

Teil 4

1. Wem gehört was?

Wem gehören die Windparks? Gehören China Windparks in Schweden? Wer baut in Schweden die Windparks? Gehören China Windparks in Deutschland?

Schweden: In Schweden hat der chinesische Staatskonzern, die China General Nuclear Power Group (CGN)¹ in Windenergie investiert. Aus einer Statistik aus Schweden² ist zu entnehmen, dass CGN (75 %) ist mit GE Capital (25%) am riesigen, weit im Norden liegenden Windpark Markbygden ETT / North Pole beteiligt, mit 2,15 TWh Ertrag, mit 179 Windrädern und 644 MW Leistung (oberhalb von Pitea). Valhalla mit 1,1 TWh und 85 Windrädern ist ebenfalls groß, hier ist CGN mit 80 % beteiligt (unterhalb von Bollnas), sowie in den kleineren Windparks Kraktorpet und Nylandsbergen, je mit 80 % und Hermes mit 20 %.³ Die Infos aus Schweden lassen etwa erkennen, dass Renewable Power Capital viele Windparks in Schweden aufbaut, dies ist eine Firma des staatlichen kanadischen Pensionsfonds, Canada Pension Plan (CPP).⁴ Eurowind Energy ist eine Firma mit Sitz in Dänemark, die Eigener bleiben unklar.⁵

Auch in Deutschland hat China investiert: In Deutschland hat CTG, die China Three Gorges Corporation⁶, eine 80 % Beteiligung am Windpark Meerwind Süd Ost gekauft, vom der U.S. Beteiligungsgesellschaft Blackstone. Die restlichen 20 % hält die WindMW GmbH. Meerwind ging 2014 ans Netz, die Leistung beträgt 288 MW, mit 80 Turbinen von Siemens (SWT-3.6-120).⁷

Wem gehört der Strom?

Im Offshore-Windenergie Bereich wechseln oft die Besitzer, gekauft werden Teile von Windparks und auch halb entwickelte Projekte werden verkauft: Der große Windpark Hornsea vor der englischen Küste wurde von Orsted zu 50 % an Global Infrastructure Partners (GIP)⁸, eine Investmentfirma, verkauft, diese wiederum wurden im 12. Januar 2024 an BlackRock verkauft. Orsted war im Besitz des dänischen Staates, wurde aber 2014 an Goldman Sachs verkauft, dies führte zu einer politischen Krise in Dänemark.⁹ Somit teilen sich nun Goldman Sachs und Blackrock diesen Windpark vor der Küste Englands. RWE hat von Vattenfall drei schon sehr weit entwickelte Windparkprojekte vor der englischen Küste gekauft, die es nun zu Ende baut.¹⁰

Können Stromlieferverträge (Power Purchasing Agreements PPAs) problematisch sein?

Man könnte erst geneigt sein, die Power Purchasing Agreements, also Stromkaufverträge, letztlich als gut anzusehen, weil dadurch auch die Finanzierung von großen Windparks sichergestellt werden kann und es gelingt, mehr und mehr erneuerbaren Strom zu produzieren. Ein erster Beleg, dass es Problem

¹ Siehe CGN: https://de.wikipedia.org/wiki/China_General_Nuclear_Power_Group - Zugriffen: 07.12.2023.

² Quelle: <https://swedishwindenergy.com/statistics> - Zugriffen: 16.10.2023.

³ Quelle: <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2020/12/Ny-vindkraft-2017-2023-2020-12-02.pdf> - Zugriffen: 16.10.2023.

⁴ Siehe: <https://www.renewablepowercapital.com/about/> - Zugriffen: 09.02.2024.

⁵ Siehe: <https://eurowindenergy.com/de> - Zugriffen: 09.02.2024.

⁶ Siehe: https://de.wikipedia.org/wiki/China_Three_Gorges_Corporation - Zugriffen: 18.10.2023.

⁷ Siehe: https://de.wikipedia.org/wiki/Offshore-Windpark_Meerwind - Zugriffen: 17.10.2023.

⁸ Siehe: <https://www.global-infra.com/> - Zugriffen: 09.02.2024.

⁹ Siehe: [https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%98rsted_\(Unternehmen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%98rsted_(Unternehmen)) - Zugriffen: 09.02.2024.

¹⁰ Siehe: <https://www.rwe.com/presse/rwe-offshore-wind-gmbh/2023-12-21-rwe-erwirbt-4-2-gw-offshore-entwicklungsportfolio-von-vattenfall-in-grossbritannien/> - Zugriffen: 09.02.2024.

gibt, ist dokumentiert im Sonderbericht 11 / 2024 des Europäischen Rechnungshofs über den Hochlauf von Wasserstoff, hier beklagen sich Firmen, die Elektrolyseurprojekte aufbauen wollen, dass es schwierig sei, an ausreichend Strom aus erneuerbaren Quellen zu kommen.¹¹ Das ist wirklich keine gute Nachricht. 😊

Elektrolyseure können direkt an neu gebaute Solar- oder Windparks angeschlossen werden, als zusätzliche Bedingung wird aber eingeführt, dass diese Anlagen neu sein sollen, damit nicht alte Anlagen nur noch zur Herstellung von Wasserstoff benutzt werden. Ab dem 01.01.2028 wird das Erfordernis eingeführt, dass die Anlagen höchstens 3 Jahre vorher in Betrieb gegangen sein müssen, aber nicht früher, dies gilt auch bei Strombezugsverträgen.¹²

Damit wird erstmals eine Regulierung durchgeführt, die den Abschluss von Stromnutzungsverträgen betrifft, es wird nämlich für Betreiber von Elektrolyseuren unmöglich gemacht, ab dem 01.01.2028 einen Stromnutzungsvertrag abzuschließen mit einem Erzeuger erneuerbarer Energien, der seine Anlagen mehr als 3 Jahre zuvor fertiggestellt hat. Später, ab 2030, müssen die Anlagen sogar gleichzeitig fertig sein. Und es muss in der selben geographischen Zone situiert sein.¹³ Siehe dazu die beiden delegierten Richtlinien, die aus der Erneuerbare Energien Richtlinie (RED II) 2018/2001¹⁴ abgeleitet werden, die Delegierte Verordnung (EU) 2023/1184 vom 10. Februar 2023 zur Festlegung einer Unionsmethode mit detaillierten Vorschriften für die Erzeugung flüssiger und gasförmiger erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs für den Verkehr¹⁵; und die Delegierte Verordnung (EU) 2023/1185 vom 10. Februar 2023 zur Festlegung von Mindestschwellenwerten und Methoden zur Ermittlung von Treibhauseinsparungen für nicht biogene Kraftstoffe.¹⁶

Eigentlich ist es generell gut, wenn jemand Strom bekommt, wenn die Industrie einen exklusiven Vertrag abschließt, der eine Lieferung von Offshore-Strom verspricht, dann kann diese Industrie sich in Ruhe elektrifizieren und hat Planungssicherheit was die Strompreise angeht. Problematisch könnte es dennoch sein, wenn zu hohe Mengen des Offshore Stroms durch PPAs gebunden sind, da dieser Strom dann nicht mehr an der Strombörse gehandelt wird. Zwar wird er auch nicht mehr durch die Industriebetriebe nachgefragt, er kann aber auch keine preiserniedrigende Wirkung mehr entfalten. An der Strombörse ist dann – möglicherweise – ich bin kein Experte - zu wenig, zu teurer Strom und zu volatiler Strom, sprich: Solar bleibt übrig für die Verbraucher und die Elektroautos. Dies könnten die Verkehrswende verzögern und den Aufbau von Elektrolyseuren. Es könnte also ein Zwischenweg gefunden werden, ggf. mit der einfachen Regeln, dass nur 50 % der Leistung als PPA verkauft werden darf.

Strom in Deutschland ... wie funktioniert das eigentlich, wenn man ein PPA hat, etwa die Münchener Stadtwerke, die ein PPA mit einem Windparks Dan Tysk und Sandbank Phase I, je 49 %. So stelle ich mir das vor. Da nun Deutschland bekanntlich keine Kupferplatte ist, muss der Strom in München irgendwie ankommen – ist bei diesem PPA-Stromliefervertrag auch Redispatch im Spiel, sprich: über Redispatch wird ggf. ein Gaskraftwerk in Bayern angeschaltet bzw. weniger dramatisch

¹¹ S. 40-44, Europäischer Rechnungshof, Sonderbericht 11. Die Industriepolitik der EU im Bereich Wasserstoff. 2024. Siehe: <https://www.eca.europa.eu/de/publications/SR-2024-11> - Zugriffen: 21.07.2024.

¹² S. 40, Europäischer Rechnungshof, Sonderbericht 11. Die Industriepolitik der EU im Bereich Wasserstoff. 2024. Siehe: <https://www.eca.europa.eu/de/publications/SR-2024-11> - Zugriffen: 21.07.2024.

¹³ S. 40, Europäischer Rechnungshof, Sonderbericht 11. Die Industriepolitik der EU im Bereich Wasserstoff. 2024. Siehe: <https://www.eca.europa.eu/de/publications/SR-2024-11> - Zugriffen: 21.07.2024.

¹⁴ Siehe konsolidierte Fassung: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02018L2001-20240716> – Zugriffen: 30.09.2024.

¹⁵ Siehe konsolidierte Fassung: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02023R1184-20240610> – Zugriffen: 30.09.2024.

¹⁶ Siehe: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32023R1185> – Zugriffen: 30.09.2024.

formuliert, läuft weiter, um für die Stadtwerke München den Strom herzustellen und die Windparks erhalten erst einmal die Zahlungen durch den PPA-Stromliefervertrag, dann auch die mit dem EEG ausgemachten Kompensationszahlungen. Wie genau abgerechnet wird, das entzieht sich meiner Kenntnis. Wenn der Windparks abgeregelt ist, was wird da gezahlt? PPA und EEG Einspeisevergütung? Wenn nun die Elektrolyseure im Norden aufgebaut werden, wird dann die Abregelung aufgehoben? Oder bleibt die Abregelung auf dem Papier besteht und darf der Windparks dann lokal Elektrolyseure mit Nulltarif beliefern? ... oder wird den Elektrolyseuren etwas berechnet? Wird dies dann von der Kompensation für die Abregelung abgezogen? Was ist mit den Solarparks, wenn insgesamt zu viel Strom im Netz ist, sprich: der Strom geht im Sommer durch die Decke, bekommen Elektrolyseurbetreiber dann Strom geschenkt? Oder ist er dann nur an der Strombörse besonders billig und sie kaufen dann? Fragen über Fragen 😊

Bei einigen Offshore-Windparks wurden langfristige Stromlieferverträge (Power Purchase Agreements, PPA) abgeschlossen, direkt mit der Industrie oder aber auch Stadtwerken. Diese Stromlieferverträge werden etwa von der RWE Supply & Trading GmbH angeboten bzw. ausgehandelt, auch die Berliner Consultant Firma Enervis berät beim Abschluss dieser Verträge.¹⁷ Der Offshore Windpark Butendiek hat einen 750 GWh PPA mit einem Hersteller von grünem Wasserstoff.¹⁸

In den Offshore Parks Nordsee Ost und Amrumbank West läuft die EEG Förderung 2025 aus. Ab 2025 und 2026 gibt es PPA Verträge mit Badischen Stahlwerken, Bosch, Freudenberg Gruppe, Infraserb Höchst, Mainova, Messer, Schott, Telefónica, Verallia, Vodafone, Wacker sowie ZF. Zuvor hatte die Deutsche Bank hier für zwei Jahren einen Vertrag.¹⁹

BASF hat 2021 einen Anteil am Windpark Hollandse Kust Zuid in den Niederlanden erworben, durch seine Beteiligung am Windpark erhält BASF 49,5 % des Stroms.²⁰ Die Wirtschaftswoche meldet am 5.12.2023, dass BASF an den geplanten Offshore-Windparks Nordlicht 1 und Nordlicht 2 Interesse hat, die Hälfte davon will es von Vattenfall übernehmen. Damit soll u.a. der Produktionsstandort Ludwigshafen mit Strom beliefert werden. Derzeit würde die Hälfte des Stroms von Ludwigshafen davon abgedeckt werden, allerdings vor dem Umbau in eine von Strom erzeugte Hitzenerzeugung. In diesem Artikel wird berichtet, dass BASF 2021 für Hollandse Kust Zuid 1,6 Mrd. Euro bezahlt hat, aber damals noch einen 25 % Anteil an die Allianz verkauft hat, damit reduziert sich die Investition. Für Nordlicht 1 und 2 würden mehr Kosten erwartet, die Fertigstellung wird für 2028 erwartet.²¹

RWE hat jeweils 49 % seiner Anteile an Nordseecluster und Thor an den norwegischen Staatsfonds verkauft, für 1,4 Mrd. Hintergrund ist auch, dass der aktivistische U.S. Finanzinvestor Elliot, der nun 5 % von RWE hält, höhere Aktiendividenden verlangt. Die Investitionspläne bis 2030 wurden um 10 Mrd. gekürzt, auch ein in Planung befindlicher Offshore Windpark in Norfolk, England, soll teils verkauft werden. Der RWE bleibt aber Betreiber dieser Windparks.²² RWE hat 2024 einen Gewinn von 2,3 Mrd. Euro gemacht, seine Investitionen bis 2030 sollen bei 35 Mrd. Euro liegen, im Jahr 2024

¹⁷ Siehe für Beratung bei PPAs: <https://enervis.de/> - Zugegriffen: 26.12.2023.

¹⁸ Siehe: https://de.wikipedia.org/wiki/Offshore-Windpark_Butendiek - Zugegriffen: 09.02.2024.

¹⁹ Siehe: <https://www.rwe.com/presse/rwe-supply-and-trading/2023-01-16-gruenstrom-aus-windparks-nordsee-ost-und-amrumbank-west-geht-ab-2025-an-12-grosskunden/> - Zugegriffen: 09.02.2024.

²⁰ Gekauft wurde der Anteil von Vattenfall, siehe hier: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2021/06/p-21-238> - Zugegriffen: 11.04.2025.

²¹ Siehe: <https://www.wiwo.de/unternehmen/energie/energie-basf-plant-beteiligung-an-grosem-windpark-projekt/29541364.html> - Zugegriffen: 24.03.2024. Dieselben Infos finden sich auch als BASF Pressemitteilung vom 5.12.2023: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2023/12/p-23-375.html> - Zugegriffen: 24.03.2024.

²² RWE verkauft Windparks. FAZ, 01.04.2025.

wurden 10 Mrd. Euro in erneuerbare Energien investiert, RWE produziert 50 TWh aus erneuerbaren Energien.²³

Derzeit werden in Lingen im Emsland werden am Standort von RWE zwei Elektrolyseure aufgebaut, so eine FAZ-Artikel²⁴, einmal mit der Druck-Alkali-Elektrolyse (AEL), die für den Dauerbetrieb ausgerichtet ist und die Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse (PEM), die unempfindlich gegenüber schwankendem Strom ist. Dies sind erst kleinere Anlage mit einer Kapazität von 14 MW und kann bis zu 270 kg Wasserstoff je Stunde erzeugen. Partner sind der Dresdner Hersteller von Elektrolyseuren Sunfire²⁵ und das Gasunternehmen Linde. Nebenan steht ein Gaskraftwerk von RWE. Der mit den Elektrolyseuren erzeugte Wasserstoff soll dem Gas beigemischt werden, um dies auszuprobieren. Ein weiterer Elektrolyseur mit einer Kapazität von 300 Megawatt soll hier bis 2027 entstehen, davon sollen 100 Megawatt schon 2025 in Betrieb gehen. Von Lingen aus soll eine 130 km Leitung nach Gelsenkirchen gelegt werden. Hierbei fördert das EU Projekt GET H2-Nukleus, hier haben sich RWE, BP, Evonik und die Fernleitungsbetreiber Nowega und OGE zusammengeschlossen. Für diesen 300 MW Elektrolyseur gibt es Fördergelder der Bundesregierung und vom Land Niedersachsen von 490 Mill. Euro, RWE investiert dieselbe Summe.²⁶

Gemeldet wird auch: Sunfire liefert für RWE in Lingen im Rahmen des GET H2-Nucleus-Projekts einen 100 MW Elektrolyseur²⁷, damit soll die Raffinerie von TotalEnergies in Leuna mit Wasserstoff versorgt werden, wobei dies die neue Hoffnung von Sunfire ist, weil der Wasserstoffhochlauf sich derzeit verzögert: Raffinerien benötigen Wasserstoff für die Entschwefelung von Erdgas und Rohöl, dafür seien in Deutschland 150.000 Tonnen im Jahr nötig, 60 % der Kunden von Sunfire kommen derzeit aus der Raffineriebranche, danach Stahl, dann Chemie, dann Energieversorger.²⁸

Der Wasserstoff von RWE geht also wenigstens teilweise zu TotalEnergies in Leuna ... auch im Bereich Wasserstoff fragt man sich also, wo er ankommt ... bzw. ob z.B. bei den umgebauten Stahlanlagen ankommen ...

Noch basiert viel Energie auf fossilen Brennstoffen. Wenn nun die EU Emissionszertifikate teurer werden und die Dampfreformierungsanlagen der Raffinerien, mit denen aus Erdgas Wasserstoff hergestellt wird, einfach zu viel CO2 emittieren, scheint es sich für sie schon heute zu lohnen, auf Wasserstoff aus Elektrolyseuren umzusteigen, das ist ein willkommener Auftragsboom für die Hersteller. Aber irgendwann braucht die Stahlindustrie auch ihr Wasserstoff!!!! Aber wie bekommen sie das, wenn TotalEnergies und RWE dies ganzen neuen Offshore-Windkapazitäten gehören, auch die Neubauprojekte bis 2030, siehe die Tabelle unten:

Welche großen Investoren gibt es im Offshore-Windenergie Bereich? Beispiel Orsted: Orsted war zuvor Dong Energy, und aus mehreren kleinere dänischen Firmen konstruiert. 2014 wurde 19 % an Goldman Sachs verkauft und es wurden wichtige Vetorecht an Goldman Sachs eingeräumt, als die Firma eine Schwächephase hatte. Dies verursachte eine Regierungskrise in Dänemark.²⁹ Orsted ist ein sehr großer Entwickler und Eigner von Windenergieparks³⁰, der auf weltweiter Basis arbeitet. In

²³ Nadine Bös. RWE kassiert seine Investitionsziele. FAZ, 21.03.2025.

²⁴ Nadine Bös. Von der Atomkraft zum grünen Wasserstoff. FAZ, 13.08.2024.

²⁵ Siehe die Webseite der Firma Sunfire: <https://www.sunfire.de>

²⁶ Nadine Bös. Von der Atomkraft zum grünen Wasserstoff. FAZ, 13.08.2024.

²⁷ Siehe: <https://sunfire.de/de/produkte/sunfire-hylink-ael/> - Zugriffen: 14.10.2024.

²⁸ Zu diesem gesamten Satz: Der Wasserstoffmacher. FAZ, 05.04.2025.

²⁹ Siehe: [https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%98rsted_\(Unternehmen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%98rsted_(Unternehmen)) – siehe: <https://www.manager-magazin.de/politik/artikel/deal-von-goldman-sachs-und-dong-spaltet-daenemarks-regierung-a-946393.html> - Zugriffen: 01.03.2024.

³⁰ Siehe: <https://orsted.de/>

diesem großen Projekt in Korea in Incheon wird ein großer Windpark gebaut, aber auch die lokale Wirtschaft eingebunden, es ist zu sehen, dass die offizielle dänische Politik dabei einen große Rolle spielt, Orsted gehört also offenkundig noch nicht ganz zu Goldman Sachs.³¹

Nordsee, Informationen aus Wikipedia Liste deutscher Offshore Windparks, Stand: 29.02.2024, die Liste ist nicht aktuell, die Informationen sind nicht aktuell und nur teilweise von mir verifiziert und ergänzt durch die PPA Infos, Infos darüber etwa von den Pressemitteilungen von RWE Supply and Trading, Dortmund, bei diesen Quellen über Wikipedia hinaus sind Fußnoten gesetzt.³²

Windpark	Fertigstellung	Leistung	PPA / sonstige Infos
Alpha Ventus	2010	60,48	RWE Renewables, EWE, Vattenfall
Bard Offshore I	2013	400	EU Förderung 53,1 Mill. Investor Macquarie aus Australien. RWE hat PPA für den gesamten Strom und verkauft ihn an RWE-Kunden.
Riffgat	2014	113,4	Gehört dem Oldenburger regionalen Energieversorger EWE
Amrumbank West	2015	302	Gehört RWE Renewables, ab 2026 läuft EEG Förderung aus. Siehe zu PPAs Nordsee Ost:
Nordsee Ost	2025	295,2	50 Mill. EU Förderung. Gehört RWE Renewables, ab 2025 läuft EEG Förderung aus, mit Amrumbank West PPAs mit: Badischen Stahlwerken, Bosch, Freudenberg Gruppe, Infraseriv Höchst, Mainova (regionaler Energieversorger), Messer, Schott, Telefónica, Verallia (Glas für Lebensmittel), Vodafone, Wacker sowie ZF. ³³
Borkum Riffgrund 1	2015	312	Der staatliche dänische Energieversorger Orsted (81 % Staat, 19 % Goldman Sachs), er hält 50 %, die anderen 50 % Greencoat Renewables.
Butendiek	2015	288	Gehört zu 49 % dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich ewz, weitere Anteilseigner sind: Die weiteren Gesellschafter des Windparks Butendiek sind der deutsche Projektentwickler wpd, ein EU-Energiefonds, eine Gruppe von dänischen Pensionsfonds sowie eine Tochtergesellschaft der Siemensgruppe. ³⁴ PPA: Jährlich geht 750 GWh an ein Unternehmen, das grünen Wasserstoff produziert, 200 GWh an den

³¹ Siehe: <https://orsted.com/en/media/news/2024/02/orsted-and-incheon-city-sign-mou-to-establish-wor-13784309> - Zugegriffen: 01.03.2024.

³² Siehe die Liste und die jeweiligen Einzelwebseiten zu den jeweiligen Offshoreprojekten, die die PPA und sonstigen Informationen enthalten: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_deutschen_Offshore-Windparks - Zugegriffen: 29.02.2024.

³³ RWE Pressemitteilung, Essen, 16. Januar 2023: <https://www.rwe.com/presse/rwe-supply-and-trading/2023-01-16-gruenstrom-aus-windparks-nordsee-ost-und-amrumbank-west-geht-ab-2025-an-12-grosskunden/> - Zugegriffen: 29.02.2024.

³⁴ Siehe: <https://www.nzz.ch/wirtschaft/newsticker/ewz-beteiligt-sich-an-windpark-in-der-naehe-von-sylt-ld.1065799> - Zugegriffen: 01.03.2024.

			Schweizer Energiekonzern BKW Energie, 62 GWh an 23.000 Züricher Haushalte. ³⁵
DanTysk	2015	302,4	Gehört Vattenfall und zu 49 % den Stadtwerken München. Westlich wird noch das Projekt ‚Nordpassage‘ entwickelt.
Global Tech I	2015	400	EU Förderung 58,55 Mill. Euro, Anteilseigner: 24,9 % Stadtwerke München; 24,9 % Entega Darmstadt; 24,1 % Axpo Holding ³⁶ staatlicher Energieversorger und Handelsgesellschaft, Schweiz; weitere kleinere Eigner.
Meerwind Süd / Ost	2015	288	Anteilseigner: erst Blackstone, hat seine 80 % Anteile an China Three Gorges Corporation ³⁷ verkauft, den Betreiber des großen Wasserkraftwerks, 20 % gehört Windland.
Trianel Windpark Borkum (Phase 1 und Phase 2 ³⁸)	2015 2020	200 200	EU Förderung 42,71 Mill. Euro. Anteilseigner sind 34 kommunale Energieversorger aus Deutschland, Niederlande, Österreich, Schweiz, Trianel wurde von den Stadtwerken Aachen gegründet. Ausbaustufe 2 wird von Trianel und EWE durchgeführt. ³⁹
Gode Wind 1	2017	346	Anteilseigner 25 % Global Infrastructure Partners (GIP), 25 % Glennmont Partners ⁴⁰ , 50 % Orsted (80 % dänischer Staat, 19 % Goldman Sachs)
Gode Wind 2	2017	264	Anteilseigner: 50 % Orsted, 50 % vier dänische Pensionsfonds.
Nordergründe	2017	110,7	Anteilseigner: 30 % KKR (KKR hat die John Laing Group gekauft), 30 % Skyborn Renewables, 40 % Gothaer Lebensversicherung
Nordsee One	2017	332,1	Anteilseigner: 85 % Northland Power (privater Energieversorger aus Kanada), 15 % RWE.
Sandbank (Phase 1)	2017	288	Anteilseigner: 51 % Vattenfall, 49 % Stadtwerke München
Veja Mate	2017	402	Anteilseigner: 100 % Siemens Project Ventures GmbH
Borkum Riffgrund 2	2019	464,8	50 % Orsted (Goldman Sachs), 25 % Gulf Energy, 20,5 Keppel Infrastructure Trust, 4,5 Keppel Corporation
Deutsche Bucht	2019	260,4	Anteilseigner: Northland Power 400 Mill. Eigenkapital, 900 Mill. KfW IPEX Bank.

³⁵ Siehe: https://de.wikipedia.org/wiki/Offshore-Windpark_Butendiek - Zugriffen: 01.03.2024.

³⁶ Siehe: https://de.wikipedia.org/wiki/Axpo_Holding - Zugriffen: 01.03.2024.

³⁷ Siehe: <https://www.ctg.com.cn/ctgenglish/> - Zugriffen: 01.03.2024.

³⁸ Siehe: <https://www.trianel-borkumzwei.de/> - Zugriffen: 01.03.2024.

³⁹ Siehe: <https://www.trianel.com/>

⁴⁰ Siehe: <https://www.glennmont.com/glennmont-acquires-stake-in-the-gode-wind-1-offshore-wind-farm-in-germany/> - Zugriffen: 01.03.2024.

Merkur Offshore	2019	396	Anteilseigner: zuerst: General Electric, DEME, Partners Group, InfraRed Capital Partners und die französische Organisation ADEME, dann ab Dezember 2019: 64,3 % APG Asset Management 35,7 % The Renewables Infrastructure Group
Hohe See	2019	521,85	Anteilseigner: 50,1 % EnBW, 49,9 % Enbridge
Albatros (Hohe See Erweiterung)	2020	117,6	Anteilseigner: 50,1 % EnBW, 49,9 % Enbridge
Trianel Windpark Borkum (Phase 2)	2020	203,2	Anteilseigner: 37,99 % Trianel, Stadtwerke Aachen und weitere Stadtwerke ⁴¹ ; 37,5 EWE Oldenburg; 24,51 % Elektrizitätswerk der Stadt Zürich und Fontavis
Kaskasi	2023	342	Eigentümer: RWE, aber 2026 sind PPAs mit sieben Industriekunden wirksam: DHL Group, Ensinger, Evonik, Infraserb Höchst, thyssenkrupp Steel Europe, Vodafone und die Schwarz Gruppe (Lidl, Kaufland) ⁴²
Gode Wind 3	2024 in Bau	242	Anteilseigner: 50 % Ørsted 50 % Glennmont Partners, siehe auch Borkum Riffgrund:
Borkum Riffgrund (Phase 3, West I und II, u. OWP West)	2025 in Bau	913	50 % Orsted, 50 % Glennmont Partners, PPAs: 350 MW an Amazon, 186 MW BASF ⁴³ , 100 MW Werkstoffhersteller Coverstro, 100 MW REWE, 50 MW Google LLC, für OWP West bot Orsted 0,00 Cent pro KWh, verzichtete also auf eine EEG-Subventionierung
He dreht	2025 in Bauvorbereitung, im Mai 2024 werden erste Fundamente für 64 Windräder gesetzt werden ⁴⁴	960	Anteilseigner: 50,1 % EnBW; 16,6 % staatliche Norges Bank Investment Management; 16,6 % AIP Management; 16,6 % Allianz Capital Partners (EnBW bekommt 600 Mill. Euro langfristige Finanzierung von der Europäischen Investitionsbank); PPAs bestehen: 85 MW Fraport; 150 MW Evonik; 50 MW an den Stahlkonzern Salzgitter Flachstahl; 50 MW Bosch; 100 MW an PASM Power and Air Condition Solution Management der Telekom ⁴⁵

⁴¹ Anteilseigner; 37,99 % Trianel, Stadtwerke Bochum, Stadtwerke Mosbach, Allgäuer Überlandwerk, enwor Herzogenrath, ENNI Stadt & Service Niederrhein, Gemeinschaftsstadtwerke Kamen, Bönen, Bergkamen, Hertener Stadtwerke, Stadtwerke Uelzen, Stadtwerke Aalen, Stadtwerke Dachau, Stadtwerke Warburg, Stadtwerke Georgsmarienhütte, Stadtwerke Rheine, Stadtwerke Verden, Stadtwerke Bonn, Stadtwerke Hamm, Stadtwerke Lengerich

⁴² RWE Supply & Trading, Pressemitteilung, 19. Februar 2024: <https://www.rwe.com/presse/rwe-supply-and-trading/2024-02-19-rwe-beliefert-ab-2026-sieben-unternehmen-mit-gruenem-strom-aus-kaskasi/> - Zugriffen: 02.03.2024.

⁴³ Siehe: https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/group-companies/BASF_Renewable-Energy-GmbH/projects - Zugriffen: 10.06.2025.

⁴⁴ Susanne Preuß. Windstrom für 1,1 Millionen Haushalt. FAZ, 17.05.2024.

⁴⁵ Siehe auch: Susanne Preuß. Windstrom für 1,1 Millionen Haushalt. FAZ, 17.05.2024.

Nordseecluster A	2027 in Planung	660	RWE
Nordlicht I	2028 in Planung, Baubeginn 2026 ⁴⁶	980	Vattenfall Atlantis 1 und Global Tech 2 Offshore Wind GmbH, siehe die neuen Infos, BASF hat hier 49 % Anteil übernommen. ⁴⁷
Nordseecluster B	2028 in Planung	900	RWE
Nordlicht II	2028 in Planung, Baubeginn 2026	630	Vattenfall, siehe die neuen Infos, BASF hat hier 49 % Anteile übernommen. ⁴⁸
Fläche N-6.7	2028 in Planung	270	Waterkant Energy
Fläche N-11.1	2030 in Planung	2000	BP
Fläche N-12.1	2030 in Planung	2000	Total Energies ⁴⁹
Fläche N-12.2	2030 in Planung	2000	BP
Fläche N-9.1	Zuschlag: 1.8.2024	2000	RWE und Total Energies ⁵⁰
Fläche N-9.2	1.8.2024	2000	RWE und Total Energies
Fläche N-9.3	1.8.2024	1500	Luxcara ⁵¹ Dies ist vielleicht der Windparks Waterkant vor Borkum, in dem Luxcara die 16 Windkraftanlagen von Ming Yang einsetzen will, siehe Teil 3.

Ostsee

Windpark	Fertigstellung	Leistung	PPA
EnBW Baltic 1	2011	48,3	EnBW, Kredite von der europäischen Investitionsbank (EIB), KfW IPEX-Bank, Landesbank Baden Württemberg, NIBC Bank Niederlande
EnBW Baltic 2	2015	288	EnBW
Wikinger	2017	353,5	Iberdrola, spanischer Energieversorger, baut, Anteilseigner: 51 % Iberdrola 49 % Energy Infrastructure Partners
Arkona Becken Südost	2019	384	Anteilseigner: 50 % RWE Renewables ; 25 % Equinor; 25 % Credit Suisse Energy Infrastructure Partners Fond
Arkadis Ost 1	2023	257,2	2018 kauft der belgische Entwickler Parkwind die Rechte. An der Parkwind Ost GmbH ist die OstseeWindEnergie GmbH mit 10 % beteiligt. An dieser halten die

⁴⁶ BASF schreibt in seinem Halbjahresfinanzbericht 2024, dass die endgültige Investitionsentscheidung 2025 getroffen wird, ganz vorne, S. 5. Siehe: https://www.basf.com/dam/jcr:e42a74a6-fbc2-39be-9399-59509efdee29/basf/www/global/documents/de/investor-relations/calendar-and-publications/reports/2024/BASF_Halbjahresfinanzbericht_2024.pdf - Zugegriffen: 05.01.2025.

⁴⁷ BASF Pressemitteilung 5.12.2023: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2023/12/p-23-375.html> – Zugegriffen: 24.03.2024.

⁴⁸ BASF Pressemitteilung 5.12.2023: <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2023/12/p-23-375.html> – Zugegriffen: 24.03.2024.

⁴⁹ Siehe: <https://totalenergies.de/totalenergies-gewinnt-zwei-konzessionen-windparks-in-nord-und-ostsee> - Zugegriffen: 11.10.2024.

⁵⁰ Siehe: <https://www.rwe.com/presse/rwe-offshore-wind-gmbh/2024-10-07-rwe-und-totalenergies-realisieren-gemeinsam-4-gw-offshore-wind/> - Zugegriffen: 11.10.2024. Siehe auch: Nadine Bös, Niklas Zaboji. Eine frische Windpartnerschaft. FAZ, 07.10.2024.

⁵¹ Siehe: <https://www.luxcara.com/press-releases/luxcara-wins-1-5-gw-north-sea-site-in-germanys-offshore-wind-auction-based-primarily-on-qualitative-criteria> - Zugegriffen: 11.10.2024.

			Stadtwerke Bad Vilbel und die Oberhessische Versorgungsbetriebe jeweils 49,5 %, die WV Energie 1 %
Baltic Eagle	2024 in Bau	494	Anteilseigner: 51 % Iberdrola; 49 % Masdar. Amazon hat hier einen Stromabnahmevertrag geschlossen.
Gennaker	2026 in Planung	927	Eigentümer: Skyborn Renewables
Windanker	2026 in Planung	300	Eigentümer: Iberdrola. Amazon hat hier einen Stromabnahmevertrag geschlossen, von Baltic Eagle und Windanker erhält es insgesamt 320 MW. ⁵²
Fläche O-2.2	2030 in Planung	1000	Total Energies ⁵³
Wikinger Süd	Planung eingestellt	10	-

2. Die fünf großen Studien: Energieeffizienzmaßnahmen und Energieimporte

Kurz zu den fünf großen deutschen Studien. Diese beruhen auf komplexen Modellen und Szenarien. Hier soll vor allem zweierlei präsentiert werden, Effizienzgewinne und Strombedarfsprognosen für 2045. Mittlerweile gibt es auch einen offiziellen Vergleich der 5 Studien, siehe diese Webseite.⁵⁴

Sie werden hier präsentiert, obwohl diese Studien aus heutiger Sicht als veraltet gelten mögen, da sich im Bereich Wasserstoff viel getan.

Effizienzgewinne. Die fünf großen Studien zur deutschen Energiewende gehen alle davon aus, dass der Energiebedarf verringert werden kann, hierzu gibt Meyer et al. (2023) einen Überblick.

Effizienzgewinne in den fünf großen Studien. Tabelle ist entnommen aus Meyer et al. 2023.

		Fraunhofer ISI Langfristszenarien	BDI Klimapfade 2.0	Ariadne Deutschland auf dem Weg	Agora et al. Klimaneutrales Deutschland	Dena Aufbruch Klimaneutralität
Primär-energie	2030	-43	-31	-31 bis -36	-39	-39
	2045	-51	-50	k.a.	-55	-55
Endenergie	2030	-18	k.a.	-17 bis -28	-19	-23
	2045	-37	-37	-35 bis -60	-38	-42
Endenergie	2030	-11	-8	-13	-14	-13
	2045	-19	-17	-23	-19	-21

Fraunhofer ISI Langfristszenarien (2021) ist eine Studie, die aus mehreren Unterstudien besteht, die teils recht technisch abgefasst sind. Dies ist die Webseite.⁵⁵ Hier wurde die Präsentation aus dem

⁵² Siehe: <https://www.aboutamazon.de/news/nachhaltigkeit/auf-dem-weg-zu-100-gruenem-strom-so-setzt-amazon-auf-erneuerbare-energien> - Zugegriffen: 12.07.2024.

⁵³ Siehe: <https://totalenergies.de/totalenergies-gewinnt-zwei-konzessionen-windparks-in-nord-und-ostsee> - Zugegriffen: 11.10.2024.

⁵⁴ Siehe: <https://ariadneprojekt.de/news-de/big5-szenarienvergleich/> - Zugegriffen: 06.02.2025.

⁵⁵ Fraunhofer ISI: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>

Überblickswebinar und der Kurzbericht: 3 Hauptszenarien ausgewertet. Fraunhofer ISI schreibt im Überblickswebinar⁵⁶: „Der Stromverbrauch steigt in allen Szenarien erheblich.“ „Ohne große Mengen CO₂-neutraler Sekundärenergieträger (Strom, H₂, PtG) ist die Transformation nicht möglich“, „Wasserstoffbedarf erhöht den Strombedarf auf der Erzeugungsseite zusätzlich.“ Ein recht hoher Strombedarf wird in den Szenarien T45-RedEff 1343 TWh und T45-RedGas 1271 berechnet, hier wird ein schnellerer Gasausstieg angenommen. Dies geht immerhin klar über die 1 Millionen GWh, dies wurde auch hier so berechnet. Großwärmepumpen spielen schon ab 2030 in dominierende Rolle. In den Szenarien T45-Strom und T45-H₂ wird vorausgesetzt, dass Deutschland Wasserstoff importiert, Beispiel: 2045 inländische Elektrolyse im Szenario T45-Strom: 186 TWh, und 176 TWh Importe, T45-H₂: 272 TWh, Import 422 TWh. Spanien und Italien exportieren Wasserstoff. In allen Szenarien gibt es Stromimporte und Wasserstoffimporte. Über den Wasserstoff importiert Deutschland teils 250 TWh bis 600 TWh Energie. Schiffe, Industrie, Flugverkehr brauchen flüssige Kohlenwasserstoffe. Um Klimaziele zu erreichen werden negative Emissionen von 15 bis 20 Mt benötigt. Für Europa werden für 2045 in T45-RedEff 8284 TWh berechnet. Dies ist ein Wert, der über dem derzeitigen Stromverbrauch Chinas liegt, es scheint so, dass die Fraunhofer ISI Studie jedenfalls auch großzügig bzw. realistisch rechnet.⁵⁷ Im Kurzbericht: 3 Hauptszenarien werden die Szenarien etwas ausführlicher ausformuliert, aber z.B. Wert für den Stromverbrauch von Wärmepumpen nicht mehr einzeln erwähnt⁵⁸, er wird im Webinar in einer Tabelle erwähnt, 100 TWh⁵⁹ und in der ausführlicheren Gebäudestudie findet sich der Wert 68 TWh.⁶⁰ Dies ähnelt meiner Bierdeckelrechnung oben: 176.688 Gigawattstunden für den Wärmepumpenstrom.

BDI Klimapfade 2.0 (2021) ist eine ausführliche Studie⁶¹, die auch den Investitionsbedarf und die Technologien und die Rohstoffe, die von der Industrie verändert werden müssen, etwa der Chemieindustrie, thematisiert.⁶² Die Werte für den Stromverbrauch sind hier niedriger: 2045 993 TWh, 155 TWh für Wasserstoff und Power-to-Gas, 839 TWh Strom. Dieser setzt sich zusammen aus: 400 TWh für die Industrie, 163 TWh für den Verkehr (ähnlich wie hier), 260 TWh für Gebäude, höher

⁵⁶ Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Treibhausgasneutrale Szenarien T45, Überblickswebinar, 15.11.2022, Dr. Frank Sensfuß (Fraunhofer ISI). Siehe: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Szenarien_15_11_2022_final.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁵⁷ Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Treibhausgasneutrale Szenarien T45, Überblickswebinar, 15.11.2022, Dr. Frank Sensfuß (Fraunhofer ISI). Siehe: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Szenarien_15_11_2022_final.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁵⁸ Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Kurzbericht: 3 Hauptszenarien, 05/2021, Final. Siehe: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS_Kurzbericht_final_v5.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁵⁹ S. 18, siehe: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/20221117_LFS3_Webinar_Gebaeude_Geraete_PHH_GHD.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁶⁰ S. 12, siehe: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS-Gebaeude.pdf> - Zugriffen: 07.12.2023.

⁶¹ Siehe: <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft/> - 07.12.2023.

⁶² Recycling muss erhöht werden, für den Bedarf an Kohlenwasserstoffen muss synthetisches oder biobasiertes Naphta nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren oder synthetisches Methanol benutzt werden. Dies kann aus Strom und CO₂ gewonnen werden. Erdgasbasierte Steamcracker für synthetisches Naphta und Pyrolyseöl aus dem chemischen Recycling müssen elektrifiziert werden. BASF in Ludwigshafen probiert einen solchen elektrischen Steamcracker aus. Das erdgasbasierte Haber-Bosch Verfahren muss durch eine Ammoniaksynthese ersetzt werden, die auf Wasserstoff beruht. Fossiler Wasserstoff muss durch grünen Wasserstoff ersetzt werden. In der Zementindustrie kommen die Hauptemissionen aus der Brennung des Kalksteins zum Zementklinker, 33 Millionen Tonnen CO₂, dies kann nur durch CSS-Technologien abgefangen werden. BDI Klimapfade 2.0 2021: 88-90.

als hier. Einzig der Wert für Wasserstoff, 155 TWh, fällt hier ganz anders aus.⁶³ Es werden 860 Mrd. Mehrinvestitionen bis 2030 angenommen, davon nur 50 Mrd. für die Industrie, Verkehr 220 Mrd, Gebäude 175 Mrd, Energiewirtschaft bzw. der Ausbau erneuerbarer Energien 415 Mrd.⁶⁴ In der BDI-Studie wird zudem selbstkritisch geschlossen, dass die Industrie mehr Druck braucht, hinsichtlich höhere CO₂-Preise etwa und sie Angst vor dem Verlust freier CO₂-Emissionszertifikaten beim Wechsel auf neue Technologien haben. Investitionen in neue Technologien werden derzeit unzureichend angegangen⁶⁵, siehe dazu gleich auch Meyer et al. (2023).

Ariadne-Report (2021). Der Ariadne Report, Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045, zeigt 6 Szenarien.⁶⁶ 1000 TWh Elektrizität aus erneuerbaren Energien wird 2045 benötigt, wobei der Endenergiebedarf von 2400 TWh auf 1500 TWh zurückgeht, weil Strom eine bessere Umwandlungseffizienz hat als die Brennstoffnutzung. CSS Technologie wird hier für Industrie- und Methanemissionen aus der Landwirtschaft vorgeschlagen. Ariadne wünscht sich ca. 615 TWh Strom schon 2030 (siehe oben, dies wird für 2045 derzeit von der Politik geplant). Der Bruttostromverbrauch, wenn man nun auch die Wasserstoffherzeugung hinzunimmt, steigt auch 780-1580 TWh im Jahr 2045. Genauso wie hier im Text wird geschlossen, dass Offshore-Wind, Landwind und Photovoltaik maximal ausgebaut werden müssen. Der Onshore Flächenbedarf wird auf 1,9 % bis 3,4 % der Freifläche Deutschland geschätzt.⁶⁷ Gegenrechnung: 1580 – 615 = 965 ... das scheint meine hohen Bierdeckelzahlen für die Wasserstoffherstellung aus Strom zu bestätigen. Ariadne bestätigt auch meine hohen Stromschätzungen.

Agora Klimaneutrales Deutschland (2021). Der Agora Bericht, Klimaneutrales Deutschland 2045, ist eine relativ kurze Studie, sie verfügt über 1 Szenario⁶⁸, und beschreibt anschaulich wie CO₂-Emissionen in einzelnen Bereichen, Schrittweise bis 2030 und dann bis 2045, reduziert werden können, von ca. 858 Millionen Tonnen (etwas höhere Zahl als oben) auf 438 Mill. Tonnen 2030 und dann 63 Millionen Tonnen CO₂ 2045.⁶⁹ Der Stromverbrauch steigt von 2030 bis 2045 auf 1000 Terawattstunden.⁷⁰ Agora, siehe die Tabelle auf S. 110, bleiben beim offiziellen Ziel von 70 MW Offshore 2045 und geben dafür beim Landwind hoch (145 MW) und sehr hoch bei Photovoltaik (385 MW), um die 1017 TWh zu erreichen. Agora löst das Problem mit der Wasserstoff und dadurch ausgelöstem höherem Stromverbrauch durch die Annahme, das Wasserstoff (169 TWh) und andere synthetische Brennstoffe (158 TWh) importiert werden. In Deutschland, so wird angenommen, gibt es 2045 eine Kapazität von Elektrolyseuren von 50 GW und eine Herstellung von 96 TWh.⁷¹

Problem ist nur, ob die Einsparungen in den einzelnen Bereichen erreichbar sind, Stichwort: Dämmung von Gebäuden, 14 Millionen Elektroautos bis 2030. Auch eine Diskussion von Sequenzierung wäre natürlich gut, wie etwa ein stark beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energie, niedriger Strompreis, dadurch Anreize für die Industrie zur Umstellung und danach erst der Gebäudesektor. Solche Diskussionen fehlen hier, soweit ersichtlich. Dies liegt aber auch am Klimaschutzgesetz KSG, welches solche Einsparungsziele für jeden Sektor vorgibt ... eine freiere Sequenzierung ist danach nicht möglich, es gibt aber wohl auch eine Ausnahmegesetz.

⁶³ BDI Klimapfade 2.0 2021: 18-19.

⁶⁴ BDI Klimapfade 2.0 2021: 45.

⁶⁵ BDI Klimapfade 2.0 2021: 39. BDI.

⁶⁶ Siehe: https://ariadneprojekt.de/media/2022/02/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_corr0222.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁶⁷ Ariadne Projekt 2021 : 1-15.

⁶⁸ Siehe: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁶⁹ Agora Klimaneutrales Deutschland 2021: 9.

⁷⁰ Agora Klimaneutrales Deutschland 2021: 13.

⁷¹ Agora Klimaneutrales Deutschland 2021: 110.

Dena Leitstudie (2021). Die Dena-Studie Aufbruch Klimaneutralität verfügt über 1 Szenario, allerdings mit positiver oder negativer Entwicklung. In dieser Studie werden allgemeine Fragen diskutiert, es gibt Sektorüberblicke, zu Gebäuden, Industrie.⁷² Die Industrie hat einen 2045 Bedarf von 577,7 TWh, der von 722 2018 stetig abfällt.⁷³ Auch hier wird wieder angenommen, dass Wasserstoff importiert werden kann.⁷⁴ Auf S. 147 gibt es einen guten Überblick über Prozessalternativen in der Industrie.⁷⁵ Ein Grund für den sinkenden Stromverbrauch sind auch Annahmen, wie dass die Anzahl der Fahrzeuge bis 2045 auf 38 Millionen absinkt.⁷⁶ Der Bruttostrombedarf liegt 2045 bei 869 TWh, dies ist aus meiner Sicht klar zu wenig.⁷⁷ Diese umfangreiche Studie muss noch näher ausgewertet werden.

Umweltbundesamt (2023).⁷⁸ In dieser Studie wird z.B. die Wirkungen vom EU-Emissionshandel diskutiert und u.a. beschrieben, dass ein zu starker Anstieg auch zu starken Preissteigerungen beim Strompreis führt, solange Kohlestrom noch da ist und dass dies nicht erwünscht ist.⁷⁹ Ein gewisser Anstieg muss aber da sein, damit die Industrie ihre Technologie umstellt.

Fragliche Effizienzsteigerung. Von Meyer et al. (2023) wird davon ausgegangen, dass in der Industrie viel Energie eingespart werden kann, aber es massive Hemmnisse gibt, darunter fehlende Motivation, fehlende Akzeptanz und fehlende Information, fehlendes Fachpersonal, auch Maßnahmen, die sich innerhalb von 3 Jahren amortisieren werden nicht unbedingt getroffen.⁸⁰ Von Meyer et al. (2023) wird festgestellt: „Der Industriesektor in Deutschland benötigte in 2021 eine Strommenge von 218,76 TWh und eine Brennstoff- bzw. Wärmemenge von 720,88 TWh. Insbesondere die Anwendungsbereiche „Prozesswärme“ (Dampf, direkter Brennstoffeinsatz in Trocknern oder Öfen etc. mit 626,74 TWh (66,7 %) und „Motion“ (Pumpen, Motoren, Antriebe, Maschinen etc.) mit 143,77 TWh (15,3 % des Gesamtenergiebedarfs bzw. 90 % des Strombedarfs) machen einen großen Anteil des Gesamtenergiebedarfs in der Industrie aus und bieten damit erhebliches Potential zur Einsparung von Energie. Die Analyse im Rahmen dieser Studie hat ergeben, dass das wirtschaftliche Energieeinsparpotential (d. h. Umsetzung von Maßnahmen mit positivem Kapitalwert) bei Strom 77,68 TWh/a sowie Brennstoff- und Wärmemenge von 332,75 TWh/a liegt und mit einer Investitionssumme von insgesamt 214,59 Mrd. € zu heben ist.“⁸¹

3. Szenarien

Szenarien

Wichtig wäre es für die Länder ein Szenario zu haben, dem man gemeinsam folgen kann, ein Szenario, das auch eine Umstellung auf ein höheres Preisniveau bei Stahl- und Chemie enthält.

⁷² Dena Leitstudie. Aufbruch Klimaneutralität, 10/2012. Siehe: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf - Zugriffen: 07.12.2023.

⁷³ Dena Leitstudie 2021: 141.

⁷⁴ Dena Leitstudie 2021: 146.

⁷⁵ Dena Leitstudie 2021: 147.

⁷⁶ Dena Leitstudie 2021: 258.

⁷⁷ Dena Leitstudie 2021: 183.

⁷⁸ Umweltbundesamt, Öko-Institut Freiburg. Teilbericht. Klimaschutzinstrumente-Szenario 2030 (KIS-2030) zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030. Climate Change 30/2023. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/szenarien-projektionen/klimaschutzinstrumente-szenario-2030-kis-2030> - Zugriffen: 29.12.2023.

⁷⁹ Umweltbundesamt 2023:

⁸⁰ Meyer et al. 2023: 8.

⁸¹ Meyer et al. 2023: 8.

Es ist nicht sichtbar, dass diese Umstellung auf ein höheres Preisniveau auf massive Weise schädlich für die Wirtschaft sein wird, es geht bei der Chemieindustrie um 3 mal höhere Rohstoffpreise, und um eine Erhöhung der Preise durch eine aufwendigere Produktion.

Auch in der IEA (Sitz in Paris)⁸² werden Szenarien besprochen, etwa in der Working Party on Industrial Decarbonization WPID (gegründet am 22-23 Februar 2023)⁸³, hier gab es mehrere Berichte zum Thema Dekarbonisierung des Energiesektors⁸⁴ und 2022, auf Betreiben von Deutschlands G7 Präsidentschaft auch der Schwerindustrie.⁸⁵

Die Industrial Deep Decarbonization Initiative IDDI wird von der UNIDO koordiniert und von England und Indien geleitet⁸⁶, die G7 haben eine Industrial Decarbonization Agenda IDA gegründet, 2021 zum Anlass der Präsidentschaft Englands, sie wird in den G7 Treffen weitergeführt, siehe z.B. hier die G7 Germany 2022 Schlussfolgerungen, die u.a. das Ziel enthalten bis 2025 eine Plan für die Industrie vorzulegen.⁸⁷ Die IDDI hat den Green Public Procurement GPP Pledge auf der COP28 in Dubai vorgestellt.⁸⁸

Der unter deutscher Initiative gegründete Klimaclub (Climate Club) hat mittlerweile 46 Mitgliedstaaten.⁸⁹ Der Climate Club hat in seinem Arbeitsprogramm auch das Ziel Standards für Zement und Stahl weiterzuentwickeln, aber nun auch für Aluminium, Ammoniak und Ethylen.⁹⁰ Es geht hier Erfahrungsaustausch über die NDC, um Standards, öffentliche Auftragsvergabe, die Frage wie man Angebot und Nachfrage für grüne Produkte und Herstellungsformen schaffen kann, nicht so sehr um Szenarien und Pläne ... Mehr und mehr gerät der Umbau der Industrie in den Fokus des Climate Club: Der Climate Club hat zudem einen Bericht über die Emerging Markets and Developing Countries EMDE veröffentlicht: Mapping financial and technical assistance for industry decarbonisation in emerging markets and developing economies Taking stock of trends in hard-to-abate sectors Paris: OCED, 2024⁹¹ vorgelegt: Dort wird festgestellt, dass von den gesamten Geldern, die in den Klimabereich fließen, 2000 bis 2021 waren dies 100 Mrd. nur 1 Mrd. für die Dekarbonisierung von

⁸² Siehe: <https://www.iea.org/>

⁸³ Siehe:

<https://oecdgroups.oecd.org/Bodies/ShowBodyView.aspx?BodyID=7780&BodyPID=15186&Lang=en&Book=False> – Zugegriffen: 27.04.2025.

⁸⁴ Infos siehe hier: <https://www.iea.org/reports/achieving-net-zero-heavy-industry-sectors-in-g7-members> - Zugegriffen: 27.04.2025.

⁸⁵ Siehe: <https://www.iea.org/reports/achieving-net-zero-heavy-industry-sectors-in-g7-members> - Zugegriffen: 27.04.2025.

⁸⁶ Siehe: <https://www.unido.org/IDDI> - Zugegriffen: 27.04.2025.

⁸⁷ Zitat: "1. Industrial Transition Plans and Policies – Objective: Develop ambitious long-term sustainable transition plans for industry, backed by policy. - Joint action: By no later than the mid-2020s, develop or update national industry sector roadmaps and plans in collaboration with industry stakeholders, providing a robust signal on the direction and pace of travel by developing clear targets and milestones; back plans with clear policies."

<https://www.g7germany.de/resource/blob/974430/2044356/c9550898b89e1fe67556352848d07033/2022-05-27-4-conclusions-industrial-decarbonisation-data.pdf?download=1> – Zugegriffen: 27.04.2025.

⁸⁸

⁸⁹ Siehe: <https://climate-club.org/>

⁹⁰ S. 12, Climate Club Work Programme 2025-2026, siehe: https://climate-club.org/wp-content/uploads/2025/01/Climate_Club_Work_Programme-2025-26-final-.pdf - Zugegriffen: 27.04.2025.

⁹¹ Siehe: https://www.oecd.org/en/publications/mapping-financial-and-technical-assistance-for-industry-decarbonisation-in-emerging-markets-and-developing-economies_7ecda2b7-en.html - Zugegriffen: 27.04.2025.

Zement, Chemie und Stahl zur Verfügung standen, also 1 %.⁹² Der Climate Club hat auch eine Global Matchmaking Platform entwickelt, für Länder, die sich gegenseitig helfen wollen.⁹³

Auf der COP29 Konferenz in Baku, wurde eine globales Versprechen / Zusage gemacht, mehr Hilfe für die Dekarbonisierung der Industrie: COP29 Global Pledge: Scaling international assistance for industry decarbonisation, Baku, Azerbaijan, 18.11.2024. dieser enthält die Global Matchmaking Platform und es wurden auch bereits Partnerschaften geknüpft: Indien – Schweden und Brasilien – England. England und Deutschland wollen 420 Mill. Euro für die Initiative beisteuern.⁹⁴ Ein Climate Investment Funds' Industry Decarbonisation Investment Programme soll insgesamt 1,3 Mrd. US\$ sammeln und weitere Summen bis zur COP30 verfügbar machen.⁹⁵

Im Rahmen von COP und UNFCCC Treffen finden auch jeweilig ein Breakthrough Agenda Prozess statt, seit der COP26, siehe diesen Bericht aus dem Jahr 2024.⁹⁶

Das U.S. Department of Energy verfügt über eine Industrial Efficiency & Decarbonization Office IEDO, die Szenarien vorschlägt.⁹⁷

Die IEA stellt für viele Länder sog. Energy Policy Reviews bereitstellt. Im aktuellen Bericht: Carbon-Free Electricity 2025 in G20 Countries werden deren Energiepolitiken verglichen, hier ist es beruhigend zu sehen, dass nicht nur in Deutschland, sondern in vielen G20-Ländern Auktionen und Einspeisevergütungen genutzt werden, dazu kommen verbilligte Kredite, Kredite durch staatliche Entwicklungsbanken, Steuererleichterungen, in England gibt es auch Contracts for Difference (CfDs) und es gibt in Deutschland und England einen Markt für PPAs, auch gibt es in vielen Ländern ein Programm für private Solarinstallationen auf Häusern.⁹⁸ Aktuell hat die IEA eine Policy Toolbox for Industrial Decarbonization 2025 publiziert.⁹⁹

Auch die Finanzmärkte machen sich Gedanken, siehe z.B. das Network for Greening the Financial System NGFS entwickelt Szenarios¹⁰⁰, die aber wenig konkret sind. Die Institutional Investors Group on Climate Change IIGCC¹⁰¹ entwickelt zum Beispiel ‚Principles for developing sector decarbonization roadmaps – the investor perspective for policymakers.‘¹⁰²

⁹² Siehe: https://www.oecd.org/en/publications/mapping-financial-and-technical-assistance-for-industry-decarbonisation-in-emerging-markets-and-developing-economies_7ecda2b7-en.html - Zugriffen: 27.04.2025.

⁹³ Siehe: <https://globalmatchmakingplatform.climate-club.org/> - Zugriffen: 27.04.2025.

⁹⁴ Siehe: <https://globalmatchmakingplatform.climate-club.org/wp-content/uploads/COP29-Global-Pledge-Scaling-International-Assistance-for-Industry-Decarbonisation-.pdf> - Zugriffen: 27.04.2025.

⁹⁵ Siehe: <https://globalmatchmakingplatform.climate-club.org/wp-content/uploads/COP29-Global-Pledge-Scaling-International-Assistance-for-Industry-Decarbonisation-.pdf> - Zugriffen: 27.04.2025.

⁹⁶ Siehe: <https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2024> - Zugriffen: 27.04.2025.

⁹⁷ Siehe diese Präsentation: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/itiac-march-2024-cresko-industrial-decarb-roadmap.pdf> - Zugriffen: 27.04.2025. Siehe auch hier:

<https://www.energy.gov/eere/iedo/energy-analysis-data-and-reports>

⁹⁸ IEA Carbon-Free Electricity in G20 Countries 2025. Siehe: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7acaeb75-f06b-486e-b0de-14294c1c5660/Carbon-FreeElectricityinG20Countries.pdf> - Zugriffen: 17.04.2025.

⁹⁹ IEA Policy Toolbox for Industrial Decarbonization 2025. Siehe: <https://www.iea.org/reports/policy-toolbox-for-industrial-decarbonisation> - Zugriffen: 17.04.2025.

¹⁰⁰ Siehe: <https://www.ngfs.net/>

¹⁰¹ Siehe: <https://www.iigcc.org>

¹⁰² Siehe:

<https://www.iigcc.org/hubfs/2025%20resources%20upload/IIGCC%20Principles%20for%20developing%20sector%20decarbonisation%20roadmap%20-%20the%20investor%20perspective%20for%20policymakers%202025.pdf> – Zugriffen: 31.05.2025.

Aus meiner Sicht sind diese Berichte nicht konkret genug. Es werden oft die verfügbaren Technologien erwähnt, allerdings oft nicht sehr konkret, wie hier in Teil 2 gibt es keine Infos über Firmen, die die Technologie herstellen können, es finden sich keine realistischen Zahlen in diesen Publikationen, etwa: wie viele Ethylen-cracker müssen in Europa umgebaut werden ... wie viel könnte das kosten. Wenn es um Kosten geht, wird sich meist geschämt, eine direkte Zahl anzugeben, es werden Zahlen / pro Tonne Produktion etc. angegeben. Mögliche Pläne und Zeithorizonte für den Umbau werden nicht genannt.

In Deutschland wird die Planung derzeit konkreter. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK stellt nicht nur Langfristszenarien¹⁰³ zur Verfügung, sondern hat begonnen, eine Systementwicklungsstrategie SES, siehe Ausgabe vom November 2024¹⁰⁴ zu entwickeln, die im Energiewirtschaftsgesetz als Grundlage für die Netzentwicklungspläne der Bundesnetzagentur dienen soll, hierfür werden in einem Plenum Vertreter der Energiewirtschaft, Industrie, Zivilgesellschaft, Bundeskanzleramt, Bundesnetzagentur sowie der Fachressorts auf Bundesebene und in den Bundesländern zusammengebracht, in Arbeitsgruppen werden bestimmte Themen detaillierter besprochen.¹⁰⁵ Schon 2022 hat das FfE regionale Bedarfe, detailliert auf der Ebene einzelner Industrien, untersucht¹⁰⁶, die in den Planung der Bundesnetzagentur für einen neuen Netzentwicklungsplan einfließen. Im April 2025 wurde nun eine erneute Planung, basierend auf neuen Szenarien, genehmigt, in der es nicht nur um Stromnetzausbau, sondern auch um Wasserstoffpipelines und sogar schon um Standorte von Elektrolyseuren geht.¹⁰⁷ Ab 2026 wird von der KO.NEP¹⁰⁸ ein gemeinsamer Netzentwicklungsplan Gas und Wasserstoff der Bundesnetzagentur vorgelegt. Die Bundesnetzagentur wird mit dieser Einbindung von Elektrolyseuren und Wasserstoff und der Einbeziehung regionaler Aspekte zum zentralen Motor und Koordinator der Energiewende.

Die Industrie muss hier aber ernsthaft mitarbeiten, sonst sind die Zahlen, die dort gemeldet werden nicht realistisch, die Excel-Tabellen zum Wasserstoffbedarf erscheinen so, als ob die Chemieindustrie nicht so richtig mitmachen wollte, siehe Fußnote.¹⁰⁹

Die Bundesnetzagentur entwickelt in dem aktuellen Bericht ein 2045 Szenario: „Allen Szenarien gemein ist neben dem Erreichen von Klimaneutralität im Jahr 2045 auch die Annahme, dass in Deutschland keine flächendeckende Deindustrialisierung stattfindet und auch eine Grundstoffproduktion weiterhin in ähnlichem Umfang in Deutschland verbleibt.“¹¹⁰

¹⁰³ Siehe: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/> - Zugriffen: 27.05.2025.

¹⁰⁴ Siehe: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/2024-systementwicklungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=10 – Zugriffen: 27.05.2025.

¹⁰⁵ Siehe: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/ses.html> - Zugriffen: 27.05.2025.

¹⁰⁶ Siehe: Fabian Jetter et al. Stromverbrauchsmodellierung des Industriesektors im Kontext der Dekarbonisierung, FfE 2022: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-03/Studie_Stromverbrauchsmod_Dekarb_FfE.pdf - Zugriffen: 30.04.2025.

¹⁰⁷ Siehe: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NEP/Strom/start.html> - Zugriffen: 30.04.2025.

¹⁰⁸ Siehe die KO NEP Webseite: <https://ko-nep.de/>

¹⁰⁹ Leverkusen Chempark H braucht im Jahr 2035 nur 80.000 MWh Wasserstoff, das sind 2400 Tonnen. Ludwigshafen braucht 300.000 MWh, das sind 9000 Tonnen Wasserstoff. Mir erscheinen in diesem Dokument viele Zahlen nicht ganz ausgegoren, dies mag aber auch an Unsicherheiten bei der Umrechnung liegen, weil hier Wasserstoff nicht in Tonnen, sondern in MWh angegeben wird. Siehe: Anlage 4: Langfristprognosen für Wasserstoff sowie methanreduzierende Meldungen der Verteilernetzbetreiber. Siehe: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NEP/Gas/start.html> - Zugriffen: 30.04.2025.

¹¹⁰ S. 17, Genehmigung des Szenariorahmens für den Netzentwicklungsplan Strom 2025-2037 / 2045, Bundesnetzagentur April 2025.

Auch z.B. in der Publikation Strommarktdesign der Zukunft, August 2024, vom BMWK¹¹¹ und in Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe 2024, vom BMWK¹¹² gibt es viele Infos über Reformmöglichkeiten des Strommarkts, Finanzierungsideen für erneuerbare Energien und für die Erhöhung der Nachfrage, speziell durch Standards.

Eine Initiative, die in Deutschland einen Fahrplan für die Energiewende aufstellen will bzw. eine Debatte dazu initiieren will, ist die Made in Germany 2030 Initiative der Stiftung Mercator, geleitet von Kristina Jeromin und Matthias Kopp.¹¹³

4. Neue Akkutechnologien, Elektroautos und Rohstoffe

Die Akkutechnologie verändert sich derzeit rasant, in Deutschland ist hierzu der Geladen Batteriepodcast auf Youtube und die Webseite: battery-news.de oder battery-news.com zu empfehlen.

Dieser Abschnitt kann aus Zeitgründen nicht mehr aktualisiert werden. Ich schaffe es nicht mehr, die neuen Akkutechniken genau zu beschreiben und auch nicht die jeweilige Rohstoffmenge, die in den Akkus enthalten ist, abzuschätzen. Fest steht, dass man neben Lithium auch Nickel, Mangan und Kobalt in der Akkutechnik braucht.

Diese Materialien sind bei Anode und Kathode unterschiedlich. Wichtig sind aber auch das Elektrolyt, also das Material dazwischen und die Separatoren. Man hat z.B. eine Zink Anoden mit einer Schicht von fluorhaltigen Polymeren überdecken, damit sie sich nicht zu schnell zersetzt.

Man denkt als Laie, dass die Anoden und Kathoden klein sind und dazwischen die Elektronen durchs Elektrolyt hin und her schwimmen. Bei Lithium-Ionen-Akkus sind die Anoden oft aus Graphit. Oder man denkt, dass alle Akkus aus den vielen kleinen Lithium-Ionen-Akkus bestehen, die im Tesla verbaut sind, die etwas größer als die AA Batterien.¹¹⁴ In diesen Batterien wiegen Anoden und Kathoden nicht viel. In größere Akkus können aber auf Anoden und Kathoden durchaus 100 kg wiegen.¹¹⁵

Es wird auch an Aluminium-Ionen-Akkus geforscht, das australische Unternehmen Graphene MG will diese kommerzialisieren. Auch Kalium-Ionen-Batterien werden erforscht, etwa vom Start-up Group1 aus Texas, Nickel-Zink Batterie werden von Zinc Five und ZAF Energy Systems vertrieben, aber als stationäre Batterien. Der U.S.-Hersteller Lyten arbeitet an Schwefel Kathoden, die viel leichter sind.¹¹⁶

Ein paar Statistiken:

¹¹¹ Siehe: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20240801-strommarktdesign-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=10 – Zugegriffen: 17.04.2025.

¹¹² Siehe: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerkte-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.html> – Zugegriffen: 30.04.2025.

¹¹³ Siehe: <https://made-in-germany-2030.de/>

¹¹⁴ Siehe: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Ionen-Akkumulator> - Zugegriffen: 06.07.2025.

¹¹⁵ Genauso gut und billiger? Neue Batterien sollen Lithium-Ionen-Akkus ersetzen – und ohne teure und umstrittene Rohstoffe auskommen. FAZ, 02.07.2025.

¹¹⁶ Genauso gut und billiger? Neue Batterien sollen Lithium-Ionen-Akkus ersetzen – und ohne teure und umstrittene Rohstoffe auskommen. FAZ, 02.07.2025.

1 Auto fährt in Deutschland durchschnittlich irgendetwas mit 12.000 km im Jahr.¹¹⁷ Es gibt in Deutschland 49 Mill. Pkw und 60 Mill. Kraftfahrzeuge, die zugelassen sind.¹¹⁸

1 Benzin-Pkw emittiert 157,6 gr CO₂ pro km bei einem Neuwagen, ein Diesel-Pkw emittiert ca. 167,6 gr CO₂, Neuwagen weniger ca. 122 gr CO₂.¹¹⁹ Der Straßenverkehr emittiert in Deutschland 142 Mill. Tonnen CO₂, siehe auch Teil 3, im Jahr 2022.¹²⁰

Bierdeckelrechnung: Wenn man nun 1.000.000 E-Autos hat, wie viel CO₂ spart dies? 150 gr pro km: 12.000 mal 150 gr = 1.800.000 gr, das sind 1800 kg, das sind 1,8 Tonnen (pro Pkw, pro Jahr).

1.000.000 Pkw * 1,8 = 1.800.000 Tonnen

10.000.000 Pkw * 1,8 = 18.000.000 Tonnen

50.000.000 Pkw * 1,8 = 90.000.000 Tonnen

Man sieht an den Zahlen auch, dass die Lkw für den restlichen Anteil aufkommen, immerhin 52 Mill. Tonnen CO₂.

Mal ein Vergleich: Die Zementindustrie emittiert ca. 20 Mill. Tonnen CO₂, 10.000.000 bzw. 10 Mill. Pkw ca. 18.000.000 CO₂, also nahezu dasselbe. 18.000.000 Tonnen mal 20.000 Euro = 200.000.000.000, das sind 200 Mrd. Euro. Um 1 Tonne CO₂ einzusparen, braucht man also bei E-Autos 200.000.000.000 / 180.000.000 = 11.111 Euro. Es würde natürlich zu weit gehen, jetzt gegeneinander aufzurechnen: in dem Sinne: wir fahren die Verbrennerautos weiter, dafür baut die Zementindustrie um ... die Zahlen sind aber dennoch krass: Vielleicht braucht die Zementindustrie 5 Mrd. für den Einbau von CO₂-Auffanganlagen, Oxyfuel und Leilac-2 Anlagen und CO₂-Speicher. Dort gibt es dann Kosten von 5.000.000.000 Euro / 20.000.000 Tonnen CO₂ = 250 Euro pro Tonne Vermeidungskosten. Wenn 10 Mill. Autofahrer jeweils 500 Euro an die Zementindustrie zahlen würde, wäre man bei 5 Mrd. und könnte 20 Mill. Tonnen CO₂ einsparen, das wäre deutlich billiger als die 11.111 Euro für ein E-Auto. Aber es müssen eben alle bei der CO₂ Reduzierung mitmachen.

Weltweit gibt es geschätzt 1,3 Mrd. Pkw¹²¹ und 1,6 Mrd. Pkw und Nutzfahrzeuge. Alle andere Sektoren haben seit 1990 sinkende CO₂ Emissionen außer Pkw, die steigen von einem Indexwert von 100 1990 an auf 125 2019, siehe diese EU-Infos.¹²² In der EU verursacht der Straßenverkehr 760 Mill. Tonnen CO₂ pro Jahr, 60 % davon sind Pkw und Motorräder, 27 % Schwerlastverkehr und Busse, 12 % leichte Nutzfahrzeuge / Transporter.¹²³

¹¹⁷ 12.320 km, siehe:

https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2023/2023_vk_kurzbericht.html - Zugriffen: 25.06.2025.

¹¹⁸ Siehe:

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/fz_b_jahresbilanz_node.html - Zugriffen: 25.06.2025.

¹¹⁹ Siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klimaschutz-geht-auch-benzinern-diesel> - Zugriffen: 25.06.2025.

¹²⁰ Excel-Tabelle des Bundesumweltamtes. Emissionsübersichten nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes 1990-2020. Datum: 15.03.2023. Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/uba-prognose-treibhausgasemissionen-sanken-2022-um> - Zugriffen: 16.10.2023. Nun findet sich die Excel-Tabelle in: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> – Zugriffen: 30.12.2023.

¹²¹ Siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/weltweiter-autobestand> - Zugriffen: 25.06.2025.

¹²² Genau genommen 122 gr CO₂ pro km, siehe:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20190313STO31218/co2-emissionen-von-pkw-zahlen-und-fakten-infografik> - Zugriffen: 25.06.2025.

¹²³ Siehe: https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Umwelt-Energie/CO2_Strassenverkehr.html - Zugriffen: 25.06.2025.

Die derzeit prägenden E-Auto-Akkus sind Lithium-Ionen-Akkus. Der deutsche Batteriemarkt, der im Jahr 2023 23,2 Mrd. ausmacht, besteht aus 18,9 Mrd. Euro Lithium-Ionen-Akkus und die Produktion von Lithiumbatterien in Deutschland stieg um 16 % im Vergleich zu 2022.¹²⁴ Deshalb kann man zuerst einmal fragen, gibt es genug Lithium für die Elektroautos? Und, danach, gibt es genug Kobalt und Nickel?

Hier wird davon ausgegangen, dass 8 Kilo Lithium in einer 300 Kilogramm schweren Autobatterie (50 kWh) eines Mittelklassewagens stecken. Hierfür gibt es unterschiedliche Schätzungen. Für 50 kWh wird 5 kg Lithiummetallinhalt geschätzt.¹²⁵ Für einen Tesla wird von Batterieexperten geschätzt, dass der Akku 7 kg Lithium enthält (ohne Angabe des Modells bzw. der Größe des Akkus).¹²⁶ Der Tesla Model 3 hat einen 60 kWh Akku, das Tesla Model S und Model X hat viele Modellvarianten, die teils ein 75 kWh Akkupaket haben, teils ein 85,8 kWh, bis hin zu einem 102,4 kWh Akkupaket, wobei die nutzbare Kapazität noch von der Software abhängt.¹²⁷ Anderswo wird 5 bis 8 kg für ein Mittelklasseauto geschätzt, für ein Oberklasse Auto das Doppelte, also 10 bis 16 kg.¹²⁸ Die Schätzung, dass sich in einem Tesla Model S, mit 90 kWh, bis zu 80 kg Lithium findet¹²⁹, dürfte somit viel zu hoch liegen. Erschwerend kommt dazu, dass Tesla mittlerweile auch unterschiedliche Batterietypen einsetzt.

1 Tonne sind 1000 kg. Mit 1000 kg können 125 Autoakkus gebaut werden (1000 kg / 8 kg Lithium pro Akku = 125). Das sind dann mit 10.000 Tonne Lithium 1.250.000 Autos. *Mit dieser Zahl kann man leicht rechnen.*

Wie viele E-Auto Akkus können mit dem jährlich geförderten Lithium gebaut werden. 2016 wurden laut Deutscher Rohstoffagentur (DERA) weltweit 43.000 Tonnen Lithium gefördert, 2022 waren es mit 130.000 Tonnen drei Mal so viel und bis 2030 könnte sich die Abbaumenge nochmal mehr als vervierfachen laut DERA, Datenstand 2022.¹³⁰ Die DERA entnimmt ihre Daten teils aus United States Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2023.¹³¹

Rechnet man mit 130.000 Tonnen * 125 (mit jeder Tonne können 125 Autoakkus gebaut werden), **dann ist dies genug Lithium für 16,3 Mill. Autos.** (hier wird vereinfacht angenommen, dass alles Lithium für Auto-Akkus zur Verfügung steht, Lithium wird aber noch für anderen Zwecke und auch noch für andere Akkutypen eingesetzt, z.B. als Stromspeicher.)

¹²⁴ ZVEI-Zahlen. Dr. Martin Lange. So steht es um die Batterieindustrie in Deutschland und Europa, 02.07.2024. In: https://www.all-electronics.de/e-mobility/batterie-sicherheit/so-steht-es-um-die-batterieindustrie-in-deutschland-und-europa-633.html?trk=public_post_comment-text – Zugriffen: 04.07.2024.

¹²⁵ Schätzung von Michael Schmidt von der Deutschen Rohstoffagentur. Geladen Batteriepodcast, Endlich! High-End Lithium aus Europa, 20.10.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=0AvKnH01fMA> – Zugriffen: 28.10.2024.

¹²⁶ S. 32, Christoph Henn. Die Energiewende kann nur mit neuen Batterien gelingen. Interview mit Prof. Michael Stelter und Prof. Ulrich S. Schubert. In: Zukunftsfragen. Antworten aus der Mitte Deutschland. Beilage zur FAZ, 03.07.2024.

¹²⁷ Siehe: <https://teslawissen.ch/effektiv-nutzbare-akku-kapazitaet/> - Zugriffen: 21.11.2024.

¹²⁸ Siehe: <https://www.planet-wissen.de/technik/verkehr/elektromobilitaet/elektromobilitaet-rohstoffe-100.html> - Zugriffen: 06.09.2023.

¹²⁹ Quelle: <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/lithium-und-kobalt-lithium-produktion-reicht-nicht-aus/20560144-2.html> - Zugriffen: 06.09.2023

¹³⁰ Quelle: <https://www.dw.com/de/lithium-das-wei%C3%9Fe-gold-wie-nachhaltig-sind-abbau-und-verkauf/a-64664350> - siehe Dera 2022, das ausführliche DERA Originaldokument, hier der Link: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-54.pdf?blob=publicationFile&v=2 - Zugriffen: 13.06.2023.

¹³¹ Siehe: <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2023> - dies ist eine seriöse Quelle, siehe die umfangreichen Informationen auf der Webseite: <https://www.usgs.gov/> - Zugriffen: 26.12.2023.

Rechnet man mit den 16,3 Mill. Autos 25 Jahre bis 2050, sind dies $25 * 16,3 = 407,5$ Millionen. D.h. 407 Millionen Autos können bis 2050 als Elektroautos produziert werden, bei einer jährlich gleichbleibenden Lithium-Produktion auf dem heutigen Niveau. Steigt die Lithium Produktion an, könnten es mehr werden.

Zum Vergleich: Derzeit liegt die Anzahl weltweit jährlich produzierter Autos bei 55,8 Millionen, d.h. derzeit könnten immerhin ca. 30 % dieser Autos in Form von Elektroautos gebaut werden. Allerdings hat sich der weltweite Autobestand seit 1978 vervierfacht, von 275 Millionen Pkw im Jahr 1978 auf 1,2 Milliarden Pkw 2022.¹³² Wenn man 16,3 Millionen Elektroautos jährlich produziert, mit dem derzeit jährlich verfügbaren Lithium von 130.000 t, um alle 1,2 Milliarden Autos zu ersetzen, muss man 74 Jahre lang Autos produzieren ($12.000.000.000 / 16.300.000 = 73,62 \dots$).

Wenn die Lithium Produktion aber erhöht wird, könnten mit den 28 Mill. Tonnen leicht zugänglicher, bekannter Lithiumreserven * 125 können 3,5 Mrd. Autos gebaut werden, letztlich reichen also die greifbaren Lithiumreserven aus, um alle 1,2 Mrd. Autos auf der Welt umzurüsten und noch einige Lkw!!!! Wenn die Lithium Produktion sich vervierfachen würde, auf 720 Mill. Tonnen im Jahr, würde es nur 13,33 Jahre dauern, um alle Autos der Welt zu ersetzen. Rechnung: 720.000 t Lithium pro Jahr * 125, sind dies 90 Millionen Elektroautos pro Jahr, verteilt auf 1.200.000.000 bzw. 1,2 Mrd. Autos.

Die insgesamt weltweit verfügbaren Reserven, liegen noch höher, nämlich bei 105 Mill. Tonnen, damit können noch ein paar mehr E-Lkw, Busse und Spezialfahrzeuge gebaut werden. Der globale Lithiumvorrat von 105 Mill. t reicht 807 Jahre, wenn man, wie heute, jährlich 130.000 t verbraucht. Der globale Lithiumvorrat von 105 Mill. t wäre in diesem Fall des vervierfachen Abbaus pro Jahr in 145 Jahren verbraucht (105.000.000 t geteilt durch 720.000 t).

Ein E-LKW, Beispiel hier der IVECO S eWay benutzt Akkupacks, Gesamtkapazität 738 kWh ($738 / 9 = 82$ kWh, also Akkupacks von der Tesla-Größe), Reichweite bis zu 500 km, 635 PS, Ladezeit 80 % 90 Minuten mit 350 kW. Nutzlast bis 22,5 Tonnen, Leergewicht 12 Tonnen.¹³³ Man könnte basierend auf den Zahlen oben nun schätzen, dass hier 9 mal 7 kg Lithium verbaut ist, also insgesamt 63 kg Lithium. Mit einem E-Lkw Akku, mit 63 kg Lithium, sind es weniger pro 1000 kg, nämlich nur 15,87, also 15 E-Lkws, mit, sagen wir mal 10.000 Tonnen, dann sind das 630.000 E-Lkw. *Mit dieser Zahl kann man leicht rechnen.* Für 50.000 Tonnen Lithium kann man z.B. 3.150.000 E-Lkw bauen.

Weiter unten werden noch diverse Zeitungsmeldungen aufgezählt über neue Lithiumvorkommen, es ist also eindeutig erkennbar, dass es derzeit keinen Lithiummangel gibt, dennoch gilt natürlich, dass man recyceln muss.

Nun bestehen Akkus nicht nur aus Lithium und hier kann ich leider nicht genauere und aktualisierte Zahlen für die Mengen präsentieren. Ich schreibe mich nur noch durch meine bisherige Informationssammlung durch und nutze teils ChatGPT:

Kobalt wird bei vielen Akkutypen als Pluspol eingesetzt, z.B. als Lithium-Kobalt-Oxid, Nickel-Mangan, Cobalt-Oxid (NMC), als Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA) (ChatGPT) und mit Graphit als Minuspol. Kobalt ermöglicht eine kompakte Bauweise, hohe Energiedichte, höhere Temperaturen und ist

¹³² Quelle, weltweiter Autobestand: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/konsum-produkte/gruene-produkte-marktzahlen/marktdaten-bereich-mobilitaet#globaler-autobestand-china-stockt-weiter-auf> - Zugegriffen: 13.06.2023.

¹³³ Siehe Geladen Batteriepodcast, Interview mit Tobias Wagner, 17.11.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=oBhGXpQvBEw> – Zugegriffen: 21.11.2024.

besonders bei Handyakkus etc. alternativlos. Beim Laden wandern viele Lithium-Ionen aus dem Pluspol (Kobalt) zum Minuspol (Graphit). Beim Entladen wandern sie wieder zurück in die Kobaltoxid Struktur. Anode und Kathode wechseln, je nach Laden oder Entladen. Dies ist der klassische Lithium-Ionen-Akku, der in allen Konsumelektronik-Produkten verbaut ist. Weil Kobalt aber teuer ist, wird seit Jahren bereits versucht, Kobalt zu ersetzen. Bei E-Autos gibt es bereits Akkus mit weniger Kobalt, hier wird er durch Nickel oder Mangan ersetzt.

Nickel-Mangan-Cobalt Batterien (NMC), enthalten nur noch 3 % Kobalt. Geschätzt wird, dass in einer 50 kWh-Akku 5 kg Kobalt stecken.¹³⁴ Andere Schätzungen, aus dem Jahr 2020, sprechen für eine Nickel-Mangan-Kobalt Batterie (NMC) von 11 kg Mangan, 4,5 kg Lithium, 12 kg Nickel und 12 kg Kobalt.¹³⁵

Lithium-Eisen-Phosphat Akkus (LFP) kommen ohne Kobalt aus.¹³⁶ In einer Lithium-Eisenphosphat Batterie wird ebenso kein Nickel eingesetzt¹³⁷, aber auch kein Mangan. Diese Akkus werden derzeit z.B. von CATL produziert.¹³⁸

¹³⁴ Siehe zu diesem gesamten Absatz: Markus Schönfeld. 10 Fragen zum umstrittenen Rohstoff Kobalt, 28.11.2023, Auto Motor Sport, siehe: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/kobalt-in-lithium-ionen-batterien/> - Zugriffen: 16.06.2024.

¹³⁵ Siehe Batterien in E-Fahrzeugen – Was steckt drin? Jahreszahl aus dem Youtube-Podcast entnommen. Siehe: <https://rue.bmz.de/rue/veroeffentlichungen/batterierohstoffe-uebersicht-78850>

¹³⁶ Siehe zu diesem gesamten Absatz: Markus Schönfeld. 10 Fragen zum umstrittenen Rohstoff Kobalt, 28.11.2023, Auto Motor Sport, siehe: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/kobalt-in-lithium-ionen-batterien/> - Zugriffen: 16.06.2024.

¹³⁷ S. 3, Michael Szurli, Jürgen Vasters. Die Bedeutung Indonesiens für den globalen Nickelmarkt, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Commodity TopNews 71, Februar 2024, siehe: https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/71_Nickel_Indonesien.pdf?__blob=publicationFile – Zugriffen: 13.06.2024.

¹³⁸ Siehe ENBW Blog LFP-Akkus für E-Autos, Vor- und Nachteile im Überblick, 23. Oktober 2023: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/lfp-akkus-fuer-e-autos-vor-und-nachteile-im-ueberblick/> - Zugriffen: 04.07.2024. Dort wird folgendes berichtet: „Fast jeder zweite Tesla wird bereits mit LFP-Akkus ausgeliefert. Ansonsten ist die Liste an Herstellern, die die Technologie einsetzen, noch recht kurz: BYD: Seal, Atto 3, Han, TANG Tesla: Model 3 Hinterradantrieb, Model Y Hinterradantrieb MG: MG4 Standard, ZS EV Standard, MG5 Electric Standard ORA: ORA Funky Cat 48 kWh Ein Grund, dass sich LFP-Akkus im Westen bislang noch nicht durchgesetzt haben, ist, dass Autofahrer in den USA und Europa in der Regel größere Fahrzeuge mit einer größeren Reichweite bevorzugen. Da LFP-Akkus eine geringere Energiedichte haben als Lithium-Ionen-Akkus (dazu später mehr), müssten entsprechend mehr Zellen verbaut werden, was sich wiederum negativ auf Größe und Gewicht der E-Autos und damit auch auf die Reichweite auswirken würde. Zu den Vorteilen von LFP-Akkus zählen: - Preis-Leistung: LFP-Akkus bieten eine geeignete Speicherkraft zu geringen Kosten, da sie ohne die teuren Schwermetalle Nickel, Mangan und Kobalt (NMC) auskommen. LFP-Akkus könnten langfristig die bislang im Einsatz befindlichen NMC-Akkus ersetzen. - Fortschritt in Sachen Umweltfreundlichkeit: Durch den Verzicht auf hochgiftige Schwermetalle sind LFP-Akkus umweltschonender. Zudem können fast alle Metalle im LFP-Akku sowie große Teile der Elektrodenmaterialien recycelt werden. - Lange Lebensdauer: Ein LFP-Akku kann 10 bis 20 Jahre halten. In einem Langzeittest verfügte ein LFP-Akku nach 28.000 Ladezyklen noch immer über 65 Prozent seiner ursprünglichen Kapazität. Zum Vergleich: Modernen Lithium-Ionen-Akkus schaffen grundsätzlich bis zu 1.000 komplette Ladezyklen, also die Aufladung des Akkus von null auf 100 Prozent, bevor die Kapazität unter 80 Prozent sinkt. In der Praxis haben aber auch diese Akkus eine wesentlich längere Haltbarkeit, weil sie in der Regel nicht komplett leer gefahren und im Anschluss auf 100 Prozent geladen werden. - Sicherheit: Die LFP-Elektrode ist feuerfest, wodurch das Risiko einer Entzündung durch Überladung, hohe Temperaturen oder Kurzschlüsse deutlich reduziert wird. Den Vorteilen von LFP-Akkus stehen spezifische Nachteile gegenüber, wie zum Beispiel: - Geringere Energiedichte: LFP-Akkus haben eine geringere Energiedichte im Vergleich zu herkömmlichen Lithium-Ionen-Akkus. Während herkömmliche Akkus rund 180 Wattstunden pro Kilogramm erreichen, schaffen LFP-Akkus nur 90 bis 110 Wattstunden pro Kilogramm. Um dieselbe Leistung wie herkömmliche Akkus zu erreichen, benötigt man bei LFP-Akkus entsprechend mehr Zellen. Dies führt zu einem Anstieg in Größe und Gewicht, was insbesondere bei Elektroautos die Reichweite beeinträchtigen kann.“ Siehe:

Nickel-Mangan-Cobalt Batterien (NMC) sind einige Zeit wegen ihrer hohen Energiedichte führend gewesen. Dies hat sich aber zum Nachteil entwickelt, weil dadurch schwerer Feuerschutz um die Akkupacks gebaut werden muss. Wenn man einen Nagel in eine NMC Batterie treibt, gibt es eine kleine Explosion und sie beginnt sofort und lange zu brennen. Die Lithium-Eisen-Phosphat Akkus (LFP) reagiert dagegen überhaupt nicht und der Platz für den schweren Feuerschutz kann durch Akkus ausgefüllt werden, wodurch der Akku insgesamt wieder an die Leistung von NMC Batterien heranreicht, wenigstens für normale Autos, für Sportwagen wird weiter die Leistungsfähigkeit von Nickel-Mangan-Cobalt Batterien NMC Akkus benötigt.¹³⁹

Kobalt ist ein Beiprodukt von Kupfer und Nickel und es ist teuer es separat zu fördern. Leichter zu fördern ist es im Kongo, wo die Hälfte der bekannten Reserven liegen und wo derzeit 74 % des Kobalts abgebaut wird und oft wird es in China weiterverarbeitet. Die Produktion beträgt 2023 130.000 Tonnen, die leicht verfügbaren Reserven 11 Mill. Tonnen. Die weltweiten Bestände auf dem Festland werden auf 25 Mill. Tonnen geschätzt, auf dem Meeresboden gibt es ca. 120 Mill. Tonnen.¹⁴⁰

Bierdeckelrechnung Kobalt: Bei 5 kg pro Auto, sind es 200 Autos pro 1 Tonne Kobalt, bei einem Preis von 74.000 Euro pro Tonne Kobalt¹⁴¹, sind dies 370 Euro nur für das Kobalt im Akku. Mit 130.000 t können * 200 = 26 Mill. Autos jährlich hergestellt werden, da aber Kobalt in vielen kleinen Akkus verwendet wird, wird sicher nicht die ganze Kobaltmenge für E-Autos zur Verfügung stehen (35 % schätzt man für Consumer Electronics¹⁴²). Pi mal Daumen mit jährlich 50.000 Tonnen Kobalt gerechnet, die für Akkus zu Verfügung stehen. 50.000 Tonnen Kobalt * 200 Autos pro 1 Tonne Kobalt, das sind immerhin noch 10 Mill. Autos im Jahr. 25.000.000 Tonnen Kobalt, die weltweiten Bestände auf dem Festland * 200 = 5 Mrd. Autos. Die Weltreserven von Kobalt würde also ausreichen, aber es ist sicher Gut, dass es Akkus ohne Kobalt gibt. In Bälde wird dennoch ein Mangel an Kobalt befürchtet, diese Info stammt allerdings noch aus dem Jahr 2017, als es noch nicht so viele Alternativen gab.¹⁴³

Siehe zu den Umweltfolgen und Arbeitsbedingungen um Rohstoffbereich die Fußnote.¹⁴⁴

<https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/lfp-akkus-fuer-e-autos-vor-und-nachteile-im-ueberblick/>
- Zugriffen: 04.07.2024.

¹³⁹ So Sieren 2021: 104.

¹⁴⁰ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 63

¹⁴¹ Markus Schönfeld. 10 Fragen zum umstrittenen Rohstoff Kobalt, 28.11.2023, Auto Motor Sport, siehe: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/kobalt-in-lithium-ionen-batterien/> - Zugriffen: 16.06.2024.

¹⁴² Markus Schönfeld. 10 Fragen zum umstrittenen Rohstoff Kobalt, 28.11.2023, Auto Motor Sport, siehe: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/kobalt-in-lithium-ionen-batterien/> - Zugriffen: 16.06.2024.

¹⁴³ Zitat Wirtschaftswoche, Bremsen Rohstoff Engpässe das Elektroauto aus, Stefan Hajek, 15.11.2017: "Die globale Jahresproduktion an Kobalt liegt bei gerade mal 124.000 Tonnen. „Selbst mit der heute fortschrittlichsten Technologie braucht man 400.000 Tonnen reines Kobalt für 30 Millionen Batterieautos mit 90-kWh-Akku“, sagt Hartmann F. Leube, Senior Vice President bei BASF, einem der größten Hersteller von Kathodenmaterial. Die aktuelle Kobalt-Jahresproduktion reicht also nicht einmal für halb so viele Autos, wie die Industrie sie schon bald jedes Jahr bauen will – es sei denn, sie machte Abstriche bei der Reichweite und baute kleinere Akkus." Quelle: <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/lithium-und-kobalt-nach-dramatischer-ist-die-lage-bei-kobalt/20560144-3.html> - Zugriffen: 06.09.2023.

¹⁴⁴ Siehe: <https://www.planet-wissen.de/technik/verkehr/elektromobilitaet/elektromobilitaet-rohstoffe-100.html> - Zugriffen: 06.09.2023.

Es gibt zahlreiche Initiativen, die versuchen die problematischen Bedingungen beim Rohstoffabbau zu verbessern, etwa die Responsible Mineral Initiative (RMI)¹⁴⁵ und die Responsible Cobalt Initiative (RCI)¹⁴⁶, European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)¹⁴⁷, die Global Batterie Alliance (GBA)¹⁴⁸, Woman's Rights & Mining (WRM)¹⁴⁹ und International Woman in Mining (IWIM).¹⁵⁰

Mangan. Bei Mangan liegt die Weltproduktion bei 20.000 Tonnen, die Reserven bei 1.900.000 Tonnen. Dies reicht bei der heutigen Produktion 95 Jahre. Südafrika verfügt über 70 % der Manganressourcen.¹⁵¹ Wenn ein Auto Akku für 10 kg Mangan enthalten würde, würden für 1 Tonne Mangan 100 E-Autos fahren können. Bei 20.000 Tonnen Jahresproduktion reicht dies * 100 nur für 2.000.000 E-Autos bzw. 2 Mill. E-Autos. Die Lithium-Mangan-Cobalt Akkus LMC werden aber offenbar nur noch für Sportwagen benutzt.

Wie schnell sich die Batterietechnologie derzeit entwickelt, zeigt der Geely Zeeker 001, der in 15 Minuten 500 km Reichweite laden kann mit einer Lithium-Eisenphosphat Batterie (LFP).¹⁵²

Bei den Natrium-Ionen-Akkus (Englisch: Sodium-Ionen-Battery SIB) wird ebenfalls kein Lithium eingesetzt, neben dem Natrium befindet sich in der Kathode etwa Eisen, Phosphor und Sauerstoff, zusammen: Eisenphosphat, oder weitere Konfigurationen, die Anode besteht aus Hartkohlenstoff, siehe ChatGPT Natrium Ionen Akkus. Hergestellt werden diese etwa von CATL und Hina (China), in Schweden von Altris (arbeitet am Aufbau einer Anlage für Kathoden auf Natriumbasis), in den USA das Start Up Natron Energie, dass beim Akkuspezialisten Clarios einen Produktionslinie für Natriumakkus einbaut.¹⁵³ Ebenso baut diese Akkus Faradion.¹⁵⁴ Natrium ist Salz und davon ist auf der Erde viel verfügbar. Die Elektroden brauchen auch kein Cobalt oder Nickel. BYD hat ein erstes Auto, den Seagull, mit einem Natrium-Ionen-Akku vorgestellt (auf der Automesse in Shanghai 2023). Dieses Auto soll eine Reichweite von 300 km haben, real wird dies deutlich weniger sein, es geht hier somit um geringere Reichweiten.¹⁵⁵ Die Natrium-Ionen-Akkus müssen aber noch verbessert werden, der Hauptnachteil ist die bisher geringere Energiedichte, sie sind auch größer als Lithium-Ionen-Batterien.¹⁵⁶ Siehe für Details dieses Video.¹⁵⁷ Natrium-Ionen-Akkus sind auch als Hauspeicher für Solaranlagen etc. im Gespräch. Siehe etwa den österreichischen Anbieter, der dies in der Zukunft anbieten will: Kite Rise.¹⁵⁸

Nickel ist ein weiterer Rohstoff, der als Material für die Kathoden gebraucht wird, etwa für die Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid Kathoden (NMC) (siehe ChatGTP). Es scheint so zu sein, dass in den Batterien

¹⁴⁵ Siehe: <https://www.responsiblemineralsinitiative.org/>

¹⁴⁶ Siehe: <https://www.responsiblebusiness.org/news/rmi-rci/>

¹⁴⁷ Siehe: <https://europeanpartnership-responsibleminerals.eu/>

¹⁴⁸ Siehe: <https://www.globalbattery.org/>

¹⁴⁹ Siehe: <https://womenandmining.org/>

¹⁵⁰ Siehe: <https://internationalwim.org/>

¹⁵¹ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 117.

¹⁵² Siehe: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/zeekr/zeekr-001/> -

Zugegriffen: 16.12.2023.

¹⁵³ Quelle: <https://www.derstandard.de/story/2000145622349/was-natrium-ionen-akkus-so-interessant-macht>

- Zugegriffen: 18.06.2023.

¹⁵⁴ Siehe: <https://faradion.co.uk/>

¹⁵⁵ Quelle: <https://www.derstandard.de/story/2000145622349/was-natrium-ionen-akkus-so-interessant-macht>

- Zugegriffen: 18.06.2023.

¹⁵⁶ Quelle: <https://www.bam.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Energie/artikel-natrium-batterien.html> -

Zugegriffen: 18.06.2023.

¹⁵⁷ Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=NvUI3bZEqBs> - Zugegriffen: 18.06.2023.

¹⁵⁸ Quelle: <https://www.kiterise.at/> - Zugegriffen: 18.06.2023.

teils größere Mengen Nickel enthalten sind (jedenfalls deutlich größere Mengen als Lithium), um die Energiedichte zu erhöhen¹⁵⁹, dazu kommt, dass Nickel 30 bis 40 % der Batteriekosten ausmacht.¹⁶⁰ Die weltweiten Nickelreserven werden auf 350 Mill. Tonnen geschätzt, 2023 werden 3,6 Mill. Tonnen jährlich gefördert¹⁶¹, damit reichen die weltweiten Reserven noch 97,2 Jahre. Indonesien hält 55 Mill., Australien 24 Mill. Russland 8,3 Mill., Neukaledonien 7,1 Mill. und die Philippinen 4,4 Mill. Tonnen Reserven.¹⁶² Die Nickelförderung beträgt 2022 weltweit 3,2 Mill. Tonnen, davon kommt Indonesien auf 49,3 %, Philippinen auf 11,2 %, Russland auf 6,9 %, Neukaledonien auf 6,2 % und Australien auf 4,9 %, soweit mal die wichtigeren Förderländer. Da Nickel Kobalt enthält, ist Indonesien auch zu einen großen Kobalthersteller aufgestiegen, direkt nach der DR Kongo.¹⁶³

Nickelproduktion (jährlich) 2023: Australien 160.000 Tonnen, Kanada 180.000 Tonnen, Indonesien 1.800.000 Tonnen, Philippinen 400.000 Tonnen, Russland 200.000 Tonnen sind große Nickelproduzenten. Die weltweiten Nickelreserven werden auf über 130 Mill. Tonnen geschätzt, möglicherweise sogar mehr als 350 Mill. Tonnen.¹⁶⁴

Geht man einmal, bei höheren Energiedichten, pi mal Daumen, von 20 kg Nickel pro Auto aus, dann reichen 1 Tonne Nickel ($1000 / 20 = 50$) für 50 Autos. Bei einer jährlichen Förderung von 3,6 Mill. Tonnen Nickel könnten, $3,6 \text{ Mill.} * 50 = 180.000.000$, also 180 Millionen E-Autos jährlich gebaut werden. Das ist viel, in 25 Jahren können hier 4,5 Milliarden Autos gebaut werden. Die weltweiten Reserven würden also locker reichen, um alle Autos in E-Autos zu verwandeln. Hier wird wieder zur Vereinfachung davon ausgegangen, dass der Nickel nicht für Edelstahl oder andere Speicher verwandt wird und Lkw-Akkus, Bahnakkus, Flugzeug-Akkus etc. werden nicht eingerechnet.

Derzeit wird Silizium als Anodenmaterial anstatt von Graphit erforscht, Silizium kann mehr Lithium anlagern, es kann dadurch mehr speichern, es dehnt sich dadurch aber aus. Dieses Problem wird derzeit in der Forschung angegangen. Derzeit wird schon Silizium im Graphit beigemischt, allerdings in einzelliger Prozentsatz.¹⁶⁵ Dies wird z.B. von der Firma NorcSi erforscht.¹⁶⁶

BASF wollte in Finnland russisches Nickel weiterverarbeiten, aber ohne dass dabei entstehende Natriumsulfat in einem Crystallizer umweltfreundlich weiterzubearbeiten. BASF wollte das Natriumsulfat in die Ostsee leiten. Nun will es doch einen Crystallizer bauen, aber das Mißtrauen ist nun da und es gibt Gerichtsentscheidungen gegen dieses Investitionsprojekt. Nun fehlt aber im brandenburgischen Schwarzheide dieses Vorprodukt, dass dort eigentlich zu Kathodenmaterial weiterverarbeitet werden sollte. In Schwarzheide soll auch eine Recyclinganlage für Altbatterien aufgebaut werden. Das Werk in Schwarzheide wurde mit 175 Mill. Euro staatlich gefördert. BASF will in Indonesien 😊 ein Vorproduktewerk auf jeden Fall aufbauen.¹⁶⁷

¹⁵⁹ Hier keine Fussnote, aufgeschnappt in einem Geladen Batteriepodcast, den ich im Moment nicht mehr finde.

¹⁶⁰ Bernd Freytag. BASF-Batteriefabrik auf der Kippe. FAZ, 11.04.2024.

¹⁶¹ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 124-125.

¹⁶² USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 124-125.

¹⁶³ S. 3-6, Michael Szurlies, Jürgen Vasters. Die Bedeutung Indonesiens für den globalen Nickelmarkt,

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Commodity TopNews 71, Februar 2024, siehe:

https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/71_Nickel_Indonesien.pdf?blob=publicationFile – Zugegriffen: 13.06.2024.

¹⁶⁴ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 125.

¹⁶⁵ Siehe Silizium: 10x mehr Kapazität als Graphit? Dr. Marcel Neubert (NorcSi), Geladen Batteriepodcast, 23.06.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=aub0w-prNj8> – Zugegriffen: 25.06.2024.

¹⁶⁶ Siehe die Dresdner Firma: <https://norcsi.net/de/norcsi/>

¹⁶⁷ Zu diesem gesamten Abschnitt siehe: Bernd Freytag. BASF-Batteriefabrik auf der Kippe. FAZ, 11.04.2024.

Silizium ist auf der Erde in sehr großen Mengen vorhanden. Das Silizium für Batterien muss nicht in derselben Reinheit wie für die Chipproduktion verwendet werden.¹⁶⁸

Ebenso wird Graphit benötigt, hier gibt es etwa zwei chinesische Firmen ShanShan, das Ende 2023 ein Werk in Finnland aufbaute, das 100.000 Tonnen Grafit herstellen kann und Jianxi Zichen Technology, das hochwertiges Grafit und Siliziummaterialien herstellen kann, siehe diese gute Fraunhofer Übersicht vom 13.03.2025.¹⁶⁹

Bei Kathodenmaterial sind die chinesischen Unternehmen Hunan Yuneng mit 9 % am Weltmarkt führend, mit einer Produktionskapazität von 893.000 Tonnen LFP bis 2025, sowie Dynanonic und XTC New Energy Materials. Bei Elektrolytmaterial sind Shenzhen Capchem, Tinci, Kaixin und Guotai-Huarong führend. Bei Separatoren dominieren Firmen wie Shanghai Energy New Materials, aber auch Asahi aus Japan und SKIET aus Südkorea, siehe dazu ebenso die Fraunhofer Übersicht vom 13.03.2025.¹⁷⁰

Die Frage, wie viel E-Autos mit den jährlich produzierten Rohstoffen gebaut werden können, ist also nicht leicht zu beantworten, weil man dann die % Anteile der unterschiedlichen Typen der Akkus kennen müsste, die in einem Jahr verbaut worden sind und die genaue Zellchemie bzw. die kg-Werte der dort jeweils verbauten Rohstoffe.

Diese Frage kann gerne jemand an ChatGPT stellen.

Ich gehe diese Frage anders an, und sehe mir an, wie viel E-Autos faktisch produziert worden sind, dafür waren jedenfalls genug Rohstoffe da 😊

Elektroautos gab es 2022 ca. 27,7 Millionen, 10 Mill. mehr als im Vorjahr. Von den 27,7 Mill. waren 14,6 Mill. in China unterwegs.¹⁷¹

Im Jahr 2022 wurden 10 Mill. Elektroautos verkauft, darunter fallen aber auch Hybridfahrzeuge, reine Elektrofahrzeuge waren davon 73 % also ca. 7,3 Mill. Davon hat Tesla 1,3 Mill. produziert (Modell Y und Modell 3), BYD 1,8 Mill. davon aber auch Hybride, VW liegt auf Platz 3 mit 575.000 Elektroautos. Dies sind hohe Zahlen, zum Vergleich hat Mercedes insgesamt 2,04 Mill. Pkw 2022 ausgeliefert.¹⁷² In Deutschland liegt VW mit 41.475 Erstzulassungen knapp vor Tesla.¹⁷³ In Deutschland wurden 2023

¹⁶⁸ Siehe Silizium: 10x mehr Kapazität als Graphit? Dr. Marcel Neubert (NorcSi), Geladen Batteriepodcast, 23.06.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=aub0w-prNj8> – Zugegriffen: 25.06.2024.

¹⁶⁹ Siehe Fraunhofer Blog, Umkämpfter Markt für Batterie-Materialien: Marktführer, Technologien und Kosten in der Analyse, von Gökay Sirma und Tim Wicke / 13. März 2025, siehe: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/batterie-materialien-kosten-technologien-markt-fuehrer.html> - Zugegriffen: 01.07.2025.

¹⁷⁰ Siehe Fraunhofer Blog, Umkämpfter Markt für Batterie-Materialien: Marktführer, Technologien und Kosten in der Analyse, von Gökay Sirma und Tim Wicke / 13. März 2025, siehe: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/batterie-materialien-kosten-technologien-markt-fuehrer.html> - Zugegriffen: 01.07.2025.

¹⁷¹ Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168350/umfrage/bestandsentwicklung-von-elektrofahrzeugen/> - Zugegriffen: 06.09.2023.

¹⁷² Quelle: <https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/elektroautos-verkaufszahlen-neuzulassungen-weltweit-2022/> - Zugegriffen: 06.09.2023. Zahlen für VW aus: <https://ecomento.de/2023/01/12/volkswagen-konzern-uebergibt-2022-572-100-elektroautos-an-kunden-26/> - Zugegriffen: 06.09.2023.

¹⁷³ Siehe: https://www.zeit.de/wirtschaft/2023-08/elektroauto-vw-tesla?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.de%2F - Zugegriffen: 06.09.2023.

von Januar bis Juli 1,64 Mill. Autos neu zugelassen, davon 268.926 Elektroautos, dies sind 16 %.¹⁷⁴ Im Jahr 2023 wurden noch 524.219 erreicht.¹⁷⁵

Im Jahr 2024 wurden weltweit 14,5 Mill. Elektroautos neu zugelassen (Google KI), in Deutschland lagen die Neuzulassungen im Jahr 2024 bei 380.609, so der ADAC, als ein Grund für den Rückgang seit 2023 wird vom ADAC die Ende 2023 ausgelaufene Kaufprämie genannt.¹⁷⁶

Nimmt man ID.3, ID.4, ID.5 und ID.7 zusammen führt VW die Neuzulassungsstatistik an, vor BMW, dann folgt Tesla, Mercedes, Skoda, Auto, Seat, sodann Hyundai.¹⁷⁷ VW ist ganz klar auf einem Aufwärtstrend, im Jahr 2025 wird sich dies fortsetzen, hier hat VW auch massiv auf Leasingangebote gesetzt, auch für Mitarbeiter bestimmter Firmen, derzeit wird etwa der ID.7 gut verkauft.

VW Infos: VW hatte 2023 im sächsischen Zwickau statt 360.000 nur 240.000 Elektroautos produziert, deshalb werden für 1000 bis 1200 Mitarbeiter die Verträge bis 2025 unsicher, einige befristete Verträge seien schon ausgelaufen.¹⁷⁸ VW befindet sich in einem schwierigen Umbau. Oliver Blume ist seit dem 1. September 2022 Vorstandsvorsitzender.¹⁷⁹ Er spart und verlangsamt die Elektrostrategie. Ebenfalls werden, wie bei Porsche, weiter Verbrennerfahrzeuge produziert. Die vollelektrische Limousine Trinity, deren Markteintritt für 2026 geplant war, wird nun erst in den 2030er Jahren produziert, auch ein Entwicklungszentrum für eine neue Softwareplattform für Trinity für 800 Mill. Euro wurde gestrichen. VW musste auch erkennen, dass autonomes Fahren viel schwieriger war als gedacht. Nun wird in den USA mit Rivian zusammengearbeitet und in China mit Xpeng.¹⁸⁰ Vor Trinity soll nun 2026 eine neue Version des ID.4 und ein E-Golf kommen. Durch die Verschiebung des Trinity soll auch die Software Tochter Cariad entlastet werden, damit diese endlich die Software Probleme bei VW ganz lösen kann.¹⁸¹

Ford Infos: Bei Ford in Köln sollen 2900 Stellen von 12.000 Stellen abgebaut werden, als Grund wird ein schleppender E-Auto Verkauf genannt, insgesamt will Ford in Europa bis 2027 28.000 Stellen abbauen um zu sparen. Das Werk im Saarland mit 3000 Mitarbeiter wird geschlossen, dies steht schon fest. Berichtet wird, dass diese Pläne schon vorher gemacht wurden, bevor überhaupt die Zahlen für die Elektroauto Verkäufe vorlagen.¹⁸²

Die Autozulieferer wollen wegen den E-Autos Stellen streichen: Bosch 7000, Continental 7200, ZF 1800 in Saarbrücken. Renault hat in Frankreich von 155.000 die Stellen auf 105.000 reduziert (ohne Russland). Auch Stellantis (ehemals Opel) hat viele Stellen abgebaut.¹⁸³

Deutschland kann es gelingen, den privaten Personenverkehr auf Elektroautos umzustellen, dafür müssten aber die Preise für die Autos und möglichst auch das Preis für den Strom absinken, damit es sich so richtig lohnt. Der Staat kann uns die Autos nicht schenken. Würde man die 48,8 Mill. Autos in

¹⁷⁴ Siehe: https://www.zeit.de/wirtschaft/2023-08/elektroauto-vw-tesla?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.de%2F - Zugegriffen: 06.09.2023.

¹⁷⁵ Siehe: <https://www.adac.de/news/auto-bilanz-e-autos-2024/> - Zugegriffen: 30.06.2025.

¹⁷⁶ Siehe: <https://www.adac.de/news/auto-bilanz-e-autos-2024/> - Zugegriffen: 30.06.2025.

¹⁷⁷ Siehe: <https://www.adac.de/news/auto-bilanz-e-autos-2024/> - Zugegriffen: 30.06.2025.

¹⁷⁸ Julia Löhr. Grün ist nur noch die Hoffnung. FAZ, 03.07.2024.

¹⁷⁹ Wikipedia Oliver Blume: [https://de.wikipedia.org/wiki/Oliver_Blume_\(Manager\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Oliver_Blume_(Manager)) – Zugegriffen: 17.08.2024.

¹⁸⁰ Sven Astheimer. Schweres VW-Erbe. FAZ, 14.08.2024.

¹⁸¹ VW verschiebt Trinity Modell. FAZ, 14.08.2024.

¹⁸² Ford Betriebsrat: 'Sterben auf Raten'. FAZ, 27.11.2024.

¹⁸³ Autozulieferer in Not. FAZ, 01.11.2024.

Deutschland¹⁸⁴ als E-Autos subventionieren, wären dies 15.000 Euro * 48.800.000 = 720 Mrd. Euro. Sehr teuer!

Bald gibt es aber auch günstigere Elektroautos. In China hat das chinesisch-amerikanische Joint Venture SAIC GM Wuling (SGMW) im Jahr 2020 den Hongguang Mini EV herausgebracht, Spitzengeschwindigkeit 100 km/h, Reichweite von 170 km, Preis zwischen 3500 und 4800 Euro. Wird dieser Wagen in ländlichen Gebieten verkauft, erhalten die Hersteller einen Zuschuss von 1000 Euro und müssen dafür das Auto mit einem Nachlass von 244 bis 611 Euro gewähren.¹⁸⁵ Stand Februar 2023 wurde der Hongguang 1,1 Mill. mal verkauft, das bestverkaufte Elektroauto in China. Es hat mehrere Nachahmer gefunden, etwa den Chery QQ Ice Cream. In Europa wird er in Litauen aus Teilen zusammengesetzt.¹⁸⁶ Es kostet in Europa als Freze Nikrob zwischen 13.000 und 15.000 Euro und hat einen Lithium-Eisen-Phosphat Akku (LFP).¹⁸⁷ Das Auto wird von jungen Leuten gerne modifiziert.¹⁸⁸ VW will nun ein günstiges Elektroauto für 20.000 Euro auf den Markt bringen, dies wurde für 2027 angekündigt und im Mai 2024 erfolgt der Start der Entwicklung dieses Autos. Zuerst einmal soll ein Modell für unter 25.000 Euro kommen, dies soll 2025 unter dem Namen ID2 All, erfolgen. Stellantis, zu dem Peugeot, Fiat und Opel gehören, will im September 2024 ein Elektroautos des chinesischen Herstellers Leapmotor in Europa vertreiben. BYD will das Automodell Seagull für unter 20.000 Euro vertreiben. Der Dacia Spring des Renault Konzerns wird in China produziert und kostet 19.500 Euro, wenn man schneller laden will als mit einer Haussteckdose. Citroen hat den C3 herausgebracht, mit 44 kWh Batterie, Kostenpunkt: ab 23.290 Euro.¹⁸⁹

Dies ist aber für Leute, die generell gebrauchte Autos kaufen müssen, weil sie nicht so viel Einkommen haben, wie ich selbst, immer noch nicht günstig. Warum wird nicht nur für diese Einkommensgruppe eine Kaufprämie für Elektroautos eingeführt?

Untersuchungen zeigen, dass E-Auto Akkus sehr lange halten, nach 200.000 km sind immer noch 85 % der Akkukapazität erhalten. Mercedes garantiert beim EQS 70 % der Kapazität für 10 Jahre oder 250.000 km. Es wird eine EU Vorschrift erwartet, dass Akkus nach 5 Jahren noch 80 % Speicherkapazität haben müssen, siehe diesen FAZ-Artikel vom 10.06.2025.¹⁹⁰

In China geht es u.a. darum, wie schnell man laden kann. Hier hat sich die Bezeichnung 3C, 4C, 5C durchgesetzt. Die C-Rate beschreibt die Ladegeschwindigkeit im Verhältnis zur Nennkapazität des Akkus. 1C bedeutet die vollständige Ladung in 1 Stunde. 4C die vollständige Ladung in 15 Minuten (60 Minuten / 4 = 15 Minuten). Viele chinesische Akkus können von 5 % bis 80 % Kapazität mit 4C geladen werden, also in 15 Minuten.

Die CATL Pressemitteilung vom 21.04.2025 hat es in sich.¹⁹¹ Hier werden jeweils zwei Batterietypen zusammen in einem Auto verwendet und die jeweiligen Vorteile werden kombiniert (von CATL ‚multi-power era‘ genannt).

¹⁸⁴ Stand 01.01.2023. Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/> - Zugriffen: 13.10.2023. Auch so: Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand#entwicklung-des-kraftfahrzeugbestands> – Zugriffen: 03.11.2023.

¹⁸⁵ Sieren 2021 : 110.

¹⁸⁶ Siehe: https://en.wikipedia.org/wiki/Wuling_Hongguang_Mini_EV - Zugriffen: 26.11.2024.

¹⁸⁷ Siehe: <https://nikrob.at/> - Zugriffen: 26.11.2024.

¹⁸⁸ Siehe: <https://www.youtube.com/watch?v=Zlt7qnRrZ0g> – Zugriffen: 26.11.2024.

¹⁸⁹ Christian Müßgens, Tobias Piller. Autobranche läutet Kampf um günstige E-Autos ein. FAZ, 31.05.2024.

¹⁹⁰ Johannes Winterhagen. Akkus, wollt ihr ewig leben? FAZ, 10.06.2025.

¹⁹¹ CATL. Naxtra Battery Breakthrough & Dual-Power Architecture: CATL Pioneers the Multi-Power Era, 2025-04-21: <https://www.catl.com/en/news/6401.html> - Zugriffen: 30.06.2025.

Die Shenxing Superfast Charging Battery besteht aus einer Lithium-Eisenphosphat LFP Batterie, zweite Generation, kombiniert mit einer weiteren Lithium-Eisenphosphat LFP Batterie, mit einer „self-forming anode battery“, hier wird eine Reichweite von 1000 km erreicht.

Eine Lithium-Eisenphosphat LFP Batterie wird mit einer Nickel-Cobalt-Mangan NCM Batterie kombiniert, und erreicht 1 MW Leistung, sie erreicht bei 20 % Ladezustand noch 600 kW Leistung. In einer Upgrade Version, mit zwei NCM Batterien, eine mit einer „self-forming anode battery“ wird eine Reichweite von 1500 km erreicht. Diese Batterie erreicht 12 C, sie ist also in 5 Minuten von 5 auf 80 % ($60 / 12 = 5$)

Interessant ist aber auch die Naxtra Batterie, dies ist eine Kombination einer Natrium-Ionen-Batterie Sodium Ion Battery SIB und einer Lithium Eisenphosphat Batterie Lithium Ferrumphosphate LFP Batterie, wobei die Natrium-Ionen-Batterie gute Kaltstarteigenschaften hat, hier wird eine Energiedicht von 175 Wh/kg angegeben, 500 km Reichweite und 10.000 Ladezyklen. Von dieser Naxtra Batterie wird auch eine Start-Stop Batterie für LKW produziert.

Kein Wunder, dass CATL in Hongkong im Mai 2025 4 Mrd. US\$ bei einem Börsengang einnehmen konnte.¹⁹² CATL hatte 2023 einen Marktanteil von ca. 30 %, BYD 16 % und LG 14,5 %, danach folgen einstellig: Panasonic, SK On, Calb, Samsung SDI.¹⁹³

Dies gilt nicht nur für die Technologie, sondern auch für Ideen für die Anwendung: VW entwickelt seine Batterien selbst, und bietet nun mit der Firma Actrada auch an, dass die E-Auto Batterien für andere Zwecke als Speicher eingesetzt werden können, etwa fürs Camping oder für die Speicherung von Solarstrom.¹⁹⁴

Natrium-Ionen-Akkus sind in der Diskussion. Befürchtet wird, dass Deutschland diesen Trend verschläft. Die Litona GmbH verkauft etwa Kathoden für Natrium-Ionen-Batterien und es gibt viel Forschung in Deutschland. Etwa das Karlsruher Institut für Technologie oder die Fraunhofer Einrichtung Forschungsfertigung Batterie zelle. Dies wird diskutiert in einem Geladen Batteriepodcast auf Youtube.¹⁹⁵ Einen ausführlichen Umfeldbericht zum Thema Natrium-Ionen-Batterien, mitsamt einer Patentanalyse, hat die Fraunhofer Forschungsfertigung Batterie zelle FFB vorlegt.¹⁹⁶

Es gibt auch Zinkbatterien, die werden gerade mit einem fluorhaltigen Polymerfilm an der Zinkanode verbessert, an der sich sonst Dendriten bilden. Er ist aber von der Marktreife noch entfernt, siehe aber die Firma Zinc Five¹⁹⁷, die aber selbst sagt, dass sie nur eine Marktnische beliefert.¹⁹⁸

Antisubventionszölle auf chinesische E-Autos (oder auch: ‚Strafzölle‘). Der VDA und der Autopapst Dudenhöffer hatte sich noch einmal dagegen gewandt.¹⁹⁹ Nun sind vorläufige Antisubventionszölle da, sie betragen 17,4 % für BYD, 20 % für Geely und der Höchstwert von 38,1 % für SAIC. Alle

¹⁹² CATL glückt bislang größter Börsengang des Jahres. FAZ, 21.05.2025.

¹⁹³ Siehe: <https://battery-news.de/2024/06/14/wie-europa-im-rennen-um-die-batteriezellproduktion-vorankommt/> - Zugriffen: 01.07.2025.

¹⁹⁴ Siehe: <https://www.actrada.de/>

¹⁹⁵ Siehe Youtube Natrium-Ionen-Akkus: Produktion in Deutschland – Dr. Florian Degen & Sebastian Büchele, 07.04.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=6uAC4xElPvc&t=62s> – Zugriffen: 10.04.2024.

¹⁹⁶ Siehe: <https://www.ffb.fraunhofer.de/de/news/Pressemitteilungen/Umfeldbericht-Natrium-Ionen-Batterien.html> - Zugriffen: 10.04.2024.

¹⁹⁷ Siehe: <https://zincfive.com/>

¹⁹⁸ Silvia Benetti. Großspeicher gesucht. FAZ, 05.02.2025.

¹⁹⁹ VDA will keine Strafzölle auf E-Autos. FAZ, 14.04.2024. Dudenhöffer warnt vor Autozöllen. FAZ, 10.06.2024.

anderen Unternehmen, auch Tesla und BMW, zahlen Zölle von 21 %. Bislang ist das Joint Venture von VW mit SAIC nicht betroffen, weil es keine Autos in die EU ausführt. Tesla, BMW bzw. alle weiteren Firmen zahlen damit etwas höhere Zölle als BYD und Geely.²⁰⁰ Nun sind die Zölle endgültig eingeführt worden, sie gelten vom 31. Oktober 2024 an für fünf Jahre, Tesla 7,8 %, BYD 17 %, Geely 18,8 %, der Höchstsatz, der für SAIC und andere, nicht kooperierende Unternehmen, gilt, liegt bei 35,3 %. Diese Zölle werden zusätzlich zum sowieso bestehenden 10 % Zoll auf Autos der EU erhoben.²⁰¹ D.h. selbst Tesla liegt bei 10 % plus 7,8 %, das sind 17,8 %.

China subventioniert Elektroautos und damit mittelbar auch Batterien. BYD hat zwischen 2018 und 2022 etwa 3,4 Mrd. Euro direkte staatliche Subventionen erhalten, besonders viel im Jahr 2022, 3,5 % des Umsatzes. Kaufprämien sind 2022 ausgelaufen, es gibt aber eine Erwerbssteuerbefreiung. Geschätzt wird, dass die Anreize im Sinne von Kaufprämien für vier Jahre bis 2022 insgesamt auf 68 Mrd. Euro belaufen haben.²⁰²

Mittelgroße Speicher. Beispiel ist hier die Firma ADS-TEC Energy, die nun an zwei Standorten, in Dresden und Auburn, USA, aktiv ist und an der BOSCH beteiligt ist.²⁰³ Der Charge Post enthält eine bis zu 201 kWh große Batteriekapazität, er kann mit 22 bis 87 kW geladen werden und erlaubt schnelles Laden mit 300 kW.²⁰⁴ Er arbeitet mit Lithium bzw. mit Lithium-NMC Batterien.²⁰⁵ Die ADS-TEC Energy war Gewinner des deutschen Umweltpreises 2024. Sie stellt u.a. Schnellladesysteme für Autos her, die aber einen Batteriespeicher haben. Damit können sie langsam am Netz geladen werden, hier reichen 22 - 87 kW aus dem Netz, dass dazu nicht ausgebaut werden muss und es kann auch dann geladen werden, wenn Strom vorhanden bzw. er billig ist, etwas Mittags mit Solarstrom. Kommt ein Auto, kann es aber mit 300 kW geladen werden. Bei herkömmlichen Ladestationen muss ein 300 kW Stromanschluss da sein, und dann kann man 300 kW laden, da ist ein Anschluss für 1000 Haushalte (pro Haushalt einer normalen Wohnung 3000 W bzw. die Sicherungen halten etwas mehr aus, ich habe es jedenfalls schonmal geschafft, die Sicherung durchbrennen zu lassen, bei einem größeren Haus dürfte es etwas mehr sein). Die ADS-TEC Stationen können gesteuert laden, wenn der Strom billig ist und auch einspeisen bzw. Strom verkaufen, wenn er teuer ist (und wenn gerade kein Auto lädt).

Großbatterien. In der Lausitz sind zwei interessante Speicherlösungen in Nutzung bzw. im Aufbau. Seit Anfang 2021 arbeitet für den Energieversorger LEAG am Kraftwerksstandort Schwarze Pumpe die BigBattery Lausitz, mit einer Kapazität von 53 Megawattstunden, die bis zu 50 MWh zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen zur Verfügung stellen kann.²⁰⁶ Es ist eine Lithium-Ionen-Batterie. Diese

²⁰⁰ Hendrik Kafsack, Gustav Theile, Niklas Zaboji. Brüssel verschärft Zolldrohung. FAZ, 13.06.2024.

²⁰¹ Hendrik Kafsack, Patrick Welter, Tobias Piller. Das neue Zoll-Zeitalter. FAZ, 05.10.2024.

²⁰² Bickenbach, Frank et al. Foulspiel? Zu Höhe und Umfang der Industriesubventionen in China. Kiel Policy Brief, Nr. 173, April 2024. S. 15-16. Siehe: <https://www.ifw-kiel.de/de/publikationen/foulspiel-zu-hoehe-und-umfang-der-industriesubventionen-in-china-32739/> - Zugriffen: 25.06.2024.

²⁰³ Siehe: <https://www.ads-tec-energy.com/de/unternehmen>

²⁰⁴ Siehe Datenblatt: <https://www.ads-tec-energy.com/de/produkte/charging/all-in-one> - Zugriffen: 28.10.2024.

²⁰⁵ Siehe: <https://www.ads-tec-energy.com/de/produkte/charging/all-in-one> - siehe auch Datenblatt Speicher: <https://www.ads-tec-energy.com/de/produkte/speicher/innen> - Zugriffen: 28.10.2024.

²⁰⁶ Zitat: „Auf einer Fläche von 110 mal 62 Meter, welche etwa der Größe eines Fußballfeldes entspricht, wurden 13 Batteriecontainer errichtet. In den 13 dazugehörigen Umrückercontainern erfolgt die Umwandlung zwischen Gleichspannung der Batterien und Wechselspannung für das Stromnetz. Weitere Bestandteile sind der Blocktransformator und die dazugehörigen Schaltanlagen. Insgesamt sind 8840 Batteriemodule in der BigBattery aktiv. Je nach Situation im Stromnetz oder an den Strommärkten können die Batterien be- oder entladen werden. Gespeichert wird in ihnen der Strommix aus konventionellen und erneuerbaren Energieträgern.“ Entnommen aus: <https://www.leag.de/de/news/details/bigbattery-lausitz-arbeitet-im-dauerbetrieb/> - Zugriffen: 27.11.2024.

Batteriesorte hat den Vorteil, dass sie auf dem Markt verfügbar ist, auch in dieser Größe. Am Standort Boxberg wird im Jahr 2024 eine weitere Batterie in Betrieb genommen, mit 137 MWh Speicherkapazität. Für die zweite Hälfte der 2020er Jahre soll mehr als 1000 MWh Speicherkapazität aufgebaut werden. Dazu wird zuerst einmal von der Firma ESS²⁰⁷ eine Eisen-Redox-Flow Batterie aufgebaut. Dies ist eine weitere neue Batterieform, die eine Membran, Pumpen und eine komplexere Steuerung benötigt²⁰⁸, mit 500 MWh Speicherkapazität. Von diesem Speicher kann man auch 50 MWh abrufen, und damit 200.000 Einfamilienhäuser für 10 Stunden mit Energie versorgen. Vorteil der Eisen-Redox-Flow Batterie ist, dass dort kein Lithium gebraucht wird, sondern nur Eisen, Salzwasser und Vanadium (und gewisse andere Typen). Sie haben in 20 bis 25 Jahren unlimitierte Ladezyklen.²⁰⁹ Redox-Flow-Batterien sind gut einsetzbar für einen Bedarf, wenn lange Zeit geladen werden kann und lange Zeit abgerufen soll. Siehe zu diesem Projekt, das europaweit das erste so große Projekt sei: Geladen Batteriepodcast.²¹⁰

E-Lastwagen, E-Busse, E-Baufahrzeuge

E-Lastwagen. In Deutschland sind, siehe diesen FAZ Artikel²¹¹, 2023 100 Wasserstoff Trucks zugelassen worden, aber 79.000 E-Lastwagen bzw. Transporter, die auf der Kurzstrecke eingesetzt werden. Für Ende 2024 soll es ein erstes Langstreckenangebot geben, der Mercedes-Benz E Actros 600, mit dem eine Reichweite von 500 Kilometer angestrebt wird. Der Akku wiegt 4,5 Tonnen. Es wird berichtet, dass die EU offenbar geplant hat, dass bis 2030 an den Haupttrouten alle 60 km Ladestationen mit 3600 kW Leistung stehen sollen, zum Aufladen von Lkw, alle 200 Kilometer soll es Tankstellen für Wasserstoff Lkw geben. Derzeit lädt der Lkw mit 400 kW, angestrebt ist das Megawatt-Charging mit 1000 kW. Derzeit sind Prototypen unterwegs, die an öffentlichen Ladestationen laden. Bis 2025 entfällt die Maut, danach gibt es reduzierte Sätze. Der Verbrauch liegt bei 120 kWh. Der Akku ist ein Lithium-Eisen-Phosphat-Akku (LFP-Akku)²¹², der ohne Nickel, Mangan und Kobalt auskommt, wahrscheinlich von CATL, die neben China mittlerweile auch in Thüringen und Ungarn Fabriken haben.²¹³ Im Juni 2024 gab es schätzungsweise 800.000 Lkw in Deutschland, davon sind 528 Fahrzeuge von der Mautgebühr und einer zusätzlichen CO₂ Abgabe befreit.²¹⁴ Es gab eine Förderung der Anschaffung von E-Lkw, bis zu 80 % der Kosten, die aber nach dem Urteil des BVerfG gestrichen wurde.²¹⁵ Es gibt 7,5 Mrd. reguläre Mautgebühren, im Jahr 2024 werden 7,6 Mrd. zusätzliche CO₂ Abgaben erwartet, die aber nicht in Förderprogramme für E-Lkw umgewandelt würden.²¹⁶ Auf der Nutzfahrzeugmesse IAA Transportation wurden dennoch weitere E-Lkw vorgestellt. Berichtet wird, dass in der Gewichtsklasse 3,5 bis 16 Tonnen immerhin 1792 E-Lkw europaweit zugelassen wurden.²¹⁷

²⁰⁷ Firma ESS: <https://essinc.com/>

²⁰⁸ S. 32, Christoph Henn. Die Energiewende kann nur mit neuen Batterien gelingen. Interview mit Prof. Michael Stelter und Prof. Ulrich S. Schubert. In: Zukunftsfragen. Antworten aus der Mitte Deutschland. Beilage zur FAZ, 03.07.2024.

²⁰⁹ Wikipedia Redox-Flow-Batterie: <https://de.wikipedia.org/wiki/Redox-Flow-Batterie> - Zugriffen: 27.01.2024.

²¹⁰ Geladen Batteriepodcast, 28.01.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=q1V6EwXc-50> – Zugriffen: 27.01.2024.

²¹¹ Siehe zu den Informationen in diesem Abschnitt: Boris Schmidt. Voll beladen und geladen. FAZ, 02.07.2024.

²¹² Siehe zu den Informationen in diesem Abschnitt: Boris Schmidt. Voll beladen und geladen. FAZ, 02.07.2024.

²¹³ Siehe: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/lfp-akkus-fuer-e-autos-vor-und-nachteile-im-ueberblick/> - Zugriffen: 04.07.2024.

²¹⁴ „So können wir nicht Teil der Energiewende sein“. Interview mit Sprecher der Lkw-Transporteure Dirk Engelhardt. FAZ, 14.09.2024.

²¹⁵ „So können wir nicht Teil der Energiewende sein“. Interview mit Sprecher der Lkw-Transporteure Dirk Engelhardt. FAZ, 14.09.2024.

²¹⁶ „So können wir nicht Teil der Energiewende sein“. Interview mit Sprecher der Lkw-Transporteure Dirk Engelhardt. FAZ, 14.09.2024.

²¹⁷ Tobias Piller. Warum Elektrolaster derzeit noch ausgebremst werden. FAZ, 16.09.2024.

Das sind bestimmt die Amazon Lieferwagen. IVECO hat von seinem 2022 vorgestellten Daily 5000 Stück abgesetzt, mit 120 kWh Batterie, die 400 km schafft und in 20 Minuten für weitere 100 km aufgeladen werden kann. Der Schwerlast S-Way soll mit 490 kWh Batterie 400 km Reichweite haben und in 45 Minuten 200 km dazuladen.²¹⁸ Daimler Truck hat einen Auftrag von Amazon bekommen für 200 E-LKW vom Typ E-Actros 600, er soll für den Transport von Waren zwischen Logistikzentren zum Einsatz kommen, Amazon baut an seinen Logistikzentren dafür 360 kW Schnellladestationen auf, um in weniger als 1 Stunde von 20 auf 80 % laden zu können.²¹⁹ Ein Lkw Hersteller für spezielle Lkw ist Designwerk.²²⁰

Neuerdings fährt der Start-up Gründer Tobias Wagner mit einem IVECO S eWay durch Deutschland, im Auftrag der ostfriesischen Spedition Nanno Janssen, er schafft mit 300 kW Ladegeräten 550-600 km. Wenn man die Lenkzeiten einhält und nach spätestens 4,5 Stunden eine Pause von 45 Minuten macht, kann man den Akku von 30 % auf 80 % aufladen. Nur wenn man keine Pause macht, und mit zwei Fahrern unterwegs ist, dann wäre ein 1 MW Ladegerät nötig. Er nutzt 9 mal Tesla Akkupacks von 82 kWh, insgesamt 738 kWh. Der Lkw kostet unter 300.000 Euro, der Diesellkw kostet die Hälfte. Es gibt eine Mautbefreiung. Bei längerer Laufleistung lohnt es sich bereits. Im Winter wird der Akku vorgewärmt, teils funktioniert dies manuell.²²¹

E-Busse. MAN bietet neben Elektro-Lkw, Elektro-Transportern, Brennstoffzellen-Transportern sowie neuerdings auch Wasserstoffverbrennermotoren-Lkw auch Elektro-Busse an.²²²

Liebherr hat vom australischen Minenbetreiber Fortescue einen Auftrag für elektrische Minenfahrzeuge erhalten: 360 Muldenkipper, 55 Bagger und 60 Planierdrauben. Die Bagger sind an Stromleitungen angeschlossen. Die Muldenkipper können wohl zeitweise, während der Fahrt, an einen Stromabnehmer, angeschlossen werden und dabei aufgeladen zu werden. Fortescue selbst hat für den Muldenkipper T264 ein Batteriesystem und ein System für autonomes Fahren bereitgestellt. Liebherr produziert die Teile im französischen Colmar, in Newport News in Virginia, in Biberach, Kirchdorf an der Illner, Lindau am Bodensee und in Telfs in Tirol.²²³

Recycling

Es wird das Recycling der Lithiumakkus angestrebt. Dies wird aber bei Elektroautos erst ab ca. 2030 in größerem Maße einsetzen, wenn die derzeit eingesetzten Akkus das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben.²²⁴ Das Recycling von Lithium scheint möglich zu sein. In Karlsruhe wurde etwa ein Verfahren entwickelt, dass 70 % zurückgewinnen kann, ohne hohe Temperaturen.²²⁵ Lithium Recycling wird von der Firma Accurec²²⁶ durchgeführt, derzeit werden 80 Tonnen recycelt, es wird dort sorgfältig alles mit Hand sortiert und demontiert.²²⁷ Alle 10 Jahre würde man je Auto also „nur“ 30 % des eingesetzten Lithiums verlieren, das würde die Lithiumvorräte noch weiter in die Zukunft strecken.

²¹⁸ Tobias Piller. „Der Elektroantrieb ist nicht durchgestartet.“ FAZ, 21.09.2024.

²¹⁹ Amazon kauft 200 Elektro-Lkw. FAZ, 15.01.2025.

²²⁰ Siehe: <https://www.designwerk.com/>

²²¹ Siehe Geladen Batteriepodcast, 17.11.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=oBhGXpQvBEw> – Zugriffen: 18.11.2024.

²²² Siehe: <https://www.man.eu/de/de/elektro-nutzfahrzeuge/uebersicht.html> - Zugriffen: 11.10.2024.

²²³ Tonnenschwere Muldenkipper fahren elektrisch. FAZ, 09.10.2024.

²²⁴ Siehe etwa: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/recycling-lithium-ionen-batterien-europa-starke-zunahme-2030-2040.html> - Zugriffen: 06.09.2023.

²²⁵ Quelle: https://www.kit.edu/kit/pi_2023_15-batterierecycling-70-prozent-des-lithiums-zurueckgewonnen.php - Zugriffen: 06.09.2023.

²²⁶ Siehe: <https://accurec.de/>

²²⁷ Uwe Marx, Stefan Finger. Auf der Jagd nach Lithium. FAZ, 02.06.2025.

Mercedes Benz hat in Kuppenheim eine Recyclingfabrik für E-Auto Akkus gebaut, die Rückgewinnungsquote betrüge mehr als 96 %.²²⁸

EU Recycling. Der EU Plan für eine Kreislaufwirtschaft vom 11. März 2020 enthält eine Reihe von Gesetzesvorhaben, siehe für einen Überblick²²⁹, der erste war der Vorschlag für eine neue Verordnung über Batterien, vom 11. Dezember 2020, die am 17. August 2023 in Kraft getreten ist, siehe für einen Überblick (eine weitere neue Verordnung ist für 2025 geplant).²³⁰ Für Batterien ist das Recycling ab dem 1. Juli 2024 verpflichtend. Lithiumakkus scheinen noch unter die Regulierung vom 29. November 2010 zu fallen.²³¹ Durch Recycling wird auch das Politikziel unterstützt, die Abhängigkeit von Rohstoffen zu vermindern.

EU-Batterieverordnung. In der EU trat im August 2024 eine neue Batterieverordnung in Kraft, die Vorgaben zur Haltbarkeit, Inhaltsstoffen und Sicherheit macht, ab 2027 sollen Batterien ein- und ausbaubar sein.²³² Es gibt in Deutschland ein eigenes Gesetz für die Sammlung von Batterien, dies kann hier nur kurz erwähnt werden.²³³

Infos über Lithium Vorkommen

Gibt es genug Lithium? 2016 wurden laut Deutscher Rohstoffagentur (DERA) weltweit 43.000 Tonnen Lithium gefördert, 2022 waren es mit 130.000 Tonnen drei Mal so viel und bis 2030 könnte sich die Abbaumenge nochmal mehr als vervierfachen laut DERA, Datenstand 2022.²³⁴ Die DERA entnimmt ihre Daten teils aus United States Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2023.²³⁵

Die Steigerung der Lithiumproduktion auf 130.000 Tonnen pro Jahr in den letzten Jahren gelang vor allem durch Produktionssteigerungen von Australien, Chile und Argentinien, siehe die Produktionszahlen in der Literatur.²³⁶ In der USGS Mineral Commodity Summaries 2024 werden bereits 180.000 Tonnen Jahresproduktion angegeben.²³⁷ Verfügbare Reserven werden mit 28 Mill. Tonnen und insgesamte weltweite Reserven mit 105 Mill. Tonnen.²³⁸

Schaubild: Die größten Lithium Vorkommen, entnommen der Webseite der DW.²³⁹

²²⁸ Benjamin Wagnener. Rohstoffe für die Unabhängigkeit. FAZ, 22.10.2025.

²²⁹ Siehe: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en - Zugriffen: 26.12.2023.

²³⁰ Siehe: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en - Zugriffen: 26.12.2023.

²³¹ Siehe: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010R1103> – so dargestellt in dieser Übersicht: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en - Zugriffen: 26.10.2023.

²³² Was das Regulierungspaket zu Batterien bedeutet. FAZ, 07.11.2024.

²³³ Siehe z.B.: <https://de.wikipedia.org/wiki/Batterierecycling> - Zugriffen: 30.06.2025.

²³⁴ Quelle: <https://www.dw.com/de/lithium-das-wei%C3%9Fe-gold-wie-nachhaltig-sind-abbau-und-verkauf/a-64664350> - siehe Dera 2022, das ausführliche DERA Originaldokument, hier der Link: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-54.pdf?blob=publicationFile&v=2 - Zugriffen: 13.06.2023.

²³⁵ Siehe: <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2023> - dies ist eine seriöse Quelle, siehe die umfangreichen Informationen auf der Webseite: <https://www.usgs.gov/> - Zugriffen: 26.12.2023.

²³⁶ Dera 2022: 30.

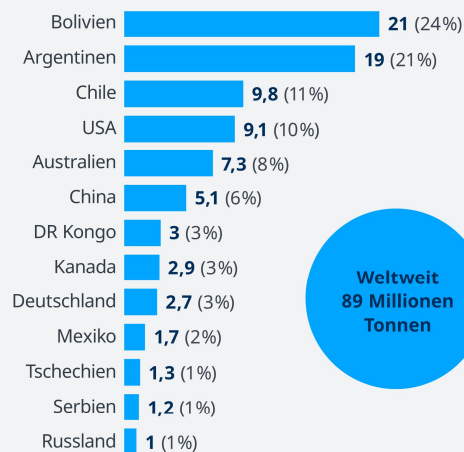
²³⁷ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 110.

²³⁸ USGS Mineral Commodity Summaries 2024: 111.

²³⁹ Quelle: <https://www.dw.com/de/lithium-das-wei%C3%9Fe-gold-wie-nachhaltig-sind-abbau-und-verkauf/a-64664350> - Zugriffen: 13.06.2023.

Die größten Lithium-Vorkommen

in Mio. Tonnen (und Anteil an Vorkommen weltweit)



Quelle: US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, Januar 2022 | Länder mit mindestens 1 Million gezeigt

4 große Produzenten teilen sich 64 % der weltweiten Lithiumförderung, 36 % entfallen auf weitere 25 Unternehmen.²⁴⁰ Das größte Unternehmen, Talison aus Australien, gehört zu 49 % Albemarle aus den USA und zu 51 % zu Chengdu Tianqi Industry Group aus China. Das zweitgrößte Unternehmen SQM aus Chile hat 23,8 % seiner Aktien an Chengdu Tianqi Industry Group aus China verkauft. Der drittgrößte Hersteller, Mineral Resources stammt aus Australien, es teilt sich mit Gangfeng Lithium Anteile an einem Joint Venture Mt Marion. Der viertgrößte Hersteller, Pilbara, stammt ebenfalls aus Australien.²⁴¹ In China gibt es weitere, allerdings kleinere Firmen.²⁴² Aufgrund der Verflechtungen zwischen den Firmen und den Hauptförderländern außerhalb Chinas, besteht jedenfalls keine direkte Abhängigkeit von China.

Derzeit werden neue Lithiumvorkommen entdeckt, in Kanada, Argentinien und auch in Frankreich und in England.²⁴³ Neue Projekte zur Lithiumgewinnung brauchen einige Jahre für die Entwicklung. Eine Unsicherheit kommt hinzu, man weiß manchmal nicht genau was gemeint ist: Die Begriffe

²⁴⁰ Dera 2022: 31.

²⁴¹ Dera 2022: 32.

²⁴² Dera 2022: 32.

²⁴³ Niklas, Zaboji. Frankreich plant Europas größte Lithium-Mine. FAZ, 11.07.2023.

weniger hochwertiges und hochwertige Lithiumhydroxid, Lithiumkarbonat und Lithiummetallinhalt tauchen auf.

Vulcan Energy will im Oberrheingraben bis zu 24.000 Tonnen jährlich fördern, Imerys will ab 2028 in der Auvergne bis zu 34.000 Lithiumhydroxid abbauen, was, so im Artikel hier, zur Versorgung von 700.000 Elektroautos reicht.²⁴⁴ Die Lithiumförderung am Oberrheingraben ist stark umstritten. Geothermie soll dort mit Lithiumförderung kombiniert werden soll und Lithium aus dem Grundwasser herausgefiltert werden und das Wasser dann wieder nach unten gepumpt werden soll, dennoch sind bei solchen Projekten Erdbeben entstanden.²⁴⁵ siehe diesen Film²⁴⁶ und diesen Film.²⁴⁷

(nach den Zahlen, die hier verwendet werden, wären es deutlich mehr Autos, die davon gebaut werden können: 34.000 Tonnen Lithium * 125 = würden für 4.250.000 Autos reichen) (hier wird offenbar gerechnet, dass man mit 1 Tonne Lithium gerade mal 20 Elektroautos bauen kann, damit wären 50 kg Lithium in jedem Elektroauto).

Vulcan Energy hat nun im Industriepark Höchst eine kleine Fabrik in Betrieb genommen, die aus dem Wasser vom Oberrheingraben Lithiumhydroxidmonohydrat herausfiltert. Dort wird in einem Elektrolyseur aus einer 40 % Lösung von Wasser und Lithiumchlorid Chlor und Lithiumhydroxid voneinander getrennt. 2027 soll eine größere Fabrik fertiggestellt sein, mit einer Investition von 2 Mrd. Euro. Stellantis, Renault und der taiwanesischen Batteriehersteller LG und Umicore haben sich den Großteil dieser Mengen schon gesichert.²⁴⁸

Im sächsischen Erzgebirge will das Unternehmen Zinnwald Lithium im Jahr 2028 12.000 Tonnen Lithiumhydroxid jährlich fördern, insgesamt hofft man dort 400.000 Tonnen abbauen zu können.²⁴⁹ Vor Ort sind die Leute verunsichert, auch weil nicht gerade moderne Abbaumethoden verwendet werden sollen und das Unternehmen wortkarg ist, siehe diesen gut geschriebenen FAZ-Artikel.²⁵⁰ In diesem Artikel wird geschätzt, dass 12.000 Tonnen jährlich für 750.000 Elektroautos reicht, das wäre genau die Hälfte von dem, wie hier gerechnet wird, wenn man von 8 kg pro Auto ausgeht. Kurz: diese Berechnung basiert auf der Annahme von 16 kg Lithium pro Auto.²⁵¹

In Portugal in Covas do Barroso wird ebenso ein Lithiumvorkommen von der englischen Firma Savannah Resources erschlossen, es soll dort 28.000 Tonnen Lithium geben, möglicherweise noch mehr.²⁵²

Nun kommt noch Serbien hinzu, dort bekommt der britisch-australische Bergbaukonzern Rio Tinto in Jadar eine Abbaulizenz. Es ist die Rede von 58.000 Tonnen Lithium im Jahr.²⁵³ Neben Lithium ist dort

²⁴⁴ Niklas, Zaboji. Frankreich plant Europas größte Lithium-Mine. FAZ, 11.07.2023.

²⁴⁵ Siehe: <https://www.swr.de/wissen/kit-studie-langfristiger-ertrag-der-lithiumfoerderung-am-oberrheingraben-100.html> - Zugriffen: 16.04.2025.

²⁴⁶ Siehe: <https://www1.wdr.de/mediathek/video-lithiumhype-am-rhein--chancen-und-risiken-100.html> - Zugriffen: 11.04.2025.

²⁴⁷ Siehe: <https://www.ardmediathek.de/video/odysso-wissen-im-swr/lithium-goldrausch-am-oberrhein/swr/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvdzE3MzE3NzZM> - Zugriffen: 11.04.2025.

²⁴⁸ Inga Janocvic. Jetzt kommt das erste europäische Lithium. FAZ, 09.11.2024.

²⁴⁹ Batterie-Branche auf Rekordfahrt. China ist Deutschlands größter Lieferant / Große Lithium Vorkommen in Sachsen. FAZ, 03.07.2024. In einem späteren Artikel wird 15.000 Tonnen Lithiumhydroxid jährlich geschätzt. Stefan Paravicini, Andreas Mihm, Weißer Goldrausch im Erzgebirge. FAZ Plus, 24.08.2024.

²⁵⁰ Christian Lehnert. Schwelendes Feuer. FAZ, 15.10.2024.

²⁵¹ Batterie-Branche auf Rekordfahrt. China ist Deutschlands größter Lieferant / Große Lithium Vorkommen in Sachsen. FAZ, 03.07.2024.

²⁵² Hans-Christian Rößler. Ein Opfer der Energiewende. FAZ, 07.04.2025.

²⁵³ Vucics Rolle rückwärts im serbischen Lithium Streit. FAZ, 18.07.2024.

auch Bor vorhanden, insgesamt 1,2 Millionen Tonnen Lithium seien dort insgesamt vorhanden, es sollen 60.000 Lithiumkarbonat jährlich gefördert werden, dies seien 10.000 bis 11.000 Lithiummetallinhalt (gerechnet wird ungefähr * 5). Dies sei im Vergleich zu anderen Projekten recht groß.²⁵⁴ (klar: wenn 130.000 Tonnen Lithium pro Jahr derzeit gefördert werden und 60.000 dazukommen, ist dies ein großes Projekt

50 kWh, 5 kg, dies wären bei 10.000 Tonnen bzw. 10.000.000 kg 2 Millionen Autos.²⁵⁵ Und beim gesamten Inhalt der Mine von 1,2 Mill. sind dies: $1.200.000.000 \text{ kg} / 5 = 240.000.000$ Autos. Also 240 Mill. Autos könnte man über die Zeit mit der Mine in Serbien bauen. Es soll vor Ort auch eine Weiterverarbeitung des Rohstoffs stattfinden, so Bundeskanzler Scholz am 19.07.2024 im TV.

Im Geladen Batteriepodcast wird erklärt, dass aus 60.000 Tonnen Lithiumkarbonat ca. 10.000 bis 11.000 Lithiuminhalt generieren kann.²⁵⁶

In England hat das Unternehmen Cornish Lithium am 18.10.2024 ein Versuchsbergwerk in St. Austell in Cornwall eröffnet, für 20 Million Euro, teils mit staatlichen Zuschüssen. Bis 2027 soll ein kommerzieller Bergbau entstanden sein, der 10.000 Tonnen Lithium jährlich fördern will.²⁵⁷

Die Amsterdamer Firma AMG Critical Materials, ein börsennotierter Konzern, hat nun im Chemiepark Bitterfeld-Wolfen die erste Lithium-Raffinerie in Europa eröffnet, mit einer Produktionskapazität von 20.000 Tonnen Lithiumhydroxid im Jahr, so meldet die FAZ.²⁵⁸ AMG Critical Materials vermeldet, dass diese Lithium-Raffinerie auch mit schlechter Qualität umgehen kann, etwa mit Lithium aus der eigenen Mine aus Brasilien. AMG ist noch an weiteren Minen beteiligt, u.a. auch an Zinnwald Lithium, und an einem Lithium Projekt in Portugal. Nun muss allerdings noch in der Mine in Brasilien eine Anlage gebaut werden, die Lithiumkonzentrat zu Lithiumkarbonat raffinieren kann. Dieser Prozessschritt muss derzeit noch in China durchgeführt werden. China liefert also an Bitterfeld-Wolfen technisches Lithiumhydroxid und dies wird dort in qualitativ hochwertiges Lithiumhydroxid aufgearbeitet, so zumindest der Artikel in der FAZ, schon eine überraschende Information.²⁵⁹ AMG Critical Materials hat eine stark schwankenden Börsenwert, der gesunken war, als Lithiumpreise absanken.²⁶⁰ Weitere Firmen wollen Lithium-Raffinerien bauen, etwa die kanadische Firma Rock Tech Lithium in Brandenburg. Die Firma Livista will in Emden eine bauen. Auch der U.S. Chemiekonzern Abermarle, ein großer Lithiumhersteller, hat darüber nachgedacht in Europa zu investieren.²⁶¹

Das australische Unternehmen Pilbara Minerals hat vermeldet, dass seine Vorräte 36 % mehr seien, als bisher angenommen und nun 100 Millionen t betragen. Dies würde eine Verdopplung der Weltvorräte bedeuten.²⁶² Es wird aber geschrieben, dass dies vielleicht zu optimistische Zahlen seien

²⁵⁴ Schätzung von Michael Schmidt von der Deutschen Rohstoffagentur. Geladen Batteriepodcast, Endlich! High-End Lithium aus Europa, 20.10.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=0AvKnH01fMA> – Zugegriffen: 28.10.2024.

²⁵⁵ Schätzung von Michael Schmidt von der Deutschen Rohstoffagentur. Geladen Batteriepodcast, Endlich! High-End Lithium aus Europa, 20.10.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=0AvKnH01fMA> – Zugegriffen: 28.10.2024.

²⁵⁶ Schätzung von Michael Schmidt von der Deutschen Rohstoffagentur. Geladen Batteriepodcast, Endlich! High-End Lithium aus Europa, 20.10.2024: <https://www.youtube.com/watch?v=0AvKnH01fMA> – Zugegriffen: 28.10.2024.

²⁵⁷ Lithium aus England. FAZ, 19.10.2024.

²⁵⁸ Allesfresser für Lithiumhydroxid geht in Betrieb. FAZ, 18.09.2024.

²⁵⁹ Allesfresser für Lithiumhydroxid geht in Betrieb. FAZ, 18.09.2024.

²⁶⁰ Allesfresser für Lithiumhydroxid geht in Betrieb. FAZ, 18.09.2024.

²⁶¹ Allesfresser für Lithiumhydroxid geht in Betrieb. FAZ, 18.09.2024.

²⁶² Christoph Hein. Die großen Fragezeichen hinter dem 'neuen Öl'. FAZ, 18.08.2023.

und auch die Kosten des Abbaus hoch seien. Klar ist aber, dass Australien bei der Lithiumförderung und auch bei anderen Mineralien eine zentrale Rolle spielen wird, hier kooperierte auch die USA mit australischen Ministerien und U.S. Firmen haben investiert. Die australische Firma Calix und die südkoreanische Posco wollen nun Hochöfen bauen, um Lithium-Erz in Australien weiterzuverarbeiten. Dies wurde bislang in China durchgeführt.²⁶³ Es gibt viele Nachrichten von neuen Projekten, siehe die Infos auf den Webseiten der Dera und U.S. Geological Survey.

EU Rohstoffgesetz Critical Raw Materials Act / Frankreichs staatliche Hilfe. Der Critical Raw Materials Act sieht vor, dass bis zum Jahr 2030 mindestens 10 % der von der EU benötigten strategisch wichtigen Rohstoffe hier abgebaut werden müssen, 40 % der Weiterverarbeitung und 15 % des Recyclings soll in der EU stattfinden. Nicht mehr als 65 % eines Rohstoffs soll aus einem Land kommen.²⁶⁴ In Frankreich fördert der Staat u.a. den Lithium Abbau von Imerys, es wird ein Fond etabliert, der mit 500 Mill. Euro staatlicher Mittel gefüllt ist, aber 2 Mrd. groß sein soll. Imerys kann nur 40 Mill. jährlich selbst investieren, die Investition in der Auvergne wird 1 Mrd. Euro kosten, hier hat Imerys aber auch privatwirtschaftliche Partner.²⁶⁵ Imerys hat nun auch 80 % der Anteile von British Lithium gekauft, diese hatten auf Imerys-Landbesitz in Cornwall Explorationen durchgeführt. Nun will Imerys zusammen mit British Lithium auch das Lithium weiterverarbeiten. 20.000 t Lithium pro Jahr können in Cornwall produziert werden, 30 Jahre lang.²⁶⁶ Imerys gehörte der belgischen Investmentholding Group Bruxelles Lambert und verfügt über 150 Minen und Industriefabriken in 40 Ländern der Welt.²⁶⁷

Lithium aus Meerwasser? Im Meer seien, so dieser Artikel, 230 Milliarden Tonnen Lithium gelöst. Es wird geforscht, wie man es herausfiltern kann, es sind einige Methoden entwickelt worden. Chinesische Forscher haben mit porösem Kunststoff nun Uran in kleinen Mengen herausfiltern können. Problem ist hier, wie auch bei Herausfiltern von CO₂ aus der Luft, die großen Mengen. Für eine Tonne Lithium müsste man 5,7 Millionen Kubikmeter Meerwasser an einer Membran oder einem Filter vorbeilaufen lassen, da sich in einem Liter Wasser nur 0,18 Milligramm Lithium befinden.²⁶⁸

Was ist mit Brennstoffzellen Fahrzeugen und E-Fuels?

²⁶³ Christoph Hein. Die großen Fragezeichen hinter dem 'neuen Öl'. FAZ, 18.08.2023.

²⁶⁴ Siehe EU Critical Raw Materials Act: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en - Zugegriffen: 28.012.2023.

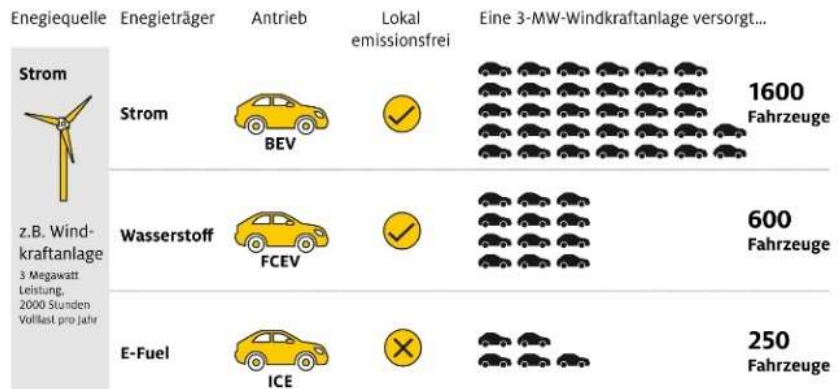
²⁶⁵ FAZ. Frankreich plant Europas größte Lithium-Mine. Niklas Zaboji. 11.07.2023.

²⁶⁶ Siehe: <https://www.imerys.com/media-room/press-releases/imerys-and-british-lithium-announce-strategic-partnership-accelerate> - Zugegriffen: 13.06.2023.

²⁶⁷ Siehe: <https://www.imerys.com/media-room/press-releases/imerys-and-british-lithium-announce-strategic-partnership-accelerate> - Zugegriffen: 13.06.2023.

²⁶⁸ Frauke Zbikowski. Rohstoffe aus dem Meer. So begehrt wie Gold. FAZ, 22.12.2023.

Alle Rohstoffvorräte sind endlich²⁶⁹ und schon deshalb scheint zu stimmen: man braucht Technologieoffenheit, auch für E-Fuels und Brennstoffzellentechnologie mit Wasserstoff, denn diese Motoren basieren auf anderen Rohstoffen und Strom könnte mittelfristig und langfristig, auch durch Solarparks in der Wüste, in einigen Jahren, vielleicht ab 2040 bzw. 2050 an unlimitiert vorhanden zu sein. Hier bleibt nur das Problem, dass dies kurzfristig noch anders sein dürfte.



Wenn Strom viel bzw. unlimitiert vorhanden wäre, wäre es egal, ob E-Autos mit Strom effizienter umgehen (siehe Schaubild oben²⁷⁰). Die Tabelle zeigt, dass mit einer 3 MW-Windkraftanlage 1600 Elektrofahrzeuge, 600 Fahrzeuge mit Wasserstoff / Brennstoffzelle (Strom wird in Wasserstoff umgewandelt) und nur 250 Autos mit E-Fuels, aus Strom hergestellt, betrieben werden können.

Der Vorteil ist dennoch da: Die beiden letzteren Autotypen brauchen eben keine Lithium Akkus. Weiterhin gibt es auch noch die Möglichkeit, normale Motoren mit Wasserstoff zu betreiben.

Brennstoffzellen Pkw gibt es noch. BMW möchte 2028 ein Brennstoffzellen Auto als Serienmodell anbieten und kooperiert dabei mit Toyota. Toyota ist dabei eine kleinere und kostengünstigere Brennstoffzelle zu entwickeln als die, die in seinem Modell Mirai bereits verbaut ist.²⁷¹

Ladenetze

Die Ladenetzbetreiber Ionity, Atlante, Electra und Fastned haben eine europäische Allianz gegründet, sie Spark Alliance, mit 1700 Stationen und 11.000 Ladepunkten in 25 europäischen Ländern.²⁷²

EU Akkufabriken und Industriepolitik

Ein aktuellen Übersichtsartikel über den Stand europäischer Batteriefertigung ist in der FAZ von Tobias Piller veröffentlicht worden, mit einer Tabelle über in Betrieb befindliche, in Bau befindliche und gescheiterte und gestoppte Projekte.²⁷³

Der Europäische Rechnungshof hat einen kritischen Sonderbericht über die Anstrengungen der EU im Bereich Batterien vorgelegt.²⁷⁴

²⁶⁹ Siehe dazu z.B. die folgende Webseite: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/critical-minerals-data-explorer> - Zugriffen: 16.06.2024.

²⁷⁰ Tabelle: Quelle: Strom, Wasserstoff, E-Fuel: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/> - Zugriffen: 13.06.2023.

²⁷¹ Tim Kanning. BMW und Toyota. Gemeinsam für die Brennstoffzelle. FAZ, 29. August 2024. BMW will 2028 ein Serienauto mit Brennstoffzelle anbieten. FAZ, 06.09.2024.

²⁷² Ionity schmiedet Allianz mit drei Ladenetzbetreibern. FAZ, 03.04.2025.

²⁷³ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

²⁷⁴ Siehe Europäischer Rechnungshof. Sonderbericht EU-Industriepolitik im Bereich Batterien: Neuer Strategischer Impuls erforderlich, 15, 2023. Quelle: https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-15/SR-2023-15_DE.pdf - Zugriffen: 26.12.2023.

Im Batteriemarkt gibt es eine Vielzahl von Investitionen, aber auch viel Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung, wodurch Investitionen wieder abgesagt oder gestoppt wurden, siehe den FAZ Artikel von Christian Müßgens, vom 12.06.2024.²⁷⁵ Auch chinesische Investitionen gibt es bereits in Europa.

Derzeit bricht sogar nahezu Panik aus, u.a. weil SAIC, der Shanghaier Staatskonzern angekündigt hat, schon in 2 Jahren mit der Auslieferung von Feststoffbatterien beginnen will, die unter allen Aspekten besser als herkömmliche Batterien sein sollen, 2027 sollen Autos seiner Premiummarke IM Motors damit fahren. Anfang 2024 hat China eine Industriallianz für Feststoffbatterien gegründet und Ende Mai ca. 1 Mrd. US\$ für Forschung in diesem Bereich zur Verfügung gestellt.²⁷⁶ Die Ankündigung von SAIC wurde aber bereits wieder zurückgenommen, hierzu derzeit keine Fussnote! TDK entwickelt ebenso Feststoff-Akkus.²⁷⁷

In Arnstadt in Thüringen ist das Batteriewerk des chinesischen Herstellers CATL fertig und aktiv (die CATL Fabrik ist groß und leicht auf Google Maps zu finden). VW baut in Salzgitter eine Gigafactory für 2 Mrd. auf, ohne staatliche Investitionen. In Kanada baut VW ebenfalls eine solche Fabrik. Der chinesische Hersteller Svolt hat den Bau einer Batteriefabrik in Brandenburg gestoppt. Die meisten Maschinen müssen von chinesischen Herstellern gekauft werden, da China einfach Vorsprung in diesem Bereich hat. VW strebt eine Lokalisierungsrate von 50 % erst in Zukunft an, muss also derzeit viele chinesische Produktionsinputs einkaufen, siehe zu diesem Abschnitt wieder den FAZ Artikel von Christian Müßgens, vom 12.06.2024.²⁷⁸ VW ist aber parallel zu seinen eigenen Batteriefabriken auch an den Batteriefabriken von Northvolt beteiligt und kauft von dort auch Batterien.²⁷⁹ Insgesamt gäbe es in Deutschland 10 Batteriefabriken, in Europa 40.²⁸⁰ Varta ist in Schieflage geraten, trotz 137 Mill. Subventionen von Bund, Bayern und Baden-Württemberg, trotz seiner guten Akkus für Porsche, für die es aber nur eine Pilotanlage gab, die nun auch gestoppt ist.²⁸¹

Der Branchenumsatz (E-Auto Akkus aber auch sonstige Speicherbatterien, Gewerbe und Hausspeicher) in Deutschland hat sich von 2020 mit 6 Mrd. Euro auf 23 Mrd. Euro im Jahr 2023 erhöht, dieser wird von vielen Importen aus dem Ausland gedeckt, 9,3 Mrd. aus China, 4,9 Mrd. aus Polen, 4,4 Mrd. aus Tschechien und 1,6 Mrd. aus Ungarn.²⁸² 86 % dieser Batterien sind Lithium-Ionen-Batterien.²⁸³ Deutsche Fabriken produzieren 2023 für 3,9 Mrd. Lithium-Ionen-Batterien. Ein Teil davon wird exportiert (2/3 Europa, 20 % USA, 15 % Asien), teils auch im Sinne einer Veredelung von

²⁷⁵ Christian Müßgens. Absturz im Batteriemarkt. FAZ, 12.06.2024.

²⁷⁶ Europas Batteriepläne kommen unter die Räder. Chinas Konzerne preschen voran. Feststoffbatterien für Elektroautos sind in Sichtweite, die Preise sinken rasant. Längst gibt es zu viele Fabriken. Wo ist da noch Platz für die europäischen Ambitionen? FAZ, 18.07.2024.

²⁷⁷ Tim Kanning. TDK forciert die Entwicklung des Feststoff-Akkus. FAZ, 19.06.2024.

²⁷⁸ Siehe zu diesem gesamten Abschnitt diesen Artikel: Christian Müßgens. Absturz im Batteriemarkt. FAZ, 12.06.2024.

²⁷⁹ Sven Astheimer. Fossiler Haudegen auf grüner Mission. FAZ Plus, 15.08.2024.

²⁸⁰ Batterie-Branche auf Rekordfahrt. China ist Deutschlands größter Lieferant / Große Lithium-Vorkommen in Sachsen. FAZ, 03.07.2024.

²⁸¹ Grund ist bekanntlich, dass zuerst einmal Lithium Batterien für Apples iPods entwickelt wurden, dann aber Apple sich einen zweiten Zulieferer suchte. Siehe: Julia Löhr. 137 Millionen für nichts? FAZ, 30.07.2024.

²⁸² Batterie-Branche auf Rekordfahrt. China ist Deutschlands größter Lieferant / Große Lithium-Vorkommen in Sachsen. FAZ, 03.07.2024.

²⁸³ Siehe: https://www.all-electronics.de/e-mobility/batterie-sicherheit/so-steht-es-um-die-batterieindustrie-in-deutschland-und-europa-633.html?trk=public_post_comment-text – Zugegriffen: 04.07.2024.

importieren Lithium-Ionen-Batterien, die zu neuen Produkten weiterverarbeitet werden.²⁸⁴ Die Beschäftigtenzahl stieg 2023 um 9 % auf 17.422 Mitarbeiter.²⁸⁵ Weiterhin werden in Deutschland auch Bleibatterien hergestellt.²⁸⁶ Daraus folgt auch, dass ein Hauptteil der Produktion nicht aus Asien, sondern mittlerweile aus Europa kommt. Diese Zahlen der ZVEI sind aus mehreren Quellen entnommen, einen FAZ Artikel und mehreren Internetquellen.

VW Chinastrategie und Batteriestrategie. VW hat in China im Mai 2020 26 % des Akkuherstellers Gotion erworben, für 1,1 Mrd. Euro. Danach einen kontrollierenden Anteil von 75 % über ein Joint Venture mit dem staatlichen JAC-Konzern, nun Volkswagen Anhui Automotive Company Limited. Der Kaufpreis lag jedenfalls über 1 Mrd. Euro. VW verlautbart, dort 2,5 Mrd. Euro investieren zu wollen, im Frühjahr 2024.²⁸⁷ Nach anderen Meldung hat VW nur einen Anteil von 24,77 % an Gotion.²⁸⁸ VW versucht mit JAC ein E-Auto für das Einstiegssegment in China zu entwickeln, basierend auf einer chinaspezifischen Plattform (nicht die sonst benutzte weltweite Plattform). Motto ist: „in China für China“.²⁸⁹

Beispiel: VW arbeitet immer enger mit dem großen chinesischen Batteriehersteller CATL zusammen²⁹⁰, billige Batterien sollen gemeinsam für China entwickelt werden.²⁹¹ Ein Europa erfolgt der Aufbau einer eigenen Batteriefertigung für „Einheitszellen für das Volumensegment“ durch die VW Tochter PowerCo²⁹² in Salzgitter, dies soll 2025 fertig sein, mit einer Jahreskapazität von 40 GWh für 500.000 Fahrzeuge (dies ist eine von im Sommer 2022 drei geplanten Zellfabriken).²⁹³ Bevor Ende 2025 die Produktion in Salzgitter gestartet werden soll, wurde in Dalian eine identische Produktion aufgebaut, dort wird seit Anfang 2024 der Produktionsprozess geprobt und deutsche Mitarbeiter geschult.²⁹⁴ Salzgitter in Deutschland (Produktionsstart 2025), Sagunto (Valencia) in Spanien (2026) und St. Thomas in Canada (2027).²⁹⁵ Die PowerCo Fabrik in Sagunto in Spanien hat 40 GWh Kapazität.²⁹⁶ In Badajoz in Spanien baut VW eine Phi4tech Fabrik mit 18 GWh.

²⁸⁴ Siehe:

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2024/Juni/Faktenblaetter_Batteriemarkt_2024/Export-Batterien-Faktenblatt-2024.pdf - Zugriffen: 04.07.2024.

²⁸⁵ Siehe: https://de.linkedin.com/posts/zveiorg_batterieindustrie-in-deutschland-und-europa-activity-7213836302998216704-bom4 - Zugriffen: 04.07.2024.

²⁸⁶ Siehe:

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2024/Juni/Faktenblaetter_Batteriemarkt_2024/Export-Batterien-Faktenblatt-2024.pdf - Zugriffen: 04.07.2024.

²⁸⁷ Siehe: <https://www.automobilwoche.de/autohersteller/volkswagen-starkt-mit-25-milliarden-euro-seinen-standort-anhui> - Zugriffen: 26.11.2024.

²⁸⁸ Siehe: <https://www.gtai.de/de/trade/slowakei/branchen/auch-die-slowakei-bekommt-eine-grosse-batteriefabrik-1057080> - Zugriffen: 26.11.2024.

²⁸⁹ Siehe: <https://www.volkswagen-group.com/de/pressemitteilungen/volkswagen-steigert-innovationstempo-in-china-fuer-china-tech-company-in-hefei-bringt-e-plattform-fuer-das-einstiegssegment-in-nur-36-monaten-auf-den-markt-17940> - Zugriffen: 27.11.2024.

²⁹⁰ Siehe z.B. CATL Pressemitteilung: CATL becomes world's first battery manufacturer receiving certification from Volkswagen for module testing, 11.04.2024: <https://www.catl.com/en/news/6237.html> - Zugriffen: 09.04.2025.

²⁹¹ Siehe: <https://www.automobilwoche.de/autohersteller/kooperation-vw-und-catl-wollen-gunstige-batterien-entwickeln> - Zugriffen: 09.04.2025.

²⁹² Siehe: <https://careers.powerco.de/>

²⁹³ Siehe: <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/volkswagen-ag-werk-salzgitter-6592> - Zugriffen: 26.11.2024.

²⁹⁴ Siehe: <https://www.automobil-produktion.de/produktion/batteriestrategien-chinesischer-player-in-europa-104.html> - Zugriffen: 09.04.2025.

²⁹⁵ Siehe: <https://careers.powerco.de/> - Zugriffen: 26.11.2024. Siehe auch: <https://www.youtube.com/watch?v=hlOyYSS8BPg&t=136s> – Zugriffen: 26.11.2024.

²⁹⁶ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

²⁹⁷ Es scheint so, dass dies bereits ein Beispiel für umgekehrten Technologietransfer ist und Gotion-Technik und Beratung hilfreich beim Aufbau der PowerCo Batteriefabriken ist. Gotion selbst hat eine kleinere Fabrik in Göttingen aufgebaut.²⁹⁸ Gotion hat in der Slowakei ein Joint Venture mit InoBat gegründet, genannt GIB (Gotion-InoBat-Batteries), hier soll bis 2026 eine Produktion von 20 GWh in Surany, Slowakei, aufgebaut werden.²⁹⁹ InoBat verfügt über eine spezielle Lithium-Ionen-Batterie, mit viel Nickel enthält, die besonders gut ist und offenkundig eine Redox-Flow-Batterie ist.³⁰⁰ InoBat wurde gefördert als EU IPCEI-Projekt, siehe die Batterie IPCEI Webseite.³⁰¹ Mittlerweile hat Gotion 25 % der Anteile von InoBat gekauft.³⁰² Das GIB Joint Venture ist aktiv: es will in Nigeria eine Fabrik für LFP-Batterien aufbauen, die Spezialität von Gotion und mit der Indischen Batteriefirma ARE&M Amara Raja Energy & Mobility, wurde Lizenzierung der Technologie vereinbart.³⁰³ Geschätzt wird, dass die erste Phase mit 20 GWh der Fabrik in Surany 2 Mrd. kosten wird.³⁰⁴ Letztendlich erhält somit Gotion Zugang zur Redox-Flow Technik von InoBat, Gotion gibt VW Zugang zum China-Batterie-Wissen, es scheint, dass dies ein fairer Tausch ist.

Die Northvolt-Akkufabrik ‚Northvolt Drei‘ in Heide, Landkreis Dithmarschen wird seit 25. März 2024 gebaut. Eine Investition von 3 Mrd. ist geplant, der Bund und Schleswig-Holstein unterstützen mit 700 Mill. Euro. Die Produktion soll im Jahr 2026 starten (Info Bundesregierung).³⁰⁵ Northvolt hatte, so eine Northvolt Pressemitteilung, im Januar 2024 einen 5 Mrd. US\$ Finanzierungsrahmen erhalten, dafür waren allerdings 23 Banken nötig, zusätzlich die Europäische Investitionsbank (EIFB) und die Nordic Investment Bank (NIB), die beide vom InvestEU Program unterstützt werden. Damit nicht genug, dazu kommen Sicherheiten durch die Schwedisch National Debt Office, Euler Hermes, die Export-Import Bank of Korea (KEXIM), und die Nippon Export and Investment Insurance (NEXI). Damit will Northvolt seine schwedische Ett Fabrik ausbauen, mitsamt Recycling von Batterien. Es liegen langfristige Lieferverträge für BMW, Scania, Volvo Cars und Volkswagen Gruppe vor. Insgesamt liegen nun 13 Mrd. US\$ vor, um die folgenden Standorte von Northvolt auszubauen und zu finanzieren: Northvolt Ett (Skellefteå, Sweden), Northvolt Dwa (Gdansk, Poland), Northvolt Drei (Heide, Germany), Northvolt–Volvo Cars joint venture gigafactory ‚NOVO‘ (Gothenburg, Sweden), Northvolt Fem (Borlänge, Sweden), Northvolt Cuberg (San Leandro, US) and the recently announced Northvolt Six (Montreal, Canada).³⁰⁶ Northvolt strebt offenbar u.a. an in Heide Zugang zu relativ billigem Strom zu bekommen, weil es dort derzeit Windstrom im Übermaß gibt.³⁰⁷ Am 21. Juni 2024 wurde gemeldet, dass BMW einen Großauftrag im Wert von 2 Mrd. Euro an Northvolt storniert hat. Als Grund wurden Qualitätsprobleme beim Hochlauf der Produktion in Skelleftea genannt. Nun hat BMW beim koreanischen Hersteller Samsung SDI bestellt. BMW will für Batteriezellen der nächsten Generation,

²⁹⁷ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

²⁹⁸ Siehe: <https://gotion-europe.com/>

²⁹⁹ Siehe: <https://www.inobat.eu/newsroom/gib-to-build-an-advanced-gigafactory-in-slovakia/> - Zugriffen: 26.11.2024.

³⁰⁰ Siehe: <https://www.inobat.eu/our-batteries/> - Zugriffen: 26.11.2024. Siehe zur Redox-Flow Info: <https://www.elektroauto-news.net/news/gigafabrik-slowakei-china-vw> - Zugriffen: 27.11.2024.

³⁰¹ Siehe: <https://www.ipcei-batteries.eu/technology-fields/workstream-2-battery-cells> - Zugriffen: 27.11.2024.

³⁰² Siehe: <https://www.elektroauto-news.net/news/gigafabrik-slowakei-china-vw> - Zugriffen: 27.11.2024.

³⁰³ Siehe: <https://www.inobat.eu/newsroom/inobat-was-honoured-to-host-the-signing-of-the-landmark-deal-between-gib-and-amara-raja-energy-mobility-in-bratislava-on-24-june-2024/> - Zugriffen: 27.11.2024.

³⁰⁴ Siehe: <https://www.elektroauto-news.net/news/gigafabrik-slowakei-china-vw> - Zugriffen: 27.11.2024.

³⁰⁵ Siehe: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/northvolt-batterie-gigafabrik-2267104> - Zugriffen: 12.06.2024.

³⁰⁶ Northvolt Pressemitteilung, 16. Januar 2024. Northvolt raises \$5 billion to enable expansion of first circular gigafactory in the western world. Siehe: <https://northvolt.com/articles/northvolt-financing-january2024/> - Zugriffen: 12.06.2024.

³⁰⁷ Kommentar. Volkssport für die Batteriezellfabrik von Northvolt. FAZ, 26.03.2024.

für seine E-Autos der ‚Neuen Klasse‘ aber wieder bei Northvolt bestellen.³⁰⁸ Tragisch sind 3 Todesfällen in der Northvolt Fabrik Nr. 1, die womöglich mit gefährlichen Ausdünstungen zu tun haben.³⁰⁹ Der Geschäftsbericht 2023 weist ein Minus vor Steuern von 1,1 Mrd. Euro auf. Northvolt versichert, den Standort Heide wie geplant aufbauen zu wollen.³¹⁰ VW ist mit Anteilen an Northvolt beteiligt und ist auch Kunde, und hat Northvolt empfohlen, sich erst einmal auf das Hochfahren der Produktion in Skelleftea zu konzentrieren.³¹¹ Northvolt steckt in der Krise, geplant war eine Produktion von 16 GWh für 250.000 E-Autos, derzeit können unter 1 GWh hergestellt werden. Unterschätzt wurden die Komplexität der Zellchemie und des Maschinenparks. Seit der Gründung vor acht Jahren wurden 13 Mrd. Euro an Investitionen eingesammelt, die allesamt offenbar aufgebraucht wurden. Erste Mitarbeiter müssen den Konzern verlassen.³¹² Nun ist ein Sanierungsfachmann aktiv und es wird Erwogen, eine Insolvenz nach U.S. Recht durchzuführen.³¹³ Northvolt ist im März 2025 nun insolvent und wird ggf. aufgeteilt.³¹⁴

Von diesen Schwierigkeiten unbeeindruckt hat Lars Christian Bacher in Arendal in Norwegen eine Batteriefabrik gegründet, genannt Morrow. Nach 2 Jahren Bauzeit werden dort Lithium-Eisenphosphat-Akkus (LFP) hergestellt. Produktionsleistung sind zuerst 3 Millionen in einem Jahr, später soll die volle Kapazität erreicht werden. Es sind viele Roboter im Einsatz, nur 150 Mitarbeiter sind bisher angestellt. Abnehmer ist vorerst Nordic Batteries. Geholfen hat ein koreanischer Hersteller, der offenbar auch, zusammen mit Siemens, die Produktionstechnik geliefert hat und Mitarbeiter geschult sowie erste Kunden betreut hat. Beteiligt sind Siemens und Wettbewerber ABB. In einem Entwicklungszentrum in Grimstad wird an LNMO-Speichern geforscht, die mit weniger Nickel und ganz ohne Kobalt auskommen können, siehe diesen FAZ-Artikel.³¹⁵

ACC (Mercedes und Stellantis) haben in Douvrin in Frankreich ein Werk mit 40 GWh aufgebaut, das ist seit 2023 in Betrieb.³¹⁶ Die in Kaiserslautern, auf einem ehemaligen Opel Betriebsgelände, geplante Batteriefabrik von ACC (Stellantis, Mercedes und Total) hat, so berichtet die FAZ, festgestellt, dass der Bau deutlich teurer werde und die Produktion sollte 2025 starten, ein Jahr später als geplant. Nun wurde eine Pause angekündigt. Die Fabrik sollte eine Kapazität von 40 Gigawattstunden, ausreichend für 1,8 Mill. E-Autos. Schon vor einiger Zeit hatte ACC Deutschland Chef Peter Winterheimer weitere öffentliche Förderungen beantragt und den schwachen Absatz von Elektroautos beklagt. Ebenso wurden Hindernisse bei der Infrastruktur und hohe Materialpreise beklagt. Die Förderung von Bund und Land beträgt 437 Mill. Euro. Nun wird überlegt, ob ACC nur Batterien für Premiummodelle von Mercedes bauen soll. Weitere Gigafabriken waren in Frankreich und Italien geplant, hier muss recherchiert werden, was mit diesen passiert.³¹⁷

³⁰⁸ FAZ. Northvolt verliert Großauftrag. BMW storniert Bestellung. FAZ, 21.06.2024.

³⁰⁹ FAZ. Die rätselhaften Todesfälle von Skelleftea. FAZ Plus, 01.07.2024.

³¹⁰ FAZ. Northvolts Probleme sorgen für Unruhe. FAZ, 04.07.2024.

³¹¹ Sven Astheimer. Fossiler Haudegen auf grüner Mission. FAZ Plus, 15.08.2024.

³¹² Christian Müßgens. Investoren ringen um die Zukunft Northvolts. FAZ, 18.10.2024.

³¹³ Northvolt will aufräumen. Paul O’Donnel ist der neue Sanierungsfachmann. FAZ, 21.11.2024.

³¹⁴ Siehe: <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Insolvenz-von-Northvolt-Was-plant-der-Konkursverwalter,northvolt590.html> – Zugegriffen: 16.04.2025.

³¹⁵ Sven Astheimer. Fossiler Haudegen auf grüner Mission. FAZ Plus, 15.08.2024.

³¹⁶ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³¹⁷ Zweifel an Batteriefabrik. FAZ, 04.06.2024. Zuvor schon der Befund, dass der Projekt hakt und deutlich teurer wird. Geplant war, dass ein Produktionsblock von drei Blöcken 600 bis 700 Mill. Euro kostet. Nun wird von 1 Mrd. pro Block ausgegangen. Geplant waren in ganz Europa drei Gigafabriken, mit je einer Kapazität von 40 Gigawattstunden, in Frankreich, Kaiserslautern und Italien, ausreichend für 1,8 Mill. Fahrzeuge. Kosten von 7 Mrd. Euro waren dafür geschätzt worden. Dieser Kostenrahmen dürfte überschritten werden, siehe dazu: Die Gigafabrik in Kaiserslautern wird deutlich teurer. FAZ, 03.05.2024.

Renault verfügt über ein AESC Werk in Douai in Frankreich, seit 2025 in Betrieb mit 30 GWh.³¹⁸ In Cacares in Spanien ist eines mit 50 GWh in Bau.³¹⁹

Mercedes hat aber 130 Mill. Euro in ein neues Battery Technology Center investiert, mit 7500 qm, welches auch schon eine Pilotfertigung ermöglicht, auch Lkw-Batterien werden hier erforscht, dass am 19.07.2024 eröffnet wurde. Mercedes verlautbar, dass die Batterien allerdings bereits jetzt funktionieren, für Lkw würden nun vor allem Ladestationen gebraucht.³²⁰

CATL hat in Arnstadt in Thüringen eine 24 GWh Werk seit Dezember 2022 in Betrieb.³²¹ Es wird dort gemutmaßt, dass dort nicht mit voller Kapazität gearbeitet wird, da dort die Stromkosten hoch seien, im Vergleich zum Standort Debrecen in Ungarn, dort ist ein Werk von CATL mit 100 GWh in Bau.³²² Das Werk dort ist aber offenkundig noch fertiggebaut, dort soll aber 2025 produziert werden, auf Google ist aber noch kein Gebäude zu sehen. Geplant ist eine 100 GWh-Fabrik, 7,34 Mrd. Investitionssumme.³²³ In Debrecen hat auch BMW ein neues Werk für Elektroautos gebaut.³²⁴ Dort ist aber auch vom chinesischen Hersteller EVE Power eine Batteriefabrik mit 28 GWh Kapazität in Bau, die für BMW produzieren soll.³²⁵ CATL plant in Saragossa ein Werk mit Stellantis zusammen zu bauen, mit 50 GWh, dies ist aber erst angekündigt.³²⁶

Die koreanischen Hersteller: LG verfügt über ein Werk in Warschau Polen mit 115 GWh, das sich in Betrieb befindet, Samsung SDI hat eines in Göd in Ungarn mit 50 GWh, SK Innovation eines in Komaron in Ungarn, mit 18 GWh.³²⁷

In der Slowakei befinden sich mehrere Autowerke, von VW, Stellantis und Kia Motors. Citroen will den elektrischen e-C3 in Trnava produzieren. Porsche will dort vielleicht auch eine Batterieproduktion aufmachen.³²⁸

Gestoppt oder aufgegeben sind die Northvolt Werke und ACC in Kaiserlautern sowie eine Batteriefabrik von Tesla in Grünheide, sowie 13 weitere Projekte, siehe den Übersichtsartikel von Tobias Pillier, FAZ 21.06.2025. Eines dieser 13 weiteren Projekte ist das gescheiterte Projekt Cellforce von Porsche.³²⁹

Siehe auch die Übersichtswebseite der European Battery Alliance (EBA): <https://www.eba250.com/>
Die EU hat mehrere Batterieprojekte als IPCEI gefördert, siehe die spezielle Batterie IPCEI Webseite: <https://www.ipcei-batteries.eu/>

³¹⁸ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³¹⁹ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³²⁰ Daimler setzt auf die Zelle. Battery Technology Center in Mannheim eröffnet. FAZ, 20.07.2024.

³²¹ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³²² Europas Batteriepläne kommen unter die Räder. Chinas Konzerne preschen voran. Feststoffbatterien für Elektroautos sind in Sichtweite, die Preise sinken rasant. Längst gibt es zu viele Fabriken. Wo ist da noch Platz für die europäischen Ambitionen? FAZ, 18.07.2024.

³²³ Siehe: <https://hipa.hu/news/catl-s-new-battery-plant-to-become-hungary-s-largest-greenfield-fdi-project-ever/> - Zugriffen: 19.07.2024.

³²⁴ CATL glückt bislang größter Börsengang des Jahres. FAZ, 21.05.2025.

³²⁵ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³²⁶ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³²⁷ Tobias Pillier. Immer mehr Hürden für Batteriefertigung. FAZ, 21.06.2025.

³²⁸ Siehe: <https://www.gtai.de/de/trade/slowakei/branchen/auch-die-slowakei-bekommt-eine-grosse-batteriefabrik-1057080> - Zugriffen: 27.11.2024.

³²⁹ Gescheiterter Batterie Traum. FAZ, 07.12.2024.

Kommentar aus industriepolitischer Sicht: Deutlich wird hier zweierlei. Marktversagen bei der Finanzierung. Eine Bank kann nicht einfach mal 2 Mrd. an eine einzige Firma verleihen, sie muss ihr Portfolio streuen, um Risiken zu minimieren. Deshalb bei Northvolt die vielen Banken! Dieses Marktversagen kann natürlich der Staat versuchen zu beheben, aber er setzt sich damit auch einem großen Risiko aus, gerade bei einem Markt, der eine solch hohe technologische Veränderungsdynamik hat. Insofern ist auch klar, dass der Staat nicht jede Form von Marktversagen versuchen muss zu beheben, er muss sehr schlau sein. Dass Deutschland derzeit im Akkubereich nicht ganz so extrem subventioniert, ist vielleicht gar nicht so schlecht, dann kann Deutschland dann, wenn eine bessere Batterietechnologie kommt erst dann einsteigen. In China dagegen hat der Staat bis dann jede neue Technologiegeneration mit Milliardensummen mitfinanziert.

Bidirektionales Laden

E-Autos und bidirektionales Laden. Gut ist natürlich, wenn Elektroautos nachts laden können und dann Windenergie genutzt werden kann. Aber nicht nur das, man kann sie auch entladen. Mit der Batterie eines VW-e-Up von ca. 36,8 kWh kann man ein Haus mehrere Tage mit Strom versorgen. Ein Ein-Personenhaushalt verbraucht pro Tag ca. 6 kWh, ein drei Personenhaushalt verbraucht pro Tag ca. 10 kWh.³³⁰ Dies nennt sich auch Vehicle-to-Grid Technology (V2G).³³¹ 1 Mill. E-Fahrzeuge, die derzeit fahren, haben eine Kapazität von 50 Gigawattstunden³³², damit lässt sich gut rechnen. Ebenso könnte man damit das Stromnetz stabilisieren, Harald Lesch spricht von 750 GWh Speicher bei 15 Millionen Fahrzeugen, dies stimmt mit den Werten hier überein. Bierdeckelrechnung: 15.000.000 * 50 kWh, sind: 750.000.000 kWh (750 Millionen kWh) bzw. 750.000.000.000 Wh (750 Mrd. Wh) und da 1 Mrd. Wh eine Gigawattstunde ist, sind dies 750 Gigawattstunden bzw. 0,7 Terawattstunden Speicher. Bidirektionales Laden ist aber kaum verbreitet, es gibt kaum eine Wallbox, die das kann. Strom müsste von Gleichstrom im E-Auto zu Wechselstrom im Hausnetz umgewandelt werden. Man braucht eine Wallbox, die nur so viel Strom entnimmt, dass man noch fahren kann usw.³³³ Diese Wallboxen sind dazu noch viermal so teuer.³³⁴ In Deutschland gibt es nun ein Pilotprojekt mit Bayernwerk Netz GmbH, EWE Netz und der Lechwerke AG, mit Tennet und Transnet BW, hier legen Autofahrer per App fest, wenn das Auto einen Ladezustand erreicht haben soll, ein Energiemanagementsystem legt dann fest, wie die Kosten für die Verbraucher verringert werden und die Netze stabilisiert werden.³³⁵ Auch in China wird die V2G Technologie derzeit mit 30 Pilotprojekten in 9 Städten ausprobiert, Great Wall und Nio haben schon V2G fähige Fahrzeuge, Nio bietet zudem den Akkutauch an Tauschstationen an, sodass an diesen Stationen immer viele Akkus verfügbar sind, die sich für bidirektionales Laden eignen, hier will CATL nun mit Nio zusammenarbeiten und in China ein großes Tauschnetzwerk aufbauen.³³⁶

Ganz abgerufen kann die Speicherkraft auch nicht, da dann die Autos nicht mehr fahren könnten. Denkbar wäre deshalb nur ein Abruf von einer begrenzten Leistung zur Überbrückung einer Dunkelflaute für eine kurze Zeit ... Dazu kommt, dass die Leute Besitzer ihrer Akkus sind und kaum bereit wären, ihren Akku, der dadurch abgenutzt wird, der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen.

³³⁰ Angaben aus dem Internet. Die Angaben variieren etwas.

³³¹ Wenn der Strom aus dem Auto zurück ins Netz fließt. FAZ, 07.04.2025.

³³² Wenn der Strom aus dem Auto zurück ins Netz fließt. FAZ, 07.04.2025.

³³³ Siehe auch: <https://www.computerbild.de/artikel/cb-Tipps-Energie-E-Auto-als-Stromspeicher-bidirektional-laden-36725269.html> - Zugegriffen: 16.10.2023.

³³⁴ Wenn der Strom aus dem Auto zurück ins Netz fließt. FAZ, 07.04.2025.

³³⁵ Wenn der Strom aus dem Auto zurück ins Netz fließt. FAZ, 07.04.2025.

³³⁶ Wenn der Strom aus dem Auto zurück ins Netz fließt. FAZ, 07.04.2025.