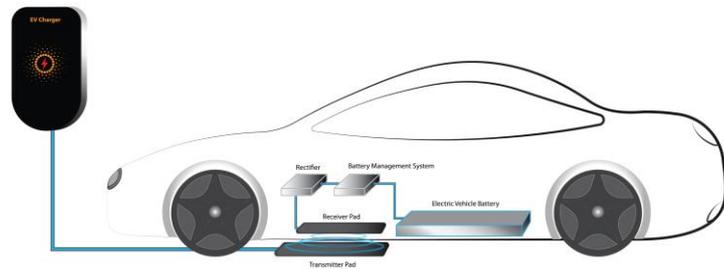
Der Begriff „State of Health“ (SOH) beschreibt als Kennwert einer Batterie diesen Alterungszustand im Vergleich zu dessen Nenn- beziehungsweise Neuwert und wird in Prozent angegeben.

Laden allgemein

Alternativen zum kabelgebundenen Laden

Bis jetzt werden die E-Autos **primär über Stecker** geladen. Es werden aber auch an Alternativen dazu geforscht.

Induktives Laden



Oberleitungen (Autobahn)





FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme

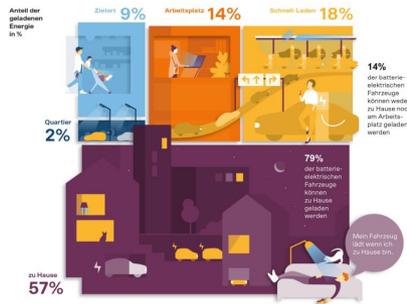


Zusammenfassung

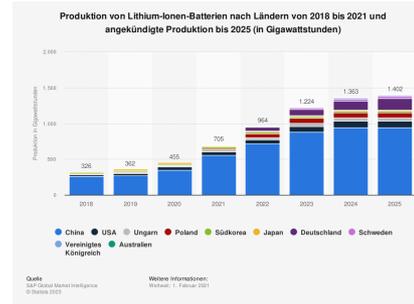


Zusammenfassung

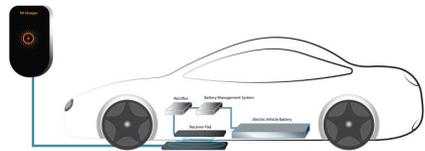
Zusammenfassung



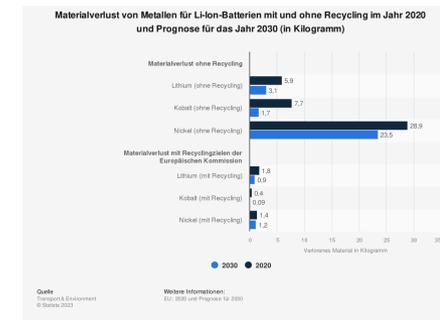
Das E-Auto wird zurzeit vorzugsweise **zu Hause geladen**.



Die Produktion der Batterie zurzeit als **Sorgenkind** der Elektromobilität. Trotzdem ist die **Öl- und Gasindustrie** noch **schlimmer**.



An **Alternativen** zum **konduktiven Laden** wird geforscht.



Recycling der Batterien technisch zum allergrössten Teil möglich. Die wirtschaftliche Umsetzung wurde in der Schweiz aber noch nicht erreicht. Im Ausland wird das Recycling schon wirtschaftlich umgesetzt.



Ladezeiten führen nur für sehr wenige Nutzer zu Problemen.



Das **Schnellladen** des E-Autos sollte nach Möglichkeit **sparsam** genutzt werden. Insbesondere wenn die Batterie kalt ist.