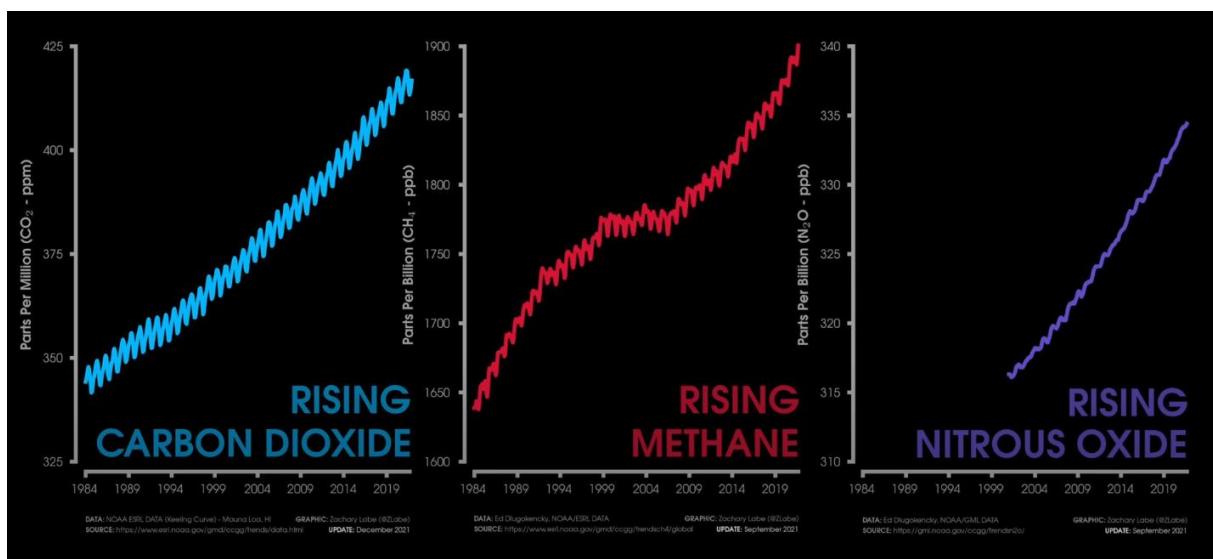


# Transport

## Brighter (von Adam Dorr)

Als erstes müssen die zwei verschiedenen Ansätze von Umweltschützern angesprochen werden. Der Ansatz der einen Fraktion ist sogenanntes Degrowth oder Postwachstum, da das wirtschaftliche Wachstum zu einer Überforderung der Menschen, zu schlechter Konkurrenz und Ausgrenzung, aber vor allem zur Schädigung der Umwelt beiträgt. Daher müsste entschleunigt werden. Der beste Weg, die Umwelt zu schützen, sei einfach weniger zu tun, da so auch weniger Schaden entsteht. Dem gegenüber steht die Einstellung von Adam Dorr und Tony Seba, die sich für das Decoupling, also der Entkopplung menschlichen Lebens von der Natur, einsetzen, indem wir nicht weniger, sondern mehr tun und Innovation gezielt einsetzen, um unsere heutigen Probleme zu überwinden.

Fast jeder Ökonom wird bestätigen, dass Degrowth keine Option für uns ist, um die Klimawandel zu bekämpfen. Das einzige, was wir mit einer Entschleunigung erreichen ist ein Einbruch im BIP bzw. in den Löhnen und eine wirtschaftliche Rezession, die fatale gesellschaftliche Folgen hätte. Wachstum ist außerdem kein moralisches Gut und Schlecht, sondern vollkommen neutral. Energie ist nicht schlecht, sondern Treibhausgasemissionen sind schlecht.



Mit zunehmenden Treibhausgasemission nimmt die Temperatur weltweit zu und zerstört die Biosphäre. Dieses apokalyptische Szenario gilt es durch Technologie zu verhindern und zu überwinden, nicht durch einen Zusammenbruch und Regress.

Nahrungsmittel sind nicht schlecht, sondern Massentierhaltung, Tierquälerei und Waldrodung sind schlecht. Transport ist nicht an sich schlecht, sondern Luftverschmutzung ist schlecht. Man sollte nicht die gesamten Gebiete der Wirtschaft abbremsen oder einschränken, nur um die Probleme zu bekämpfen, die sie erzeugen. Stattdessen müssen Lösungen für die Probleme gefunden werden. Dorr betrachtet die Probleme, die wir haben als Nebeneffekte unserer begrenzten technologischen Kapazitäten und muss daher niemanden beschuldigen. Das Lösungskonzept ist ziemlich einfach. Innovation, Schadensminimierung und Restauration.

Die überwältigende Ursache dafür, dass wir heutzutage Umweltprobleme nicht lösen können, liegt nicht an fehlendem Wissen oder fehlendem Engagement, sondern an mangelndem Wohlstand. Ein Beispiel dafür ist der erhebliche Anteil der Plastikverschmutzung in den Weltmeeren, der von einer kleinen Anzahl von Flüssen in ärmeren Ländern stammt. Es ist wichtig zu verstehen, dass diese Flüsse nicht deshalb voller Müll sind, weil die Menschen, die in ihrer Nähe leben, nicht verstehen, dass sie der Umwelt schaden oder sich nicht um die Umweltverschmutzung kümmern. Diese Gemeinden sind genauso informiert und umweltbewusst wie wir, und es wäre arrogant und voreingenommen zu glauben, dass dem nicht so wäre. Die Flüsse sind vielmehr deshalb mit Müll gefüllt, weil die umliegenden Gemeinden einfach zu arm sind, um sich die teuren Abfallentsorgungssysteme leisten zu können, die wir Umweltschützer in wohlhabenderen Ländern als selbstverständlich betrachten. Die Menschen in diesen Gemeinden brauchen keine moralischen Predigten oder Belehrungen über den Umweltschutz. Was sie wirklich brauchen, ist mehr Wohlstand, um ihre Lebensbedingungen zu verbessern. Der beste Weg, ihnen zu helfen, besteht darin, Fortschritte zu erzielen und ihnen die Möglichkeit zu geben, ihren Lebensstandard zu erhöhen.

Hinzu kommt, dass wir seit langem schon über den Punkt hinaus sind, an dem sich die Erde noch selbst hätte heilen können. Einfach weniger zu tun, wird die Erde daher auf keinen Fall retten. Dorr erkennt: Es ist unmöglich, den Klimawandel durch Reduzierung unseres Konsums zu lösen. Es ist gefährlich, zu glauben, dass man persönlich irgendwie Einfluss auf den Klimawandel haben könnte, indem man weniger Autofährt, weniger Fleisch isst, Einkaufsbeutel wiederverwendet und so weiter. Der Klimawandel ist ein deutlich größeres Problem, das durch unser Konsumverhalten nicht im Geringsten gelöst werden kann.

Um den Klimawandel tatsächlich zu lösen, müssen wir nicht nur die Netto-Null-Emissionsziele erreichen, sondern etwa in der Größenordnung von 500 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und den Ozeanen entfernen.

1972 entwarf Paul Ehrlich die Gleichung I=PAT, wobei I der Einfluss der Menschen auf die Umwelt, P die Population, A die Affluenz (der Wohlstand) und T die Technologie ist. Dorr erkannt zwar an, dass die Gleichung nicht perfekt ist, aber dennoch die großen Hebel angibt, die wir haben, um unser Umweltprobleme anzugehen. Er sieht die ersten zwei Hebel nicht als praktikabel an. Wir werden es nicht schaffen, die Weltbevölkerung zu reduzieren, ohne irgendwelche ethisch verwerflichen Regeln zu kreieren und außerdem würde eine solche Reduktion das Problem nicht beheben, sondern höchstens verlangsamen. Zugleich hätten wir bei niedrigeren Bevölkerungszahlen weniger Wissenschaftler und weniger Humankapital, um die Probleme zu lösen, vor denen wir stehen, sodass eine solche Strategie eventuell sogar nach hinten losgehen könnte. Den Wohlstand zu reduzieren, ist auch keine Lösung, da sich niemand dazu bereit erklären wird, Wohlstand aufzugeben und auch dies wäre nur eine Herauszögerung der Probleme und behebt nicht die Ursachen. Die einzige wirklich akzeptable Lösung ist daher die technologische Innovation.

Dorr nennt drei falsche Annahmen, die sehr häufig in Klimadebatten gemacht werden:

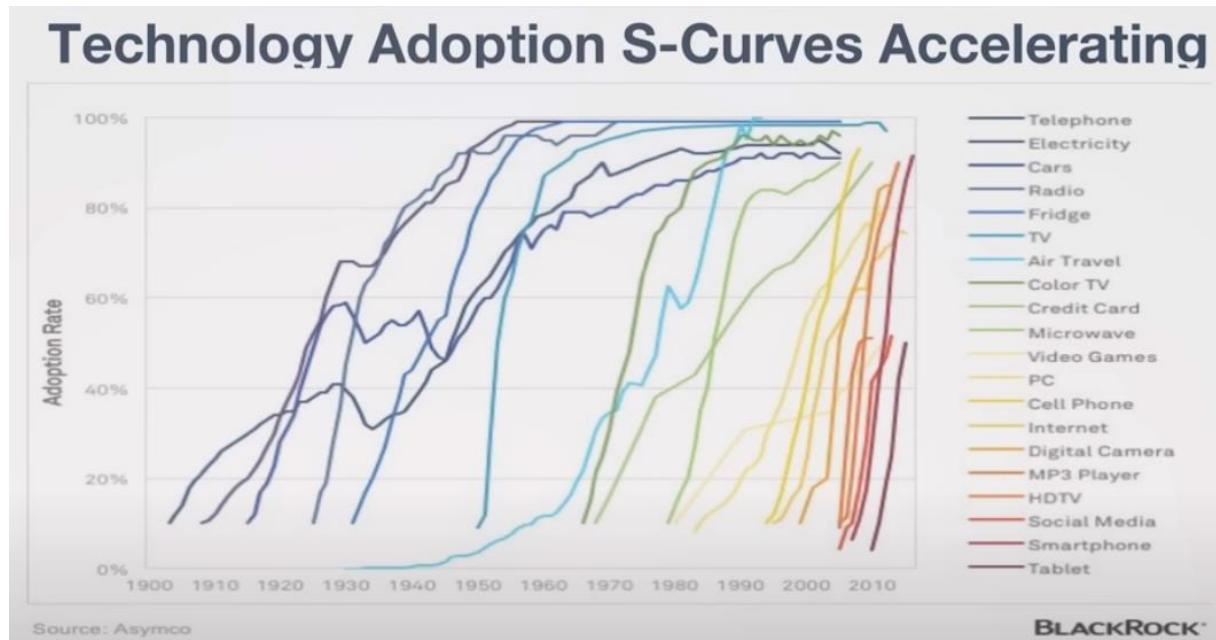
1. Knappheit: Wir nehmen an, dass natürlichen Ressourcen knapp sind und zur Neige gehen. Beispielsweise glauben auch viele Experten, dass unsere Trinkwasserreserven in Zukunft nicht ausreichen werden. Das ist schlicht und ergreifend falsch. Entsalzungstechnologien, Wasseraufbereitung und Verteilungssysteme existieren bereits und werden durch die kommenden Disruptionen durch Automatisierung und günstige Energie immer günstiger werden, sodass unsere Wasserreserven nicht sinken sondern dramatisch ansteigen werden. Wir werden einen Überfluss an Trinkwasser auf der ganzen Welt genießen. Natürlich gilt ein Überfluss an Ressourcen nicht für alle Dinge. Wohnraum beispielsweise wird immer relativ knapp sein. Aber viele Knappheiten, wie Lithium, Nahrung, Energie und so weiter sind unwissenschaftliche Irrtümer.
2. Degradierung: Wir nehmen an, dass die vom Menschen verursachten Veränderungen stets schädlich für die Natur sind und Schäden in der Natur nicht umkehrbar sind, weil die Natur zu lange benötigt, um sich an die schnellen Veränderungen anzupassen, für die wir sorgen. Aber wir vergessen dabei, dass Prävention und Aufbereitung der Natur

lediglich aufgrund der Kosten nicht durchgeführt werden. Wenn Energie und Arbeit um das Hundertfache günstiger werden, wird auch den Schaden, den wir der Natur zufügen, günstig behoben werden können. Sogar ausgestorbene Spezies werden wieder gezüchtete werden können.

3. Abhängigkeit: Umweltschützer nehmen inhärent an, dass der Mensch von der Umwelt abhängig ist und dass wir den Planeten retten müssen, um uns selbst zu retten. Das ist zwar heute noch der Fall, aber mit zunehmend fortschrittlicher Technologie wird unsere Abhängigkeit von der Natur weiter sinken, so wie sie bereits seit den industriellen Revolutionen sinkt. Wenn wir zu den Sternen reisen können, wird die Erde nicht mehr deshalb im Zentrum unseres Interesses stehen, weil wir von ihr abhängig sind, sondern weil sie für uns einen kulturellen Wert als Heimat hat.

Als nächstes wollen wir über die Prognose der Zukunft reden. Dorr nimmt hier vorweg, dass man nur bis in die 2030er quantitativ wertvolle Vorhersagen machen kann. Alles darüber hinaus wäre reine Spekulation. Qualitative Szenarien können bis in die 2050er Jahre weitergesponnen werden, auch wenn die Szenarien weit auseinander drifteten können. Konzeptuell kann man auch bis in die 2070er Jahre spekulieren. Aber alle Vorhersagen, die über 50 Jahre in die Zukunft reichen, sind vollkommen bedeutungslos, weil die Innovationen aufgrund der exponentiellen Entwicklungen und unvorhersehbarer Konvergenzen neuer Ideen einfach unmöglich sind. Dorr geht so weit zu sagen, dass solche Prognosen nicht nur ignoriert sondern aktiv verurteilt werden sollten. Das Problem mit vielen akademischen Prognosen ist nämlich, dass sie vortäuschen, detailliert und gut recherchiert zu sein, aber so viel Komplexität in das Prognosemodell einführen, dass sie im Endeffekt Akkuratheit durch spezifischen Vorhersagen vortäuschen, während in Wirklichkeit immer nur breite Trends mit hinreichender Sicherheit prognostiziert werden können. Jede Prognose, die über diese Trends hinausgeht und versucht spezifischer zu sein, verliert drastisch an wahrscheinlichkeitstheoretischer Sicherheit und muss ziemliches Glück haben, um tatsächlich richtig zu sein. Außerdem muss man akzeptieren, dass die Prognosezeiträume derzeit noch mehrere Dekaden einbetten, aber durch das exponentielle Wachstum in den 2050er Jahren sehr wahrscheinlich auf nur ein Jahr beschränkt sein werden. Es ist heute noch unvorstellbar, wie schnell die Entwicklungen in den 2050ern sein werden, aber es ist abzusehen, dass sich das Wissen der Menschheit in den 2050ern jedes Jahr oder sogar noch schneller verdoppeln wird, was so viel neue mögliche Konvergenzen und Innovationen zulässt, dass unmöglich

prognostiziert werden kann, was danach passiert. Zwar wird die Wissenszunahme alleine nicht dazu führen, dass dieses Wissen auch in Projekten umgesetzt wird, aber sofern die Roboter und günstige Energie dafür zur Verfügung stehen, werden auch die Zeiträume zur Umsetzung wirtschaftlicher Projekte drastisch sinken.



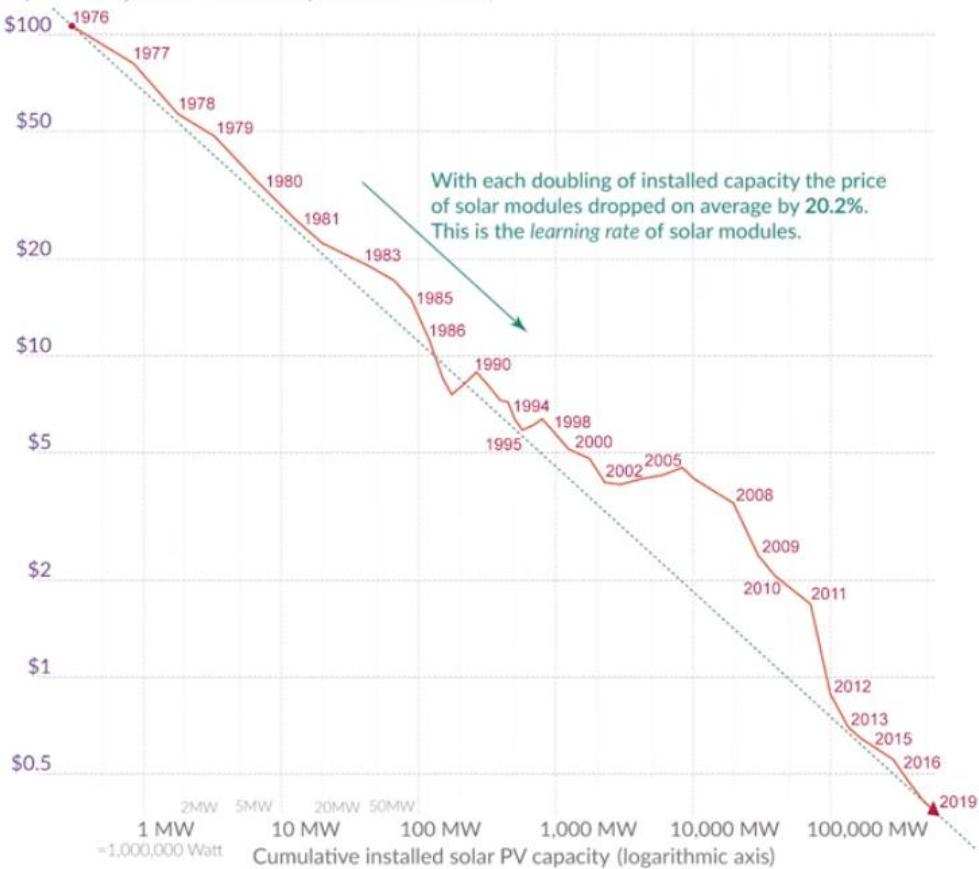
Komplexe Systeme sind über große Zeitspannen meist stabil, da Störungen durch interne Regulierungen ausgeglichen werden, sodass das System im Equilibrium verbleibt. Manchmal, wenn mehrere Störfaktoren jedoch konvergieren, wird das System aus dem Gleichgewicht geworfen und kann nicht wieder in dieses Zurückfinden. In der Innovation wird dies als Ruptur-Punkt bezeichnet. Das System erreicht am Ende ein neues Equilibrium unter neuen Bedingungen. Das sogenannte Adoptionslevel, also der Marktanteil einer Technologie in ihrer Branche hat dabei unter gewissen Voraussetzungen stets die gleiche Entwicklungskurve, nämlich eine S-Kurve bzw. Sigmoidfunktion. Die Ableitung bzw. die Funktion der Steigung des Adoptionslevels bezeichnet man als Adoptionsrate, die eine Art Glockenkurve ergibt. Der womöglich erste, der diesen Zusammenhang in der Wirtschaft bei disruptiven Innovationen erkannte, ist Everett Rogers, der dies in seinem Werk „Diffusions of Innovations“ 1962 festhielt. Seitdem existieren einige Modelle, die zu erklären versuchen, wodurch diese Kurven zustande kommen, z.B. von Geroski (Models of technology diffusion) aus dem Jahr 2000.

Bestimmte Technologien an sich machen außerdem exponentielle Entwicklungen durch, die die S-Kurven anderer Bereiche noch weiter befeuern und beschleunigen können.

## The price of solar modules declined by 99.6% since 1976

Our World  
in Data

Price per Watt of solar photovoltaics (PV) modules (logarithmic axis)  
The prices are adjusted for inflation and presented in 2019 US-\$.



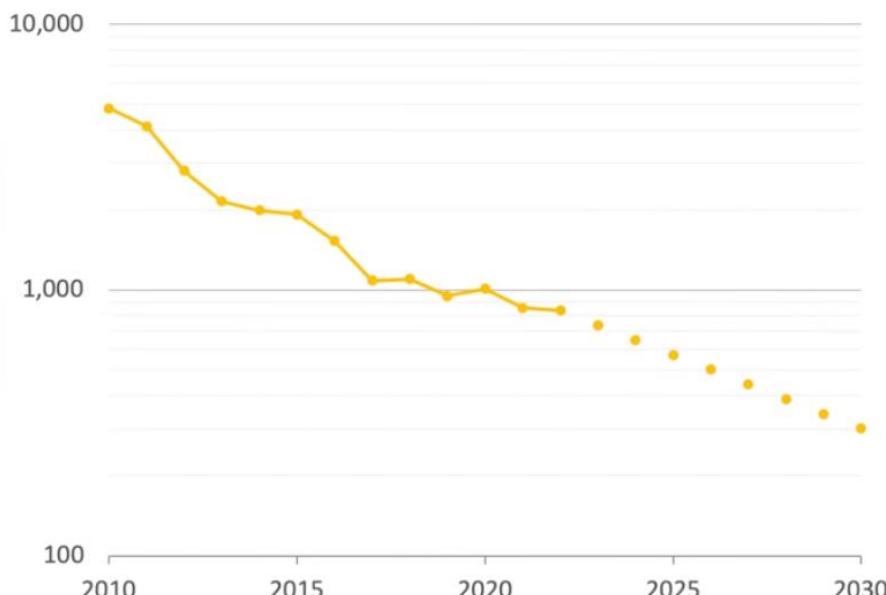
Data: Lafond et al. (2017) and IRENA Database; the reported learning rate is an average over several studies reported by de La Tour et al (2013) in Energy. The rate has remained very similar since then.

OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY  
by the author Max Roser

## SOLAR COSTS

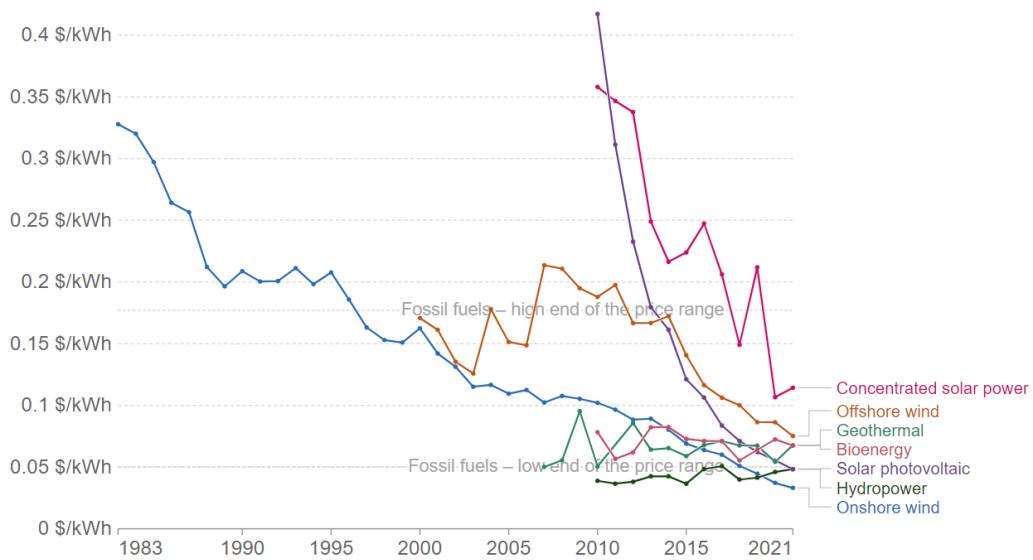
\$/kW (2019 USD)



## Levelized cost of energy by technology, World

Our World  
in Data

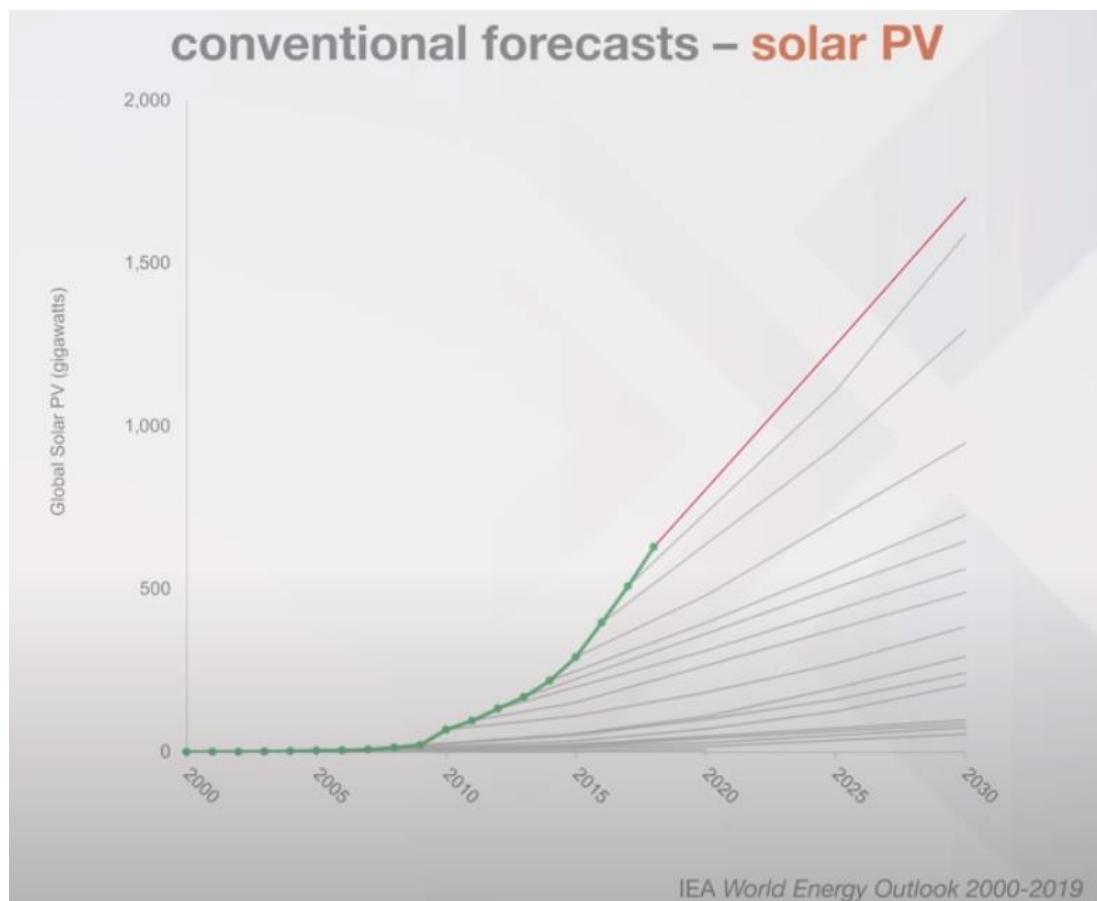
The average cost per unit of energy generated across the lifetime of a new power plant. This data is expressed in US dollars per kilowatt-hour, adjusted for inflation.

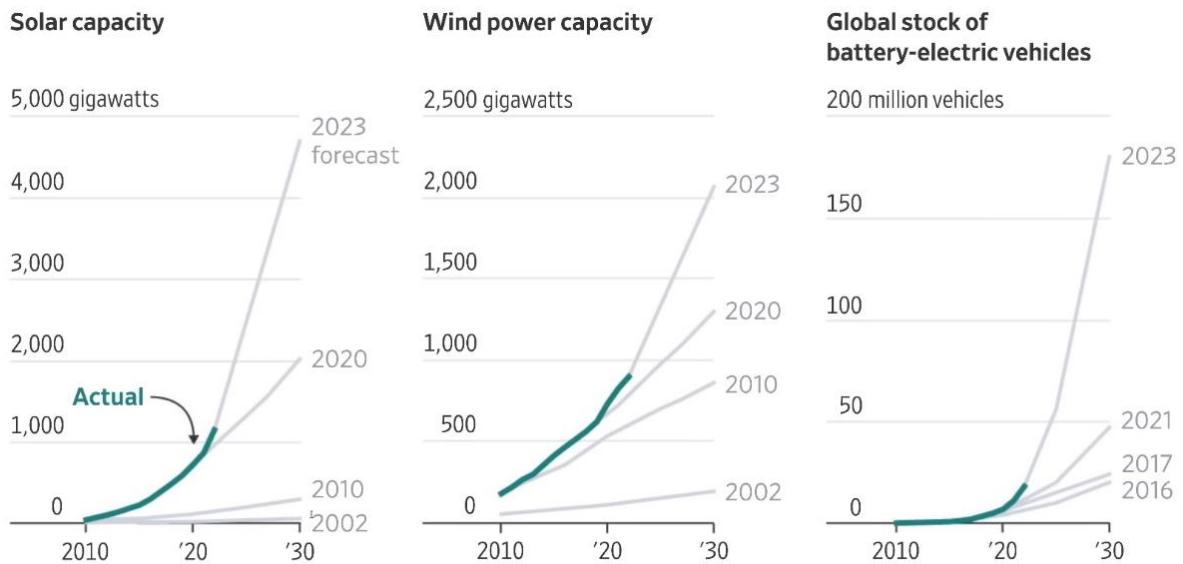


Source: International Renewable Energy Agency (IRENA)  
Note: Data is expressed in constant 2021 US\$.

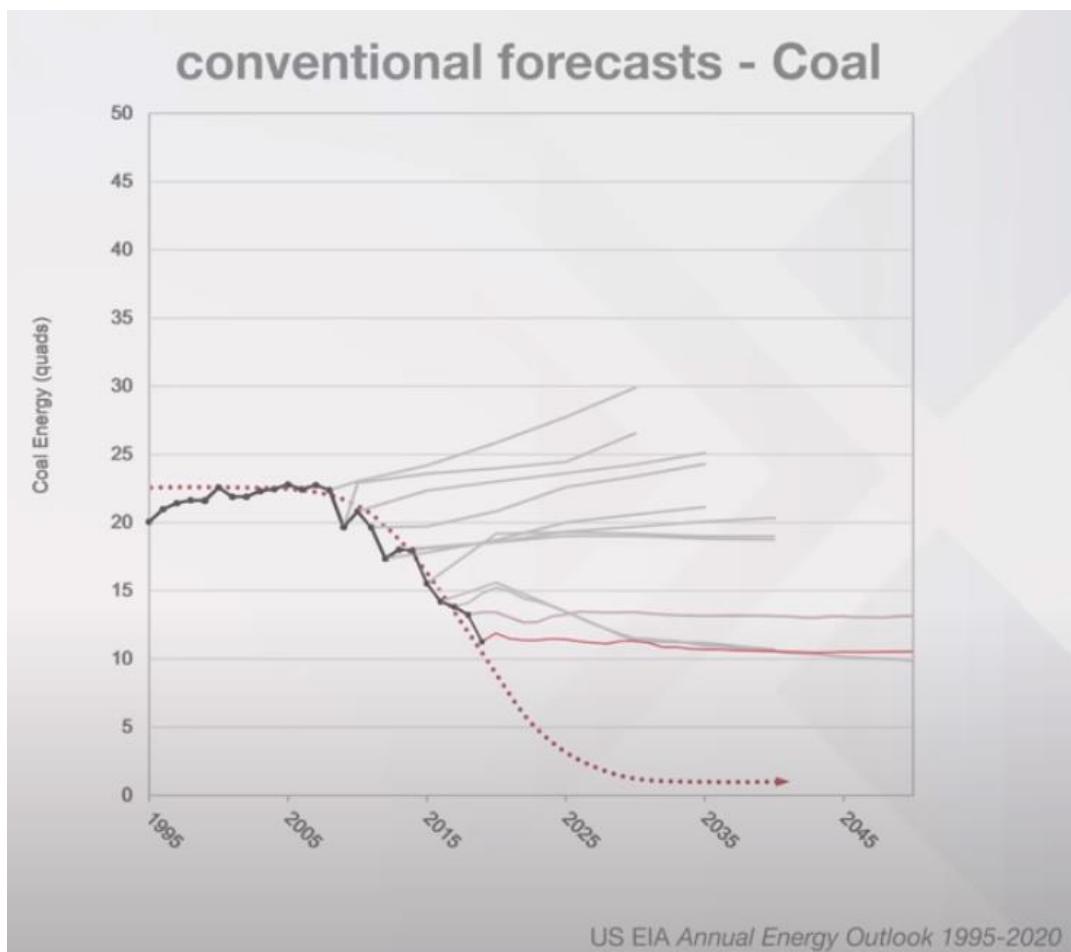
[OurWorldInData.org/energy](http://OurWorldInData.org/energy) • CC BY

Der Mainstream sieht diese exponentiellen Zusammenhänge aus irgendeinem Grund nicht oder ist sich zu unsicher, sie anzuwenden. Die IEA oder auch IPCC verwenden lineare Prognosen, die von Jahr zu Jahr immer wieder falsch liegen.



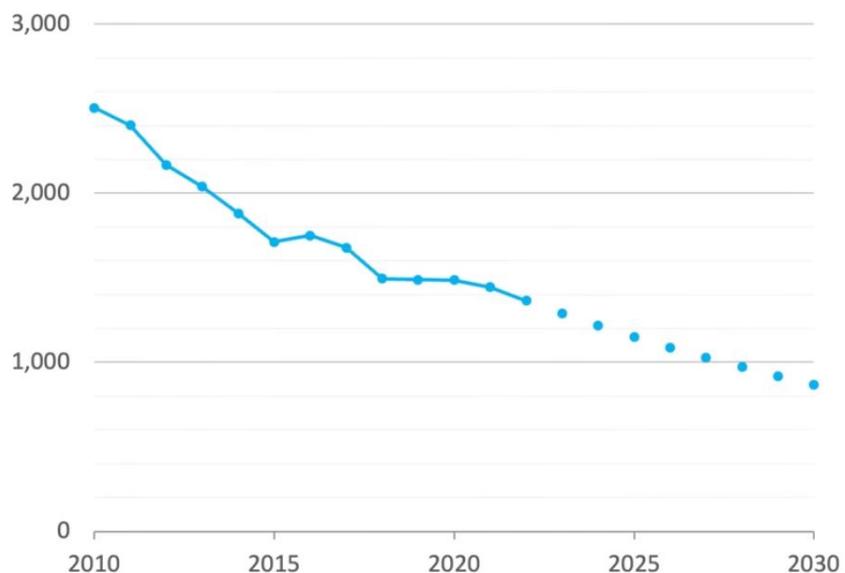


Sources: Boston Consulting Group; projections from International Energy Agency (stated policies scenarios);



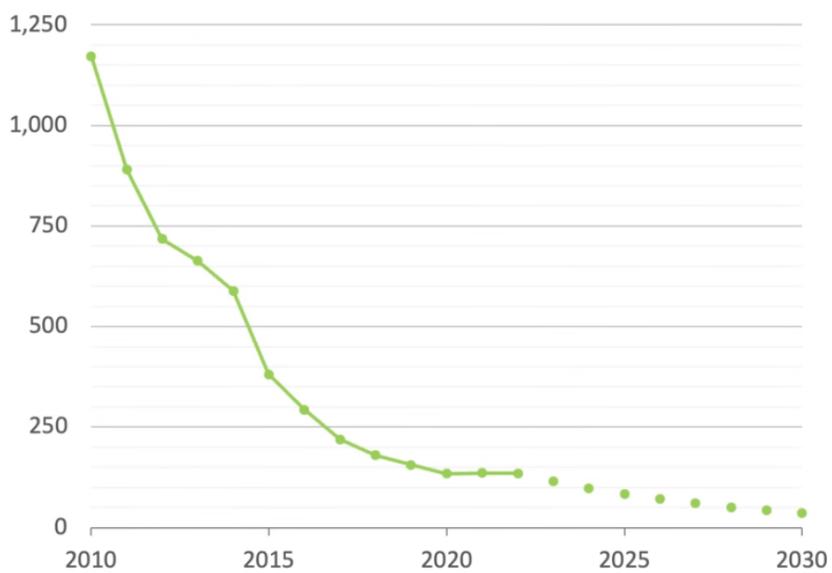
## WIND COSTS

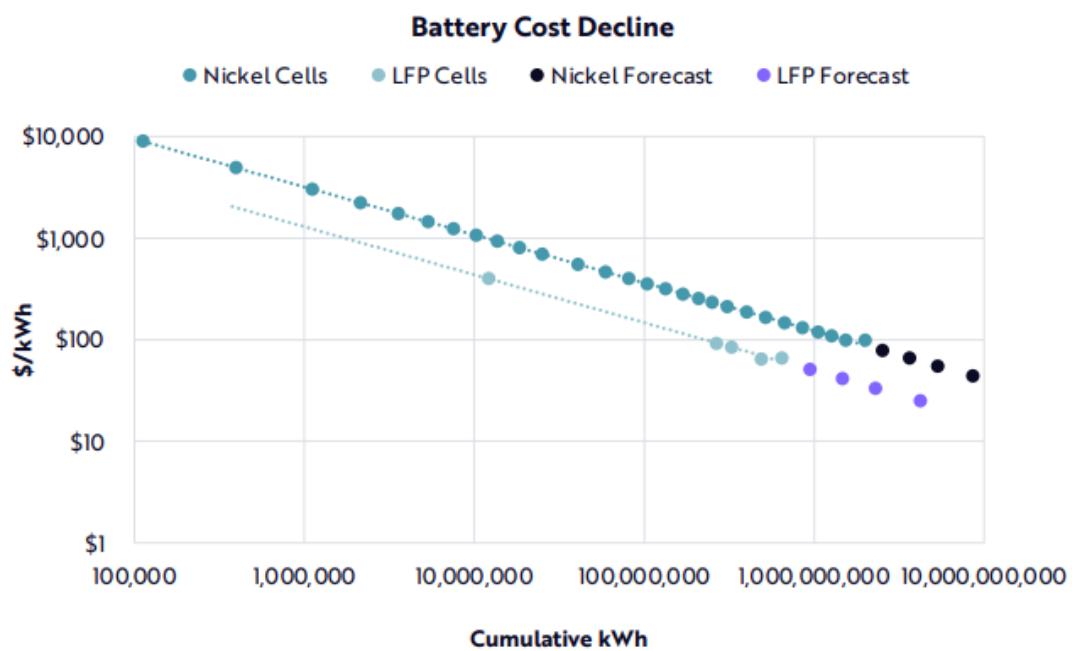
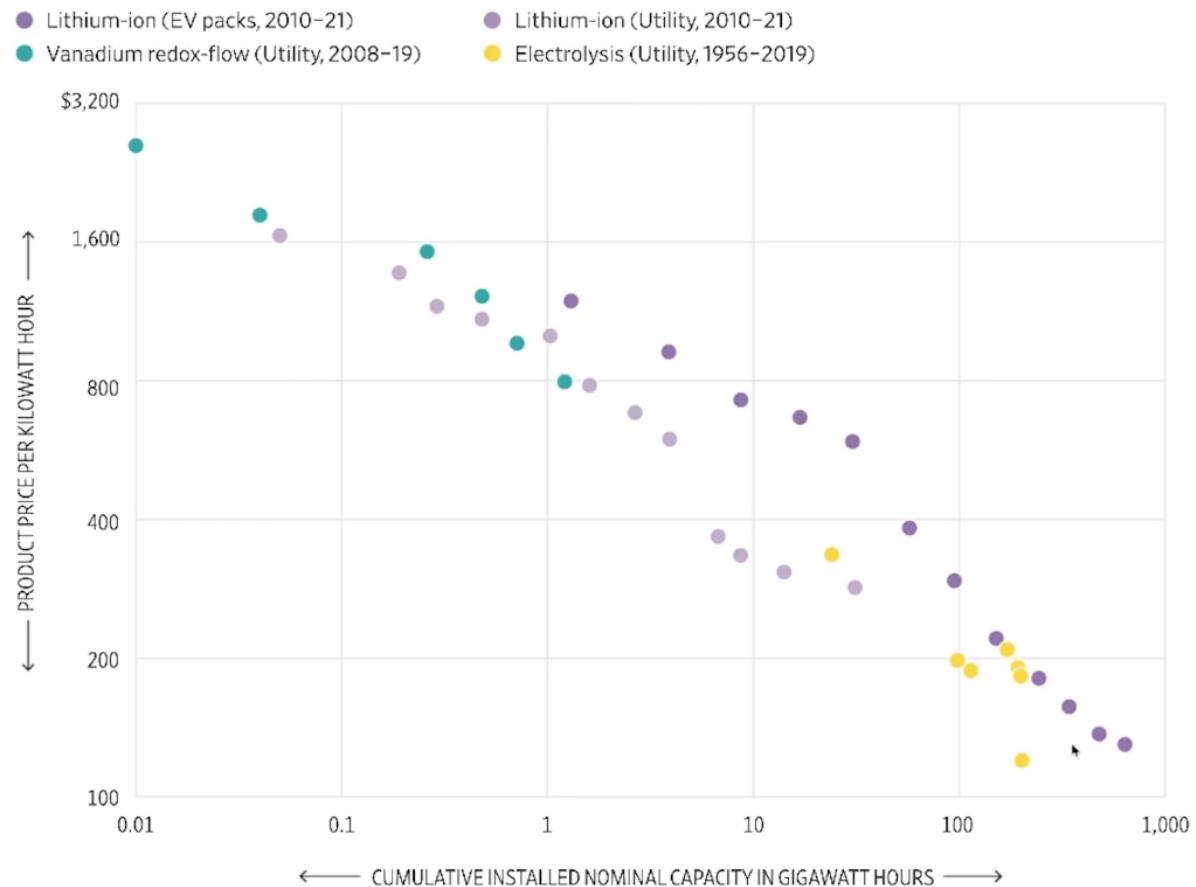
\$/kW (2019 USD)



## BATTERY COSTS

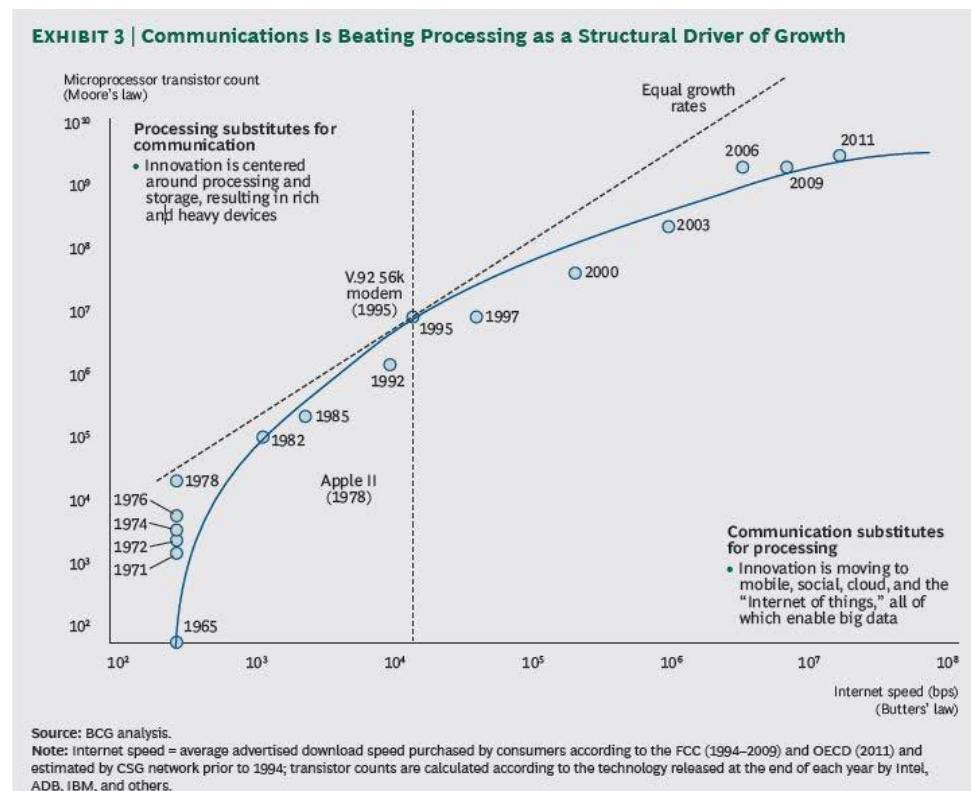
\$/kW (2019 USD)

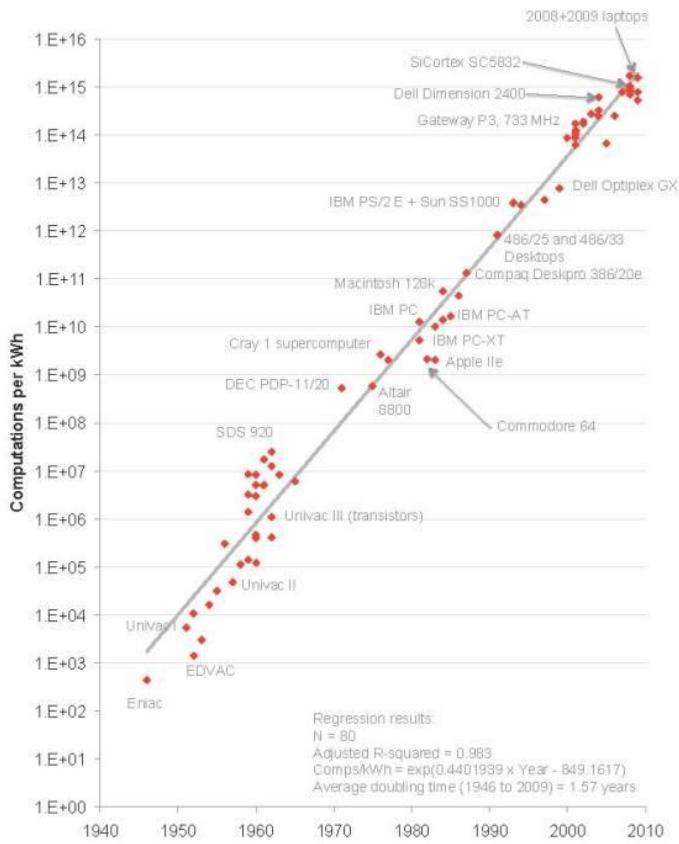




Moore's Law ist zwar das bekannteste unter den exponentiellen Gesetzen des Wachstums, aber auch viele andere Technologien besitzen ihre respektiven selbsterfüllenden Prophezeiungen. Dazu gehören Kryder's Law für Datenspeicher, wobei alle 18 Monate eine Halbierung des Preises pro Bit prognostiziert wird, Hendy's Law für die digitale Bildverarbeitung, wobei in

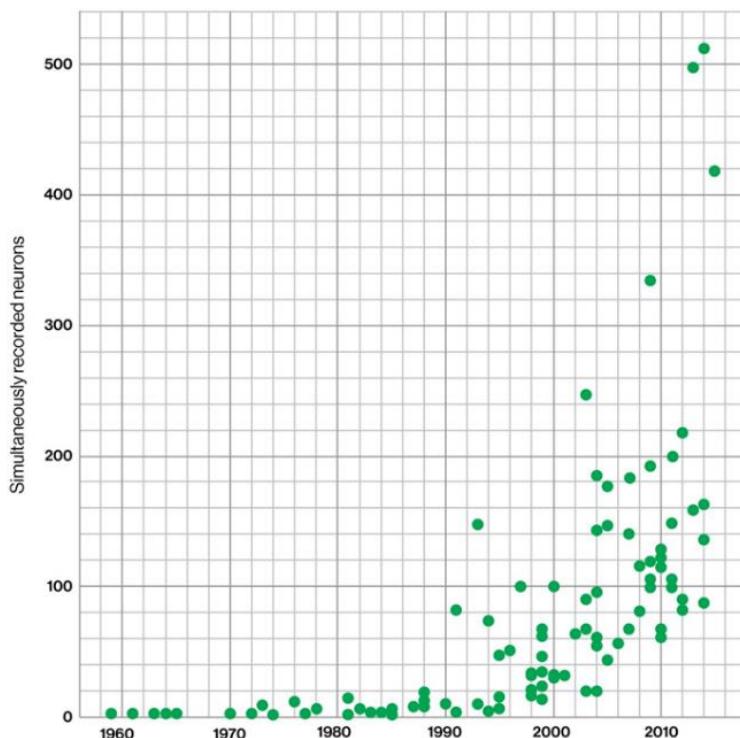
Pixel pro Dollar gerechnet wird und jährlich eine Zunahme von 59% prognostiziert wurde. Heute sind Bilder durch KI natürlich fast zum Nullpreis zu erhalten. Es gibt Butter's Law für die Datenübertragung, Swanson's Law für Solarzellen, Stevenson's Law für Brain-Computer Interfaces, Koomey's Law und so weiter.





#### The Moore's Law of Brain-Computer Interfaces

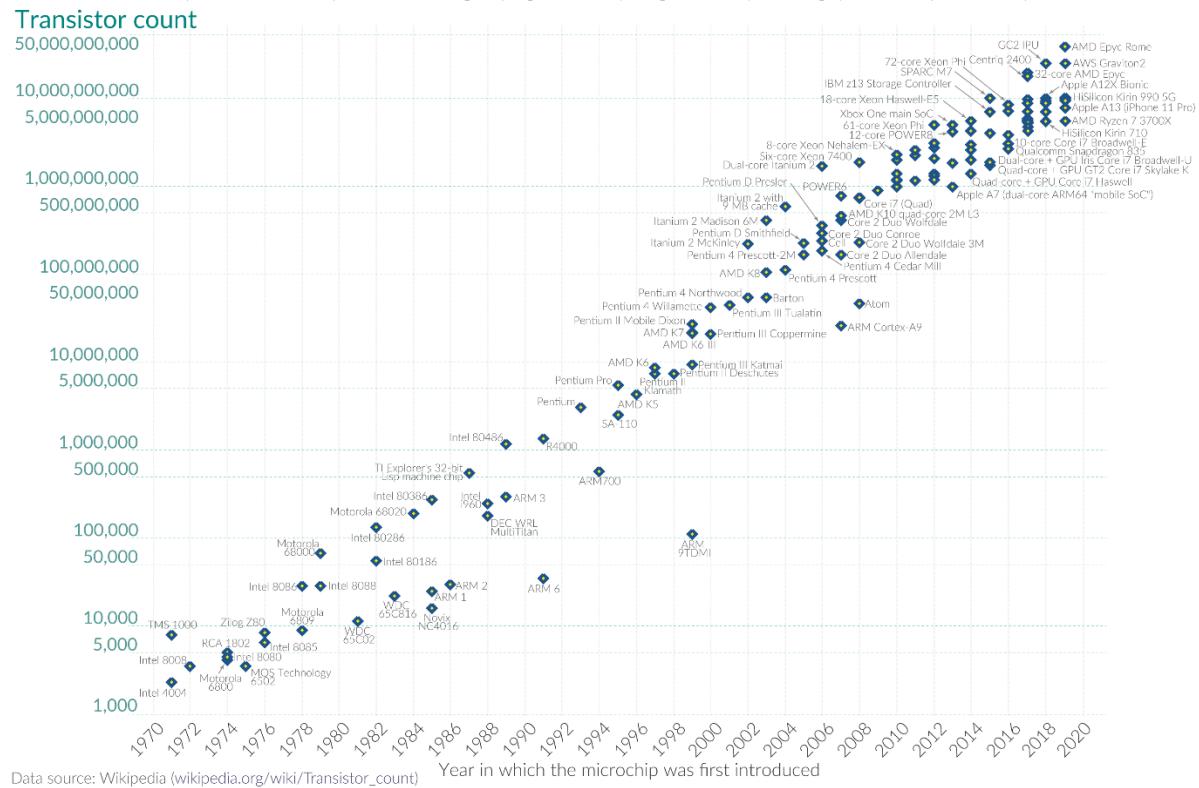
The number of neurons recorded simultaneously from any animal's brain. Each point represents a published paper.



## Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World  
in Data



Data source: Wikipedia ([wikipedia.org/wiki/Transistor\\_count](https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count))

OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

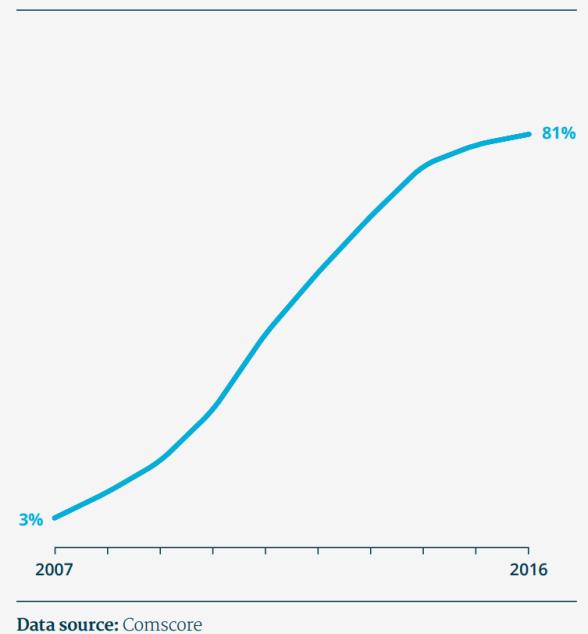
Jahr	Supercomputer	Spitzengeschwindigkeit bis 1959 in OPS ab 1960 in FLOPS
1906	Babbage Analytical Engine, Mill	0,3
1928	IBM 301	1,7
1931	IBM Columbia Difference Tabulator	2,5
1940	Zuse Z2	3
1941	Zuse Z3	5,3
1942	Atanasoff-Berry Computer (ABC)	30
	TRE Heath Robinson	200
1943	Flowers Colossus	5.000,00
1946	UPenn ENIAC (vor den Modifikationen von 1948+)	50.000,00
1954	IBM NORC	67.000,00
1956	MIT TX-0	83.000,00
1958	IBM SAGE	400.000,00
1960	UNIVAC LARC	500.000,00
1961	IBM 7030 „Stretch“	1.200.000,00
1964	CDC 6600	3.000.000,00
1969	CDC 7600	36.000.000,00
1974	CDC STAR-100	100.000.000,00
1975	Burroughs ILLIAC IV	150.000.000,00
1976	Cray-1	250.000.000,00
1981	CDC Cyber 205	400.000.000,00
1983	Cray X-MP/4	941.000.000,00
1984	M-13	2.400.000.000,00
1985	Cray-2/8	3.900.000.000,00
1989	ETA10-G/8	10.300.000.000,00
1990	NEC SX-3/44R	23.200.000.000,00
1993	Thinking Machines CM-5/1024	65.500.000.000,00
	Fujitsu Numerical Wind Tunnel	124.500.000.000,00

	Intel Paragon XP/S 140	143.400.000.000,00
1994	Fujitsu Numerical Wind Tunnel	170.400.000.000,00
1996	Hitachi SR2201/1024	220.400.000.000,00
1996	Hitachi/Tsukuba CP-PACS/2048	368.200.000.000,00
1997	Intel ASCI Red/9152	1.338.000.000.000,00
1999	Intel ASCI Red/9632	2.379.600.000.000,00
2000	IBM ASCI White	7.226.000.000.000,00
2002	NEC Earth Simulator	35.860.000.000.000,00
2004	SGI Project Columbia	42.700.000.000.000,00
	IBM BlueGene/L	70.720.000.000.000,00
2005	IBM BlueGene/L	136.800.000.000.000,00
2008	IBM Roadrunner	1.105.000.000.000.000,00
2010	Tianhe-1A	2.507.000.000.000.000,00
2011	K Computer	10.510.000.000.000.000,00
2012	Sequoia	16.324.750.000.000.000,00
2012	Titan	17.590.000.000.000.000,00
2013	Tianhe-2	33.863.000.000.000.000,00
2016	Sunway TaihuLight	93.000.000.000.000.000,00
2018	Summit	200.000.000.000.000.000,00
2022	Frontier	1.100.000.000.000.000.000,00
2023	El Capitan	2.000.000.000.000.000.000,00



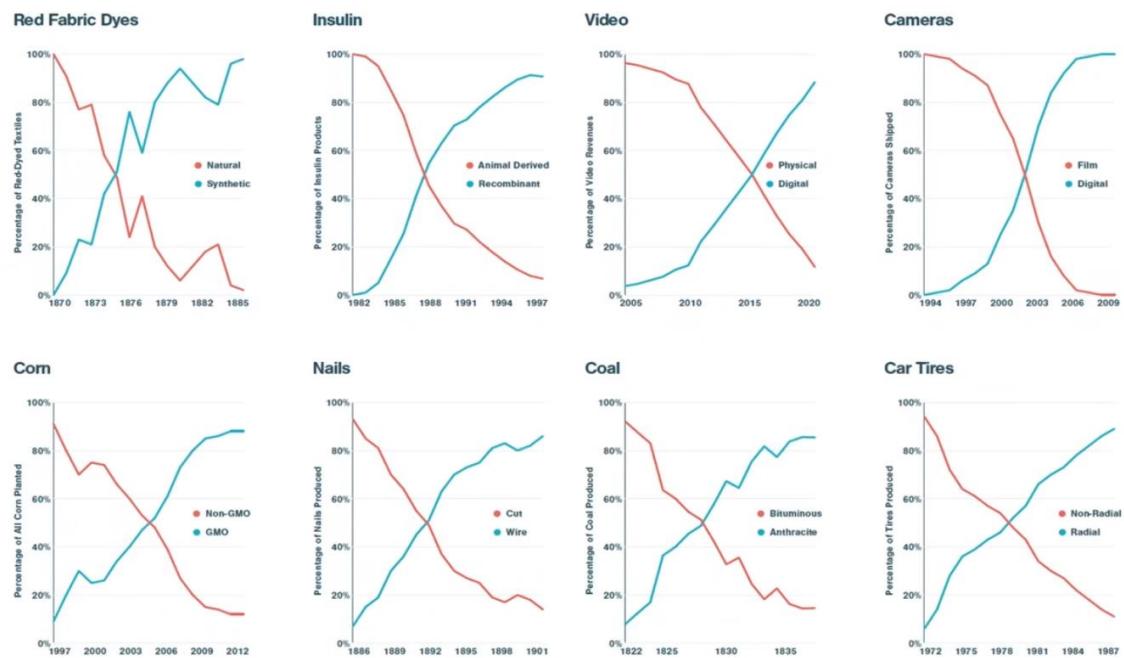
Als Beispiel kann man das Smartphone betrachten. Dass das Smartphone 2007 auf den Markt kam, ist kein Zufall. Es waren verschiedene konvergente Innovationen nötig, um ein solches Gerät möglich zu machen. Im Jahr 2000 wurde mobiler Datenverkehr noch 1G oder 2G Netzwerke durchgeführt, die deutlich zu niedrigere Datenübertragungsraten ermöglichten. Erst die Entwicklung der GPRS Technologie erhöhte Transferraten erheblich. Lithium Ionen Batterien und Touch Screens hatten sich 2007 so weit entwickelt, dass sie im Telefon eingebaut werden konnten.

**Figure 1. Smartphone Share of Cellphone Market in U.S.  
2007–2016 (%)**

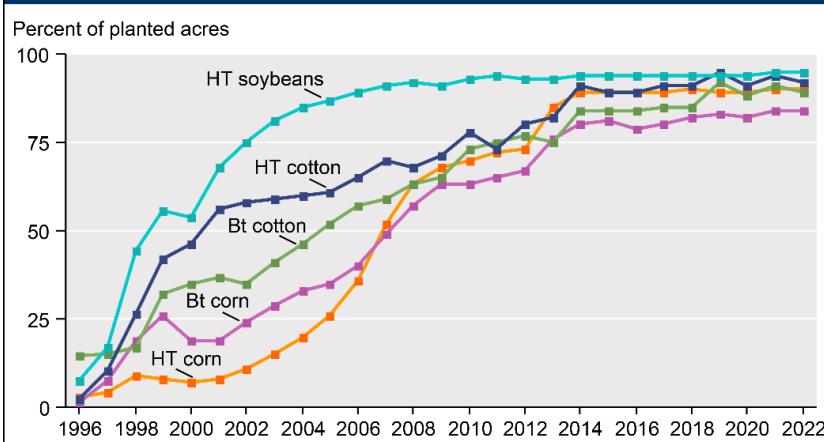


Apple nutzte diese Konvergenz perfekt aus. Nokia hingegen, das 2007 noch 51% des Telefonmarktes ausmachte, hatte 2013 nur noch 3% Marktanteil. Das alte System wird aus dem Markt verdrängt.

Dies sieht man für eine Reihe von Technologien, egal in welchen Sektor man schaut und RethinkX hat über 100 Sektoren betrachtet, in denen stets das gleiche Muster aufgetaucht ist:

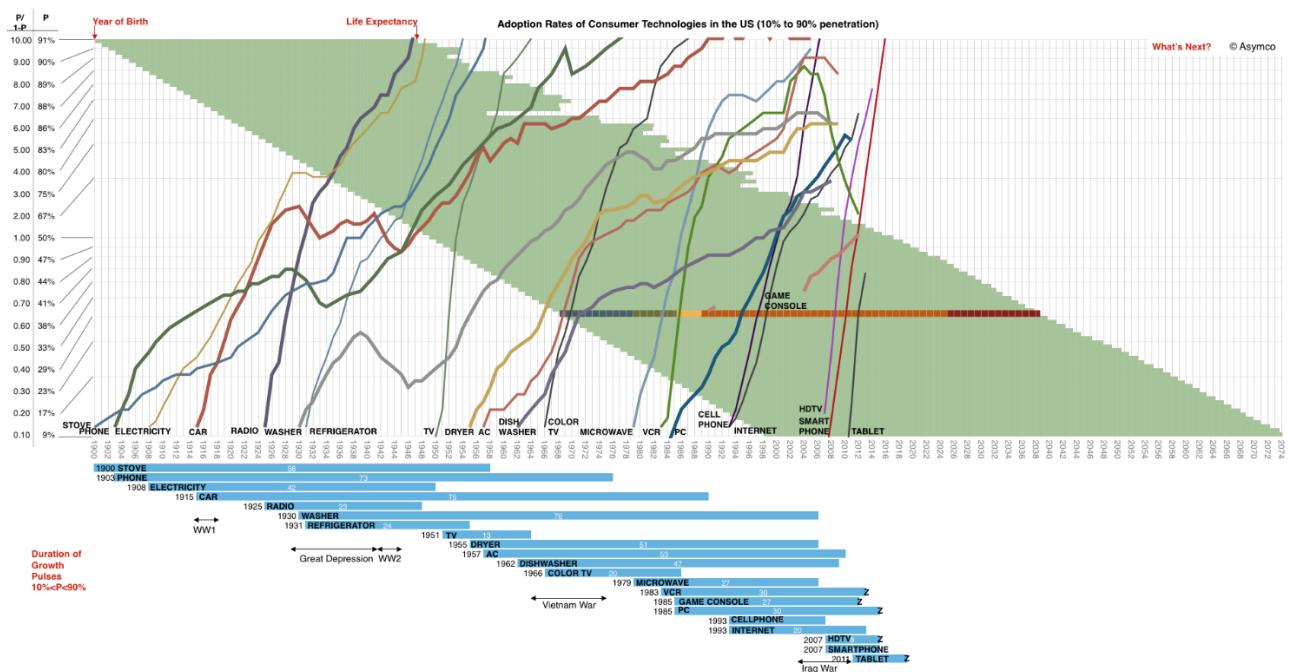


## Adoption of genetically engineered crops in the United States, 1996–2022

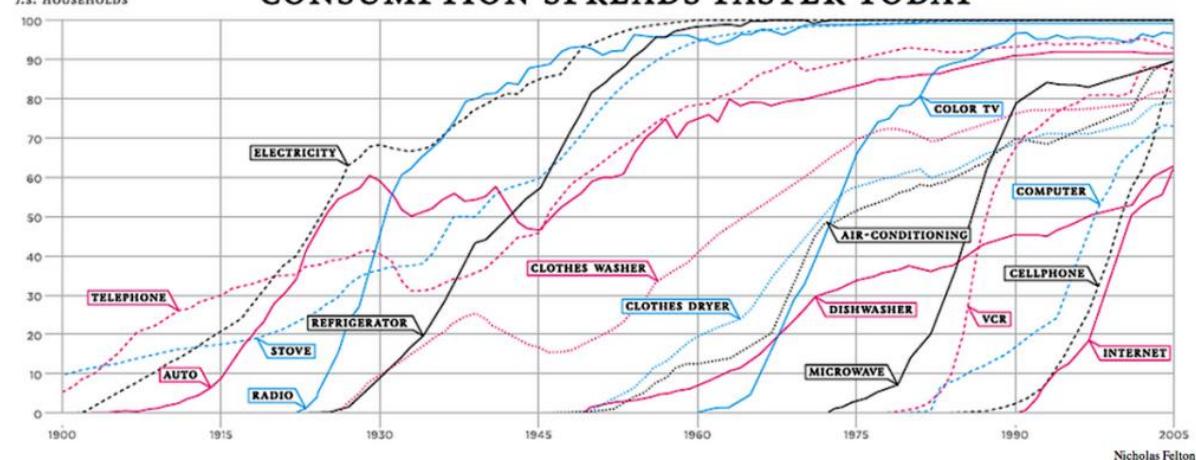


Note: HT indicates herbicide-tolerant varieties; Bt (*Bacillus thuringiensis*) indicates insect-resistant varieties (containing genes from the soil bacterium Bt). Data for HT/Bt corn and cotton are not mutually exclusive, as HT and Bt categories include those varieties with overlapping (stacked) HT and Bt traits.

Source: USDA, Economic Research Service using data from the 2002 ERS report, Adoption of Bioengineered Crops (AER-810) for 1996–99 and National Agricultural Statistics Service, (annual) June Agricultural Survey for 2000–22.



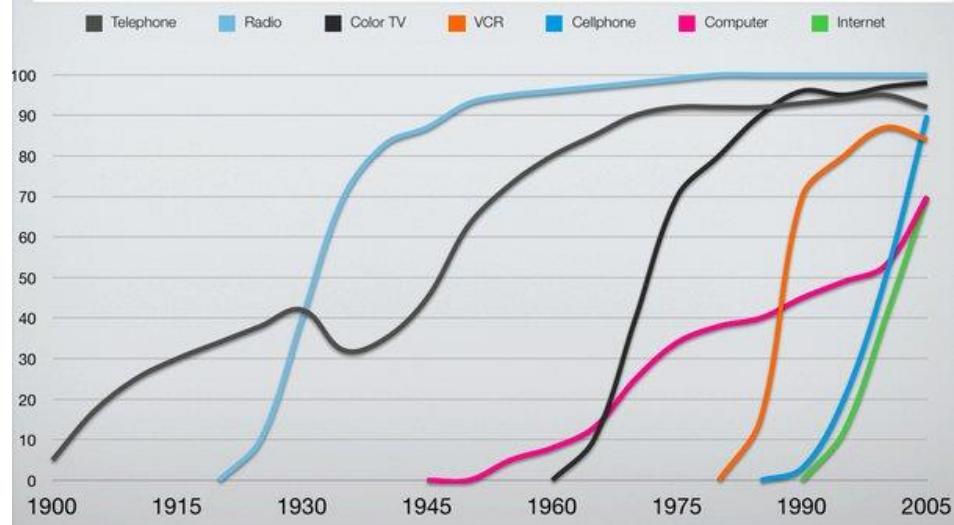
## CONSUMPTION SPREADS FASTER TODAY



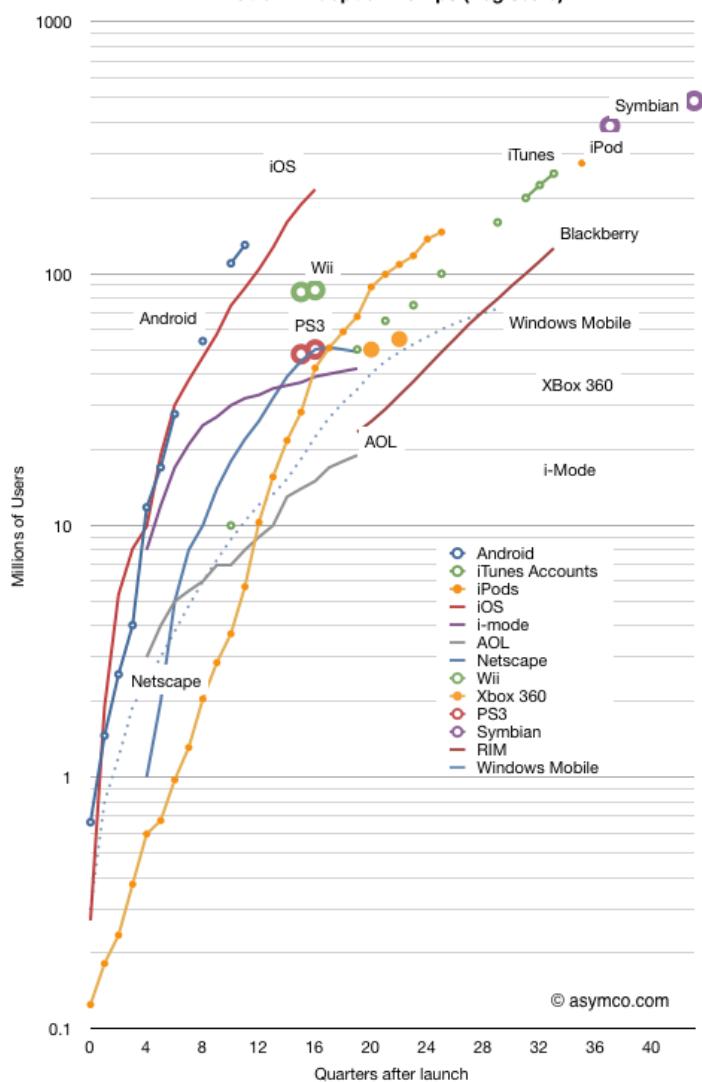
Nicholas Felton

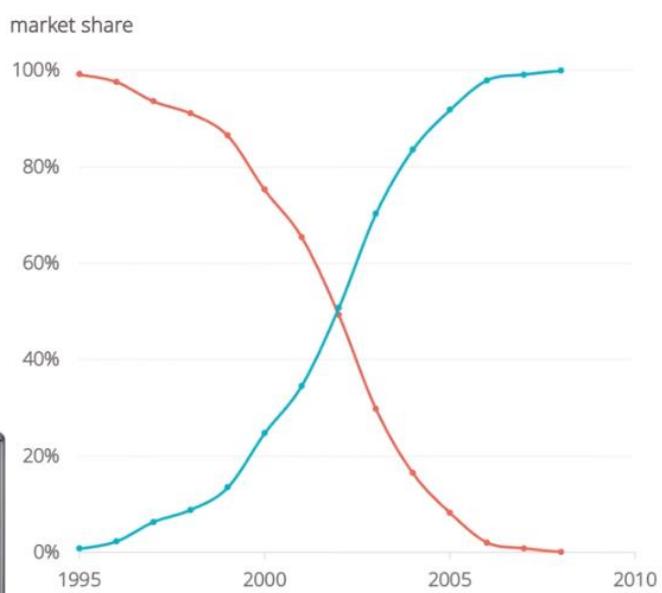
# Tech Adoption

Historical adoption rates of communication technologies



Platform Adoption Ramps (Log scale)





Spiegelreflexkameras wurden von digitalen Kamerassen abgelöst. Das größte Unternehmen in diesem Bereich war Kodak, die eigens die erste digitale Kamera entwarfen, aber das Konzept nicht als wertvoll erachteten. Im Endeffekt nutzten Konkurrenten diese Schwäche aus und Kodak musste ein Insolvenzverfahren einleiten, aus dem sie später als Anbieter für Drucktechnologie hervorgingen.

Die einzigen zwei Voraussetzungen, die man benötigt, damit es zu diesen sogenannten X-Kurven kommt, ist

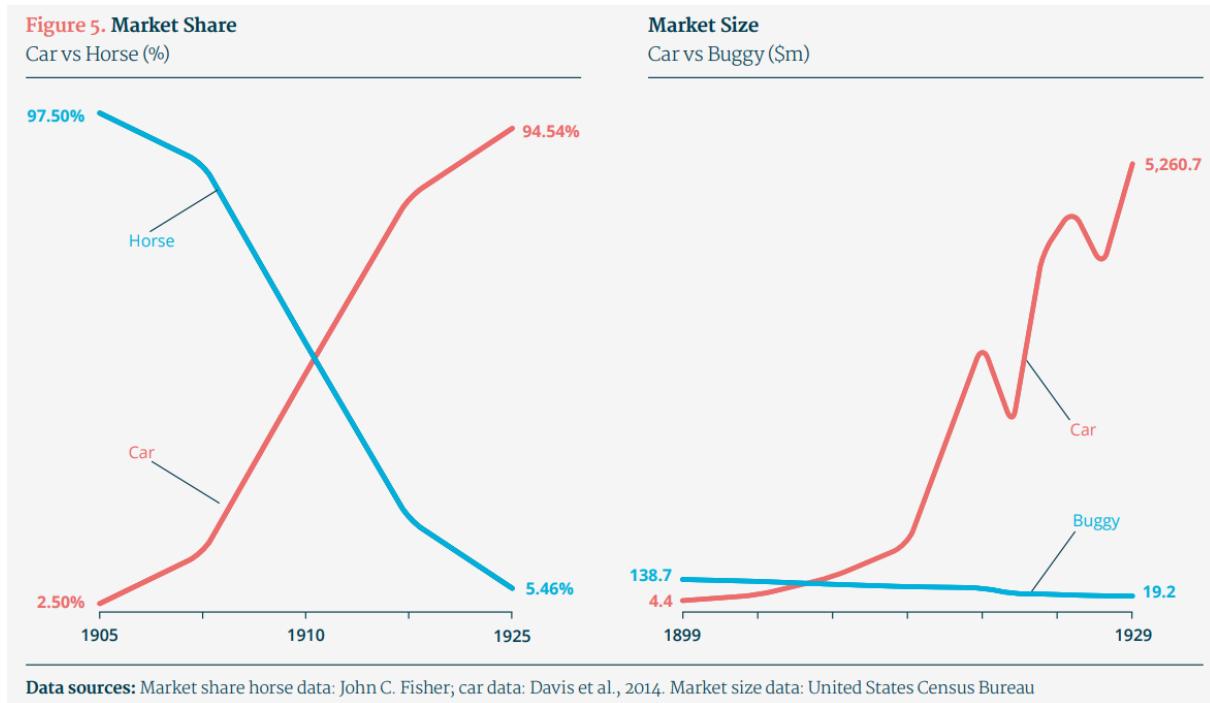
1. Die neue Technologie muss das Potenzial besitzen, deutlich günstiger zu werden als die alte Technologie und
2. Die neue Technologie muss signifikant und in praktisch allen relevanten Bereichen besser als die alte Technologie sein.

Das ist auch der Grund, warum Bitcoin keine disruptive Technologie ist, auch wenn die Investoren das gerne behaupten, da Bitcoin in vielen Belangen einfach schlechter als das existierende Bankensystem ist und auch nicht günstiger ist oder das Potenzial besitzt, günstiger zu werden.

Die Theorie hinter den disruptiven S-Kurven der Innovation ist ziemlich einfach zu verstehen. Die neue Technologie tritt in einen sogenannten Erfolgszyklus ein, während die alte Technologie in einen Teufelskreislauf eintritt. Beides sind Kreisläufe die durch verschiedene Kriterien gespeist werden und sich gegenseitig antreiben. Eine Konvergenz von Innovation führt dazu, dass sich die Kosten und Fähigkeiten einer neuen Technologie verbessern, was dazu führt, dass die Nachfrage nicht nur nach den Produkten, sondern Anwendungen basierend auf den Produkten, steigen

wird. Mehr Nachfrage sorgt für zunehmende Investments und den Ausbau der Produktionskapazität für die neue Technologie. Steigen die Produktionskapazitäten, setzen schließlich Skaleneffekte ein. Das berühmte Gesetz ist in diesem Fall Wright's Law, das wir an anderer Stelle unter Ark Invest genauer besprechen werden. Skaleneffekte und Wright's Law sorgen dafür, dass die Technologie günstiger wird und die Fähigkeiten der Technologie noch verbessert werden. Es entsteht ein Erfolgskreislauf, der sich selbst verstärkt. Während die neue Technologie Marktanteile gewinnt, verliert natürlich die alte Technologie Marktanteile und erfährt einen Rückgang der Nachfrage. Dadurch werden die Margen enger und die Profite schrumpfen. Es kann nicht mehr in den Ausbau und womöglich auch nicht in die Instandhaltung existierender Produktionskapazitäten investiert werden. Außerdem sehen Investoren höhere Risiken in den alten Technologien und Staaten werden die neue Technologie unterstützen und die alte Technologie nicht mehr subventionieren. Die Preise für die alte Technologie werden dadurch steigen und sie noch unattraktiver machen. Zugleich wird auch das Ansehen der alten Technologien in der Gesellschaft abnehmen, die Nachfrage wird weiter rückläufig sein, was normalerweise die Preise senken sollte, aber es passiert das Gegenteil. Die Unternehmen haben Fixkosten, die nun über weniger verkaufte Produkte verteilt werden müssen, weshalb sie den Preis der Produkte anheben müssen, um zu überleben. Produktionskapazitäten werden abgebaut, um Kosten zu sparen, was Investoren weiter verunsichert und wegtreibt. Ein Beispiel ist der Dow Jones U.S. Kohle Index.

Ein besonderes historisches Beispiel ist das Automobil, das die Kutsche ersetzte. Das Auto stellt eine geschichtliche Revolution der Mobilität dar, die zur Lösung der damaligen „Großen Pferdemist-Krise von 1894“ führte. Noch im Jahr 1894 schrieb die Times „In 50 Jahren wird jede Straße in London unter einer 3 Meter dicken Schicht Pferdemist begraben sein.“ Und bereits 15 Jahre später war das Problem behoben.



Die Autoverkäufe stiegen von weniger als 5% des Fahrzeugbestands im Jahr 1905 auf über 95% im Jahr 1925. Die Einführung erfolgte entlang einer S-Kurve, wobei eine 10-jährige Phase zwischen 1910 und 1920 den Marktdurchdringungsgrad von 11% auf 81% erhöhte - fast genau die gleiche Zeit, die das Smartphone benötigte, um seinen Markt zu dominieren. Das Besondere am Auto ist, dass seine S-Kurve während einer Influenza Pandemie stattfand und sich so schnell vollzog, obwohl der erste Weltkrieg stattfand. Das zeigt uns, dass äußere Störungen Disruptionen kaum beeinflussen können. Das Wachstum in dieser Phase beschränkte sich jedoch nicht nur auf den Ersatz von Pferdewagenverkäufen - das Auto schuf einen völlig neuen Markt für den Transport, der zuvor nicht existiert hatte. Die Haupttreiber der gesellschaftlichen Ausbreitung waren die kontinuierliche Verbesserung der Fähigkeiten des Autos und der rasante Preisverfall. Diese wurden durch eine zunehmende Investition von Kapital und Einfallsreichtum vorangetrieben und später, mit steigender Nachfrage, durch Skaleneffekte, die die Produktionskosten senkten. Geschäftsmodellinnovationen wie die Auto-Finanzierung erleichterten den Autokauf und erweiterten den Markt auf die Mittelschicht, die das Auto begeistert aufnahm - bis 1926 wurden bereits zwei Drittel der Autos auf Kredit gekauft, nur sieben Jahre nach ihrer Einführung. In einem sich selbst verstärkenden Kreislauf zog die zunehmende Marktgröße mehr Investitionen, mehr Talente und mehr Wettbewerber an, was zu weiteren Innovationen führte, um die Kosten weiter zu senken und Autos für mehr Menschen erschwinglich zu machen, was zu steigenden Verkäufen führte.

Mit dem wachsenden Bedarf reagierte der Markt und passte sich auf vorhersehbare Weise an - Unternehmer, Lieferanten und sogar die Regierung stürzten sich auf die neuen Möglichkeiten und Investitionsmittel flossen in Strömen. Die Infrastruktur wurde um diese neuen Branchen herum aufgebaut - der Straßenbau boomte, die Ölindustrie nahm Fahrt auf und Tankstellen (von denen die erste im Jahr 1905 gebaut wurde) wurden errichtet, bis sie 1920 eine Zahl von 15.000 und bis 1930 124.000 erreichten. Die Automobilindustrie baute tatsächlich die Maschinen, die ihre eigene Infrastruktur aufbauten, in einem sich wiederholenden, sich selbst verstärkenden Kreislauf, da Verbrennungsmotoren Erdarbeiten (Bagger, Lader, Bulldozer, Grader und Schürfer), Straßenbauarbeiten (Fräsmaschinen, Pflasterer und Verdichtungsmaschinen) und Hebezeuge (Turmkran und Traktorkran) antrieben und so den Wandel weiter beschleunigten.

Da das gesamte gesellschaftliche System ein komplexes System mit bestimmten Equilibria ist, befinden sich verschiedene Gleichgewichten ineinander verschachtelt in diesem Gesamtsystem. Die größte Größenordnung wird von Tony Seba als Zeitalter beschrieben. Wir befinden uns im Zeitalter der Extraktion und kommen aus dem Zeitalter des Überlebens. Durch die verschiedenen uns bevorstehenden Innovationen in so vielen Branchen wird nun nach etwa 3000 Jahren Extraktion das Zeitalter der Freiheit erreicht, in welchem tatsächlich die meisten Güter vollständig an Wert verlieren und zu Marginalkosten wenn nicht sogar zum Nullpreis verkauft werden können. Das Zeitalter der Extraktion unterteilt Seba sogenannte Ordnungen, wobei die ägyptische Gesellschaft einer ersten Ordnung angehörte, Rom eine zweite Ordnung mit anderem Equilibrium angehörte und die industrielle Gesellschaft ein weiteres neues Ordnungsgleichgewicht darstellt. Wir befinden uns derzeit noch in der industriellen Ordnung, die Seba in Wellen untergliedert. Die erste disruptive Welle war die Informationsinnovation durch den Buchdruck. Die zweite Welle war die Energieinnovation durch Dampfmaschinen und Elektrizität und die dritte Welle war die Transportinnovation durch verschiedene Transportvehikel, wie Autos, Flugzeuge, Schiffe, Bahnen etc. Die verschiedenen Konvergenzen im Bereich Energie, Transport, Landwirtschaft und Arbeit werden ausreichen, um eine Störung im System zu erzeugen, die so groß ist, dass wir das Equilibrium des Zeitalters der Extraktion verlassen und das Zeitalter der Freiheit erreichen. Seba hält diese Transformation für so fundamental, wie der Übergang von einer Jäger und Sammler Gesellschaft ins Zeitalter der Extraktion.

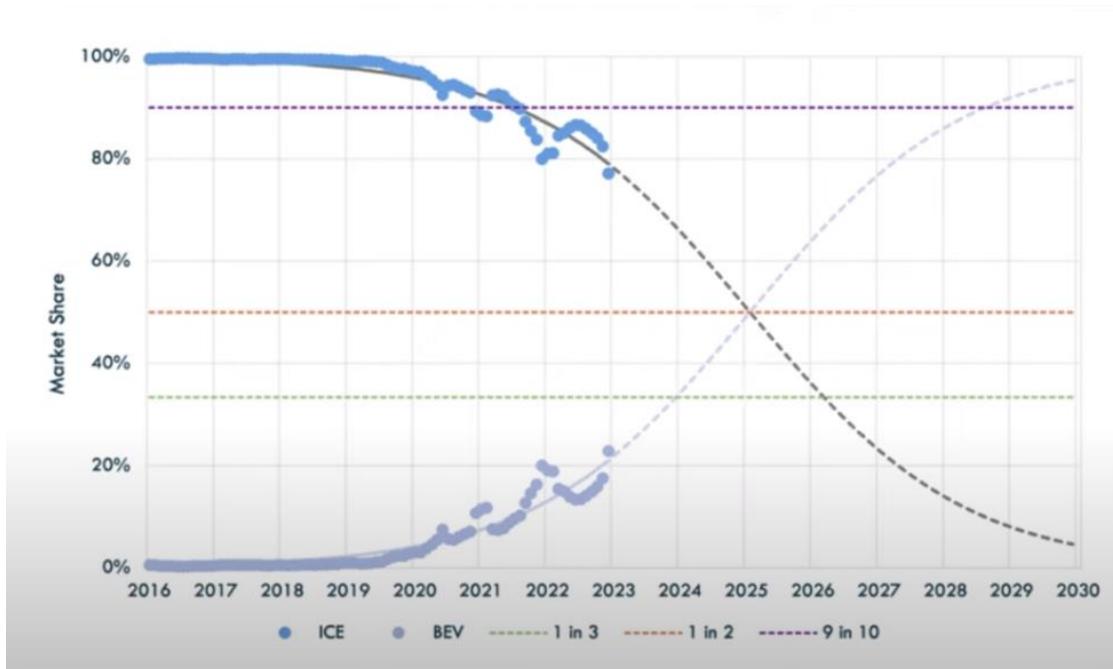
## Wichtige Konzepte nach Adam Dorr:

1. Computer beschleunigen alle anderen Innovationen durch Moore's Law und Softwarefortschritte
2. Nanotechnologie hat noch sehr viel Raum für Verbesserungen
3. Knappheit von Ressourcen ist ultimativ der Knappheit von Arbeit geschuldet

In der Ökonomie gibt es Produktionsfaktoren, die den Input darstellen und Güter und Dienstleistungen, die den Output darstellen. Knappheit kommt natürlich von den Inputs. Diese setzen sich zusammen aus natürlichen Ressourcen, wie Land, Material und Energie, Kapital in Form von Equipment und Einrichtungen für die Produktion, aus Arbeit und schließlich aus Wissen und Management der anderen Inputs. Energie und Ressourcen sind an sich nicht knapp. Könnten wir die gesamte Solarenergie nutzen, die die Sonne auf die Erde scheint, wäre das in einer Stunde so viel Energie, wie wir derzeit als Menschheit in einem ganzen Jahr verbrauchen. Die Erdkruste und die Ozeane haben außerdem genügend Ressourcen für uns alle und wenn wir ins Weltall fliegen könnten, stünden uns noch viel größere Ressourcen aus Morden, Planeten und hauptsächlich Asteroiden zur Verfügung. Warum sind Energie und Ressourcen also teuer? Weil man sie nur schwer erreichen kann und jemand die Solarzellen, Batterien und die Raffinerien und Bergbaumaschinen bauen als auch betreiben muss. Dafür muss man natürlich Arbeit verrichten, die etwas kostet. Im Endeffekt reduziert sich der Preis von Dienstleistungen und Gütern also auf die Arbeit, die in sie hineingesteckt wurde. Arbeit ist der limitierende ultimativ knappe Faktor in der Wirtschaft. Wenn in Zukunft Arbeit nicht mehr knapp ist, sondern durch Automatisierung, Roboter und Künstliche Intelligenz im Überfluss existiert, ändern sich die grundlegenden Annahmen der heutigen Wirtschaft und Services und Güter werden rapide im Preis fallen. Da auch diese Revolution eine S-Kurve ist, die in den 2020ern begonnen hat, wird es nur noch zwei Dekaden brauchen, bis Arbeit und somit auch Energie und Ressourcen ganz allgemein rapide im Preis verfallen werden. Maschinen werden aber nicht nur deutlich mehr arbeiten können, sondern auch deutlich präziser und so schnell, dass Menschen nicht damit konkurrieren könnten. Dorr erklärt daher, dass dies der Hauptgrund für seinen Optimismus im Kampf gegen den Klimawandel ist. Er stellt sich die Fragen: Warum heben wir nicht den Müll auf, der in unser Flüsse, Seen und Umwelt gelangt? Warum recyceln wir unseren Müll nicht, sondern

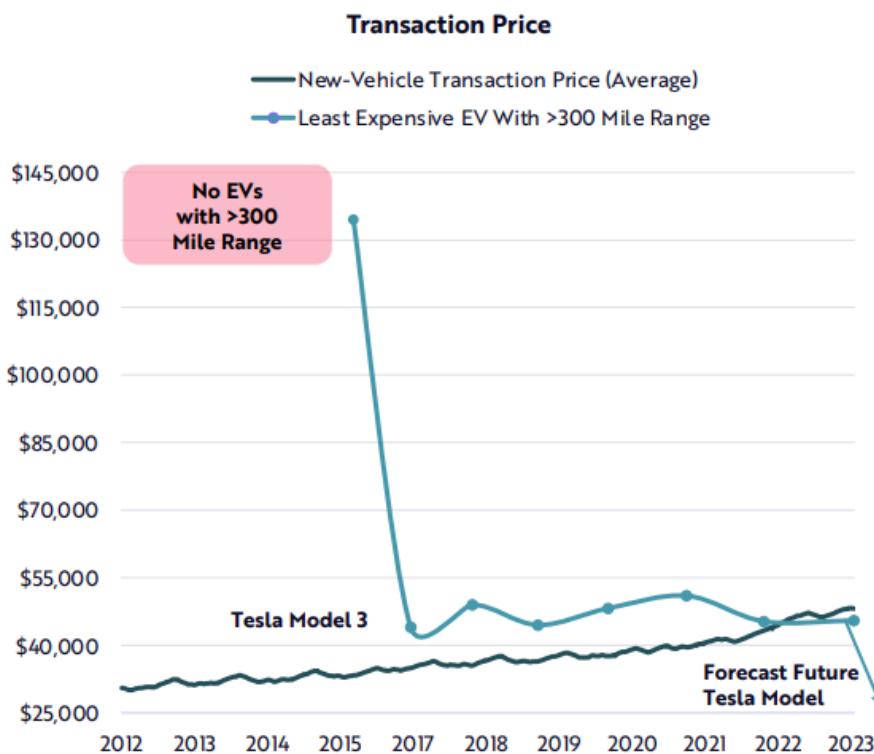
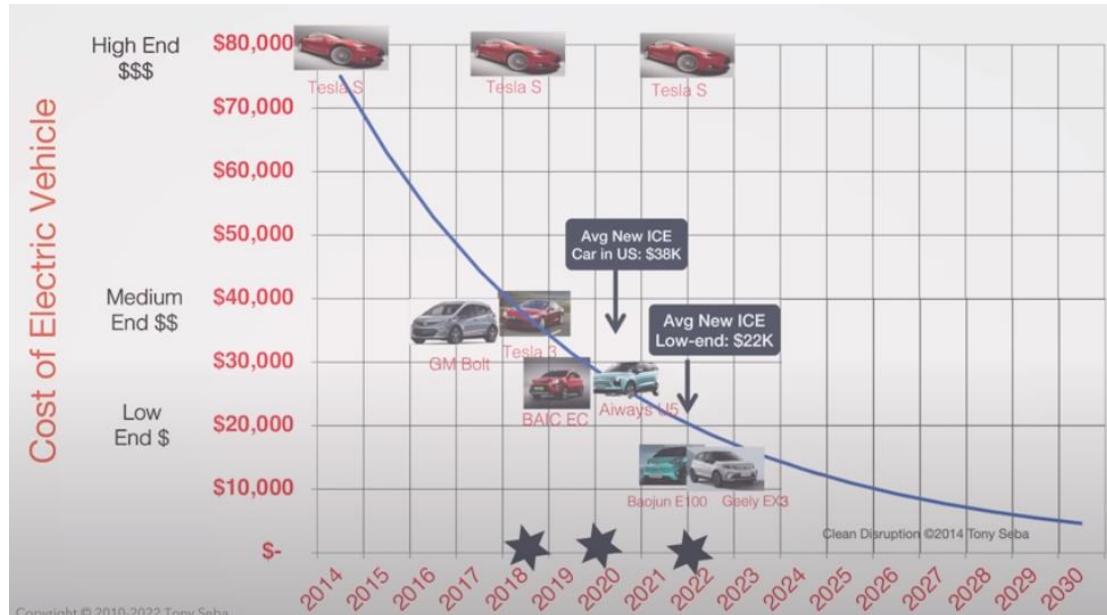
senden zu Deponien? Warum nutzen wir Herbizide, anstatt Pflanzen einzeln je nach Qualität zu ernten? Weil Arbeit knapp ist. Er sieht daher voraus, dass viele Probleme sich von selbst lösen werden, wenn Arbeit nicht mehr knapp ist, da dann auch die Probleme unserer Umwelt günstig bekämpft werden können. Und auch hier sind die anderen Disruptionen wieder selbstverstärkende Rückkopplungsschleifen. Da Solarenergie sowieso immer günstiger wird, macht sie auch alles andere günstiger, was Energie benötigt und da Transport immer günstiger wird, wird auch alles günstiger, was transportiert werden muss. Und dies macht Arbeit noch günstiger, wobei Energie und Transport wieder von Arbeit abhängen und mit günstiger Arbeit auch Transport und Energie noch günstiger werden. Es entsteht ein weiterer Erfolgskreislauf.

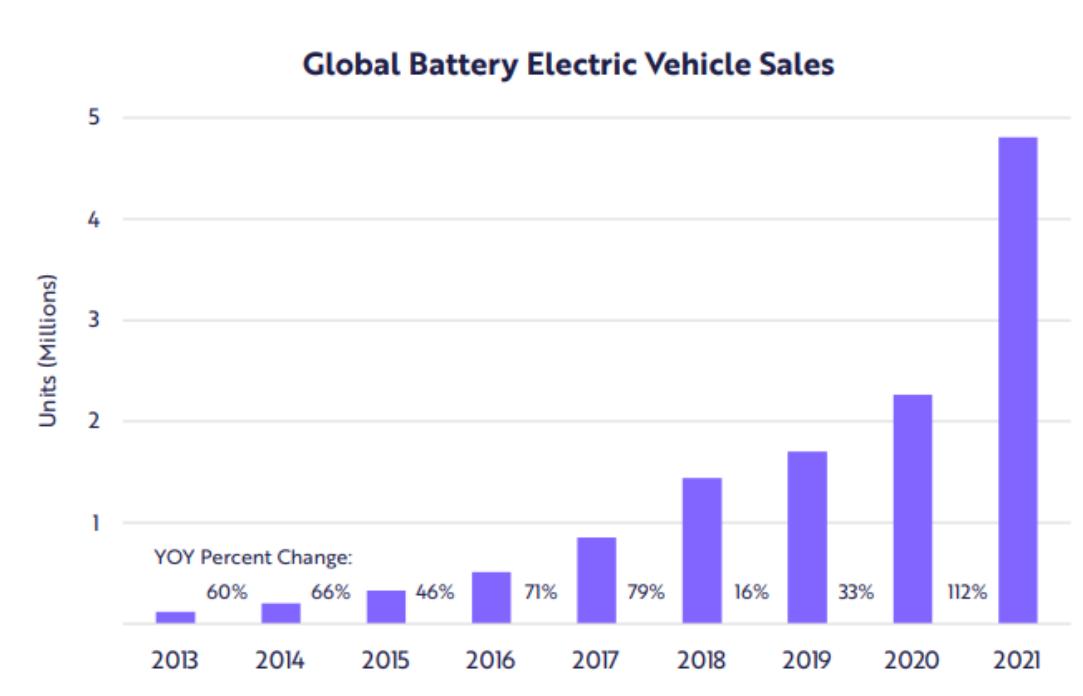
Transport, Energie und Landwirtschaft: Elektrische Autos profitieren von vielen verschiedenen exponentiellen Wachstumskurven. Hier einmal die eindeutige Kurve der Markanteile von Verbrennern (ICE) und Elektroautos (BEV) in Großbritannien:



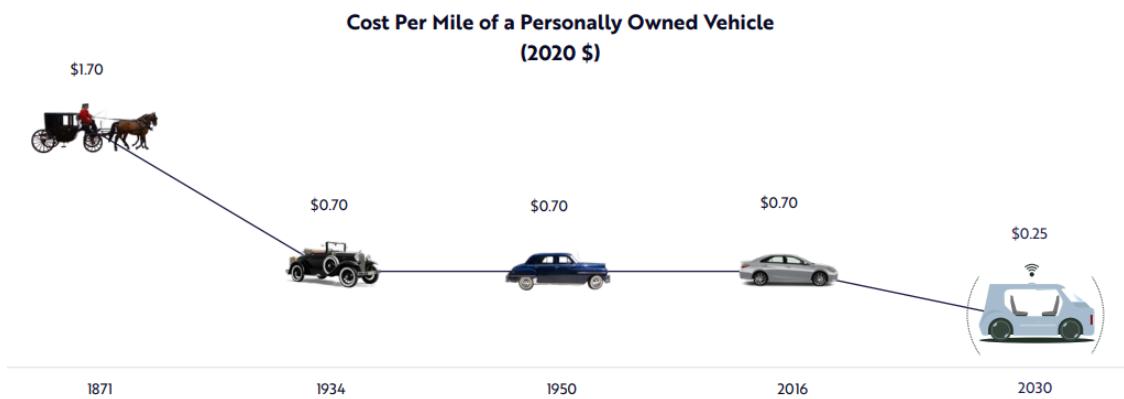
Einerseits liegt ihr Vorteil darin, dass Batterien günstiger werden, was den größten Vorteil gegenüber Verbrennern einbringt. In Elektroautos werden außerdem deutlich weniger Teile verbaut, was sich durch neue Architekturen sogar noch weiter reduzieren lässt als bereits möglich. Die in den Autos verbauten Computer werden stetig günstiger und auch die Nutzung der Autos wird durch die Energie Disruption immer günstiger werden. Elektroautos müssen nicht so häufig repariert werden und ihre Batterien überdauern deutlich länger (etwa 3 bis 7 Mal länger) als

Verbrenner. Der Grund, warum diese Lebenszeitverbesserung wertvoll ist, liegt an der im Anschluss besprochenen Robotertaxi Disruption. Ende der 2020er wird praktisch jedes neuverkaufte Auto ein Elektroauto sein. Sie haben jetzt bereit den Pari-Kurs zu Verbrennern erreicht:

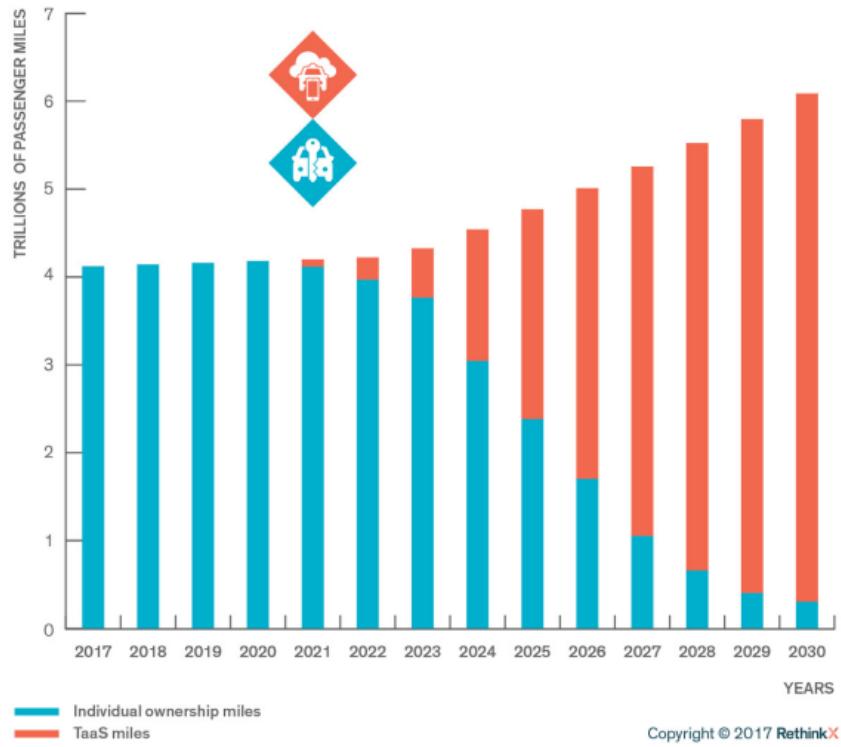




Tesla, als Vorreiter auf diesem Gebiet, führt außerdem die zweite Welle der Automobil Disruption mit ihrem Full Self Driving Programm an. Autonomes Fahren wird die Fahrtkosten drastisch senken und das Autofahren an sich transformieren. Transport as a Service (TaaS) alleine hat mithilfe langlebiger Batterien das Potenzial den Ride-Hailing Preis um das 15-fache auf unter 15 Cent pro Kilometer zu senken. Historisch betrachtet hat bisher jede neue Technologie, die 10 Mal besser als die alte Technologie war, eine Disruption eingeleitet.



### » Speed of TaaS adoption

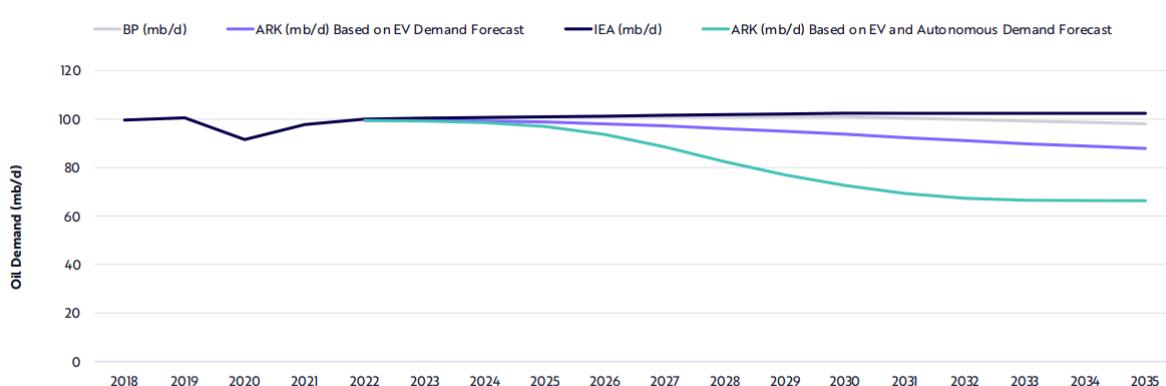
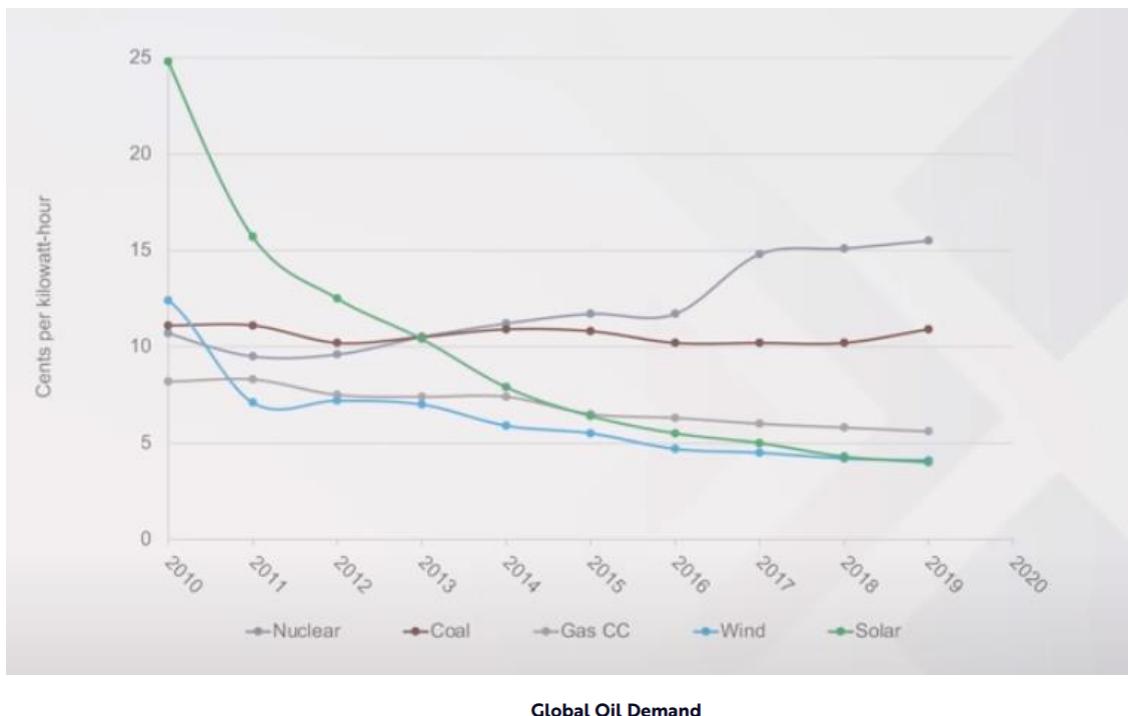


Da Robotertaxis alleine fahren können, entfällt der derzeitige Job des Taxi- oder Uberfahrers, was das Ride-Hailing noch günstiger machen. Diese Autos werden außerdem nicht so viel herumstehen, wie derzeitige Autos, was nicht nur bedeutet, dass die Flotte an Autos schrumpfen wird und der ökonomische Wert des Autos steigen wird, sondern auch, dass nicht mehr so viele Parkplätze benötigt werden. Autos, die jetzt den größten Teil des Tages herumstehen, werden nun den ganzen Tag Menschen und Dinge transportieren können, sodass sie mehr leisten können als derzeitige Taxiunternehmen oder Uberfahrer. Sie werden dank Autonomie außerdem sicherer sein als jeder Taxifahrer. Und das ist auch der Grund, warum für sie eine längere Lebensdauer von Bedeutung ist. Heute werden die meisten Autos nicht über eine Million Kilometer gefahren, aber Robotertaxis werden diese Kilometerstände nach einigen Jahren erreichen können, weshalb Elektroautos auch dort Verbrennern voraus sind.

Adam Dorr geht auch auf elektrische Flugzeuge ein, schätzt jedoch, dass dies erst mit den Kapazitäten in den 2030er Jahren möglich werden wird und somit erst in den 2040ern die S-Kurve so weit fortgeschritten sein wird, dass die meisten neuen Flugzeuge elektrisch sein werden. Für Kurzstreckenflüge wird elektrisches Fliegen jedoch bereits in den 2020ern möglich, sodass die S-Kurve in den 2030ern die Disruption einleiten wird. Für Schiffe hält er allerdings eine andere Disruption für bedeutender als die Elektrifizierung.

Da Öl, Gas und Nahrungsmittel einen Nachfragerückgang erleben werden, wird das Schifffahrt von Gütern ebenfalls rückgängig sein.

Rethinking Energy: Solarenergie ist bereits heute die günstigste Energiequelle der Geschichte. In Zukunft wird Solarenergie noch günstiger werden. Wer die Wirtschaft versteht, sieht damit direkt, dass alle anderen Energiequellen langfristig gegenüber Solarenergie im Wettbewerb verlieren müssen. Windenergie ist die zweitbeste Option. Daher sollten wir in einem Modell der Zukunft diese beiden Optionen untersuchen und können alle anderen Energiequellen, von denen wir heute bereits sehen, dass sie ziemlich schnell abgelöst werden, außen vor lassen.



Sources: ARK Investment Management LLC, 2023. Cozzi, L. et al. 2022; BP p.l.c. 2022; IEA 2021. Forecasts are inherently limited and cannot be relied upon. For informational purposes only and should not be considered investment advice or a recommendation to buy, sell, or hold any particular security. Past performance is not indicative of future results.

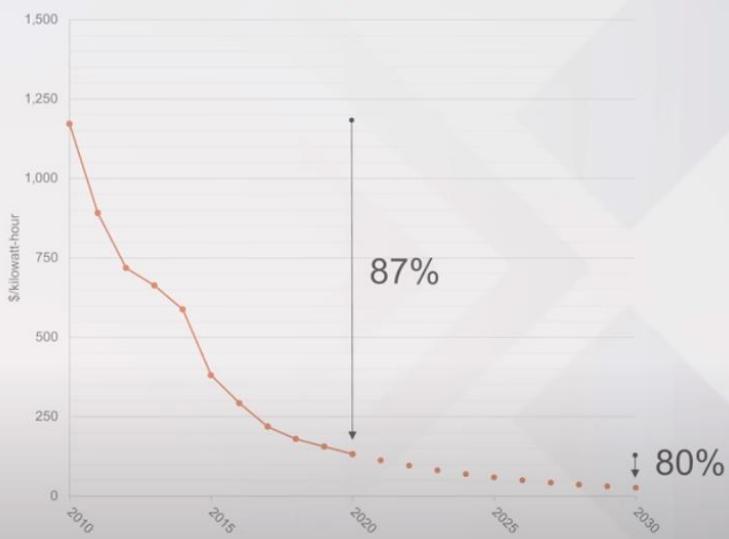
## COST CURVES: IMPROVEMENTS IN COST AND CAPABILITY

### solar costs

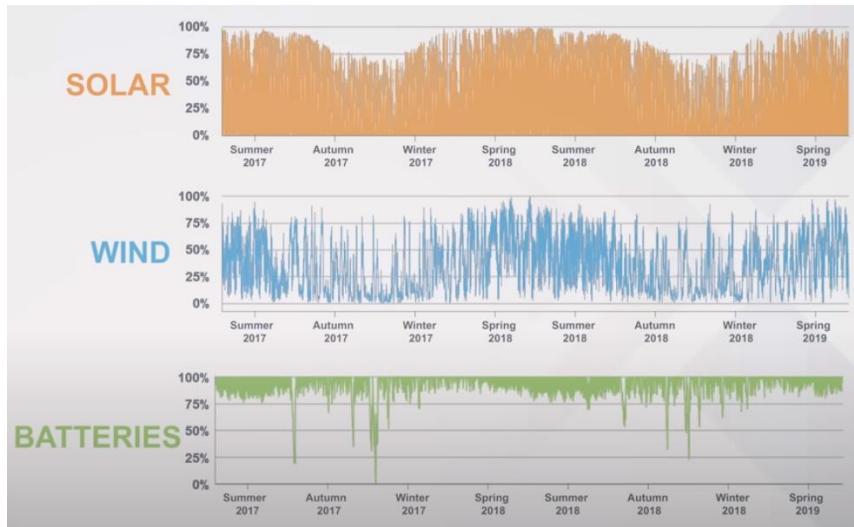


Source: Rethinking Energy (Dorr & Seba)

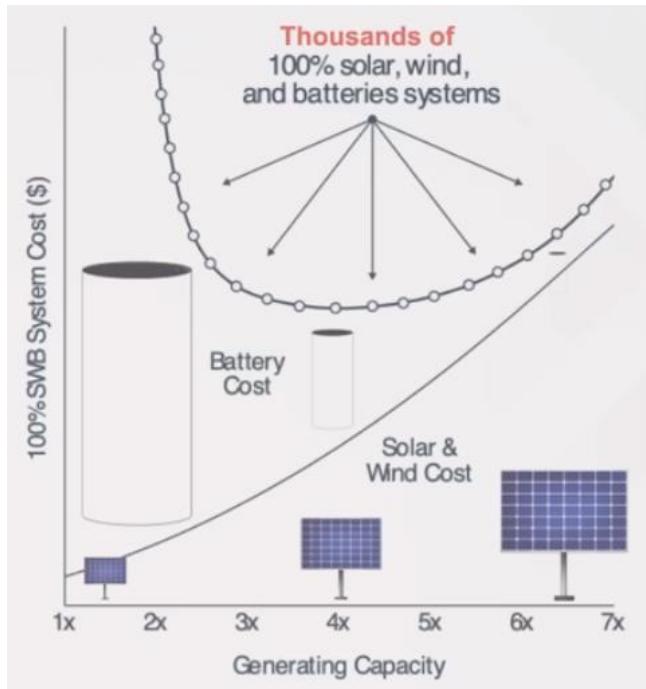
### battery costs



Source: Rethinking Energy (Dorr & Seba)



Auf Basis der Energienachfrage in verschiedenen Energiequellen kann man für verschiedene Regionen herausfinden, wo das preisliche Optimum für eine Kombination aus Solar- und Windenergie sowie Batteriespeichern liegt. Wenn man natürlich nur so viel Solar- und Windenergie erzeugt, wie derzeit über das Jahr gemittelt mit den bestehenden Energiequellen (im Diagramm bei 1x), benötigt man sehr viele Batterien, um Dunkelflauten und Störungen auszugleichen, was die Kosten in die Höhe treibt. Aber sobald man mehr Kapazität an Energiequellen ausbaut, sinkt der benötigte Batteriebedarf exponentiell und die Summe aus den Kosten für Energiequellen und Energiespeicher ergibt eine U-Kurve. Um die günstigste Option zu finden, muss man nur den Tiefpunkt der U-Kurve finden, der im Bereich zwischen dem 4-fachen und 5-fachen der herkömmlichen gemittelten Produktionskapazitäten liegt. Da alle anderen Optionen zu teuer sind, wird das System auf diese Kapazität einpendeln, was jedoch bedeutet, dass ein jährlicher Überschuss generiert wird, durch den viele neue Anwendungen möglich werden. Besonders die Energie für Roboter wird dadurch zur Verfügung gestellt werden können.



Mit einem solchen System verschwindet auch das Problem der Energiespeicherung. Experten behaupten häufig, es bräuchte riesige Energiespeicher, um die Wintermonate zu überbrücken. Wenn jedoch die Kapazitäten die Nachfrage weit genug übersteigen, ergibt sich, dass in keiner Region auf der Welt mehr als 35 bis 90 Stunden Speichervorsorge geschaffen werden muss. Deutschland würde beispielsweise 110 Stunden Vorsorge benötigen, während sie 5 Mal mehr Energie produzieren, als heute produziert wird.

### Germany - 100% Solar, Wind & Battery - Summary

	Lowest-Cost 100% SWB System	Lowest-Cost 100% SWB System +10%	Lowest-Cost 100% SWB System +20%
Capital Cost (\$ billion)	373	415	455
Solar PV Capacity (GW)	210	550	770
Wind Capacity (GW)	180	180	180
<b>Generation Capacity</b>	<b>5.0x</b>	9.4x	12.3x
Battery Capacity (GWh)	6,221	4,281	3,340
<b>Battery Storage Average Demand Hours</b>	<b>110 hrs</b>	76	59
Annual Super Power (TWh)	130	424	615
Fraction of Days with Super Power	47%	82%	88%
Electricity Cost (0% of Super Power utilized) \$/kWh	\$0.097/kWh	0.108	0.117
Electricity Cost (50% of Super Power utilized) \$/kWh	0.086	0.076	0.073
Electricity Cost (100% of Super Power utilized) \$/kWh	\$0.077/kWh	0.058	0.053

Das erfordert eine jährliche Speicherkapazität von 130 Terawattstunden. Sehen wir uns Deutschlands Stromnetz einmal genauer an, um dann zu

erörtern, ob die Umsetzung eines solches Batteriespeichersystems möglich wäre.

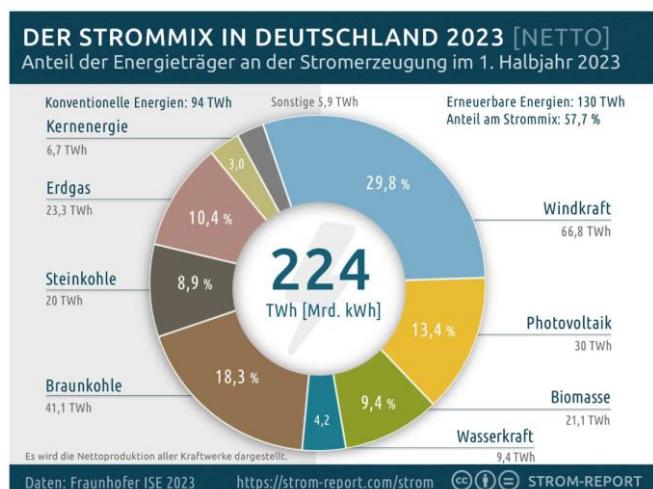
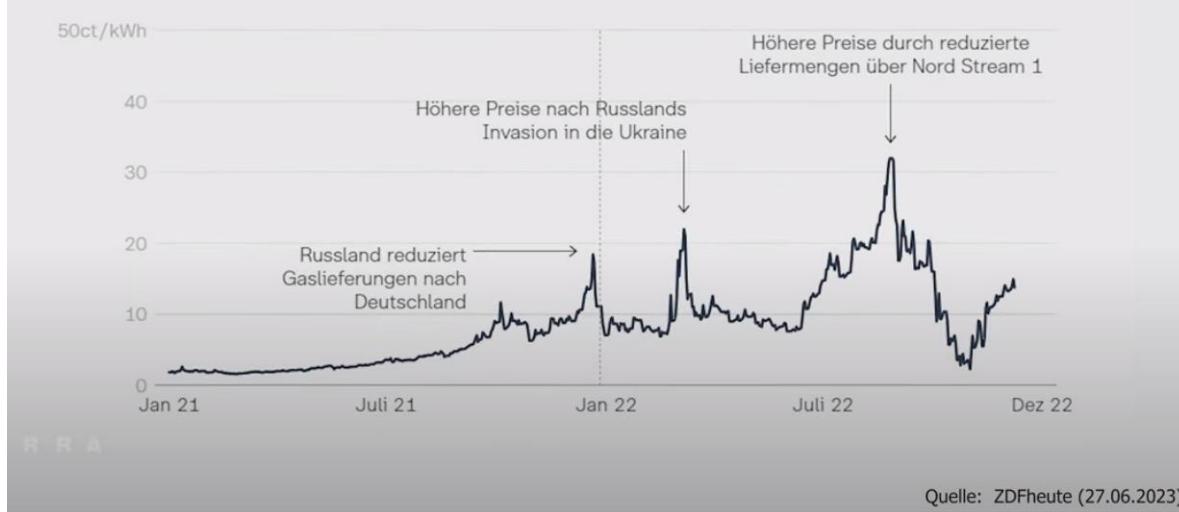
Zwei Drittel des deutschen Energiebedarfs werden heutzutage durch Importe gedeckt. Um die Energiewende zu schaffen, müssen daher nicht nur unsere Energiesysteme durch erneuerbare Technologien ersetzt, sondern sogar ausgebaut werden.

Der Strompreis hat sich in den letzten Jahren in Deutschland weiter erhöht, obwohl er bereits vorher im Vergleich zu anderen Ländern aus Sicht vieler Menschen zu hoch war. Das liegt einerseits an den hohen Steuerabgaben auf Strom, an den Netzbetreibern, wie wir noch besprechen werden, und am Mechanismus zur Bepreisung der Stromerzeugung, der stark vom Gaspreis abhängig ist, wie wir sehen werden. In den letzten zehn Jahren ist der Strompreis in Deutschland um 61% gestiegen. Und wie man im unteren Diagramm sieht, ist die Hauptursache in den letzten drei Jahren der Preis für die Stromerzeugung, der stark angestiegen ist.



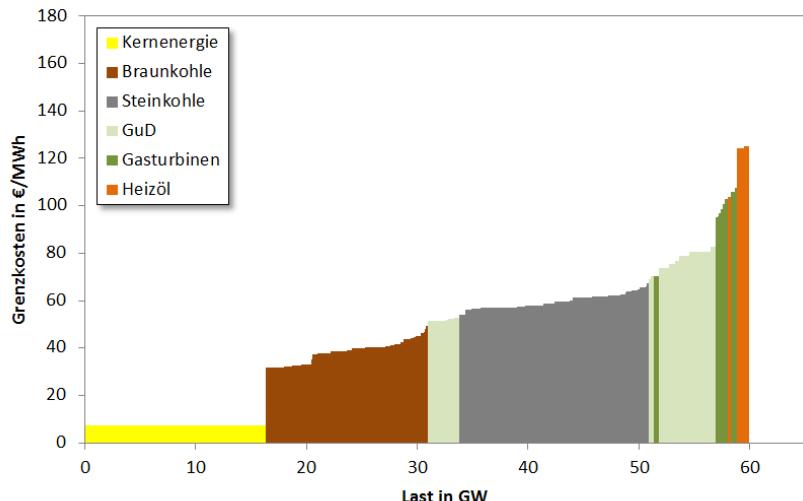
Bereits hier sieht man schon im Vergleich mit Gaspreis eine Korrelation, während eigentlich alle anderen Energieerzeuger nicht so starke Preiserhöhungen hätten verursachen können. Die Frage ist nur, wie der Gaspreis Auswirkung auf den Strompreis hat, wenn er doch nur 10% des Strommixes ausmacht.

## So sprunghaft ist der Gaspreis am Spotmarkt



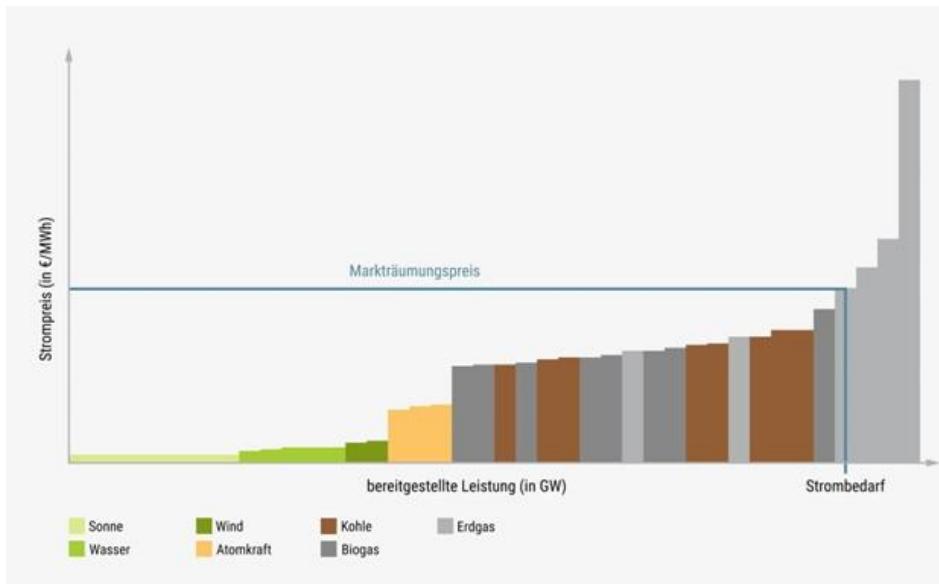
Das liegt laut Bundesnetzagentur an folgendem Umstand: „Die Preise im Stromgroßhandel folgen [...] sehr weitgehend der Preisentwicklung bei Erdgas. Denn im deutschen Stromgroßhandel setzen Erdgaskraftwerke in den meisten Stunden den Preis (Merit Order Prinzip). Die Lage wurde zusätzlich in der Mitte des Jahres [2022] durch die extrem niedrigen Wasserstände des Rheins und die erschwerte Versorgung der süddeutschen Steinkohlekraftwerke verschärft.“ Steinkohlekraftwerke verbrauchen riesige Mengen an Wasser, sodass bei Wasserknappheit Strom zu teureren Preisen importiert werden musste. Das Wichtigste ist jedoch das Merit Order Prinzip. Je nach Bedarf werden in Deutschland Energieproduzenten hoch oder runtergefahren, je nachdem wie viel Strom gebraucht und wie viel mit den bisher aktiven Anlagen produziert wird. Hinzu kommen die Schwankungen (Windgeschwindigkeit, Wolken etc.) und Dunkelflauten für Erneuerbare Energie. Gaskraftwerke bleiben nur aktiv, wenn sie ihre hohen Kosten decken können, aber wenn sie aktiv sind, setzen sie den Strompreis

am Markt. Im Grunde liegt eine Angebot-Nachfrage Kurve wie in folgendem Diagramm vor:



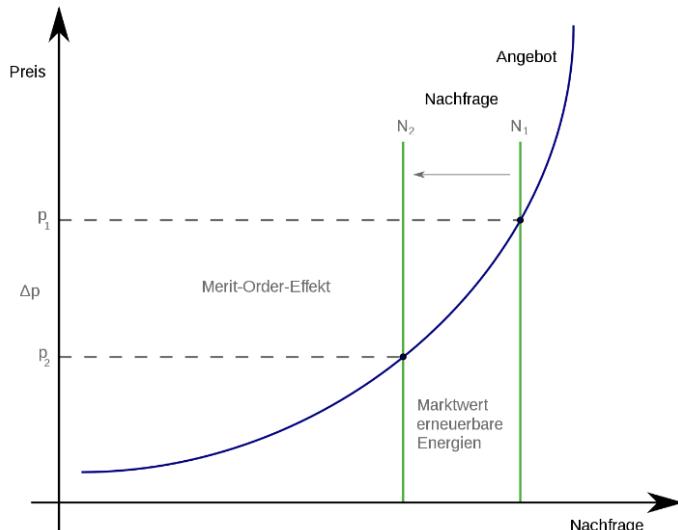
(Kurve von 2008)

Die Kurve sieht heutzutage eher wie folgt aus:



Die blaue senkrechte Linie ist die Nachfragekurve, deren Schnittpunkt mit dem Angebot aus aktiven Stromerzeugern die zu Grenzkosten produzieren, den Strompreis festlegt. Nimmt man an, dass die Nachfrage relativ konstant bleibt, entscheiden somit die Dunkelflauten vor allem, wo sich dieser Schnittpunkt befindet.

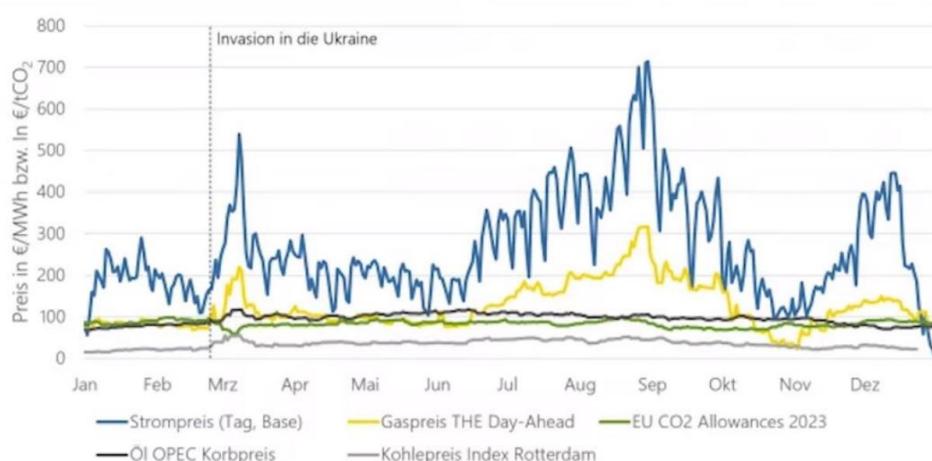
**Merit-Order Effekt der Erneuerbaren Energien:** Infolge des Ausbaus erneuerbarer Energie fällt die Nachfrage der sogenannten Restlast, also der konventionellen Kraftwerksparks.



Damit verschiebt sich der preissetzende Schnittpunkt von Angebot und Nachfrage nach vorne und somit nach unten zu  $p_2$  um  $\Delta p$ .  $\Delta N$  ist dabei der Markt der erneuerbaren Energien.

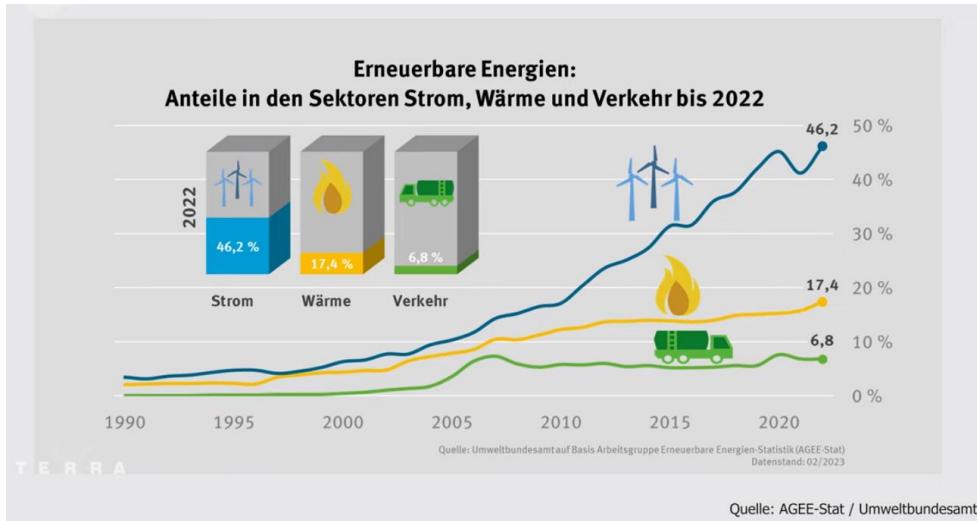
Meistens ist der Bedarf jedoch so hoch, dass der Schnittpunkt im Bereich der Erdgaskraftwerke liegt. Somit diktieren der Erdgaspreis den Strompreis, solange der Bedarf noch nicht mit erneuerbaren Energie gedeckt werden kann. Das zum höchsten Preis genutzte Kraftwerk wird als Grenzkraftwerk bezeichnet und setzt den Preis, da es nicht zu niedrigeren Kosten produzieren kann, aber auch keine anderen günstigeren Stromerzeuger mehr existieren, die stattdessen verwendet werden könnten. Die anderen Kraftwerke wollen natürlich ihre Profite maximieren und werden deshalb auch den Preis des Grenzkraftwerks fordern.

Daraus resultiert, die Hohe Korrelation zwischen Gas- und Strompreis:

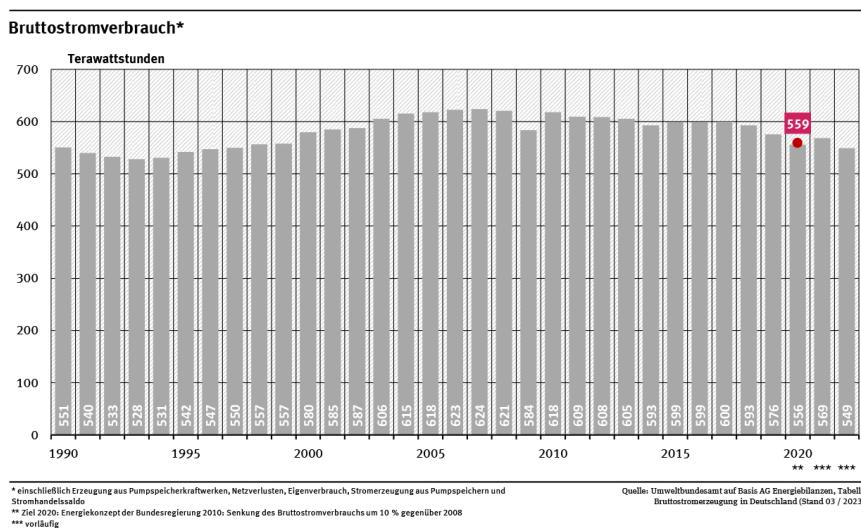


Quelle: FfE

Nun könnte man meinen, dass 50% unseres Stroms aus erneuerbaren Energien gewonnen wird und somit bereits der Großteil der Energiewende geschafft sei, aber das ist ein Irrtum. Wenn man sich die Sektoren neben der Stromerzeugung anschaut, wird schnell klar, dass wir erst am Anfang der Umrüstung stehen:

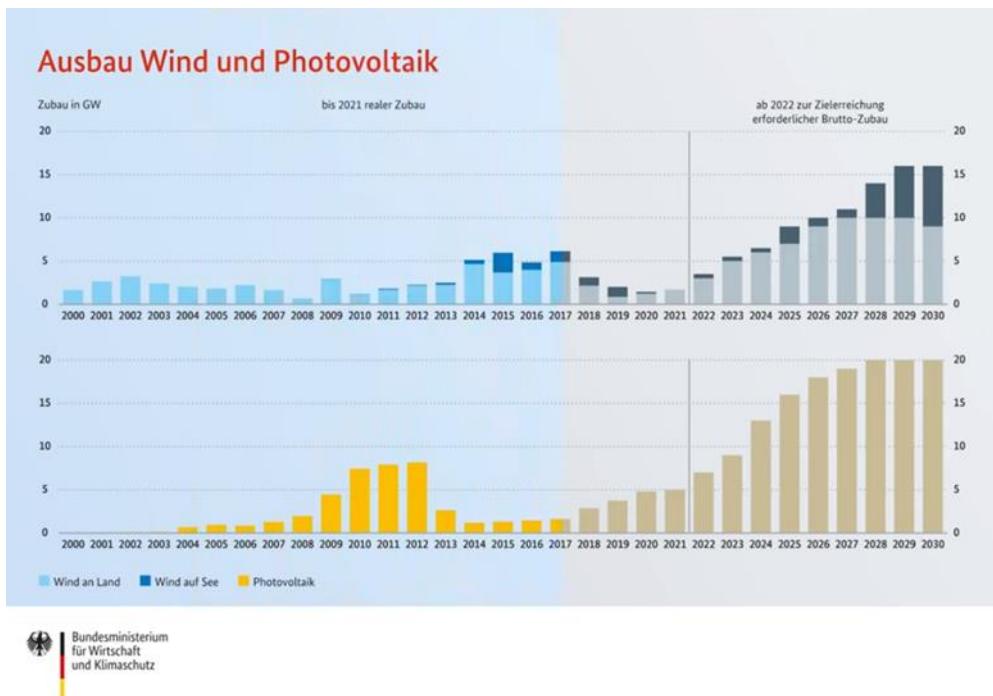


Erst ein Fünftel der benötigten Energie in der Wirtschaft wird aus erneuerbaren Energien produziert. Voraussichtlich werden 750 TWh Strom 2030 benötigt. Im Vergleich, hier der bisherige Stromverbrauch Deutschlands:



Dies ist meiner Meinung nach noch eine konservative Schätzung, je nachdem wie schnell die Elektroauto Disruption von Statten geht. Dafür braucht es natürlich sehr große Investitionen in Wind- und Solarenergie, wobei Deutschland wirklich verschlafen hat, dies rechtzeitig zu erkennen. Man erkennt in folgendem Diagramm wie der Solarenergieausbau 2013 praktisch

fallen gelassen wurde und auch die Windenergie plötzlich 2018 nicht mehr so stark finanziert wurde wie zuvor.



Einerseits hat das auch mit Marktmechanismen zu tun, weil Firmen nach China abgewandert sind und Solarenergie teurer wurde. Aber da Erneuerbare Energien deutlich günstiger als fossile Energiequellen sind und immer günstiger werden, wird langfristig auch die Finanzierung dieser Transformation immer erschwinglicher.

## Erneuerbare Energie oft günstiger als konventionelle

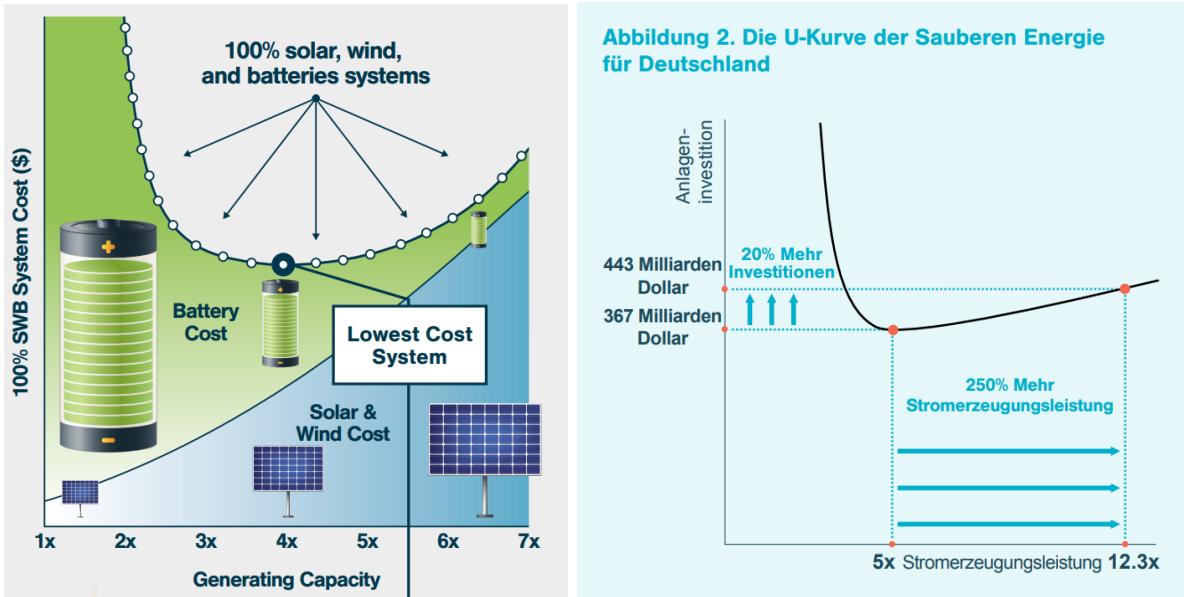
Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke in Deutschland 2021 (in Cent/kWh)\*



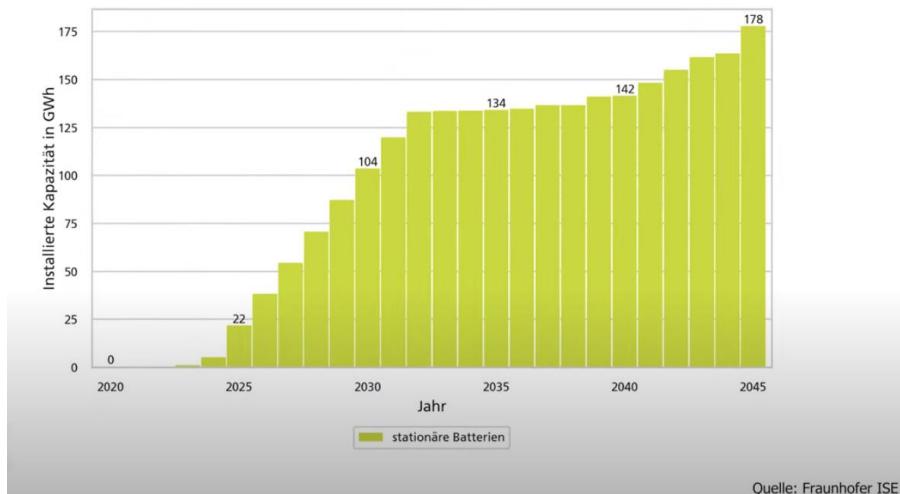
\* Kosten der Energieumwandlung in elektrischen Strom  
Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



Der Fehler, der weiterhin gemacht wird, ist die Separation von Energieerzeugung und Speicherung. Beide sind aber voneinander abhängig und ergeben eine Kostenfunktion, die ihren Tiefpunkt erst bei einem deutlichen Überausbau an erneuerbaren Energien erreicht. Somit wäre es wirtschaftlich eine Katastrophe, wenn zu viel Batteriespeicher ausgebaut werden, während eigentlich die Kosten zum Ausbau der Erneuerbaren viel geringer wären und man eigentlich die ganzen Batteriespeicher gar nicht benötigt. Hierzu sei verwiesen auf RethinkX:

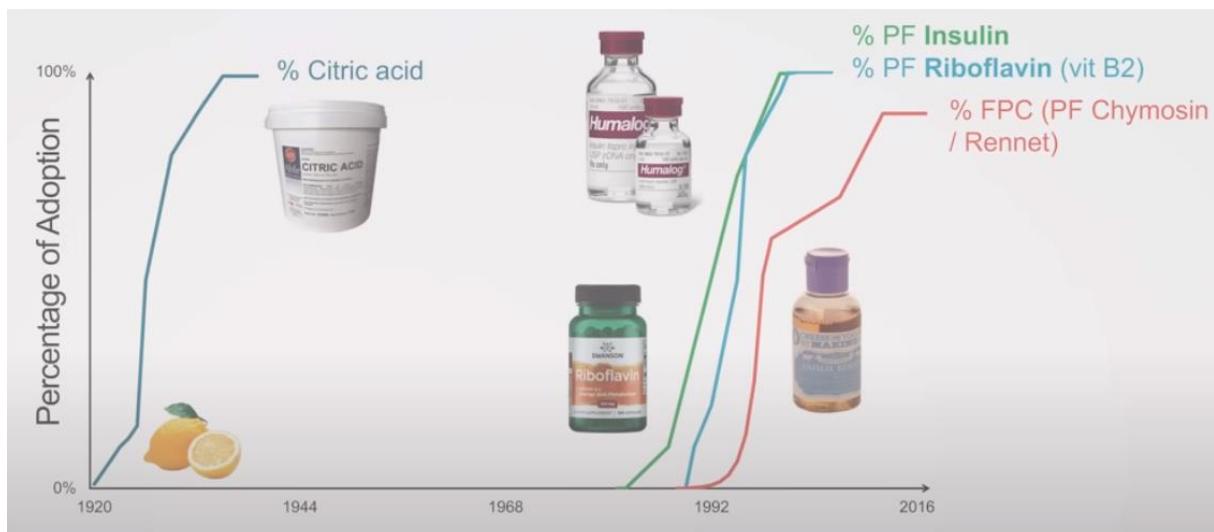


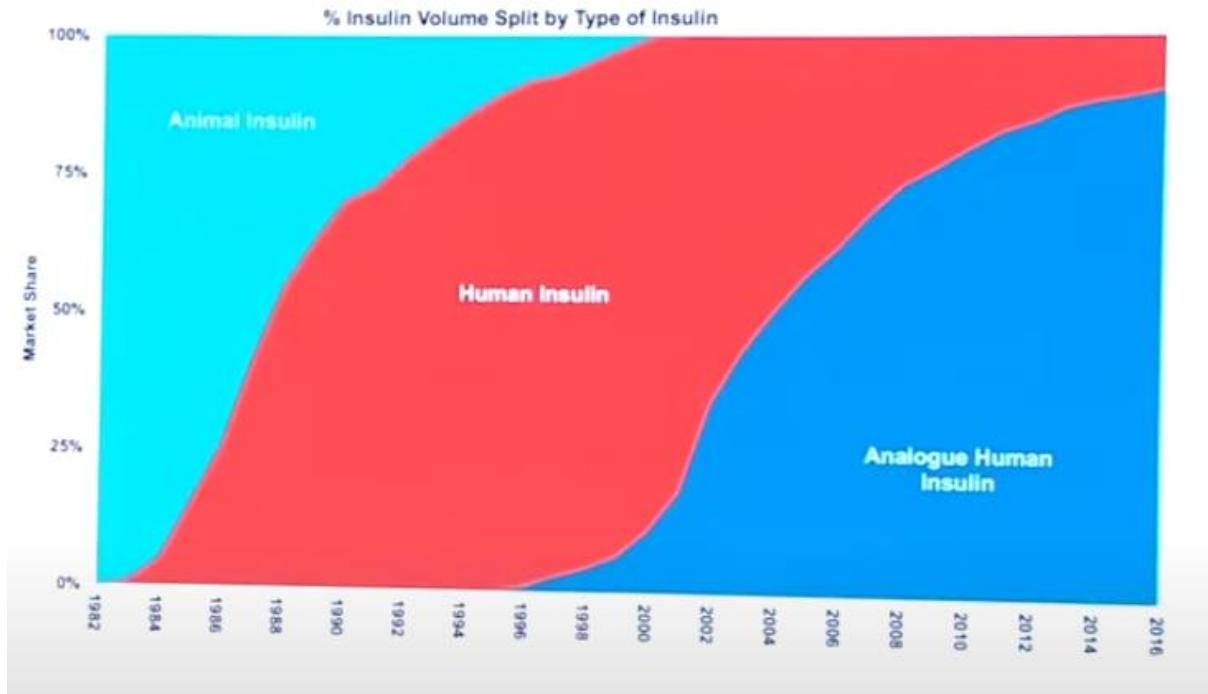
Man sieht an diesen Prognosen von RethinkX, dass die Ausbaupläne der Deutschen wirklich konservativ sind. Das Fraunhofer Institut geht beispielsweise von einem linearen Ausbau auf 100 GWh bis 2030 und einer darauffolgenden Abflachung aus.



Stattdessen fordert RethinkX 6 Terawattstunden an Batteriekapazität. Ob so ein drastischer Ausbau möglich ist, bezweifle ich in Deutschland, aber die lineare Entwicklung, die das Faunhofer Institut nach 2024 vorhersagt, ist auch vollkommen absurd. Bis 2045 sind 6 Terawattstunden die deutlich wahrscheinlichere Entwicklung als 178 Gigawattstunden Batteriekapazität.

Rethinking Agriculture: RehtinkX geht davon aus, dass Präzisionsfermentation Proteinherstellung bis 2030 5 Mal und bis 2035 10 Mal günstiger machen wird als die Gewinnung der Proteine aus Tieren.





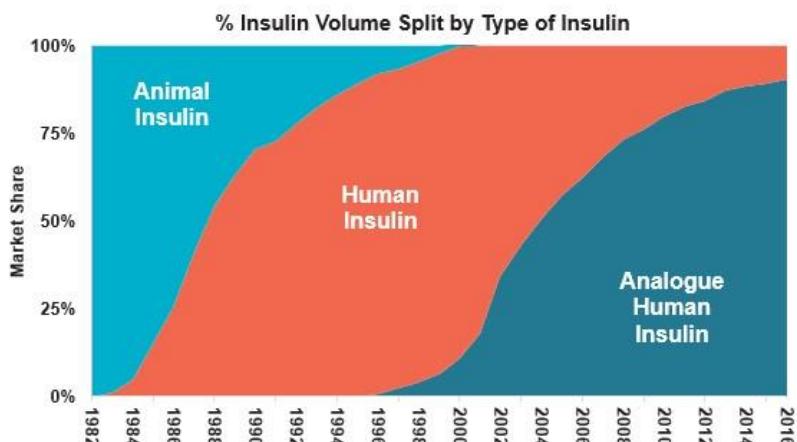
Obwohl man denken könnte, dass Disruptionen im Landwirtschafts- und Ernährungssektor länger dauern als die S-Kurven in der Technologiebranche, hat sich dies als Fehlannahme erwiesen. Inhaltsstoffe wurden meist sogar deutlich schneller vom Markt angenommen und wurden sehr schnell günstiger. Die Präzisionsfermentierung ist in den letzten 20 Jahren 10.000 Mal günstiger geworden.

Insulin ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie die Gentechnologie ein überlegenes Produkt geschaffen hat, das zu einer schnellen Störung eines bestehenden Produkts führte. Historisch gesehen stammte Insulin zur Behandlung von Diabetes bei Menschen aus den Bauchspeicheldrüsen von Kühen und Schweinen, wobei mehr als 50.000 Tiere benötigt wurden, um ein Kilogramm herzustellen. Das extrahierte Insulin musste dann teuer verarbeitet werden, um den erforderlichen Reinheitsgrad zu erreichen. Darüber hinaus war tierisches Insulin weit davon entfernt, perfekt zu sein - es konnte zu schweren allergischen Reaktionen führen und war in der Qualität unbeständig. In den 1970er Jahren gab es auch weit verbreitete Ängste vor begrenzter und unsicherer Versorgung, wobei Prognosen darauf hinwiesen, dass jährlich 56 Millionen Tiere benötigt würden, um den wachsenden Bedarf in den USA zu decken. Im Jahr 1978 produzierte Genentech die erste genetisch modifizierte Hefe, die in der Lage war, menschliches Insulin - Humulin - herzustellen. Dies wurde 1982 von der FDA genehmigt, und die Einführung erfolgte schnell. Humulin war in der Qualität konsistenter, besser verträglich und regulierte den Blutzuckerspiegel effektiver, obwohl es anfangs teurer in der Produktion war. Bis zum Jahr

2000 machte tierisches Insulin weniger als 1% des Marktes aus. Die Produktionskosten sanken dramatisch.

## INSULIN CREATED FROM YEAST

Fraction of cost with far greater functionality

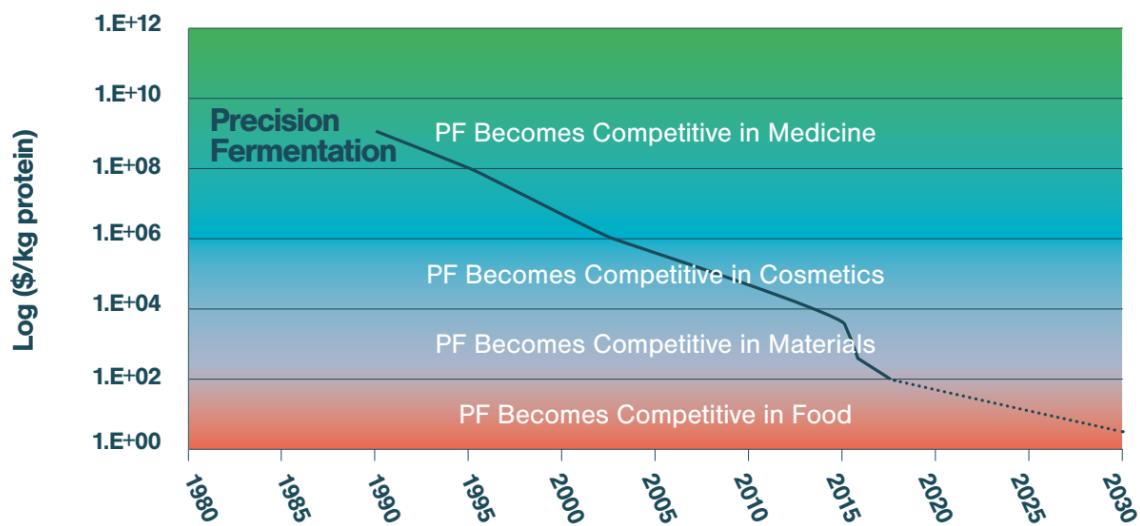


RethinkX

Source: RethinkX, IMS Health, Washington Post, Novo Nordisk

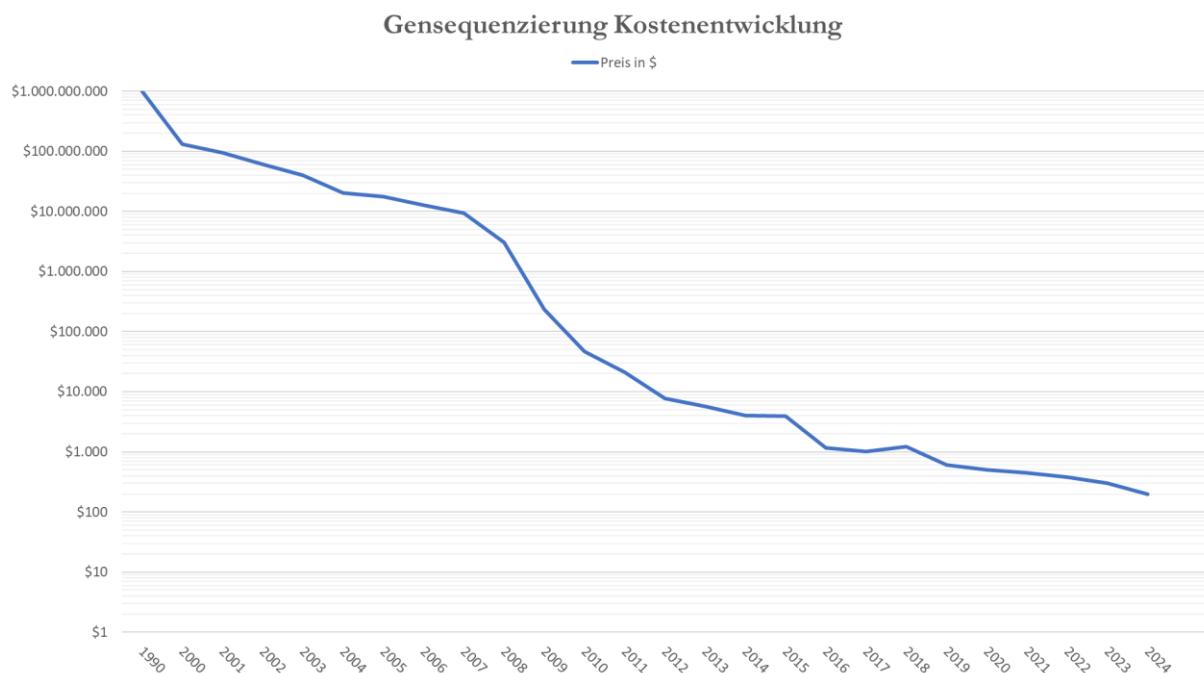
Aber Kosten sind nicht gleichbedeutend mit dem Preis. Heutzutage, obwohl die Herstellungskosten für Insulin wahrscheinlich exponentiell gesunken sind, sind die Preise, insbesondere in den USA, tatsächlich gestiegen. Diese Diskrepanz erinnert uns daran, dass technologische Umwälzungen erfolgreich innovative Produkte mit überlegenen Fähigkeiten zu dramatisch niedrigeren Kosten liefern können – jedoch ist eine angemessene Marktausgestaltung und ein Schutz des geistigen Eigentums wichtig, um diese niedrigeren Kosten in niedrigere Preise für Verbraucher umsetzen zu können. Da wir in den nächsten zehn Jahren eine beschleunigte Verbesserung der Kosten und Fähigkeiten von PF erwarten, gehen wir davon aus, dass Unternehmer aus den Erfahrungen mit Insulin lernen und überlegene Produkte zu niedrigeren Kosten auf den Markt bringen werden, was letztendlich der Menschheit zugutekommen wird

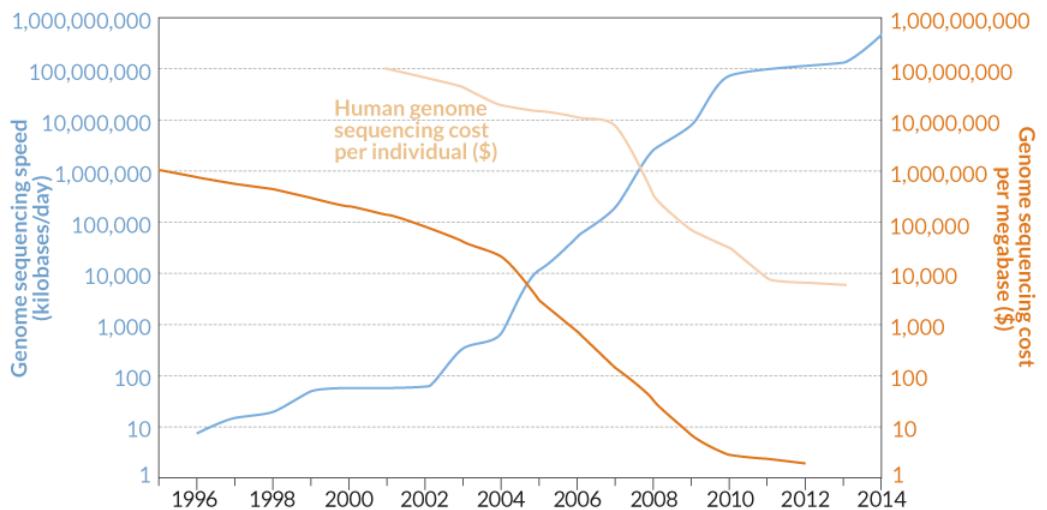
**Figure 5. PF Disrupting More Industries as Costs Fall**



Source: RethinkX

Ähnlich hat sich die Gensequenzierung entwickelt, die eine etwa 1000-fache Kostenreduktion von 2000 bis 2020 erfuhr. Biotechnologie ist daher keine Ausnahme von den exponentiellen Wachstumskurven, sondern entwickelt sich oftmals sogar noch schneller.

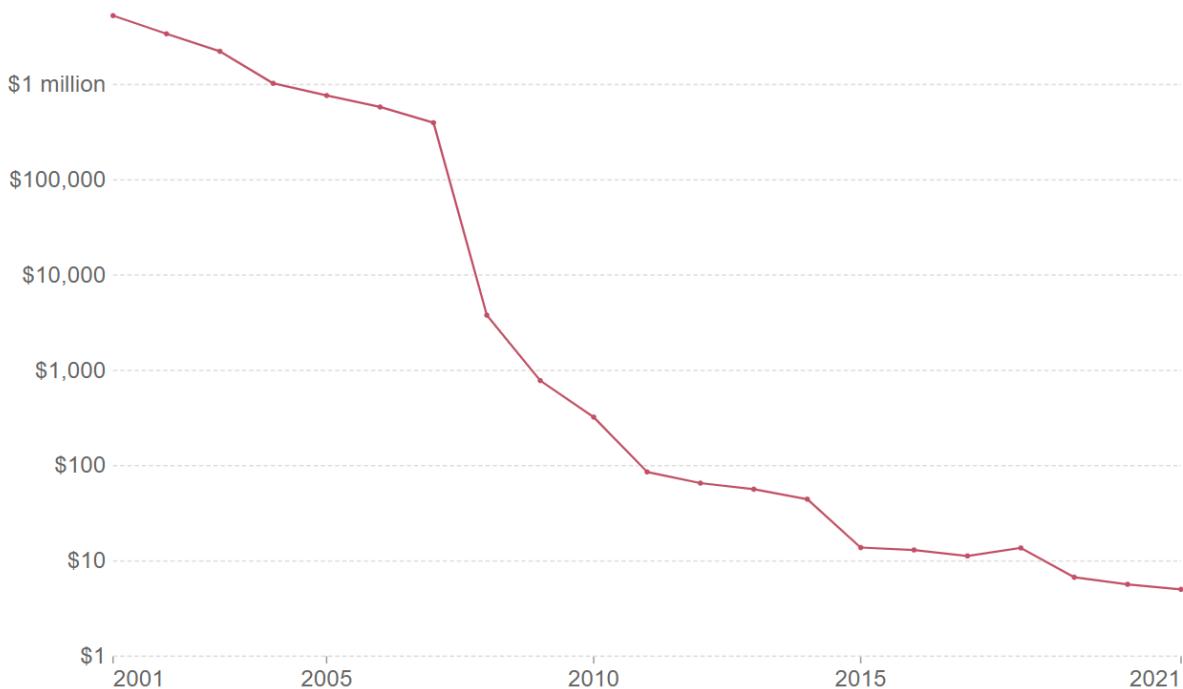




## Cost per billion pairs of DNA sequencing

The cost of sequencing one billion base pairs of DNA, measured in US\$. This data is not adjusted for inflation.

OurWorld  
in Data



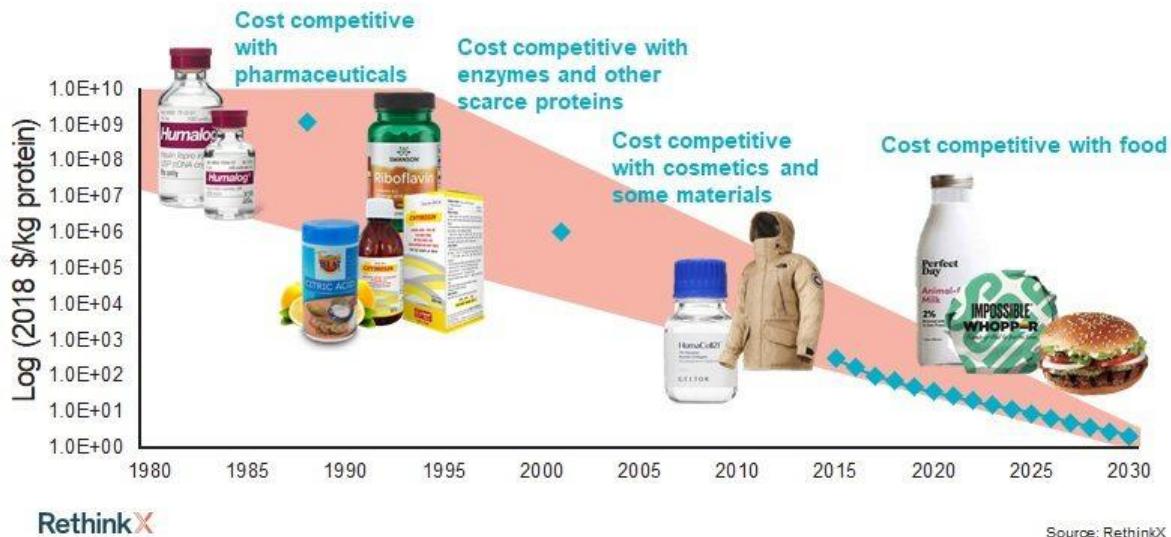
Source: National Human Genome Research Institute (2022)

OurWorldInData.org/technological-change • CC BY

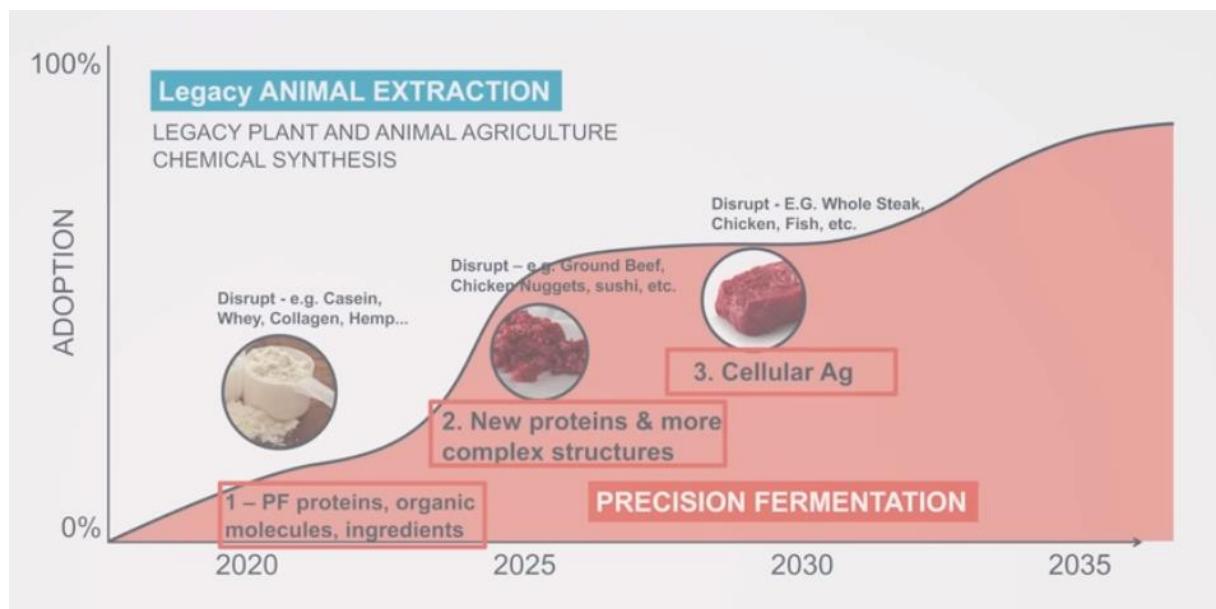
Wenn man sich die Verbesserung bei der Proteinherstellung anschaut, ergibt sich eine grobe Abschätzung, dass Präzisionsfermentierung bzw. zelluläre Landwirtschaft, die als Erweiterung der Präzisionsfermentierung eingestuft werden kann, Tierprodukte im Bereich von 2024 bis 2027 zum gleichen Preis wie die herkömmliche Landwirtschaft anbieten können, wie die herkömmliche Landwirtschaft. Sollte die

Technologie sich weiter verbessern, wird nach 2030 die Disruption bereits zum Großteil stattgefunden haben.

## Precision fermentation proteins already competitive in medicine, materials, and now food!

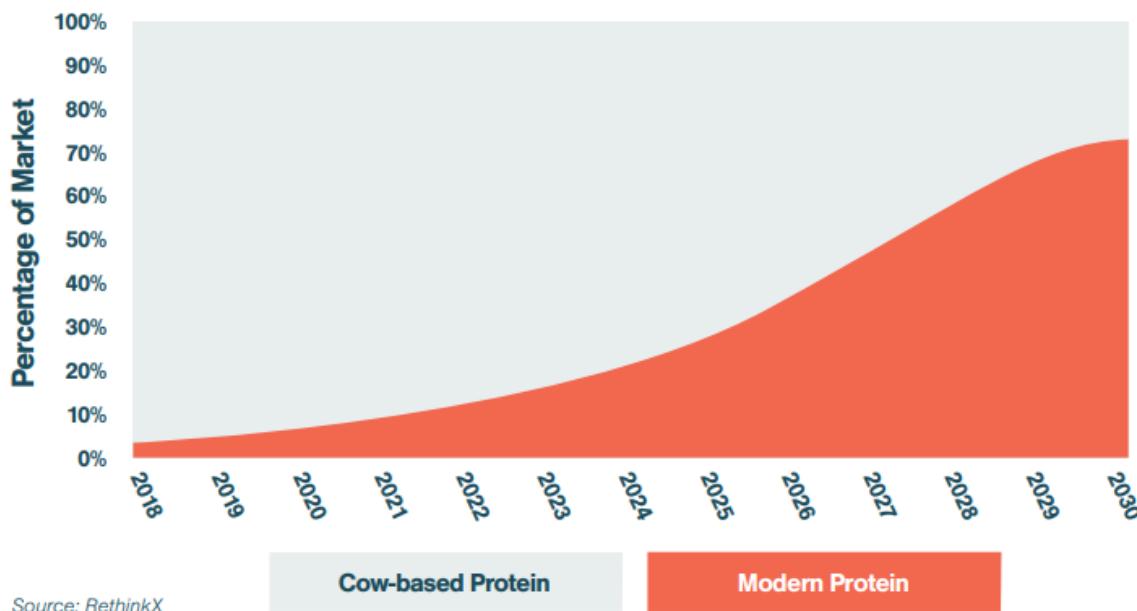


Genauso wie Medizin als Software gerade entsteht, entsteht auch die Möglichkeit von Nahrung als Software. Wir können durch künstlich fermentierte Proteine und Zelluläre Landwirtschaft neue Nahrung designen, so wie wir Software designen. Dies ist nicht einfach eine Substitution der alten Industrie, sondern ermöglicht deutlich effizientere Nahrungsmittel und eine größere Auswahl. Beispiel ist Brazzein 500 bis 2000 Mal süßer als Zucker und daher natürlich als Zuckerersatz disruptiv, sofern es günstiger hergestellt werden kann, da man 1000 Mal weniger Material für die gleiche Süße benötigt. Präzisionsfermentierung benötigt 10 bis 25 Mal weniger Rohstoffe, 5 Mal weniger Energie, 10 Mal weniger Wasser und 100 Mal weniger Landfläche, die sich dadurch für andere Zwecke verwenden lässt. Dorr und Seba berechnen, dass 2,7 Milliarden Hektar Land durch die Disruption der Landwirtschaft freigesetzt werden. Dieses Land kann nicht nur genutzt werden, um Bäume anzupflanzen und den Klimawandel zu bekämpfen, sodass etwa 20% der derzeitigen Emissionen damit aufgefangen werden könnten, sondern es können natürlich viele verschiedene Projekte umgesetzt werden, die heute unmöglich wären.

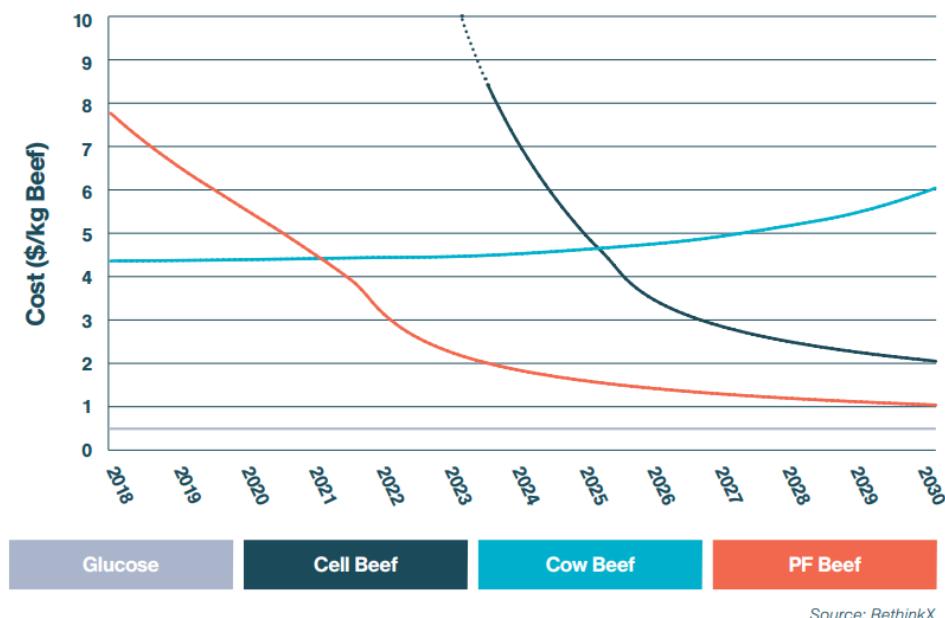


Tony Seba prognostiziert über diese Entwicklungskurven, dass eine erste Disruption durch die Proteinerstellung in den 2020ern einen Großteil der alten Lebensmittelindustrie disruptieren wird (vor allem Milch) und zelluläre Landwirtschaft in den 2030ern den Rest (vor allem Fleisch) ersetzen wird.

**Figure 17. Modern Protein Market Share**

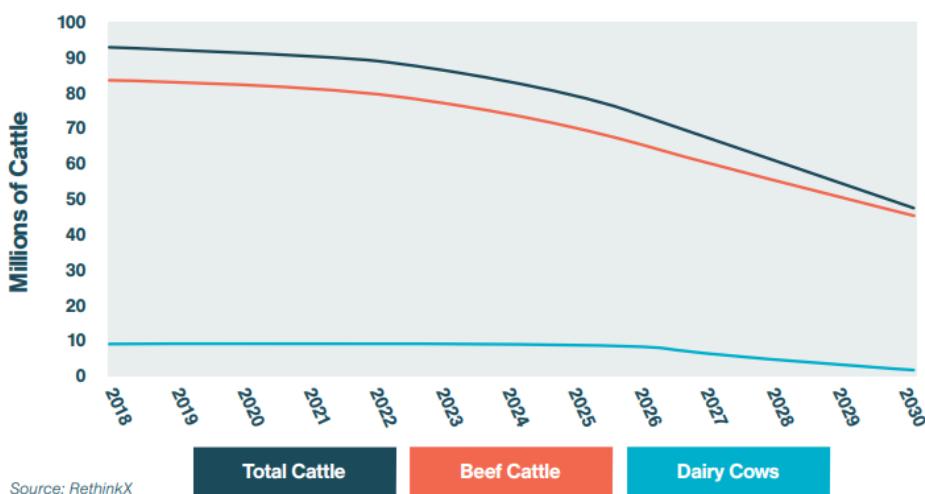


**Figure 11. Cost Curves for Beef**



Source: RethinkX

**Figure 16. Number of Cows in the U.S.**



Source: RethinkX

Ein großer Vorteil von zellulärer Landwirtschaft ist, dass sie vor Ort in Städten stattfinden kann und somit Kosten in den Lieferketten einsparen kann. Sie ist außerdem deutlich sauberer als die bisherige Landwirtschaft und es müssen keine Tiere getötet oder Antibiotika eingesetzt werden, die sich negativ auf Menschen auswirken können. Der Grund dafür, dass die Disruption so schnell stattfinden kann, ist auch darin zu finden, dass bereits ein Drittel der Protein Industrie (z.B. Käse) Fermentation verwendet und ein Drittel der Proteinindustrie Business-to-Business verkauft (z.B. Protein Shakes, Jogurt). Zwischen Unternehmen wird meistens eine Technologie, die

günstiger ist noch einmal schneller angenommen als von Konsumenten, da Unternehmen unter höherem Druck sind, wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Entwicklung unserer Beziehung zur Natur:

Schutz der Ozeane:

Schutz der Erde: Schlüsselprobleme auf den Landmassen der Erde sind Abholzung, Wüstenbildung, Habitatfragmentierung und -zerstörung, Bodenerosion und -kontamination, invasive Speziesvermehrung, Biodiversität bzw. -verlust, und vom Aussterben bedrohte Spezies. All dies hat eine gemeinsame Ursache, nämlich die Umweltbelastung und -zerstörung durch Menschen. Auch hier sind die Lösungen Innovation, Mitigierung und Restaurierung. 80% des bewirtschafteten Landes wird für die Viehzucht verwendet. Landwirtschaft macht am bebauten Land 35 Mal mehr aus als alle anderen Anteile zusammen. Damit ist Landwirtschaft das mit Abstand bedeutungsvollste Problem der Umweltbelastung. Die Lösung kann nicht darin liegen, in entwickelten Ländern die Bevölkerung zu Veganern zu erziehen, wenn dennoch weltweit der Fleischkonsum in sich entwickelnden Ländern, wie China steigt. Außerdem ist Verzicht auch gar kein möglicher Ansatz mehr, da selbst unter Verzicht von CO2-belastetem Essen, die meisten Folgen des Klimawandels dennoch eintreffen werden, da sich die Effekte bereits gegenseitig auch ohne unser Zutun verstärken. Die Lösung muss darin bestehen, CO2 aus der Atmosphäre zu binden, was durch Verzicht nicht möglich ist.

Die gute Nachricht ist, dass die Fleischindustrie sehr instabil ist. Allein der Verkauf von Beef macht eine Kuh nicht rentabel. Es braucht außerdem Umsätze durch Molkerei, Leder, Gelatine, Knochen und Dünger. Wenn einer dieser Geldströme wegfallen würde, müsste Fleisch teurer werden. Es reicht somit aus, einen dieser Zweige zu disruptieren, um den Teufelskreislauf der Fleischindustrie in Gang zu bringen. Wenn Milch durch künstliche Milch ersetzt wird, wird das die Preise erhöhen, die Nachfrage wird rückläufig sein, was sich auf die Viehbestände auswirken wird, sodass auch die anderen Umsatzsektoren rückläufig sein werden und die Preise erhöhen müssen, sodass auch dort andere Düngerarten oder Kunstleder profitabler werden könnte, was auch diese Umsätze einbrechen lässt und so weiter. Hinzu kommt der soziale Druck, Tierleid zu verringern und stattdessen andere Methoden zu nutzen, um Fleisch und Milchprodukte zu produzieren. So wird die Welt, die sich Veganer erhoffen, erreicht werden, ohne dass die Menschen auf Fleisch verzichten müssen.

Nach dieser Revolution muss natürlich eine Aufforstung und Rehabilitation von Ökosystemen erfolgen. Die Disruptionen insbesondere im Bereich der Roboter und Energie, werden die Preise zum Abbau landwirtschaftlicher Infrastruktur, das Pflanzen von Bäumen, das Einbringen nativer Spezies und das Umsiedeln invasiver Spezies, die Überwachung und so weiter deutlich senken und einfacher machen, als man es sich heute vielleicht vorstellt. Aufforstung ist mit hoher Sicherheit die günstigste und einfachste Methode zur Bekämpfung des Klimawandels und kann bei hochskalierten Projekten 10 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr aus der Atmosphäre entziehen, aber das reicht nicht, denn wie wir bei Bill Gates lernen werden, müssen wir auf über 50 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente kommen. Gepaart mit der besprochenen Alkalität-Verbesserung der Ozeane kann aber ein gutes Stück des Problems gelöst werden. Der Rest muss dann wohl oder übel entweder durch teures Carbon Capture und durch einen Rückgang an CO<sub>2</sub> Ausstoß behoben werden.

Zusammengefasst bedeutet all das, dass Ende der 2030er bzw. Anfang der 2040er die Kosten des alltäglichen Lebens eine drastische Deflation unterlaufen und der Klimawandel in den 2040ern gelöst werden kann. Eine Person, die Ende der 2030er 2100 KWh pro Monat an Energie, 1000 Meilen pro Monaten an Fahrstrecke, eine herkömmliche durchschnittliche Ernährung, 200 GB an Datenvolumen und eine 45 Quadratmeterwohnung besitzt, wird monatlich etwa 250 Dollar ausgeben müssen. Armut wird in dieser Zukunft eine Individualentscheidung sein, denn die Ökonomie wird nicht schrumpfen, sondern weiter exponentiell wachsen und somit werden die meisten Menschen weiterhin makroökonomisch im Durchschnitt ähnlich verdienen, wie heute, nur dass ihr Lebensunterhalt deflationär erschwinglicher wird. Unternehmen werden immer günstigere Produkte anbieten können und sich im Wettbewerb unterbieten, um die größte Nachfrage zu erhalten. Irgendwann werden sie jedoch an einen Punkt stoßen, wo die Verringerung des Preises die Nachfrage nicht mehr so stark erhöht, dass es sich für das Unternehmen lohnen würde, den Preis weiter zu senken, da sie damit ihre Profite opfern würden. Das ist der Fall, wenn Konsumenten nicht mehr von einem Produkt benötigen und somit eine Preissenkung die Nachfrage nur minimal erhöht, während man mehr Gewinn opfert, als man mit höheren Preisen erwirtschaftet hätte. Eine zentrale Ökonomie wird nicht zur Null-Grenzkosten Wirtschaft führen, auch wenn sie nahe herankommt.

Es ist daher wichtig mitzunehmen, dass dieses neue System nicht einfach das heutige System ist, dem Solarenergie und KI hinzugefügt wurde. Wir gehen

von einer knappen Wirtschaft in eine Überflusswirtschaft, von zentralisierter Produktion zu dezentralen Netzwerken mit lokaler Autarkie, die nahe an den Null-Grenzkosten arbeiten. Eine genauere Analyse dieses Prozesses und der historischen Einordnung besprechen wir für Jeremy Rifkins Buch „Die Null-Grenzkosten Gesellschaft“. Physikalische Ströme werden durch Datenströme zunehmend ersetzt und die Produktion wird lokaler stattfinden, auch wenn sie weiterhin massiv sein wird.

Es handelt sich nicht um einen weiteren Übergang in ein verändertes System, sondern um eine Transformation des Gesamtsystems. Tony Seba hält dies für die größte Transformation seit der neolithischen Revolution, denn die Menschheit geht nun über von Knappheit zu Überfluss und die Wirtschaft von heute wird nicht einfach verändert, sondern sie wird untergehen, es wird sie nicht mehr in dieser Form geben, was vor allem daran liegen wird, dass Roboter und KI die wirtschaftliche Arbeit beinahe vollständig übernehmen werden, sodass Menschen gezwungen sein werden, sich andere Zeitvertreibe zu suchen.

Die drei vordergründigen Disruptionen, über die wir bisher geredet haben (Lebensmittel, Energie, Transport) sind einzelne Industrien, die zwar gewisse Veränderungen in anderen Industrien mit sich bringen, aber grundsätzlich wird sich durch Elektroautos und selbstfahrende Autos nicht ändern, dass Menschen und Dinge transportiert werden müssen, erneuerbare Energien ändern nicht, dass Energie gebraucht wird und synthetische Lebensmittel ändert nicht, dass Nahrung gebraucht wird. Aber all diese Prozesse werden von einer neuen Industrie befeuert und beschleunigt. Künstliche Intelligenz sorgt für eine Kostenkurve der Intelligenz. Ganz grundsätzlich lässt sich die Wirtschaft in Berufe unterteilen, die physische Arbeit benötigen und solche, die kognitive Arbeit benötigen. Roboter werden die physische Arbeit verdrängen, KI wird aber zuerst die kognitive Arbeit verdrängen. Da sich hier verschiedene exponentielle Entwicklungen gegenseitig antreiben, sehen wir eine rapide Entwicklung in der KI-Forschung, die kaum jemand 2010 vorhergesehen hätte. Die meisten Experten hätten geschätzt, dass der Turing Test erst in den 2030ern geknackt wird, selbst Ray Kurzweil verschätzte sich mit seinen ambitionierten Prognosen um ein halbes Jahrzehnt. Es ist gut möglich, dass wir in den nächsten Jahren die berüchtigte Intelligenzexplosion sehen werden.

Das zentrale Unternehmen in vielen der vollkommen weltverändernden Disruptionen des nächsten und übernächsten Jahrzehnts ist Tesla. Tesla arbeitet an der Elektrifizierung des Transports, an Transport as a Service, an

Künstlicher Intelligenz, an Humanoiden Robotern, an Solarzellen und an Batterietechnologie. Es ist gut möglich, dass Tesla aufgrund dieser breiten Fächerung und seinem Fuß in fast allen disruptiven Entwicklungen das mit Abstand größte Unternehmen der Geschichte werden könnte. Eine solche Opportunität tut sich nicht häufig und womöglich nur einmal in der Geschichte auf, weshalb es im Interesse jedes klugen Investors und jedes klugen Menschen sein sollte, sich darüber zu informieren. Wir beginnen damit, die allgemeine Situation der Autoindustrie zu beleuchten und dann genauer auf Tesla und seine Konkurrenz einzugehen.

### *Wer kriegt die Kurve (von Ferdinand Dudenhöffer)*

„Zu Beginn des Jahres 2015 waren weltweit 1,02 Milliarden Personenkraftwagen (Pkw) registriert. Allein auf Europas Straßen fährt ein Viertel davon, nämlich 250 Millionen Pkw, in Deutschland sind offiziell 45 Millionen zugelassen. Wer hierzulande mit einem Verkehrsmittel unterwegs ist, der nutzt in knapp 85 Prozent der Fälle das Auto. Konkret haben wir Deutschen im Jahr 2014 rund 929 Milliarden Kilometer mit dem Auto zurückgelegt.“ „Im Jahr 1995 wurden in China 411 000 neue Autos verkauft, weniger als die durchschnittlichen jährlichen Neuwagenverkäufe in den Niederlanden. Bis zum Jahr 2005 kletterte die Verkaufszahl in China auf 3,2 Millionen Neuwagen. Das entspricht etwa dem deutschen Automarkt. Und noch einmal zehn Jahre später hatten die Chinesen die Verkaufsgrenze von 20 Millionen Neuwagen geknackt. Die USA als ehemals größten Neuwagenmarkt verwies China sogar schon sechs Jahre zuvor auf den zweiten Platz. China ist also in zwanzig Jahren von einem Automarkt vergleichbar dem in den Niederlanden zum mit Abstand größten Automarkt der Welt gewachsen.“ Besonders Staus und Smog plagen die Riesenstädte Chinas, was einen großen Anreiz liefert, Elektromobilität und Robotertaxis so schnell es geht auszubauen. Carsharing bzw. Robotertaxis senken nicht nur die Transportkosten, sondern müssen auch nicht so oft bzw. nicht so lange parken, sodass insgesamt der Autogebrauch und daher auch Staus zurückgehen werden. „Die wirtschaftliche Entwicklung wandert inzwischen immer stärker von den Megacities wie Peking, Shanghai oder Chongqing mit deutlich mehr als zehn Millionen Einwohnern in die Regionen und Provinzen des Riesenreichs.“ Dudenhöffer geht davon aus, dass die Importanz des Automobils in Zukunft noch weiter zunehmen wird, da sie mit anderen Transportmethoden konkurrieren werden. Heute sind Bahnen womöglich noch günstiger, leiser, sauberer, sicherer und schneller, aber das wird sich mit der Elektromobilität, autonomer Software und Carsharing ändern. Ich würde nicht unbedingt zustimmen, dass mehr Autos benötigt

werden, da jedes Auto für sich als Robotertaxi fünf Mal nützlicher sein kann, als es derzeit ist, sodass theoretisch makroökonomisch nur ein Fünftel der derzeitigen Autos benutzt werden müssten, je nach Carsharing Adoption.

Es ist klar, dass das Pro-Kopf Einkommen der Länder eine Rolle dabei spielt, wie viele Menschen sich bestimmte Autos oder überhaupt Autos leisten können.

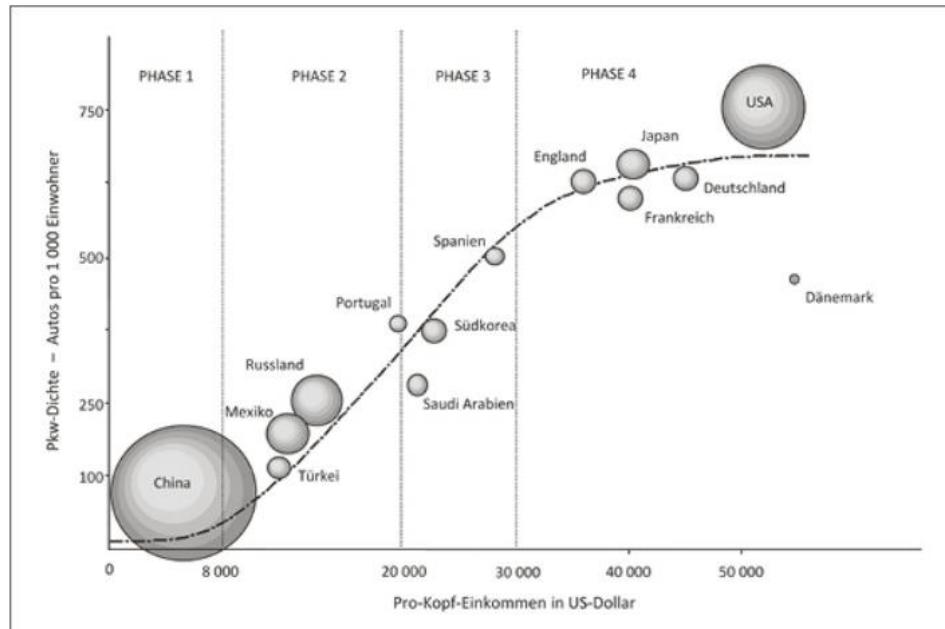
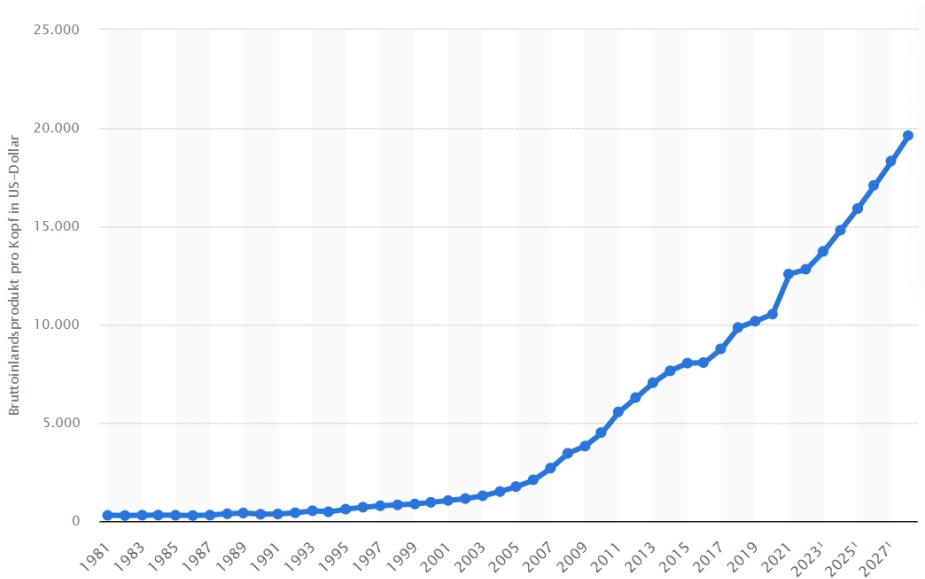
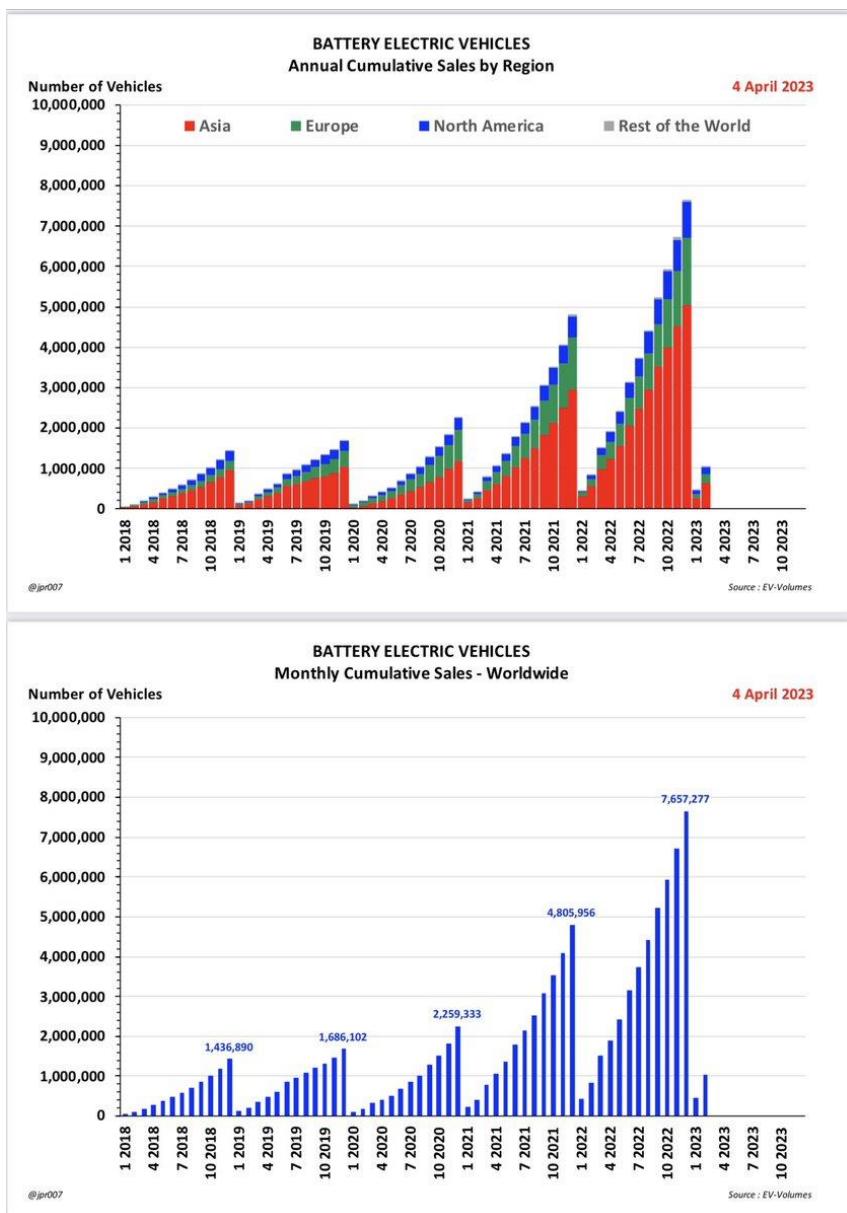


Abb. 1: Entwicklungsmuster Automärkte

Diese Grafik verdeutlicht, dass China noch ganz am Anfang seiner Automobilrevolution steht. Wenn China es schafft, das Pro-Kopf Einkommen seiner Bürger weiter zu steigern, wird der Automarkt in China alle anderen Märkte um Größenordnungen übertreffen. Wenn wir uns die Prognose von Statista zu ebendieser Entwicklung in China ansehen



sowie die Entwicklung der E-Auto Verkaufszahlen



sehen wir, dass sich seit Dudenhöffers Buch schon einiges getan hat und China langsam den steilsten Bereich der S-Kurve in Phase 2 erreicht. Dennoch kommen bisher nur 110 PKW in China auf 1000 Personen. Wenn China sich an die Werten anderer Länder orientiert, ist laut Dudenhöffer noch mehr als eine Verdopplung des Marktes möglich. Der Extrapolation folgend, könnte dieses Marktpotenzial bis 2035 ausgeschöpft werden, was China für jeden Autohersteller zum favorisierten Markt machen sollte. Leider haben aber einige, besonders deutsche, Hersteller in China Schwierigkeiten und werden von der inländischen Konkurrenz verdrängt.

Zum anderen kommt Dudenhöffer zur Konklusion, dass der PKW Markt steigt, weil durch Automatisierung mehr Menschen dazu befähigt, Autos zu nutzen. All diejenigen, die keinen Führerschein haben, die blind sind, die noch nicht alt genug sind für einen Führerschein oder die zu alt sind, um sicher autozufahren, können dann Autos verwenden. Europa ist aber in Zukunft für Autounternehmen wirklich relativ unwichtig. Im Fokus steht das Potenzial Asiens, Osteuropas und wenn möglich Afrika.

Das große Problem **neuer** Autohersteller ist die Komplexität des Autobaus, wobei man sich viel Knowhow aneignen muss, um konkurrenzfähig zu werden. Das große Problem der **alten** Autohersteller ist ihre Produktionsauslastung. „Neben der Komplexitätsbeherrschung und den Skaleneffekten – den Vorteilen durch bessere Kostenstrukturen dank hohem Verkaufsvolumen – gibt es einen weiteren sehr elementaren Erfolgsfaktor der Branche: die Flexibilität. Nimmt man den Produktionswert eines Autos, wie es üblicherweise von einem Autobauer hergestellt wird, so entfallen etwa 75 Prozent dieses Wertes auf Zulieferteile. Für den Hersteller besteht das letzte Viertel gut zur Hälfte aus Arbeitskosten, zu etwa 40 Prozent aus Aufwendungen für die Produktionsanlagen und -roboter, wie etwa Zinsen und Abschreibungen, und der Rest aus weiteren Kosten für Energie, Gebäude et cetera. Steht jetzt etwa aufgrund rückläufiger Kundenaufträge das Produktionsband still, fallen dennoch Anlagekosten an. Wird Kurzarbeit eingeführt, fallen dennoch Arbeitskosten an. Eine nicht laufende – oder zu langsam laufende – Produktion erzeugt sofort Verluste beim Autobauer. Ist die Produktionskapazität eines Autobauers zu weniger als 85 Prozent ausgelastet, schreibt dieser Verluste. Eine möglichst hohe Auslastung der installierten Produktionskapazität kann für den wirtschaftlichen Erfolg deutlich wichtiger sein als Economies of Scale.“ Dieses Problem haben derzeit einige Autohersteller, aber besonders VW, wo man immer wieder

von Kurzarbeit hört. Noch ist dies teilweise der Halbleitersituation geschuldet (Stand 2023), aber schon bald wird klar werden, dass es nicht mehr an der Zulieferung, sondern am Nachfragerückgang liegen wird, dass Kurzarbeit immer dominanter wird.

### Pferdestärken sind wichtig:

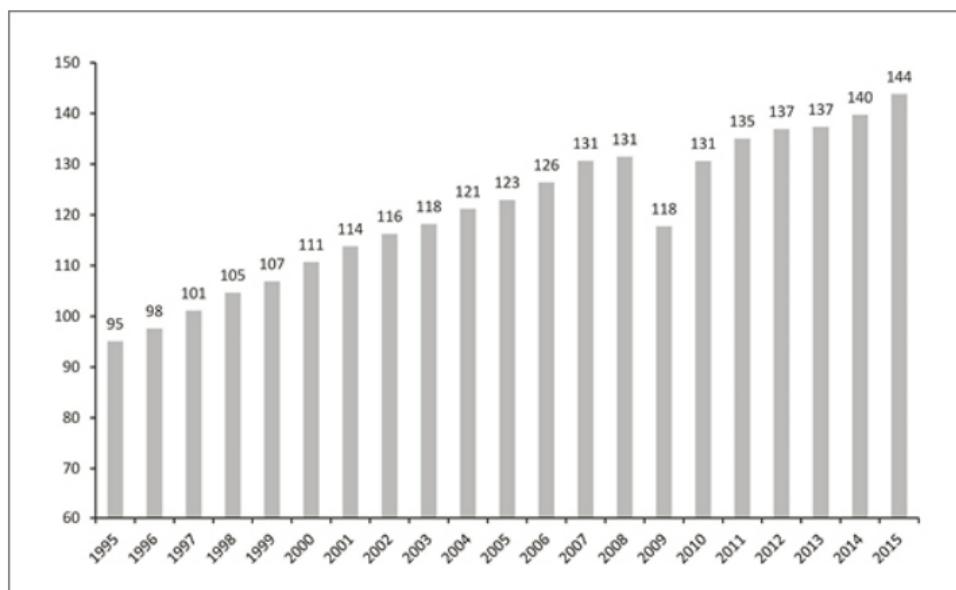


Abb. 2: Entwicklung der PS-Zahlen in Deutschland

Schon seit den 1990ern liefern sich Autohersteller einen Rennen um höhere PS. Da der Kauf eines Autos mehrheitlich emotional statt rational passiert, geht es auch um das Statussymbol und das Fahrgefühl eines Autos, das sich mit höherer Leistung verbessert. Tesla hat von Anfang an auf Dynamik, Agilität, Sportlichkeit, Fahrfreude etc. Wert gelegt und zieht mit den Elektroautos in den Pferdestärken weit an Verbrennern vorbei. Das kleinste Modell von Tesla, das Modell 3, hat immer noch 283 bis 513 PS, der Cybertruck hat etwa 800 PS und das Model S sogar bis zu 1020 PS.

### Welche Risiken ergeben sich für das derzeitige Autogeschäft?

1. Mobilität in Schwellenländern – wie kann der Bedarf in diesen wichtigen Zukunftsmärkten preisgünstig und nachhaltig gedeckt werden?

## 2. Rückrufaktionen werden immer häufiger – und teurer. Wie kann diese Spirale gestoppt werden?

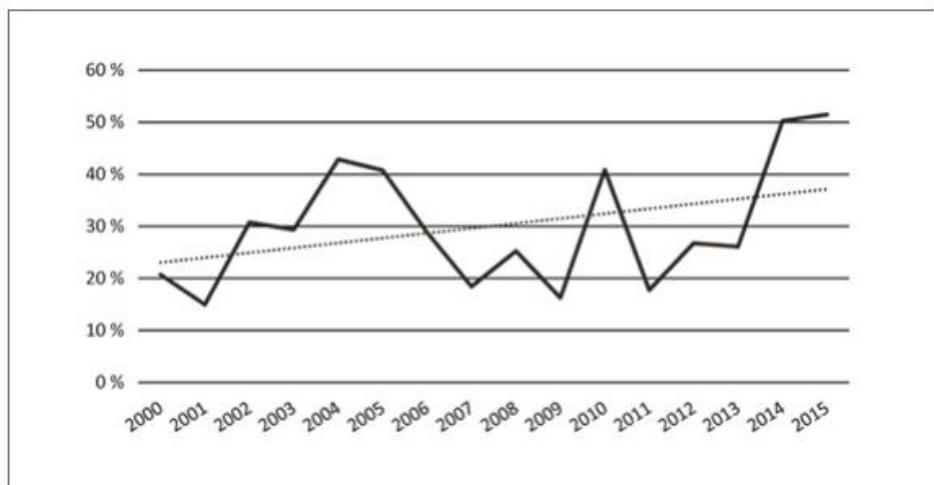
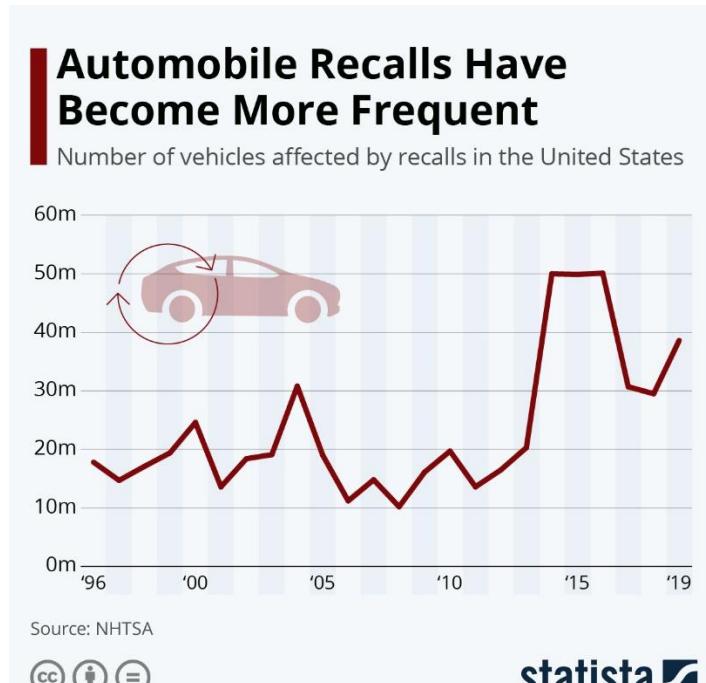


Abb. 4: Entwicklung der Rückrufquoten in Deutschland

Es steigen die Rückrufaktionen der Automobilbranche kontinuierlich an.



Das bedeutet steigende Kosten für die Autohersteller, denn es kommt nicht nur zu den Reparaturkosten, sondern oft auch zu Schadenersatzkosten und staatlichen Strafzahlungen. „In den Achtziger- und Neunzigerjahren war der japanische Autobauer Toyota so etwas wie der Qualitätspapst der Industrie. Mit dem Toyota-Produktionssystem hatten die Japaner nicht nur Kostenstrukturen durch »Just-in-time«- Logistik und den Wegfall von Zwischenlagern revolutioniert, sondern auch ein neues Verständnis

für Qualität in die Produktionswelt eingeführt. Das Toyota-Prinzip lautet, immer zuerst die Ursache des Qualitätsproblems zu suchen und das Problem dort zu lösen, statt den Schaden im Nachhinein durch Reparaturmaßnahmen zu beseitigen. Bis dahin durchlief ein Auto üblicherweise die gesamte Produktionsstraße und die Mängel wurden anschließend repariert. Doch das ist teurer und meist schlechter, als das Problem beim ersten Auftreten zu lösen, selbst wenn dafür die gesamte Produktion zeitweise stillstehen muss.

Deshalb wurde bei Toyota nach dem »Andonprinzip« jeder einzelne Bandarbeiter ermächtigt, die gesamte Produktion zu stoppen, sollte er ein Qualitätsproblem auf seiner Montagestufe erkennen. Toyota stand für das Null-Fehler-Prinzip in der Autowelt.“ Dann traf jedoch 2009 und 2010 eine riesige Rückrufaktion von über 12 Millionen Toyotas den Ruf der Qualitätsmarke. Das Problem identifiziert Dudenhöffer in der Firmenkultur, die von Angst, hierarchischer Unterordnung und Gehorsam geprägt ist. Dies ist ein „Nährboden für Fehlverhalten“. Defekte werden verheimlicht, Treibstoffangaben frisiert (Mitsubishi) und Fehlverhalten kleingeredet. „Mitarbeiter von Mitsubishi beschrieben nach Presseberichten das Unternehmensklima als »ein System, in dem es den einfachen Mitarbeitern verboten war, mit Führungskräften aus anderen Abteilungen zu sprechen. Die Ingenieure hatten richtiggehend Angst davor, autoritären Vorgesetzten mögliche Fehler einzugehen.«“

Die „Ursachen für steigende Rückrufe:

- Höhere Sensibilität der Autobauer nach den großen Rückrufen. Es wird schneller und mehr zurückgerufen.
- Hoher Kostendruck kombiniert mit einer Kultur der Unterordnung und Verschlossenheit. Toleranzen bei Material werden enger. Produkte werden frühzeitiger vermarktet. Kontrollsysteme funktionieren nicht.
- Steigende Autoverkäufe weltweit.
- Immer mehr Gleichteile und global agierende Zulieferer: Das Takata-Risiko.
- Komplexere Autos mit einer Vielzahl neuer Fahrassistenten und Elektronikbauteilen.
- Steigende Modellvielfalt mit mehr Karosserievarianten. Modulararchitekturen mit immer mehr Schnittstellen.
- Langsame Feldbeobachtung. Rückmeldungen von Produktfehlern längere Zeit nach dem Verkauf dauern lange. Die Lawine muss früher eingefangen werden.

- Fehler in der Unternehmenskultur. Compliance-Regeln werden nicht gelebt.
- 3. Kostentreiber Nummer 1 ist der Autovertrieb mit seinen teuren Handelsstrukturen. Wie kann er neu ausgerichtet werden?**
4. In unserer Gesellschaft vollzieht sich ein Wertewandel; virtuelle Produkte werden zu Must-haves. Verliert das Auto seine Statussymbolposition, und wie reagieren Autobauer darauf?
  5. Der reale Schadstoffausstoß, wie er mit VW-»Dieselgate« in den Blickpunkt gerückt ist, muss sich für die Zukunft ändern. Was sind die Lösungen der Autoindustrie?"

### **Warum sind Brennstoffzellen nicht die Zukunft?**

„In der Theorie ist das Brennstoffzellenauto der ideale Weg in die Zukunft. Aber eben nur dort. Dabei hat die Brennstoffzelle schon fast 200 Jahre Geschichte vorzuweisen. Im Jahr 1838 entdeckte der deutschschweizerische Chemiker und Physiker Christian Friedrich Schönbein das Prinzip der Brennstoffzelle. Bereits um 1870 war ein erster Brennstoffzellenhype ausgebrochen, der sogar die Fantasie des Romanschriftstellers Jules Verne anregte. »Wasser ist die Kohle der Zukunft«, orakelte der Visionär damals. Für mobile Anwendungen wie in Autos gestaltet sich das Prinzip aber kompliziert. In der Vergangenheit wurden Brennstoffzellenfahrzeuge zwar immer wieder angekündigt und als Testfahrzeuge eingesetzt, aber die Serienproduktion konnte lange nicht realisiert werden. Der frühere Daimler-Chef Jürgen Schrempp liebte die großen Auftritte. Mit der Ansage »expect the extraordinary« hatte Schrempp im Januar 1998 die Fusion von Daimler und Chrysler als »Hochzeit im Himmel« gepriesen. Dieser Ausflug in den Himmel hätte Daimler fast in den Ruin getrieben. Nur zwei Jahr später stand die zweite große Nummer von Jürgen Schrempp auf dem Programm. Gemeinsam mit dem früheren Bundeskanzler Gerhard Schröder zauberte Schrempp im November 2000 in Berlin das erste »Null-Liter-Auto« der Welt aus dem Hut. Es sollte eine Art Perpetuum mobile der Autoindustrie werden und bereits 2004 in Serienproduktion gehen. Aus der Idee wurden ein paar hundert Prototyp-Fahrzeuge, aber die richtige Serie kam bis heute nicht zustande. Das Auto basierte auf dem damaligen Mercedes A-KlasseModell, ausgestattet mit der Brennstoffzellentechnik. Die funktioniert so, dass das Fahrzeug den Strom für seinen elektrischen Antrieb selbst produziert. Die

Brennstoffzelle wandelt Wasserstoff aus dem Tank mit Sauerstoff aus der Luft in Wasser um und produziert dabei Strom. Statt Abgasen tropft Wasser aus dem Auspuff. Das klingt wunderbar, simpel, sauber. Praktisch gibt es allerdings ein paar Probleme. Erstens ist die Technik teuer, weil Wasserstoff ein sehr flüchtiges Gas ist und Tanksysteme und Kraftstoffleitungen im Auto aufwendig zu konstruieren sind. Ähnliches gilt für die sogenannten Brennstoffzellenstacks, die zur Stromgewinnung im Auto benötigt werden, sowie für die zusätzlichen Stromspeicher.

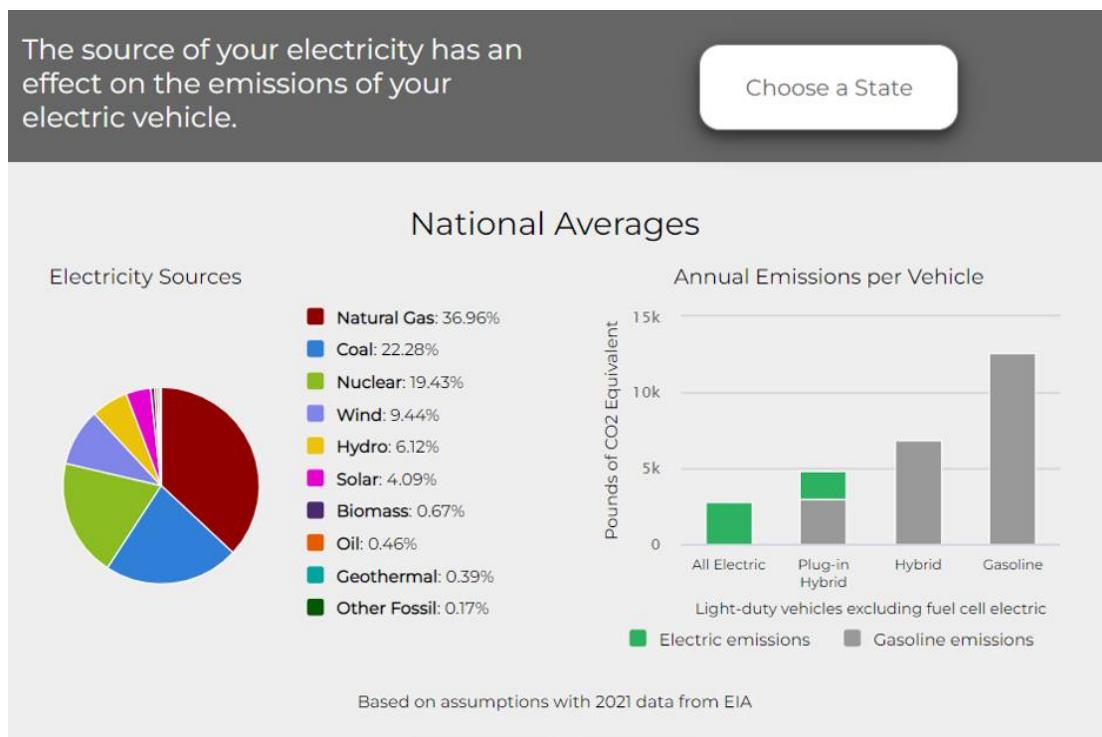
Brennstoffzellen geben immer einen gleichmäßigen Strom ab. Da aber der Energiebedarf des Fahrzeugs schwankt – beim Beschleunigen wird beispielsweise mehr Energie benötigt –, braucht es eine leistungsfähige Batterie. Das alles macht Brennstoffzellenautos deutlich teurer in der Produktion als die heutigen batteriegetriebenen Elektroautos. Zum Zweiten fehlt in allen Ländern der Erde die Tankinfrastruktur. Und das Aufstellen von Wasserstofftankstellen ist ebenfalls extrem teuer. Die Tanksysteme erfordern ein Vielfaches von dem, was der Bau von Schnellladesäulen oder konventionellen Tankstellen kostet. Der dritte Schwachpunkt ist der Wasserstoff selbst. Das Kilogramm wird heute für etwas mehr als neun Euro verkauft, das reicht für eine Fahrt von gut 100 Kilometern. Da schlagen konventionelle Kraftstoffe, wenn man die Steuer weglässt, mit weniger als einem Drittel der Kosten zu Buche. Außerdem wird Wasserstoff heute aus Rohöl oder Erdgas produziert, nicht gerade die erwünschte grüne Alternative. In der Zukunft ließe sich Wasserstoff zwar aus Strom produzieren, aber auch hier wären erhebliche Infrastrukturstarkosten für den Aufbau einer solchen Wasserstoffproduktion zu leisten. Und schließlich drängt sich dann auch die Frage auf, warum man Wasserstoff aus Strom produzieren sollte, um im Auto aus diesem Wasserstoff wieder Strom herzustellen. Zumal bei jeder Energieumwandlung nicht unerheblich Energie verloren geht. Der einzige Vorteil bei der ganzen Sache ist der schnelle Tankvorgang, der etwa vergleichbar ist mit der Betankung eines modernen Erdgasfahrzeugs. Die Überlegungen zeigen: Theoretisch ist das Brennstoffzellenfahrzeug interessant, doch als Großserienprodukt eher ein Thema für Science-FictionRomane. Wer sollte ein Netz an extrem teuren Wasserstofftankstellen errichten, wenn es keine Autos gibt? Wer sollte eine Wasserstoffproduktion aufbauen, wenn es keine Wasserstofftankstellen gibt? Wer sollte ein Wasserstoffauto kaufen, wenn es keinen Wasserstoff gibt? Jeder Punkt in diesem Teufelskreis ist nur unter sehr hohen Kosten zu ändern, und das macht diese Technik derzeit nicht wettbewerbsfähig. Deswegen werden auch die jüngsten Versuche von Toyota in diesem Segment aller Voraussicht nach scheitern. Der japanische Autobauer stellte

2015 mit dem Modell Mirai sein Brennstoffzellenauto vor. Wie mit dem Hybridsystem, das Toyota bereits seit über 15 Jahren in großer Zahl weltweit verkauft, planen die Japaner mit dem Brennstoffzellenauto die Zukunft der abgasfreien Mobilität einzuleiten. Nach eigenen Worten bietet Toyota mit dem Modell Mirai »das erste Großserienfahrzeug mit Brennstoffzelle« an. Wie diese Großserie aussieht, zeigen die Zulassungszahlen. Im USamerikanischen Automarkt wurden in der ersten Jahreshälfte 2016 pro Monat nicht einmal 40 Brennstoffzellen-Mirais zugelassen, dabei werden dort im Durchschnitt pro Monat knapp 1,5 Millionen Neuwagen verkauft. Die Toyota-Ankündigung von der »Großserie« ist also vorsichtig ausgedrückt »interpretationsfähig«. In Deutschland sucht man das Großserienfahrzeug auch Mitte 2016 in der Zulassungsstatistik vergeblich. Selbst ein Verkaufspreis ist auf der Toyota-Deutschland-Website für dieses Modell nicht zu finden. Damit dürfte der Mirai das erste Großserienfahrzeug der Welt sein, das in Märkten wie Deutschland zwar in bunten Werbeanzeigen gezeigt wird, aber noch nicht einmal einen Verkaufspreis hat. In den USA steht das Fahrzeug immerhin mit 57 500 Dollar in der Preisliste. Für ein Auto der Golf-Kategorie. Schwer vorstellbar, dass ein Käufer für ein Fahrzeug dieser Größe einen solchen Preis bezahlt. Selbst wenn es Toyota schaffen würde, den Preis des Fahrzeugs um satte 50 Prozent zu senken, was technologisch in den nächsten 20 Jahren kaum möglich sein dürfte, wäre der Preis noch immer viel zu hoch für einen Kompaktwagen, für den es so gut wie keine Betankungsmöglichkeiten gibt. Das Brennstoffzellenauto wird noch auf lange Sicht ein Traum bleiben. Andere Technologien für abgasfreie Autos sind schneller, mit deutlich niedrigeren Kosten und einfacherem Infrastrukturaufbau umsetzbar.“

### **Warum sind Hybride nicht die Zukunft, sondern vollkommen irrsinnig?**

Es ist ergibt erst einmal Sinn, dass die alten Autohersteller nicht direkt, sondern graduell auf Elektroautos umsteigen wollten, da ihre Produktionskapazitäten zu großen Teilen in Motorenwerken investiert waren und Abgasanalgen, Kraftstoffversorgung, Motorenmanagement und Getriebe mehr als 30% des Produktionswerts eines Autos ausmachten. Wenn man direkt umsteigen müsste, würden viele Produktionsstrecken wegfallen und müssten ersetzt werden, zwei Rückschläge zugleich. Nur leider ist die Strategie der Hybride nicht nur für Verbraucher hirnrissig, sondern auch für die Unternehmen.

1. Komplexität: Hybride beinhalten einen Verbrennungsmotor als auch einen Elektromotor. Sie sind dementsprechend komplexer als ein rein elektrisches oder reines Verbrennerauto, was sich auf den Preis auswirkt. Die Autos können meist nur 50 km elektrisch fahren, und sind 10.000 bis 15.000 Euro teurer als vergleichbare konventionell angetriebene Autos. Dadurch, dass Batterie und Verbrennungsmotor im Auto verbaut werden müssen, werden die Autos nicht nur schwerer, sondern auch ineffizienter, benötigen mehr Energie und stoßen mehr CO<sub>2</sub> aus, wenn ihre Batterien leer sind. Und weil die Batterien nicht gerade lange halten, sind Hybride keine umweltfreundlichere Alternative zu Verbrennern.



Und es gilt zu beachten, je besser der Strommix wird, bzw. je mehr erneuerbare Energien den Strommix dominieren, desto besser ist die CO<sub>2</sub> Bilanz der elektrischen Fahrzeuge und desto schlechter wird die Bilanz der Hybride und Verbrenner.

Die höhere Komplexität macht die Autos außerdem in den Händen der Verbraucher fehler- und wartungsanfälliger, während sie zugleich in der Produktion komplizierter und somit ebenfalls fehleranfälliger sind.

2. Brandgefahr: Die Brandgefahr ist bei Hybriden nicht nur um ein Vielfaches höher als bei reinen Elektroautos, sondern auch höher als bei Verbrennern.

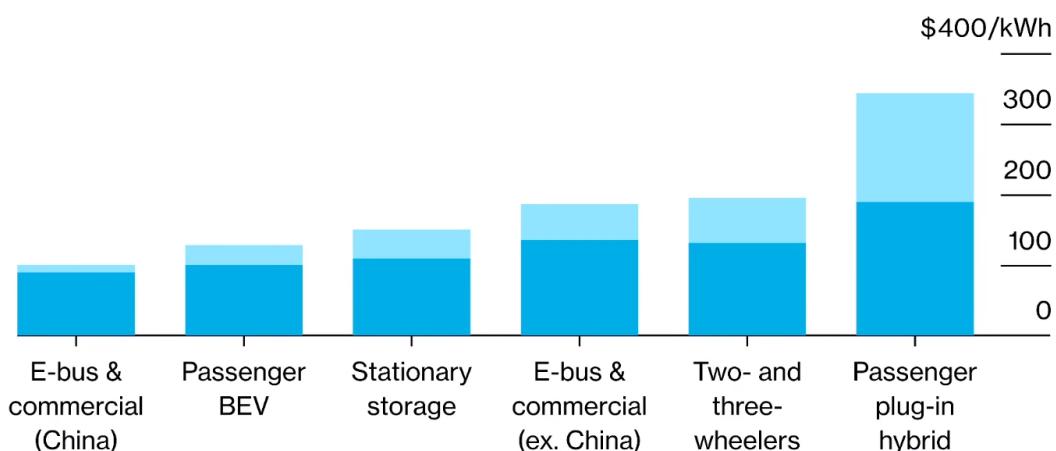


3. Doppeltes Laden: Das Laden von Hybriden erfordert natürlich nicht nur das Laden der Batterie, sondern auch das Tanken des Gastanks. Damit sind sie umständlicher als Elektroautos und deutlich umständlicher als Gasautos, was faule Fahrer dazu verleiten kann, hin und wieder ganz auf das Laden der Batterie zu verzichten. „Gerade bei Oberklassefahrzeugen muss man außerdem annehmen, dass die Antriebsenergie zum allergrößten Teil aus dem Verbrennungsmotor stammen wird statt aus der Steckdose. Der Ausstoß wird vielmehr »schöngerechnet«, indem bei der Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs – etwa beim sogenannten NEFZ-Test – nur kurze Strecken simuliert werden und das Fahrzeug immer mit voller Batterie an den Start geht. Die Steckdosenhybride verringern also nicht den CO2 -Ausstoß, verursachen deutlich höhere Kosten und erfordern aufwendiges Hantieren mit dem wenig komfortablen Ladekabel (bei einem immer noch äußerst mager ausgebauten Netz von Ladestationen) wegen ein paar elektrischen Kilometern.“
4. Die Fahrzeuge bieten weniger Platz im Inneren, weil dieser Platz von der zusätzlichen Elektronik eingenommen wird.
5. Hybride sind nicht nur teurer als Elektroautos, sondern auch teurer als Verbrenner. Während in Zukunft die Preise der Elektroautos prognostizierbar fallen, werden Hybride weiterhin teurer als Verbrenner bleiben, weil sie nicht auf fallenden Preis-Kurven aufbauen können, sondern Verbrennungsmotoren und andere Teile einbauen müssen. Der Markt wird sich allein aufgrund dieser Fakten gegen Hybride entscheiden.
6. Und selbst die Batterien in Plug-In Hybriden sind teurer als Batterien in Elektroautos, was besonders der aufwendigen Verpackung und dem umständlichen Einbau geschuldet ist:

## Battery Prices Vary by Sector

Average lithium-ion battery prices by application

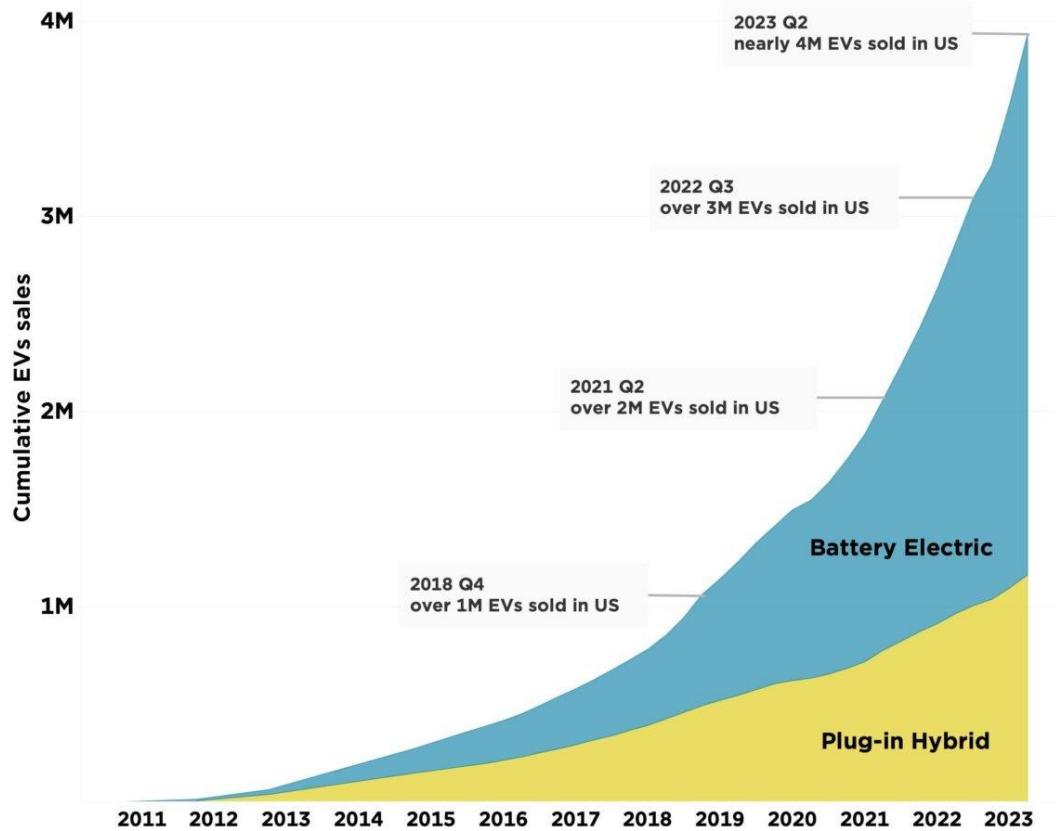
■ Cell ■ Pack



Selbst wenn man Hybride zum Preis von herkömmlichen Verbrennern bauen könnte, wären sie also trotzdem nicht konkurrenzfähig mit Elektroautos, da die Batterien zu teuer sind.

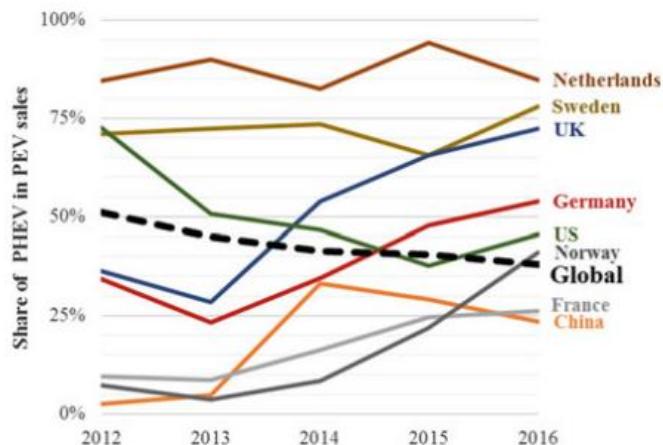
Parallel-Hybride (bei denen Elektromotor und Verbrennungsmotor zugleich Energie an den Antriebsstrang liefern können) sollten theoretisch die Effizienz von sowohl Benzin- als auch Elektromotoren – maximieren, sie ermöglichen einem Elektromotor, den Mangel an niedriger Drehmomentleistung des Benzinmotors für den Stadtverkehr zu überwinden. Allerdings haben wir bisher gesehen, dass wir nicht die Effizienz von beiden Motoren vergrößern, sondern die Ineffizienz von beiden. Die für Autobahnen benötigten 30 PS erhöhen sich auf 40 PS aufgrund des Gewichts der Elektronik. Der elektrische Motor und die Batterie bleiben zu klein, um das Fahrgefühl spürbar zu verbessern, sodass die Kosten ähnlich wie bei herkömmlichen Autos bleiben.

Schon heute sieht man bei der Adoption von E-Autos z.B. in den USA nur eine relativ lineare Kurve für Hybride, während die Kurve für E-Autos exponentiell verläuft:

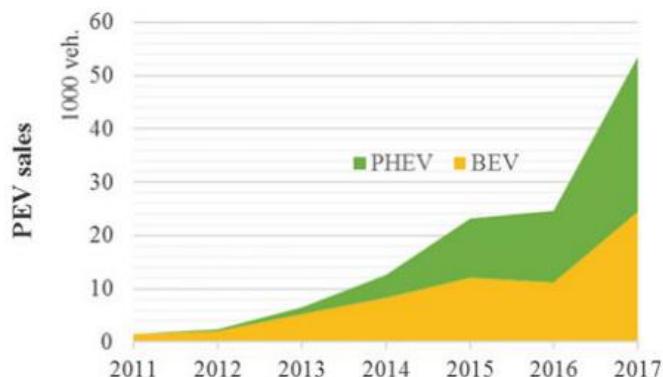


In anderen Ländern war der Trend lange Zeit noch nicht zu beobachten.

**Fig. 3** Share of PHEV sales in several major PEV markets. *Source* Own illustration based on IEA (2018)



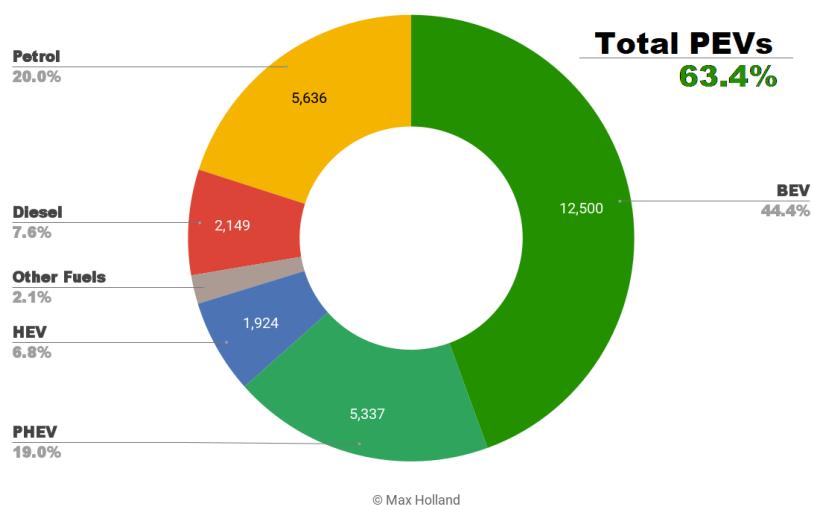
**Fig. 4** Annual PEV sales in Germany broken down by BEVs and PHEVs. *Source* Own illustration based on IEA (2018) and EAFO (2018)



2023 wird allerdings auch in anderen Ländern langsam klar, dass sich Plug-in Hybride nicht durchsetzen werden. Nachdem der PHEV Anteil an den E-Auto Verkäufen in Schweden 2016 75% überstieg, in Großbritannien fast bei 75% lag und in Deutschland über 50% war, sank der Anteil bis 2023 in Schweden auf 30%, in Großbritannien auf 27% und in Deutschland auf 14%:

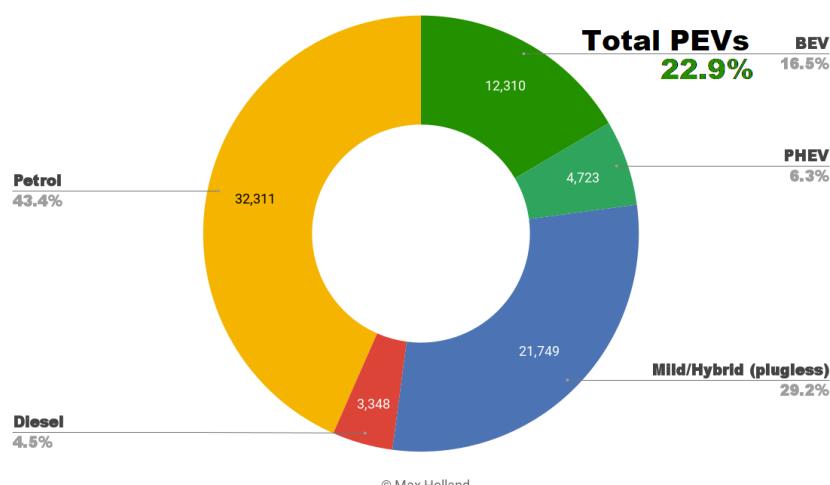
### September 2023 Sweden Passenger Auto Registrations

Data from Mobility Sweden. % scores are rounded



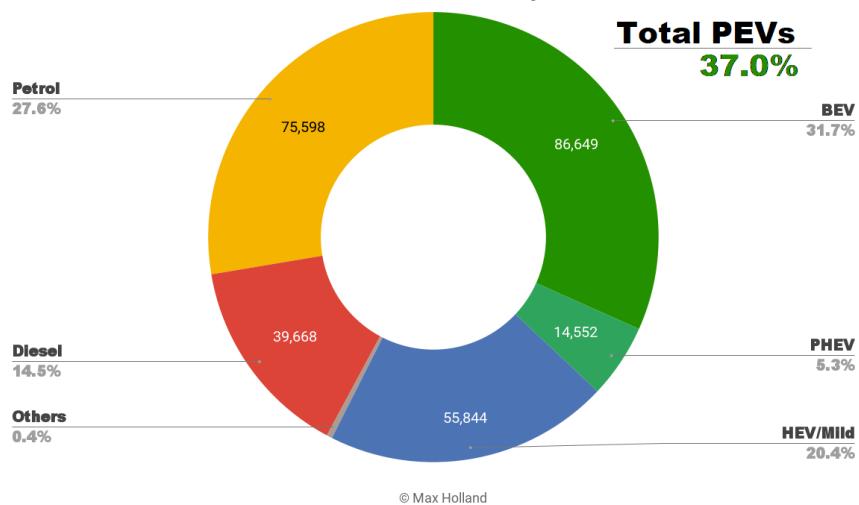
### February 2023 UK Passenger Auto Registrations

Data from SMMT

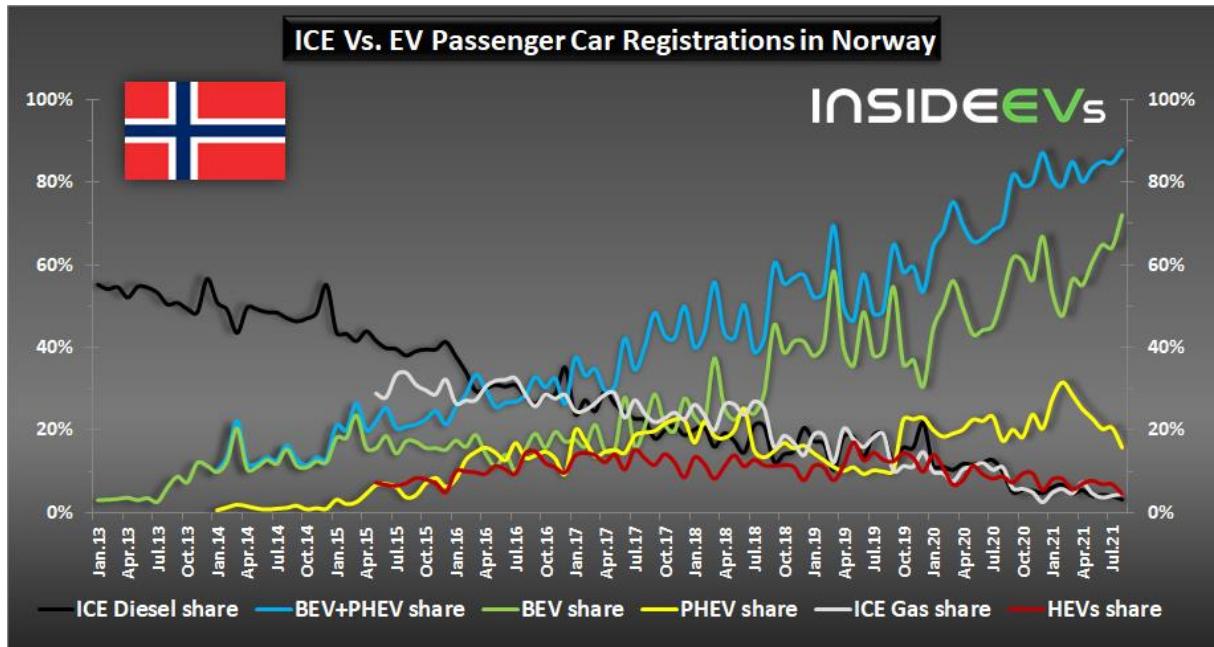


## August 2023 Germany Passenger Auto Registrations

Data from KBA, accurate to ~3 digits



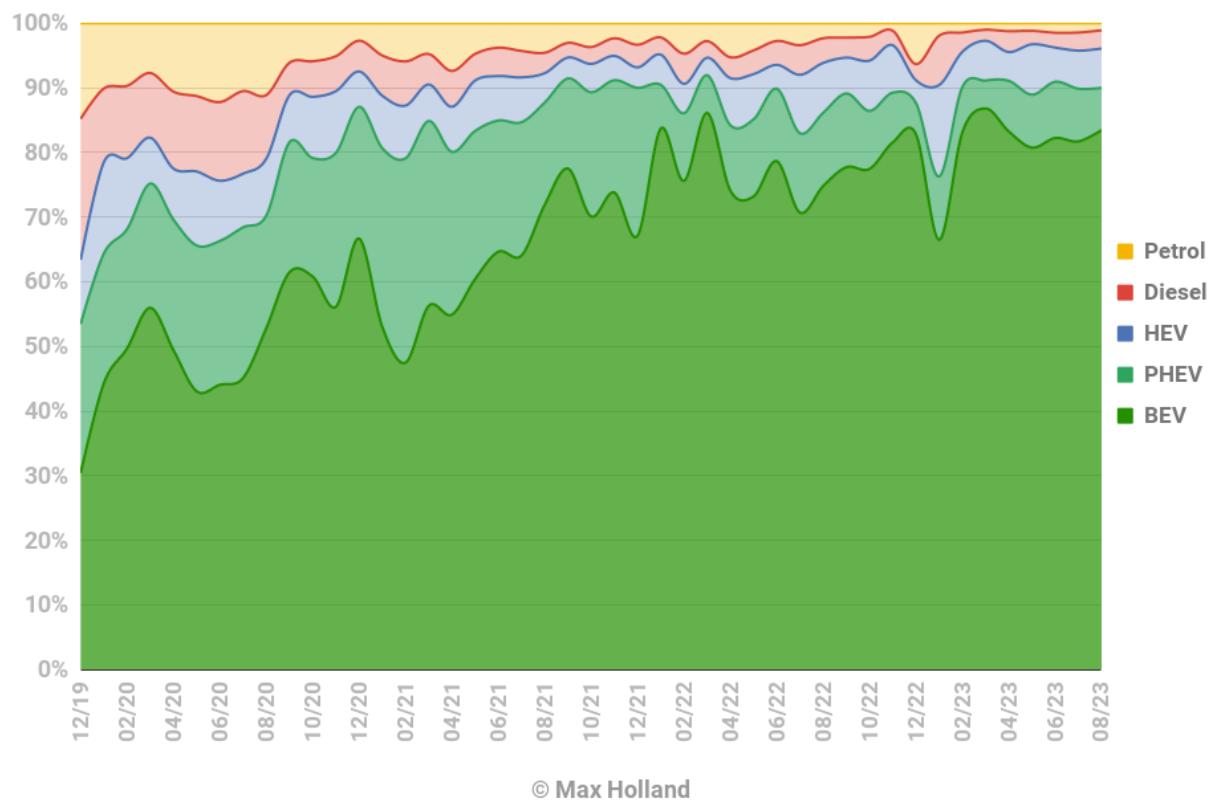
Im fortgeschrittensten E-Auto Markt, in Norwegen, sieht man zudem bereits, wie Hybride (hier in gelb PHEV bzw. Plug-in Hybrid Electric Vehicle genannt) den Markt verlassen und fast nur noch vollkommen elektrische Autos (hier in grün BEV bzw. Battery Electric Vehicle genannt) gekauft werden:



Da die oben gezeigte Statistik bereits etwas veraltet ist, kann man den Trend noch besser in neueren Übersichten sehen:

## Norway Monthly Powertrain Market Share

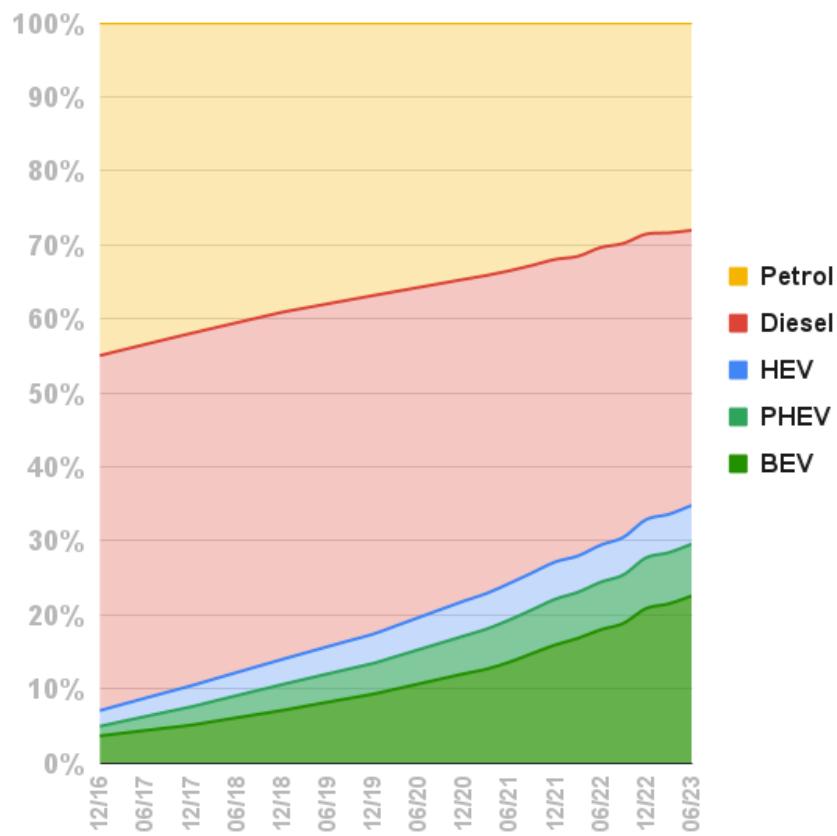
Data from OFV



Im August 2023 waren gerade noch 6,5% der verkauften Autos Plug-in Hybride, während 83,5% Batterieelektrische Autos waren. Wenn wir die gesamte Flotte an Autos in Norwegen ansehen, statt nur die Verkäufe, wird ersichtlich, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre 80% der Autos in Norwegen elektrisch sein werden:

# Norway Fleet Powertrain Share

Passenger fleet only, elbil.no data, pre-2021 in annual resolution

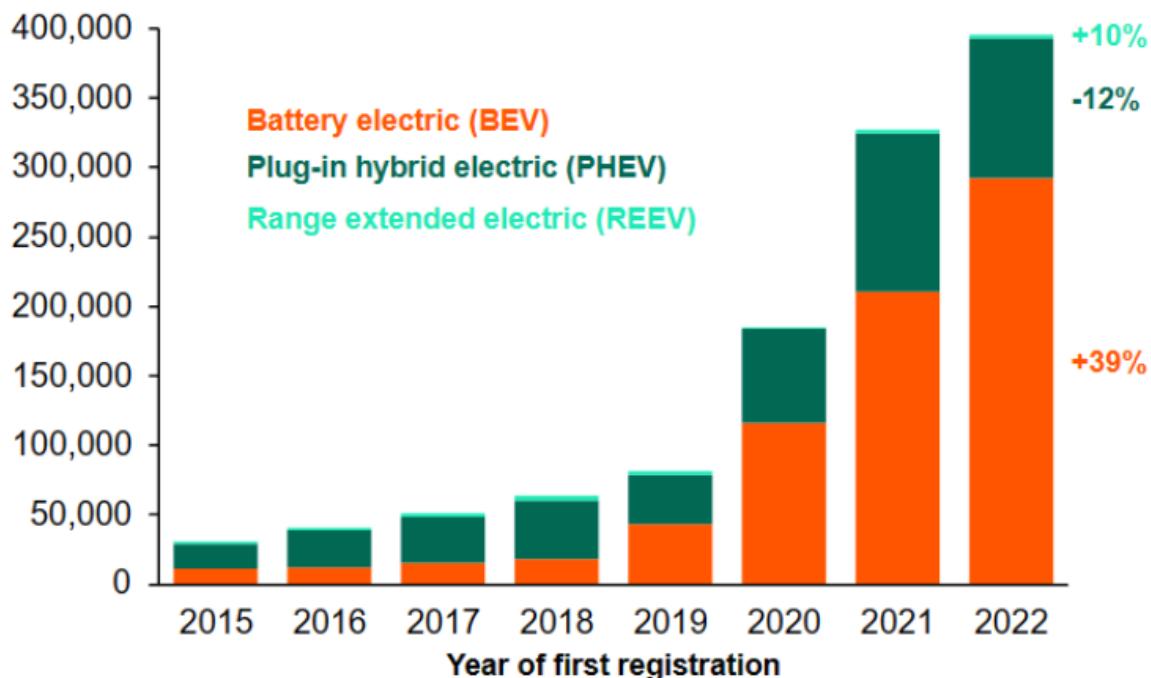


© Max Holland

In einem noch nicht so fortgeschrittenen Markt, wie Großbritannien, sind noch große Teil der Neuverkäufe Hybride, aber selbst dort ist bereits von 2021 nach 2022 ein Rückgang zu beobachten, nachdem nun Ende 2022 Preisparität zwischen Verbrennern und E-Autos erreicht wurde, sodass sich in den nächsten Jahren Teufelskreisläufe für Hybride entwickeln sollten. Die Hybridverkäufe sind 2022 um 12% zurückgegangen.

## Plug-in vehicles registered for the first time | UK

Annual percentage change in 2022 (compared to 2021): +21%



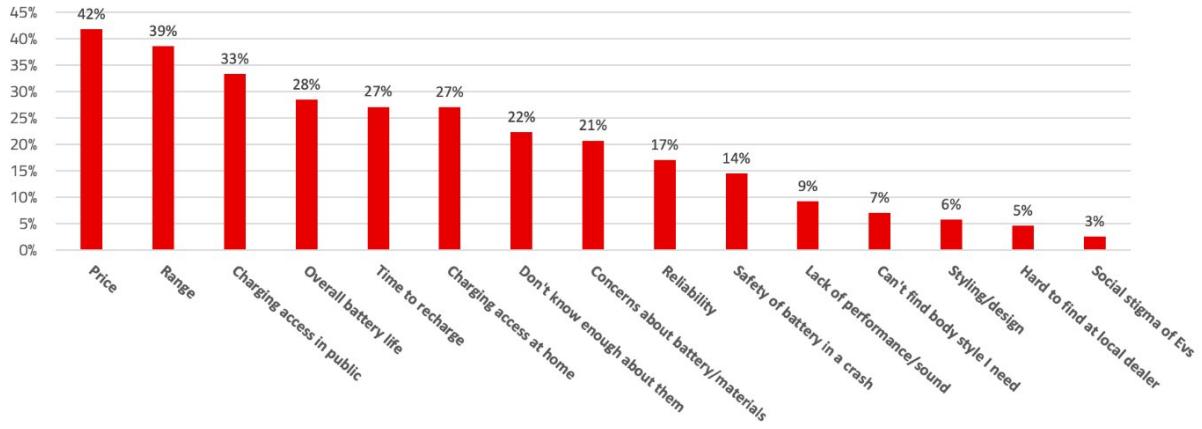
Bleibt Deutschland die Autonation?

Sehr wahrscheinlich nicht.

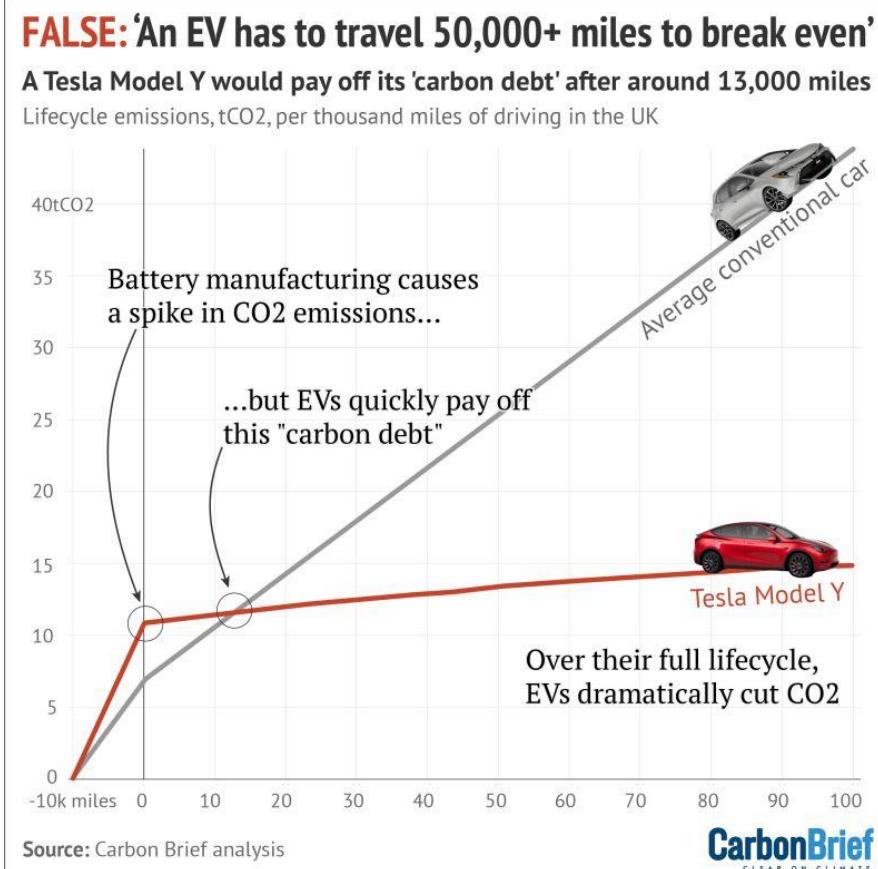
## Tesla (von Steven Mark Ryan)

### Mythen über Elektroautos

What Are The Three Biggest Reasons You  
Wouldn't Buy An Electric Vehicle?



1. Elektroautos sind umweltschädlicher als Verbrenner:  
<https://www.youtube.com/watch?v=w0uUKHxxCu4>

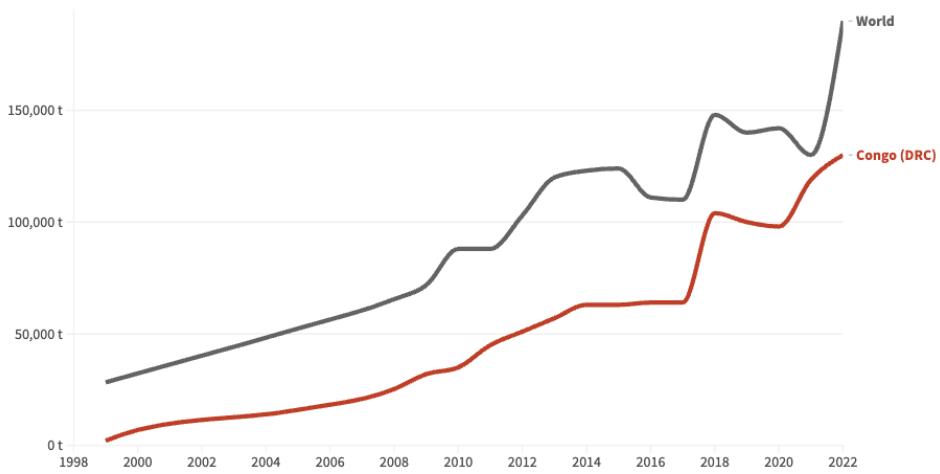


2. Batterien brauchen unethisches Kobalt:

60 bis 70% des in der Autoindustrie verwendeten Kobalts wird in der demokratischen Republik Kongo aus Erzen gewonnen.

### Cobalt production

Mined production, measured in tonnes per year.



Data Source: United States Geological Survey (USGS) • Author: Hannah Ritchie

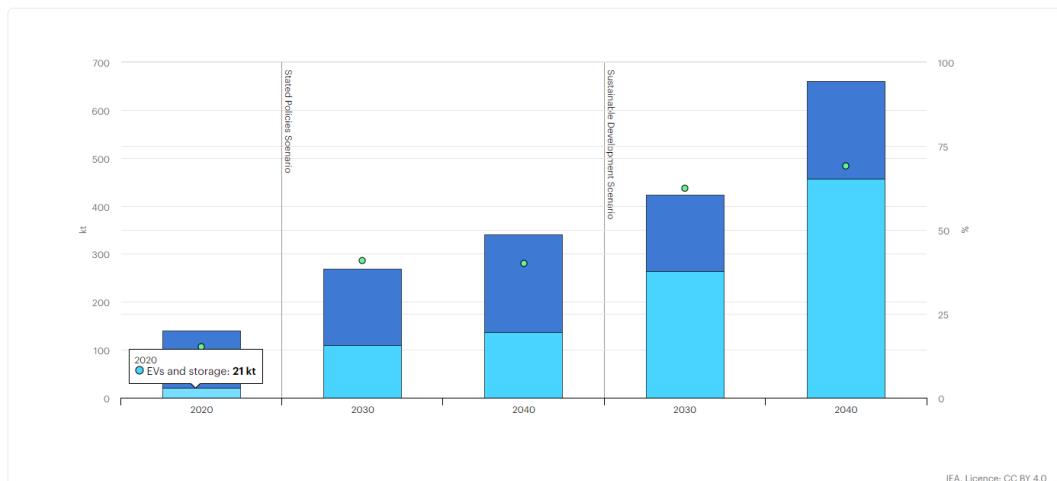
Es ist durchaus richtig und wichtig auf die Situation im Kongo hinzuweisen. Kongos Mineral- und Petroleumexporte machen mehr als 95% ihres Gesamtexports aus. Es sei aber im Voraus bemerkt, dass diese Industrie nicht wegen dem Elektroautoboom existiert, sondern weil Kobalt schon sehr lange für verschiedene Industrien wichtig ist, insbesondere für alle Geräte, die Akkus enthalten, wie Laptops, Smartphones und Batteriespeicher und auch in Verbrennern in Kurbelwellen, Nockenwellen oder Reifen wird Kobalt eingesetzt. Dass durch E-Autos ein größerer Fokus auf die Ethik des Kobaltabbaus gelegt wird ist nicht schlechtzureden, sondern etwas Positives, aber durchaus von der Öl- und Verbrenner Lobby gewollt, um Menschen so lange wie möglich vom Kauf eines E-Autos abzuhalten.

## Total cobalt demand by sector and scenario, 2020-2040

Last updated 3 May 2021

[Download chart ↓](#)

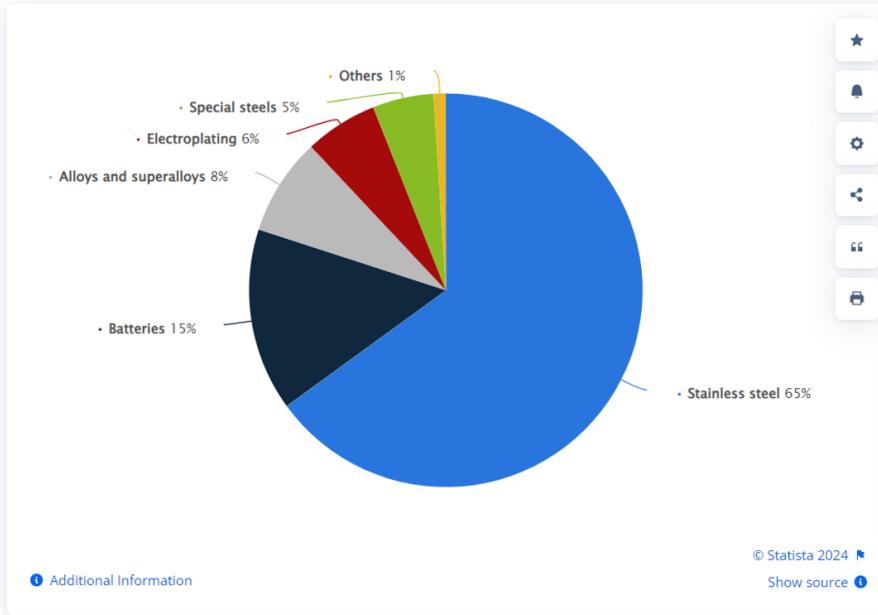
Cite Share



IEA, Licence: CC BY 4.0

2020 machten Elektrofahrzeuge mit 21 Kilotonnen 15% der gesamten Kobaltindustrie aus. Sie sind ein signifikanter Anteil. Was jedoch oft ausgelassen wird, ist der Zusammenhang des Kobaltmarkts mit dem Nickelmarkt. Im Kongo wird Kobalt nämlich hauptsächlich als Nebenprodukt des Nickelabbaus gewonnen, sodass eine Einstellung der E-Auto Produktion gar keine Auswirkungen auf die Kobaltindustrie hätte. Stattdessen ist die Nickelindustrie hauptverantwortlich für die Situation im Kongo.

[Distribution of primary nickel consumption worldwide in 2022, by industry](#)



© Statista 2024

Show source

Nickel wird hauptsächlich für die Stahlproduktion benötigt. Um also wirklich etwas im Kongo zu bewirken, ist die Nickelproduktion und die Stahlproduktion in Angriff zu nehmen und nicht die

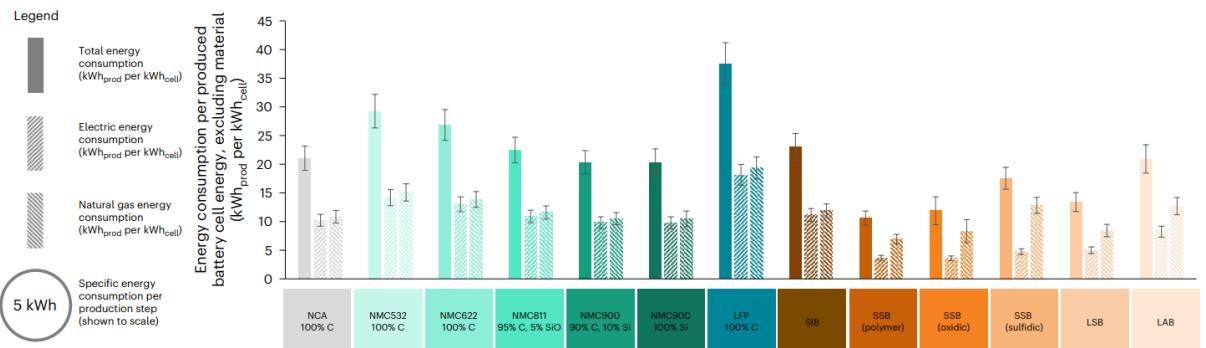
Kobaltproduktion, die größtenteils einfach als Mitläufer der viel größeren Nickelindustrie zu betrachten ist.

80 bis 90% des Kobalts aus dem Kongo kommt aus großen kontrollierten Minen, in denen überprüfbar nur Erwachsene arbeiten. Die Arbeit ist dennoch gefährlich, worauf ich noch eingehen werde, aber zumindest gibt es dort keine Kinderarbeit. Der größere Kritikpunkt liegt bei den kleinen Minen, die oft als Familienbetrieb entstehen, in denen auch Kinder eingesetzt werden und die eigentlich illegal sind.

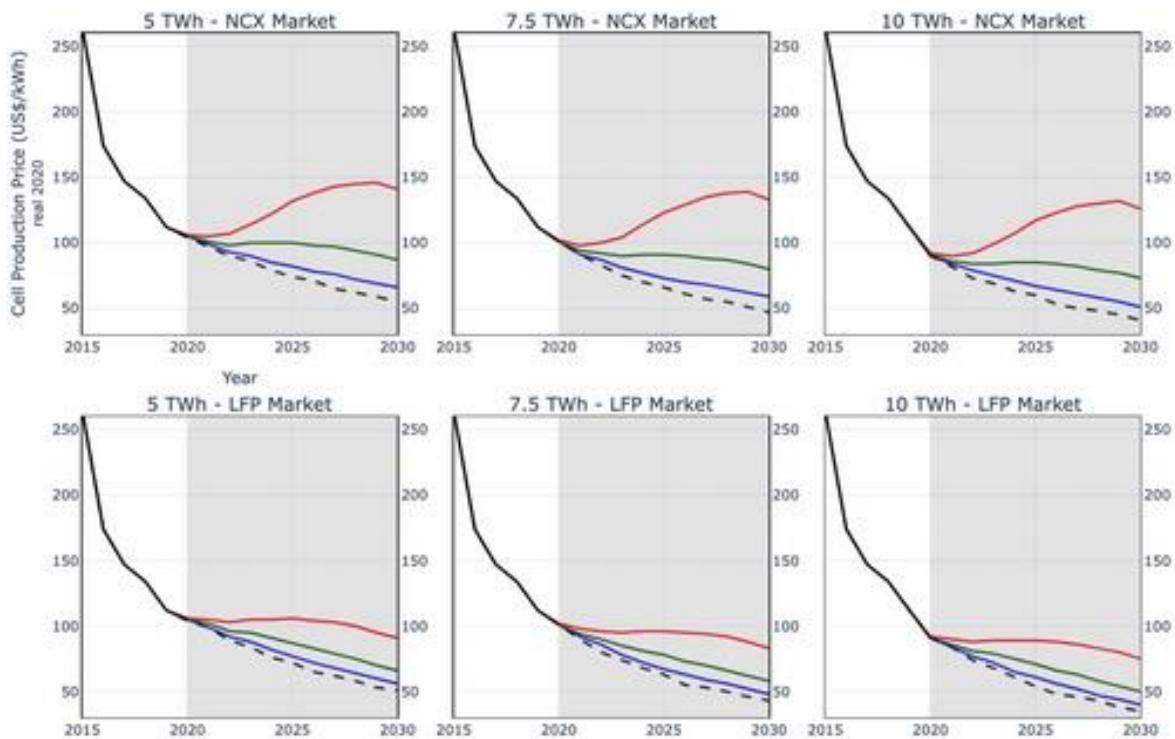
In Deutschland gibt es seit 2023 das Lieferkettengesetz gegen die Nutzung von Kobalt, das durch menschenrechtsverletzende Arbeit gewonnen wurde. Die Regierung des Kongo hat laut Amnesty International auch ein Handelszentrum eingerichtet, um transparenteren Handel und faire Preise sicherzustellen. Es gibt verschiedene Initiativen zur Vermeidung von Menschrechtsverletzungen beim Kobaltabbau, wie der Responsible Cobalt Initiative oder der Fair Cobalt Alliance, in denen auch Tesla, VW oder BMW mitspielen. Leider ist der Großteil illegaler Arbeit jedoch in den Kleinbetrieben anzusiedeln, sodass man nicht viel mehr tun kann als ausschließlich von den großen Betrieben Kobalt zu beziehen und sich darauf zu verlassen, dass diese nicht mit Kleinbetrieben kooperieren. Illegale Kleinbetriebe müssten geschlossen werden, aber auch das wird von einigen kritisch gesehen, weil 30.000 bis 100.000 Menschen direkt und noch mehr Leben indirekt davon abhängen, illegal Kobalt abzubauen (insgesamt arbeiten über 200.000 Kongolese im Kleinbergbau). Und außerdem ist die Kontrolle bei sowieso illegalen Betrieben äußerst schwierig. Deshalb wurde Anfang 2020 die Enterprise Generale du Cobalt als Unterhändler des staatlichen Großkonzern Gecamine ins Leben gerufen, der per Gesetzesbeschluss zum alleinigen Käufer von kleinbetrieblichem (nicht-industriell abgebautem) Kobalt wurde. Das sollte die Industrie zentralisieren, um Betrug zu verhindern, aber Gecamine hat leider danach nicht angefangen dieses Kobalt zu kaufen und der kongolesische Minister Antoinette N'Samba Kalambayi hat 2022 das Monopol wieder aufgehoben. Ein neuer Plan 2023 beinhaltet, von der Regierung unterstützte Depots als Handelszentren für Erze einzurichten, um Söldner-Mittelsmänner aus den Lieferketten zu eliminieren. So könnte besser nachvollzogen werden, aus welchen Kleinbergwerken die Erze kämen.

Im Fazit ist es somit richtig, dass die Kobaltindustrie kritisiert wird, aber dafür muss das E-Auto nicht kritisiert werden. Es handelt sich bei einer solchen Kritik um einen Trugschluss der Komposition. Nur weil ein Bestandteil eines Autos kritisch betrachtet wird, ist nicht das Auto als ganzes kritisch zu betrachten. Das E-Auto ist eine nötige Technologie, um eine klimaneutrale Wirtschaft zu erreichen.

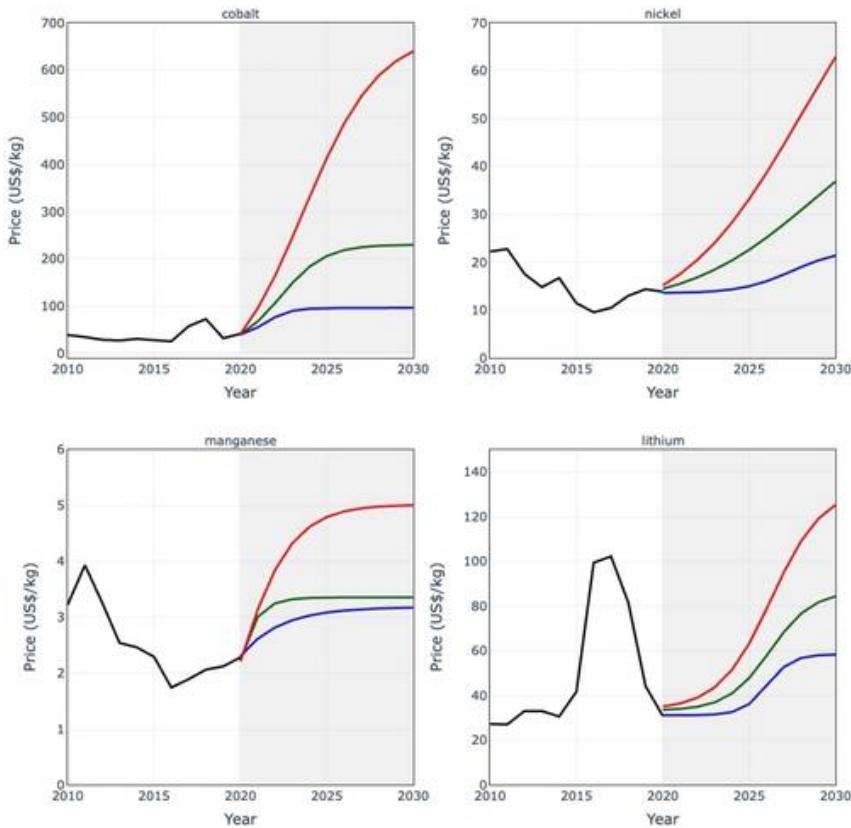
Aber eine andere Sorge beim Kobalt und auch bei anderen Materialien in der Batterietechnik ist ihr Vorkommen und ihre Knappheit bei steigender Nachfrage, wenn E-Autos den Markt dominieren. Ist hier das E-Auto zu kritisieren? Tesla setzt auf diverse Batterietechnologien, weshalb wir hier LFP, NCX und Li-S/Luft Akkus betrachten, die am häufigsten in E-Autos eingesetzt werden. LFPs ( $\sim 150 \text{ Wh/kg}$ ) werden vermutlich in Zukunft dominieren, auch wenn sie derzeit noch eine deutlich geringere Energiedichte als beispielsweise Lithium-Ionen Akkus ( $\sim 250 \text{ Wh/kg}$ ) haben. Die Kosten der Batterieproduktion sind für LFPs derzeit noch relativ hoch:



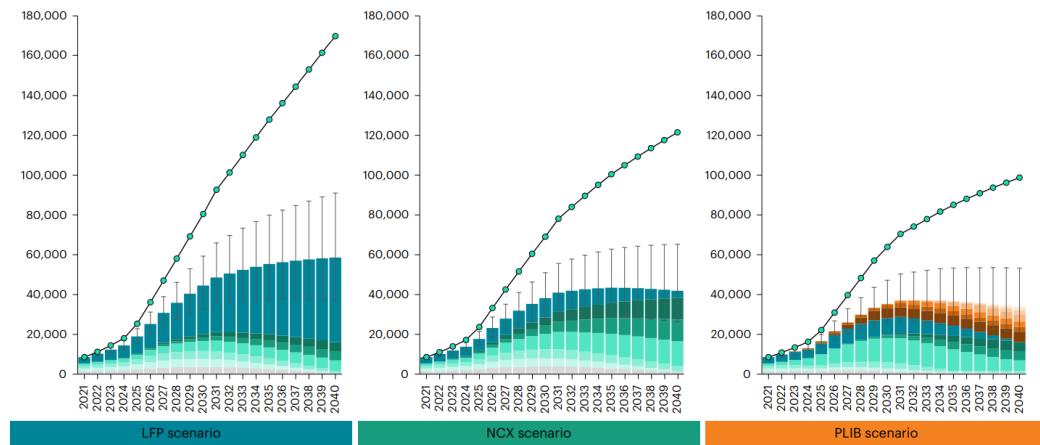
Aber sie bieten auch das größte Preissenkungspotenzial, weshalb zu vermuten ist, dass der Markt zuerst auf LFP umsteigen wird, bevor neuartige Batterietypen ökonomisch vorteilhafter werden:



Die rote Linie im oberen Diagramm zeigt die Metallkosten, die grüne Linie die mittleren Preisabschätzungen und die blaue Linie die tiefen Preisabschätzungen für verschiedene Gesamtkapazitäten an Batteriefabriken (5 TWh, 7,5 TWh und 10 TWh) bis 2030. Je nach Szenario ergeben sich daraus verschiedene Preisprojektionen für die Mineralien, die in den Akkus verwendet werden. In einer norwegischen Analyse von Orangi et al. ergeben sich folgende Preisentwicklungen:



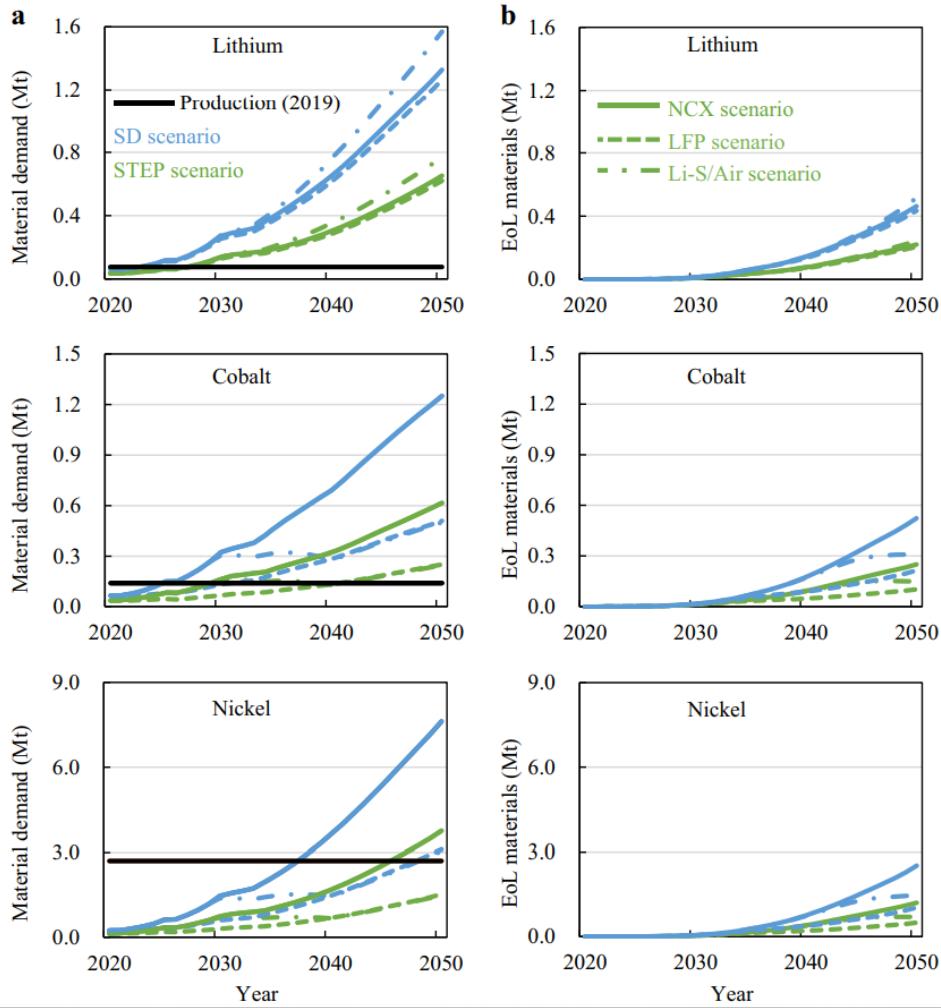
Dabei ist die rote Linie das Szenario mit den höchsten, die blaue Linie das Szenario mit den niedrigsten Preisentwicklungen. In einer deutschen Studie von F. Degen et al. wird von folgender Entwicklung des Energieverbrauchs zur Batterieherstellung ausgegangen:



**Fig. 7 | Energy consumption of global LIB and PLIB cell production.** The figure shows the forecast once based on today's technology and know-how level, and once when considering technology improvements, heat pump use and learning effects, as well as economies of scale. This is done for a scenario in which market

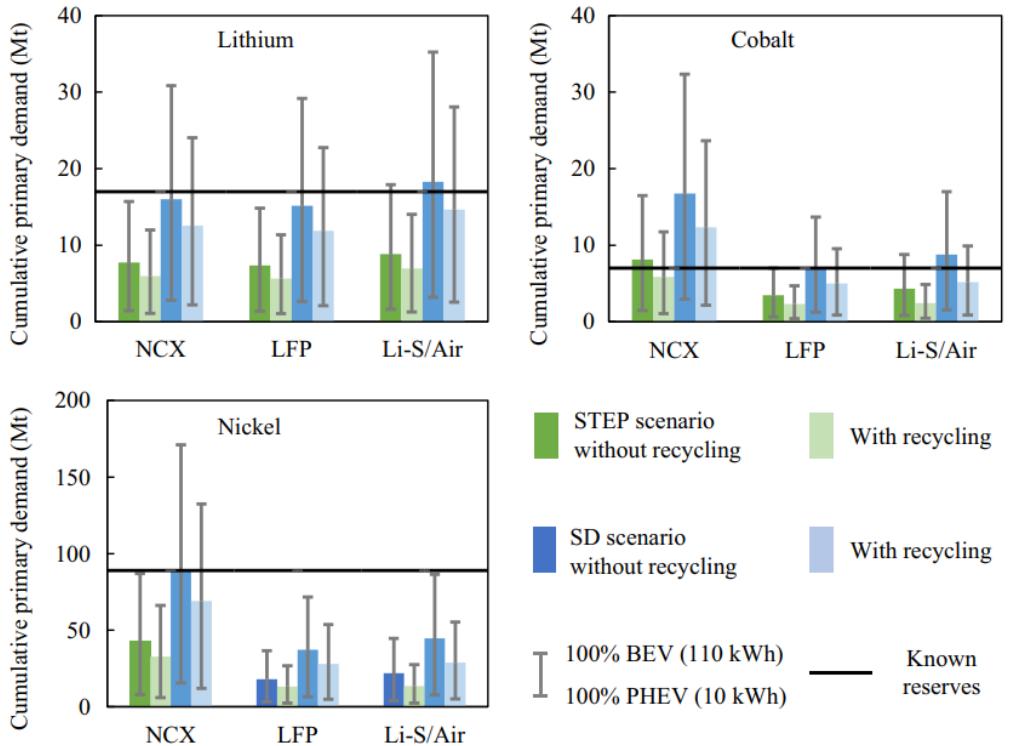
shares are mixed (based on ref. 14) and for LFP, NCX and PLIB scenarios (based on Xu et al.<sup>16</sup>). Detailed numbers can be found in Source Data Fig. 7. The main bars show the calculated mean value. The error bars show the s.d. resulting from the uncertainties in the expert assessments. Sixty experts were interviewed ( $n = 60$ ).

Und in einer Nature Studie aus 2020 von Chengjian Xu et al. wird von folgender steigenden Nachfrage nach Mineralien ausgegangen:

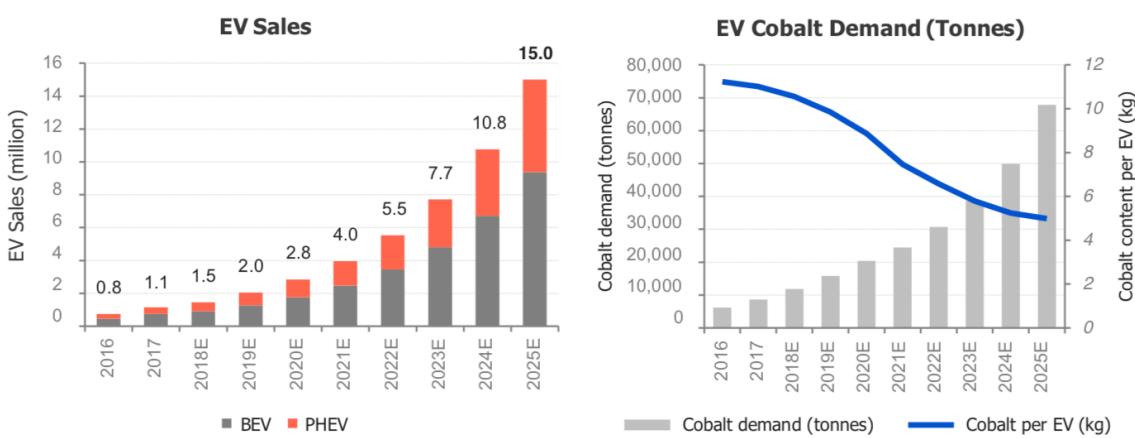


EoL steht für End-of-Life und sind die Materialbestände, die aus alten Batterien wiederverwendet werden könnten. Das STEP Szenario ist das, welches aus den derzeitigen politischen Zielen resultieren würde, sodass bis 2050 25% der globalen Autoflotte aus E-Autos bestehen würde, das SD Szenario (Sustainable Development) ist das, in welchem bis 2050 2 Milliarden E-Autos produziert werden. Wir sehen, dass ihre Prognosen exponentiell, aber nicht übermäßig radikal sind, weshalb sie sehr wahrscheinlich die echte Nachfrage noch leicht unterschätzen. Überschlagsmäßig können wir annehmen, dass in einer NMC532 Batterie mit 60kWh Kapazität 8 kg Kobalt enthalten ist. Wenn wir alle Autos mit diesen Batterien ausstatten würden und annehmen, dass in Zukunft mindestens eine Milliarde Autos durch E-Autos ersetzt werden müssen, würden wir auf 8 Milliarden Kilogramm Kobalt kommen. Mit der Prognose, dass 2030 etwa 60 Millionen E-Autos verkauft werden, kämen wir auf 480 Kilotonnen Kobalt pro Jahr, was bereits die Prognose der Studie insgesamt für 2030 übersteigt, aber noch in einem guten Fehlerrahmen liegt. Wir nehmen daher an, die Studie läge mit ihren

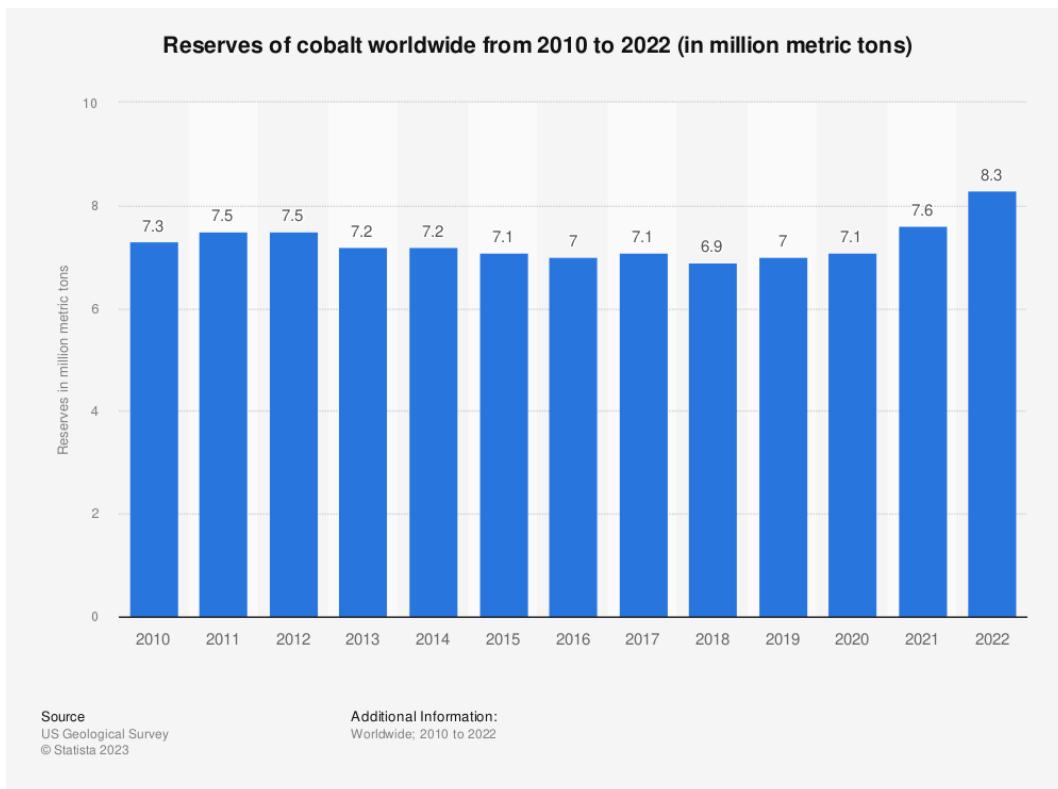
Prognosen richtig. Dann ergäbe sich für die verschiedenen Batterietypen womöglich folgende Nachfrage:



Je nachdem, welche Batteriearten sich in Zukunft durchsetzen, wird also mehr oder weniger Kobalt benötigt. Wenn man den Kobalteinsatz einschränken will, wie Tesla es bereits tut, setzt man am besten auf LFP Akkus, die potenziell völlig ohne Kobalt auskommen. Dieser Trend lässt sich auch über die letzten Jahre beobachten:



Die Kobaltnachfrage ist zwar gestiegen, aber pro E-Auto geht die Nachfrage immer weiter zurück. Die uns bekannten Kobaltreserven belaufen sich auf etwa 8,3 Megatonnen:



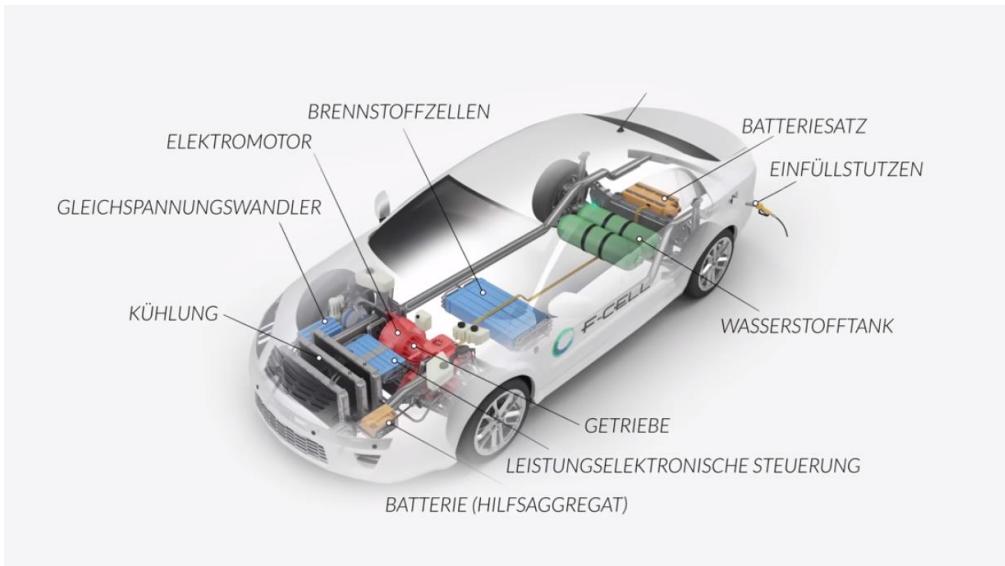
Es ist also im oben angenommenen Extremfall gerade so möglich 2 Milliarden E-Autos zu betreiben. Vergessen darf man nur nicht, dass auch noch viele andere Industrien Kobalt benötigen, die damit noch nicht abgedeckt sind. Aber aufgrund des fallenden Einsatzes von Kobalt in E-Autos wird dieser Extremfall nicht eintreten. Viel wahrscheinlicher sind unter 4 kg Kobalt, womöglich sogar unter 2 kg Kobalt pro Auto. Mit dieser Annahme ergäben sich für eine Milliarde E-Autos 2 Milliarden Tonnen Kobalt. Damit wäre es auch möglich, dass noch andere Industrien Kobalt nutzen können. Zudem muss man im Hinterkopf behalten, dass immer wieder neue Reserven von Kobalt entdeckt werden, sodass die 8 Megatonnen derzeit bekannter Reserven nur ein Teil der uns in Zukunft wahrscheinlich zur Verfügung stehenden Gesamtreserven ausmachen werden.

Um Nickel und Lithium sollte man sich womöglich vielmehr Sorgen machen als um Kobalt. Dazu mehr unter Mythos 4 und 5.

### 3. Wasserstoff und eFuels sind die Zukunft:

Es gibt eine ganze Lobby verschiedener Unternehmen, die sich beispielsweise im Hydrogen Council des World Economic Forums zusammengeschlossen haben, um Wasserstoffautos auszubauen. Der Grund dafür ist schnell gefunden, denn jede Art von Wasserstoffnutzung wird zwangsläufig dafür sorgen, dass fossile Brennstoffe auch in Zukunft noch länger benötigt werden. Jährlich

werden an die 100 Millionen Dollar ausgegeben, um medienwirksam Wasserstoff als eine gute Alternative zum E-Auto darzustellen.



Aber am Markt haben Wasserstoffautos bereits verloren, denn sie befinden sich im Teufelskreislauf. Von Januar bis September 2023 wurden gerade einmal 252 Wasserstoffautos in Deutschland verkauft und das, obwohl Deutschland das mit Abstand am besten ausgebildete Wasserstofftankstellennetz in Europa besitzt.

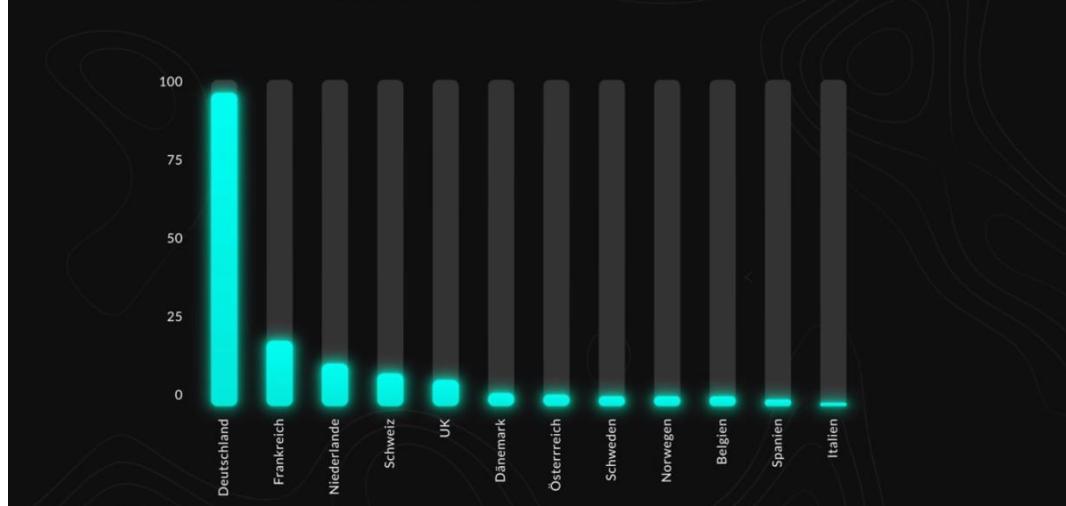
## NEUZULASSUNGEN VON KFZ MIT ALTERNATIVEM ANTRIEB

IM ZEITRAUM VON JANUAR BIS SEPTEMBER 2023

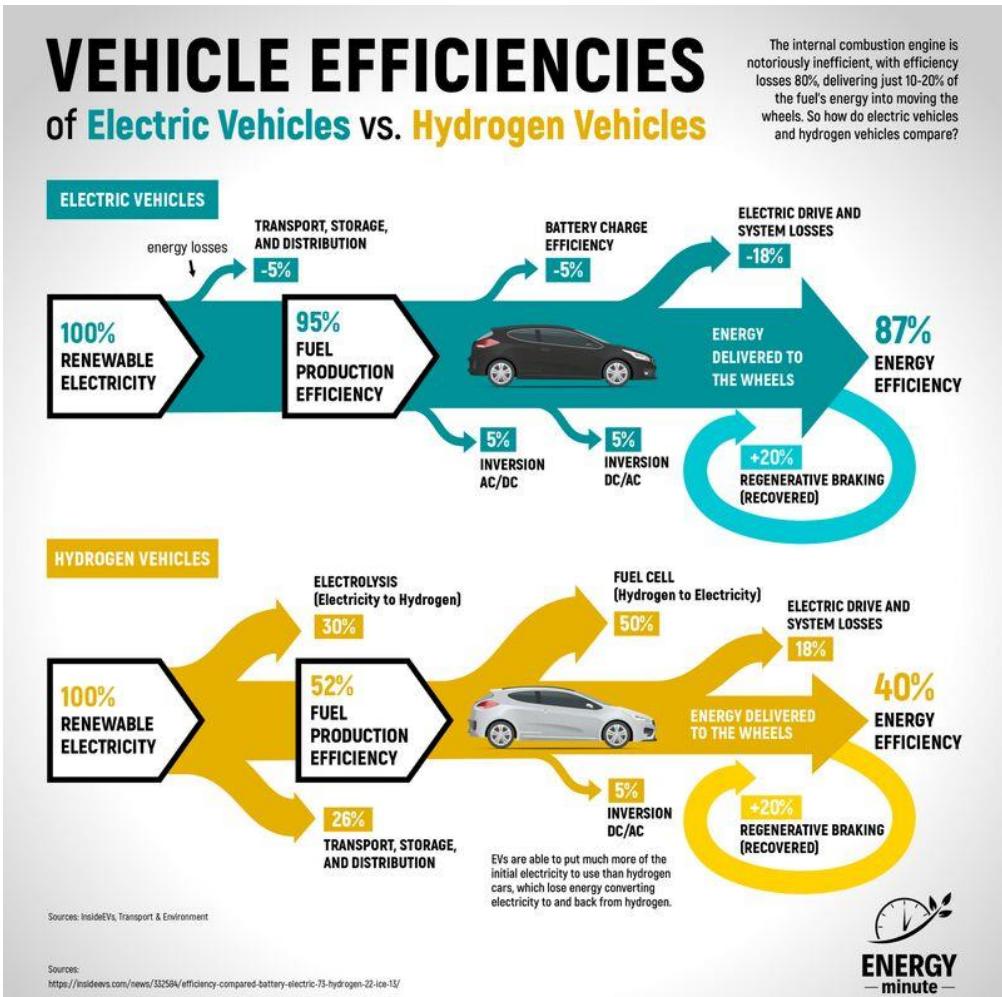
		DARUNTER MIT ALTERNATIVEM ANTRIEB			
			INSGESAMT	DAVON MIT ELEKTRO-ANTRIEB	BRENNSTOFF-ZELLE
INSGESAMT	2.648.892	1.052.773	545.906	422.109	335
PERSONENKRAFTWAGEN	2.138.066	1.012.755	510.886	387.289	252
KRAFTOMNIBUSSE	3.911	1.562	527	507	8
LASTKRAFTWAGEN	218.011	20.739	18.067	17.978	69
ZUGMASCHINEN INSGESAMT	74.062	702	248	243	3
DARUNTER SATTELZUG- MASCHINEN	34.057	616	169	164	3
SONSTIGE KFZ	16.057	1.525	709	625	3

## ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHE UND BETRIEBSBEREITE WASSERSTOFFTANKSTELLEN

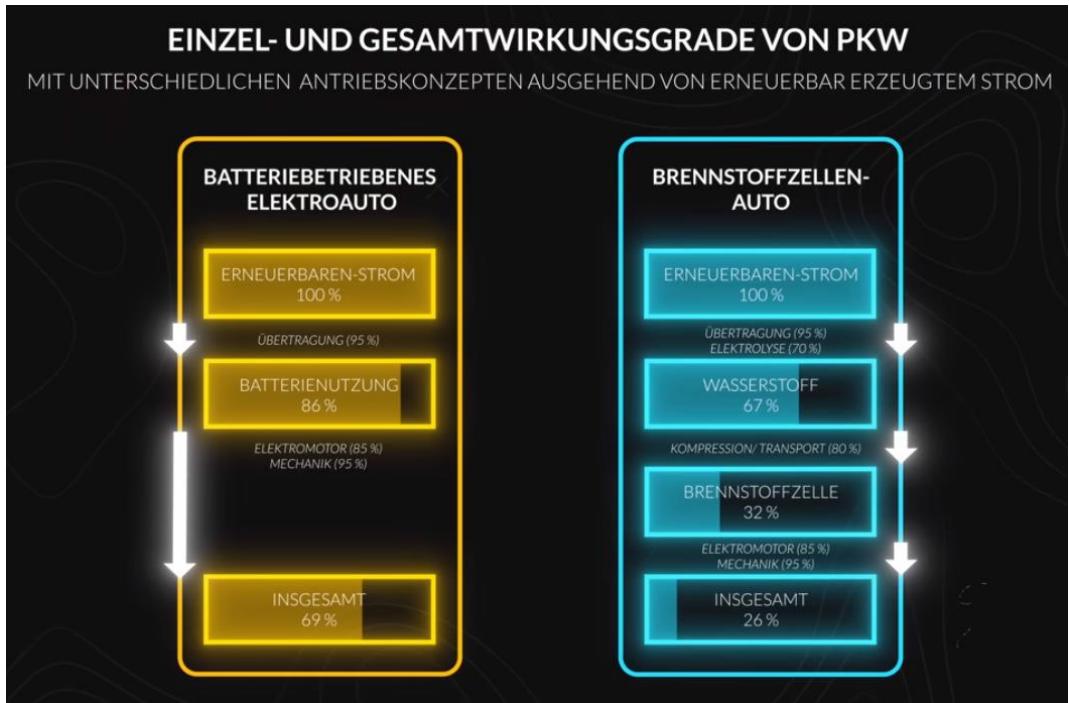
in ausgewählten Ländern bis Mai 2023



Einerseits geht es um das Henne-Ei Problem, dass es sich erst wirtschaftlich lohnt, Wasserstofftankstellen zu bauen, wenn viele Wasserstoffautos auf den Straßen fahren. Aber ohne Wasserstofftankstelle macht ein Wasserstoffauto keinen Sinn. Im Gegensatz dazu kann ein E-Auto auf das existierende Stromnetz zurückgreifen, was den Eintritt in den Markt um Größenordnungen einfacher macht.



Die Energieverluste sind beim Wasserstoffauto außerdem zwei bis dreimal so hoch wie beim E-Auto. Man braucht also 2 bis 3 Mal so viel Energie zum Betrieb, was sich in den Preisen niederschlägt. Wasserstoff kostet in Deutschland 2023 etwa 15 Euro auf 100km, obwohl dieser noch subventioniert wird. Diesel würde nur 12 Euro, Benzin 8 Euro und Strom würde beim Heimladen etwa 6 Euro kosten. Wasserstoff kann daher rein prinzipiell bereits nicht günstiger werden als die Batterie, da die Wirkungsgrade zu niedrig sind.



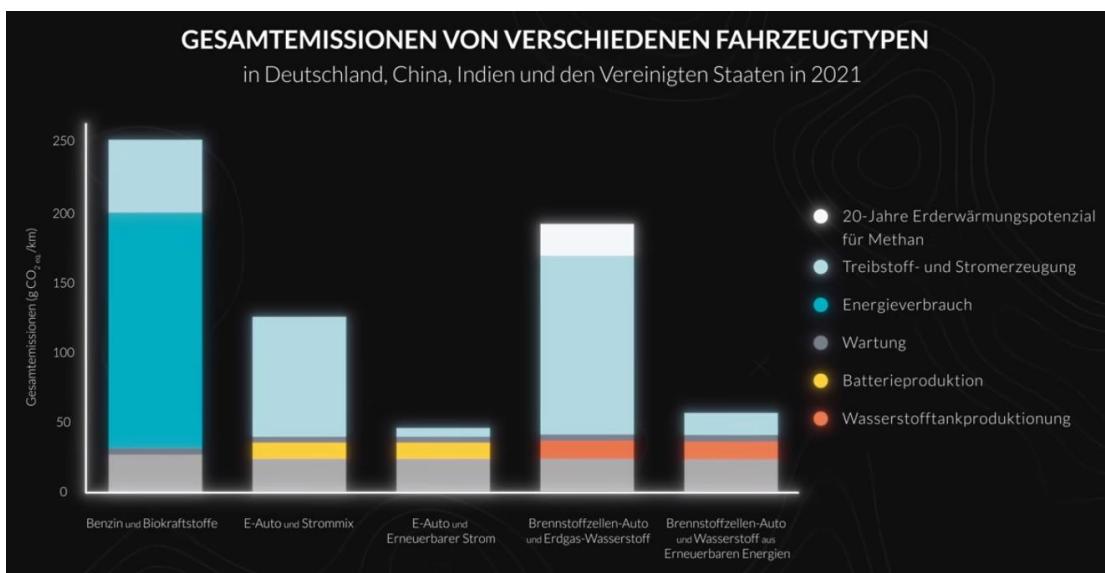
Und hinzu kommen die Gefahren von Wasserstoff. Da Wasserstoff hoch komprimiert verstaut werden muss, müssen aufwendige Speicher im Auto eingesetzt werden und da Wasserstoff hochexplosiv ist, sind Autobrände deutlich gefährlicher als bei E-Autos.

Aus diesen Gründen kann man bereits rein prinzipiell erkennen, dass Wasserstoff sich am Markt nicht durchsetzen kann. Aber auch die Zahlen sprechen für diese These. Während das Wachstum der Ladepunkte eine exponentielle Kurve ist, scheinen Wasserstofftankstellen logistisches Wachstum aufzuweisen oder vielleicht sogar bereits ihren Hochpunkt überschritten zu haben.

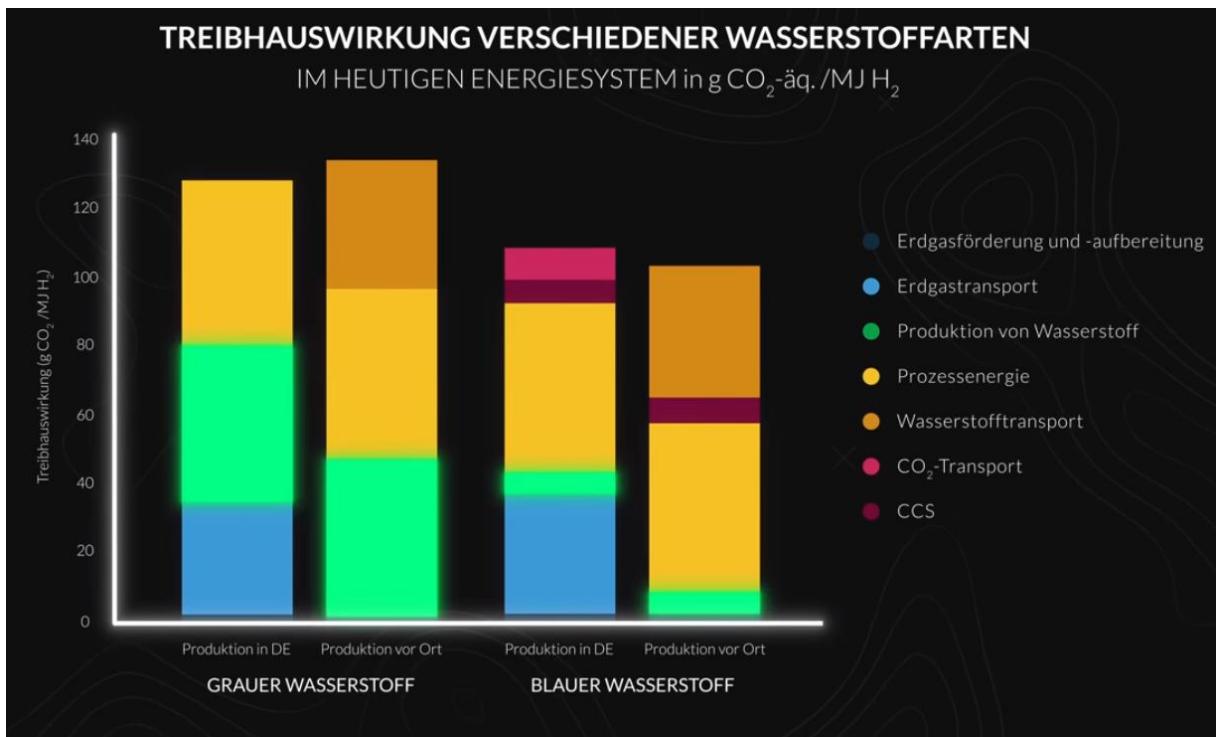


Um nun zu verstehen, warum so viele Unternehmen trotzdem auf Wasserstoffautos setzen wollen, muss man die unterschiedlichen Produktionswege für Wasserstoff analysieren. Grüner Wasserstoff ist potenziell klimaneutral, weil Wasserstoff aus der Elektrolyse von

Wasser gewonnen wird. Man muss lediglich erneuerbaren Strom für die Spaltung nutzen, um klimaneutral zu bleiben. 2023 wurden aber nur 0,1% des Wasserstoffs durch Elektrizität hergestellt, und dieser Strom war noch nicht einmal zu 100% aus erneuerbaren Energien. Tankstellenwasserstoff ist kein grüner Wasserstoff, sondern grauer Wasserstoff. Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Energien, besonders Erdgas, hergestellt, indem man durch Dampfreformierung Wasserstoffatome an Nickelkatalysatoren aus vorbereitetem Methan freisetzt, wobei etwa 10 Tonnen CO<sub>2</sub> je Tonne Wasserstoff als Nebenprodukt übrigbleiben und in die Atmosphäre gelangen. In der Bilanz schneidet derzeitiger Tankstellenwasserstoff also nicht viel besser als herkömmliches Benzin ab:

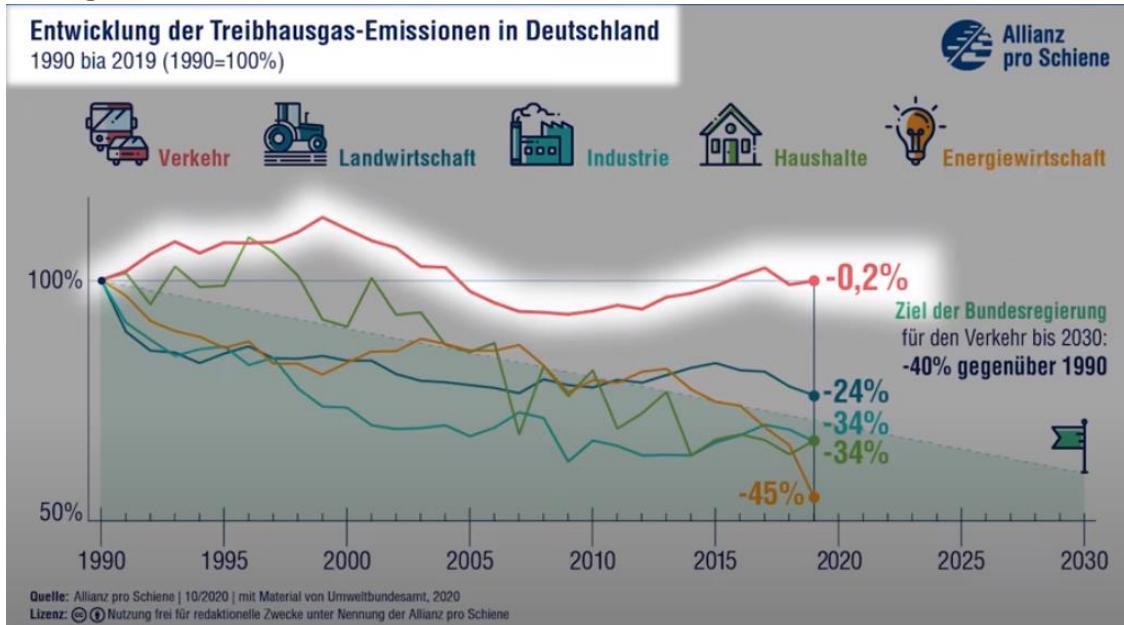


Die Lösung der Wasserstoff Lobby ist der blaue Wasserstoff, der genauso wie der graue Wasserstoff gewonnen wird, wobei aber 60 bis 90% des CO<sub>2</sub> sequestriert und unterirdisch gelagert wird, anstatt in die Atmosphäre zu gelangen. Das hört sich umweltfreundlich an, aber spart nicht die sonstigen Emissionen bei der Produktion, dem Transport und der Speicherung:



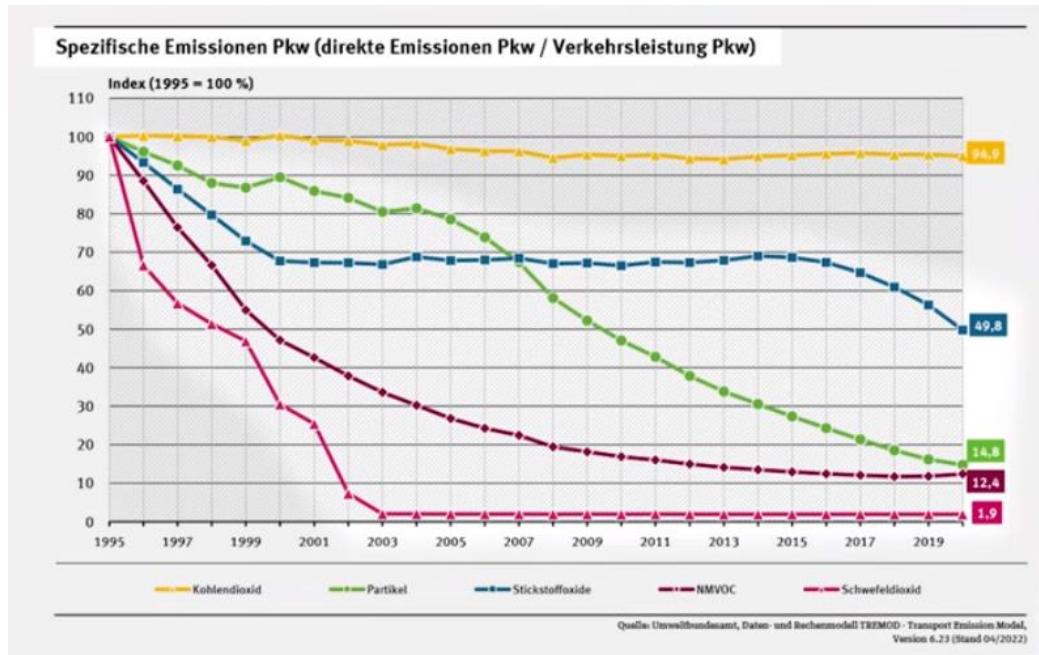
Insgesamt schneidet blauer Wasserstoff in der Umweltbilanz kaum besser als grauer Wasserstoff ab.

E-Fuels schneiden sogar noch schlechter ab und sind überhaupt keine praktikable Lösung. Der Automobilsektor hat in Deutschland die Energiewende verschlafen.

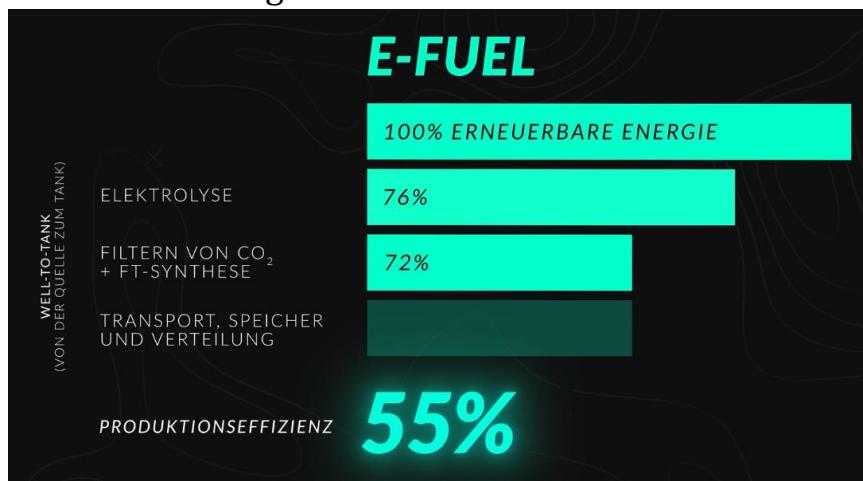


Das Motto scheint jetzt zu lauten, so lange wie möglich noch auf Verbrenner setzen zu können, damit sie die Kurve irgendwie noch kriegen können. Und ein Schachzug sind E-Fuels. Die EU hat aber beschlossen ab 2035 keine neuen Verbrenner mehr zuzulassen. Die Industrie muss bis dahin also neue Wege finden, um Autos zu betreiben. Elektroautos werden der offensichtliche Gewinner sein,

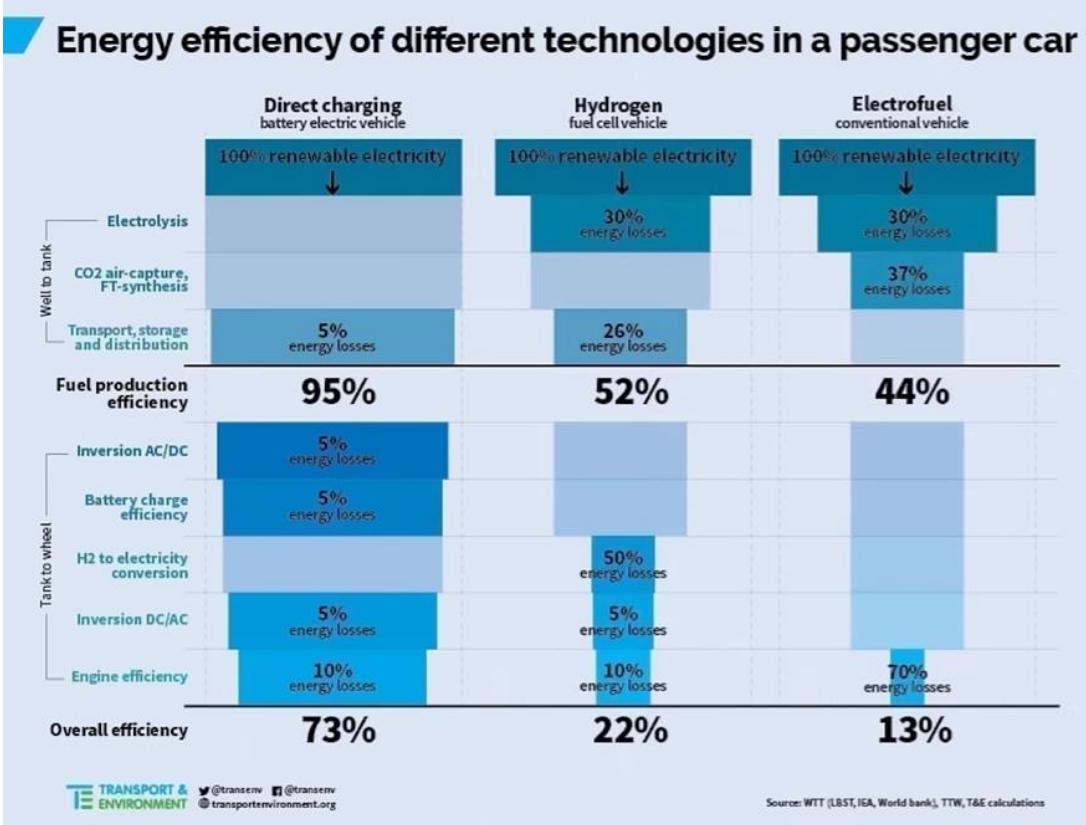
aber die Meinung hält sich, dass auch Wasserstoffautos und E-Fuel betriebene Autos einen Markt finden könnten. Wasserstoffautos sind schon absurd genug. Aber E-Fuels sind fast noch absurder. Der Vorteil von E-Fuels liegt auf der Hand. Man kann weiter Verbrenner verwenden, und erzielt trotzdem CO<sub>2</sub> Neutralität.



E-Fuels sind synthetische Kraftstoffe, die aus CO<sub>2</sub> und Wasser hergestellt werden. Bei den damit betriebenen Autos handelt es sich zwar um Verbrenner, aber in der Bilanz sind sie klimaneutral, da das CO<sub>2</sub>, das sie ausstoßen, vorher aus der Atmosphäre abgeschieden wurde. Die Energieeffizienz von E-Fuels ist aber relativ niedrig.

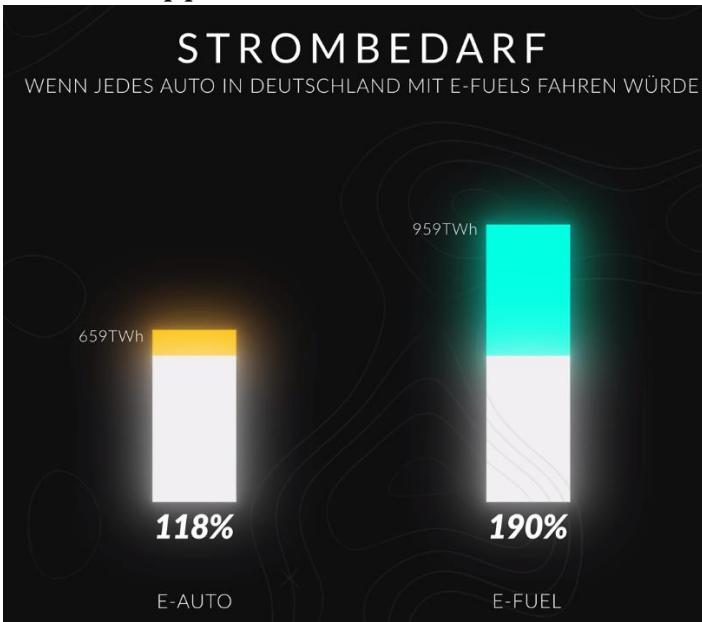


Bei der Herstellung des Wasserstoffs in der Elektrolyse gehen bis zu 30% der hineingesteckten Energie verloren. Dann muss aus Wasserstoff und gefiltertem CO<sub>2</sub> Kraftstoff hergestellt, transportiert und gespeichert werden, wobei nochmal 20% der Energie verloren gehen.



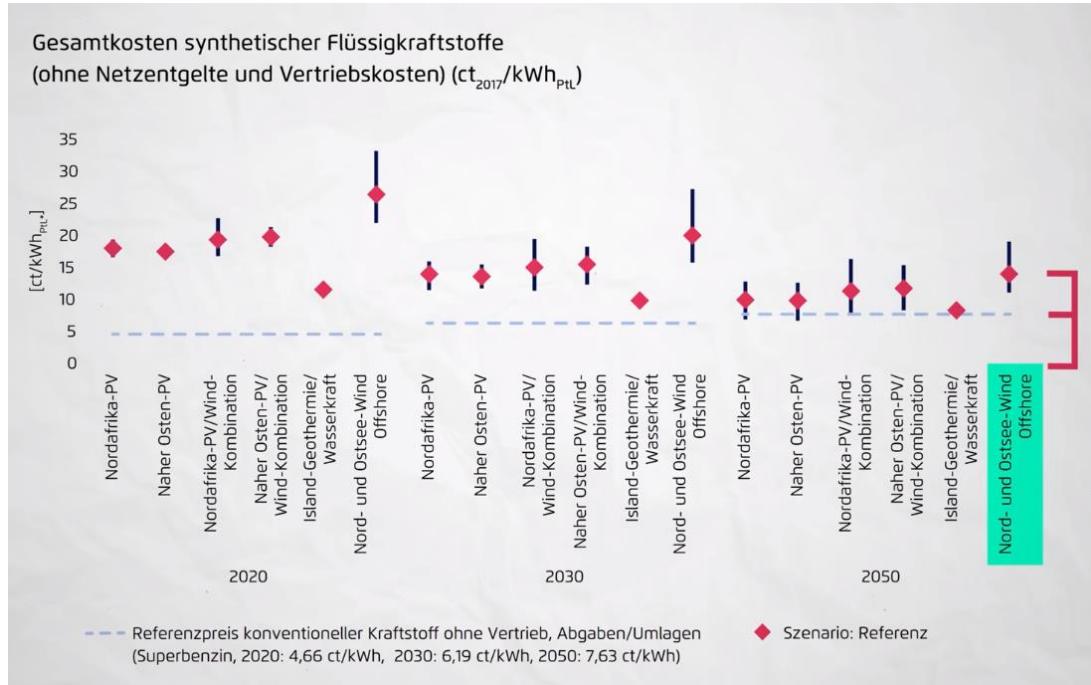
E-Fuels sind sogar nochmal ineffizienter als Wasserstoffautos, die bereits nicht konkurrenzfähig mit E-Autos sind.

E-Autos sind 5 Mal energieeffizienter. Würden wir also alle Autos mit E-Fuel betreiben wollen, würde dies den Strombedarf in Deutschland fast verdoppeln.

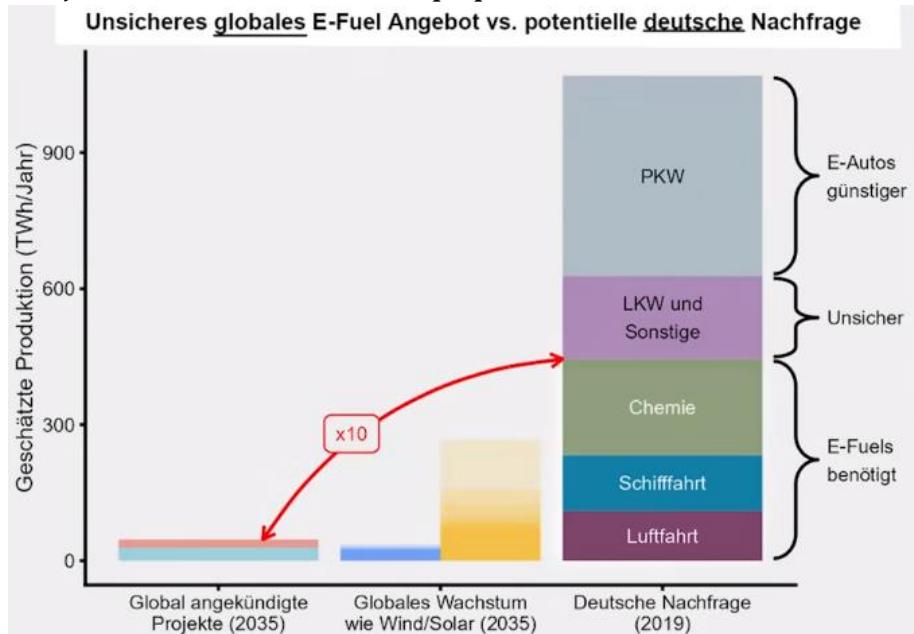


E-Fuels sind außerdem preislich nicht konkurrenzfähig mit herkömmlichen Kraftstoffen, geschweige denn mit Strom. Schätzungen gehen davon aus, dass sie selbst 2050 noch doppelt so teuer wie herkömmliche Kraftstoffe sein werden, womit hohe

Subventionen nötig wären, um sie wirklich am Markt wettbewerbsfähig zu machen.



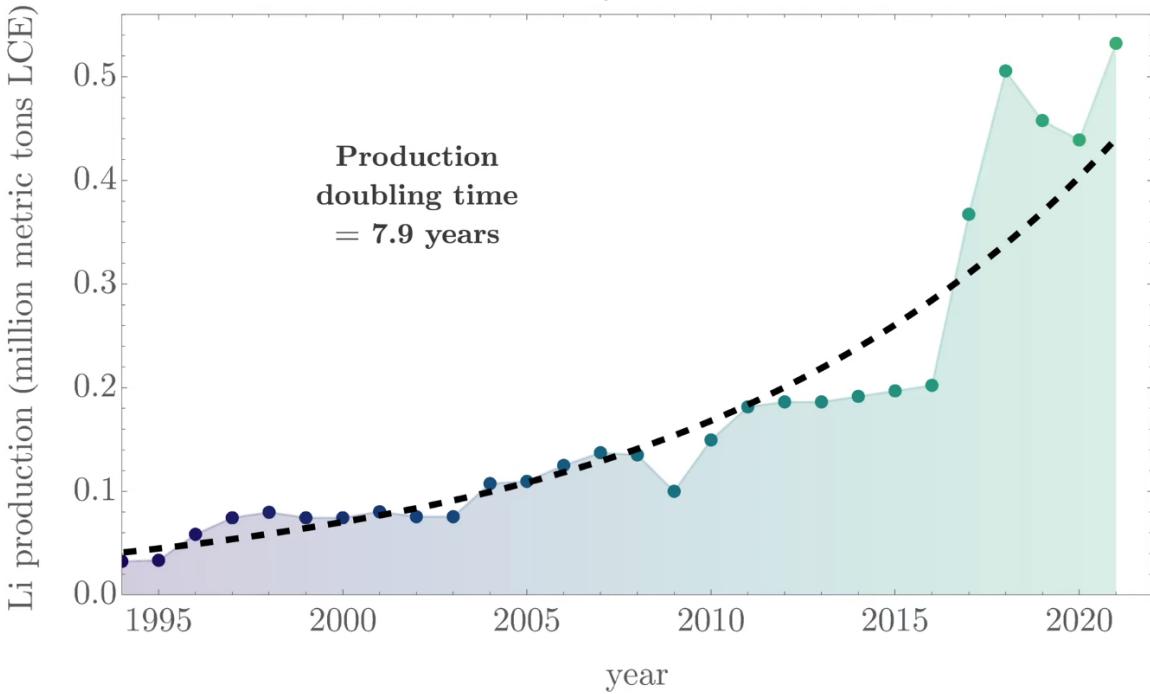
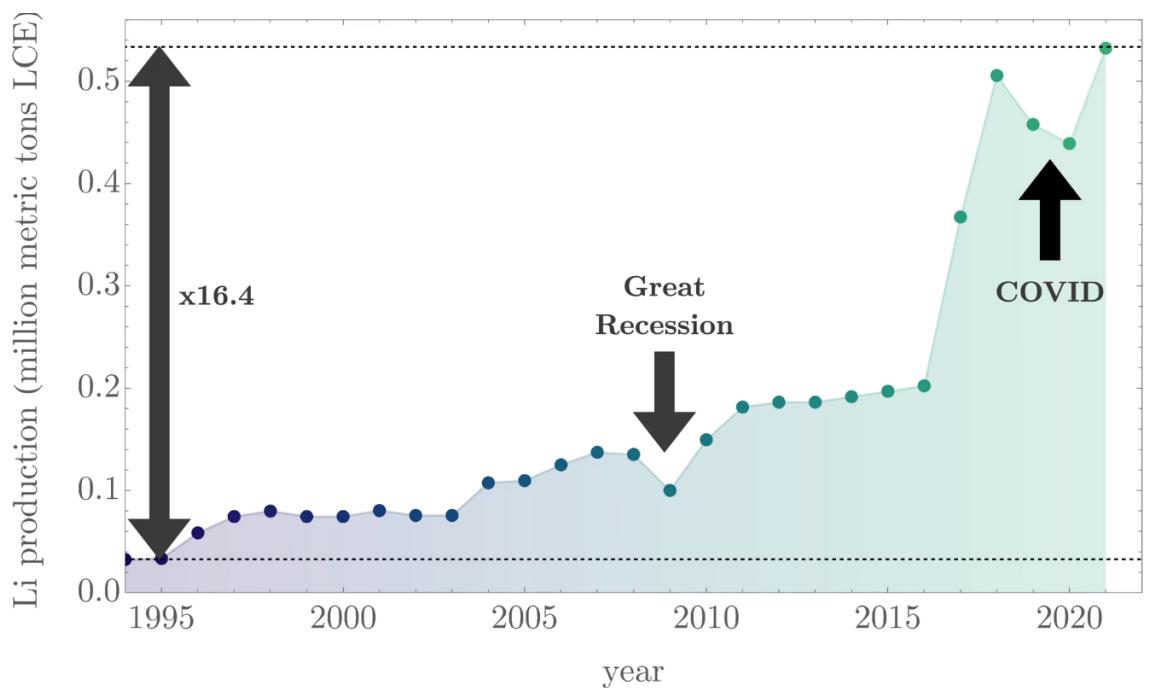
In anderen Bereichen der Wirtschaft sind E-Fuels womöglich hilfreiche Lösungen, die beispielsweise die Wasserstoffspeicherung erleichtern könnten, aber in der Autoindustrie sind sie eine falsche Fährte der alten Autohersteller. Denn allein in Chemie, Schifffahrt und Luftfahrt ist die Nachfrage nach E-Fuels bereits heute in Deutschland 10 Mal höher als das Angebot, das durch global angekündigte E-Fuel Projekte bis 2035 überhaupt produziert werden könnte.



Also mit allen globalen Produktionsstätten für E-Fuels werden 2035 nur 10% des deutschen Industriesektors bedient werden können. Für PKWs und LKWs gibt es keine Chance.

#### 4. Es gibt nicht genug Lithium:

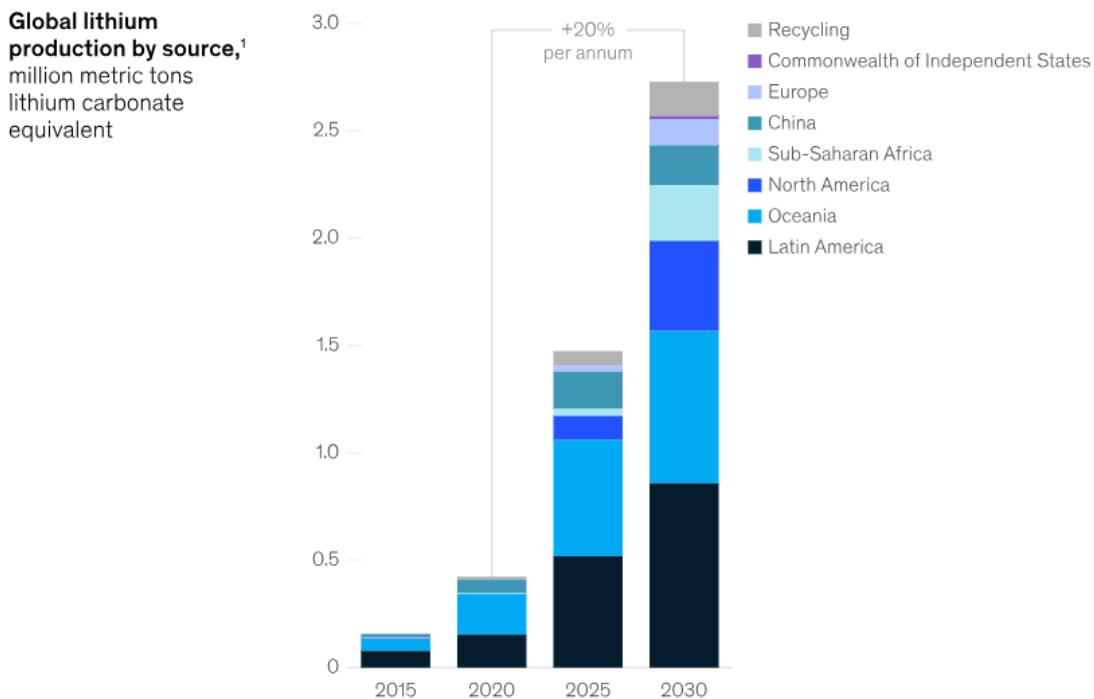
Die Lithium-Industrie wird in der Tat eine der am stärksten wachsenden Industrien der nächsten 20 Jahre sein. Bislang ist im Schnitt eine Verdopplung der Lithium Produktion alle 7,9 Jahre zu verzeichnen.



Die Lithium Nachfrage wird jedoch auf Basis verschiedener Prognosemodelle deutlich schneller ansteigen, als mit einer Verdopplungsrate von 8 Jahren möglich wäre. Die Lithium Industrie

wird beschleunigt und in Zukunft immer mehr unter Druck geraten. McKinsey geht von einer Verdopplung alle 4 Jahre aus, aber auch dies wird wahrscheinlich noch zu wenig sein.

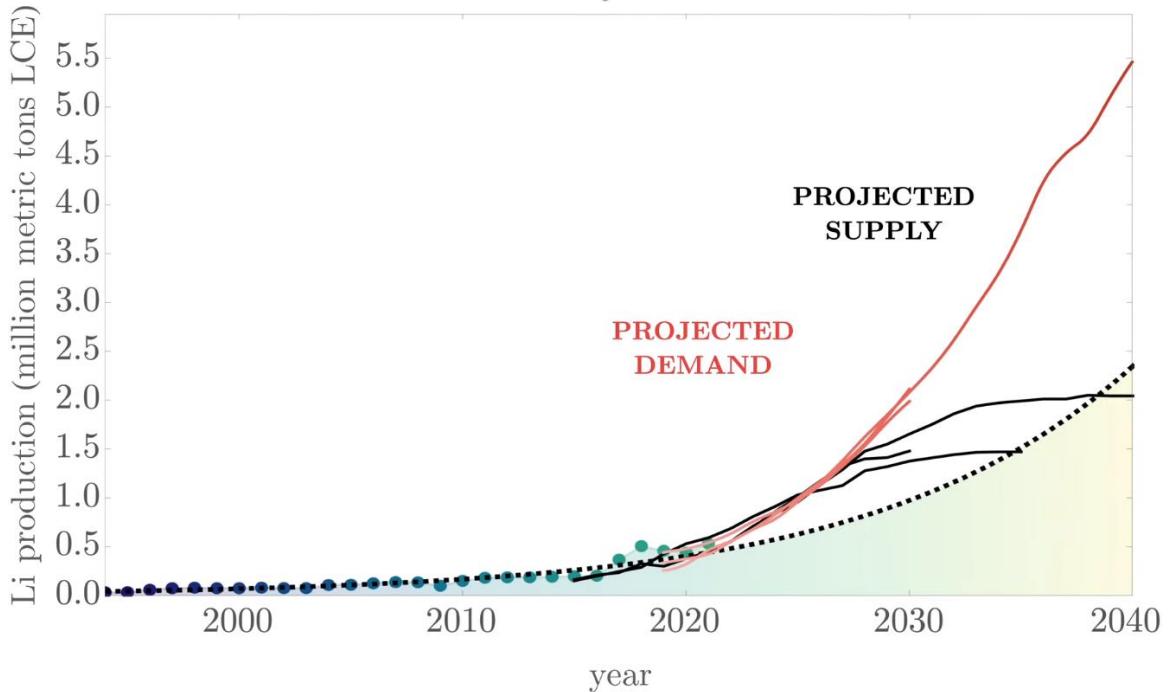
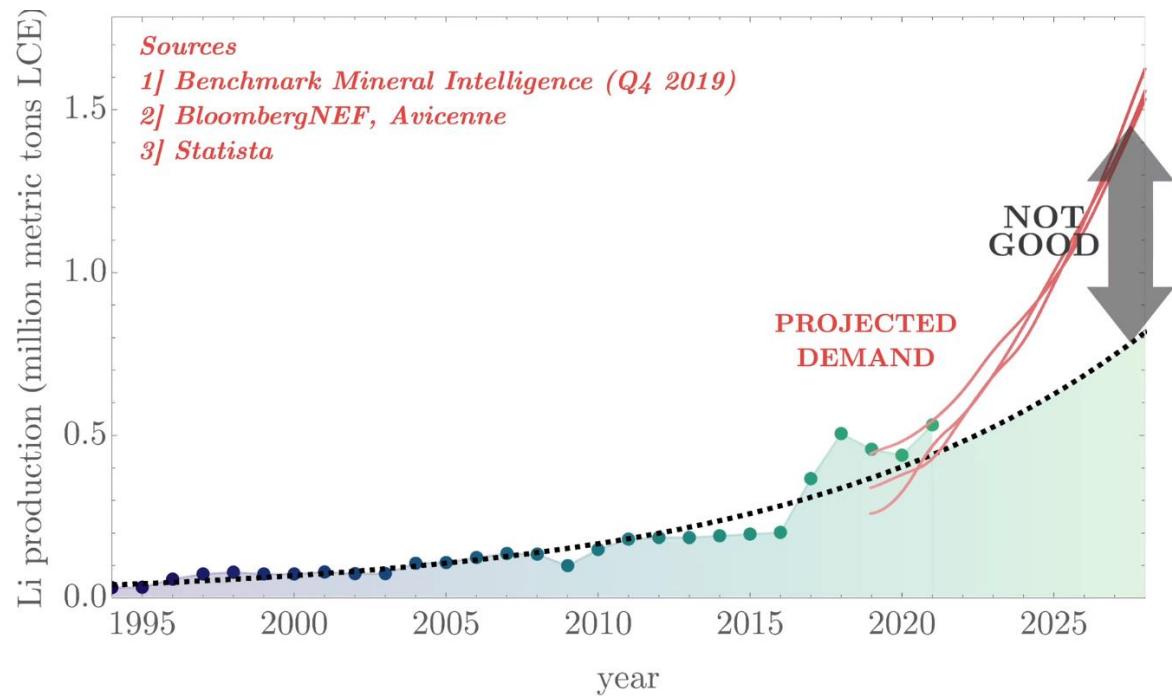
**Lithium production is expected to expand by 20 percent a year.**



<sup>1</sup>2015 and 2020 estimated actual supply; 2025 and 2030 supply calculated at 93% utilization of capacity; includes all project categories.  
Source: MineSpans

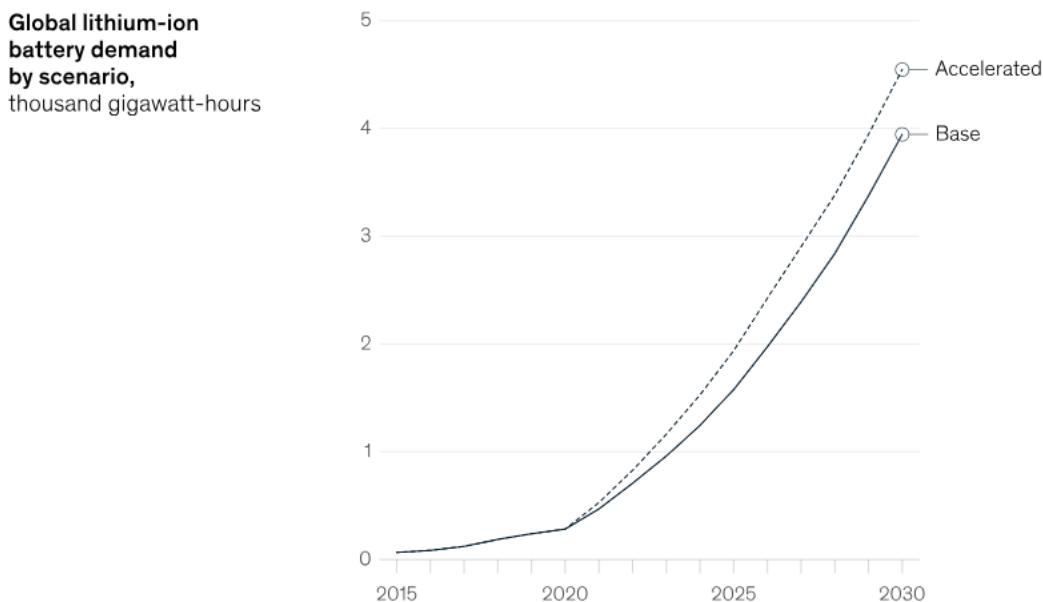
McKinsey  
& Company

Glücklicherweise schafft sich Nachfrage sein Angebot (Saysches Theorem). Laut Elon Musk ist es auch nicht der Bergbau, der die Lithium Produktion beschränkt, sondern die Raffinerie, weshalb Tesla bereits begonnen hat, Raffinerien in Texas zu bauen. Das Problem der hier gezeigten Prognosemodelle ist, dass sie viel zu konservativ sind.



Auch McKinseys Prognosen scheinen auf ähnlichen Annahmen zu basieren, die eine Nachfrage von etwa 3 Megatonnen Lithium bzw. 4000 Gigawattstunden an Produktionskapazität für 2030 vorhersagen.

**Global lithium demand could reach 4,500 gigawatt-hours by 2030.**

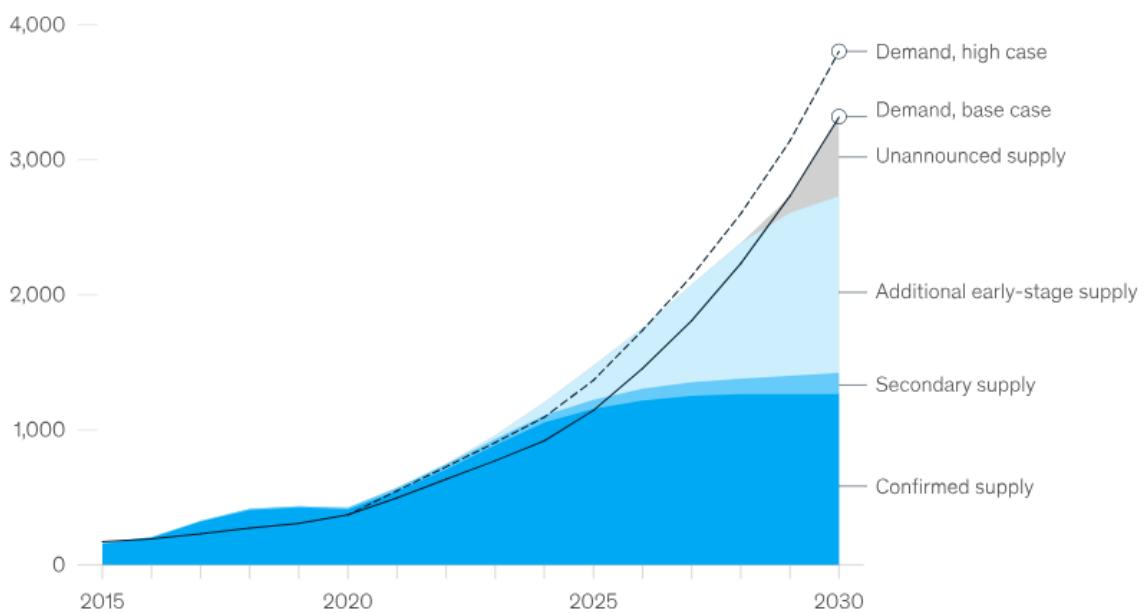


Source: McKinsey battery demand model

**McKinsey  
& Company**

**The lithium gap can be bridged in the second half of the decade.**

**Global lithium supply and demand,<sup>1</sup> kilotons lithium carbonate equivalent**



<sup>1</sup>Mined production volume. Forecasted potential production accounts for historical utilization rates as a result of external disruptions and economic curtailments (7%) – modeled at 93% of available capacity. Production includes volumes which may not have been refined, including stockpiled direct shipping ore and spodumene concentrate.

Source: MineSpans; McKinsey lithium demand model

**McKinsey  
& Company**

Es wird gemeinhin angenommen, dass Elektroautos einen großen Prozentsatz der zukünftigen Lithium Nachfrage ausmachen werden. Die Lithiumnachfrage wird somit eine von der E-Auto-Produktion abhängige Funktion.

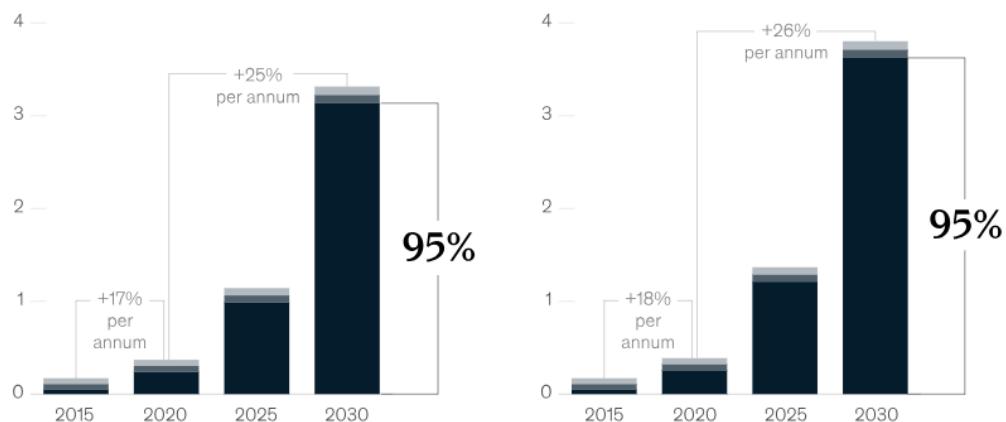
**Batteries are expected to account for 95 percent of lithium demand by 2030.**

Lithium demand by end use, million metric tons lithium carbonate equivalent

■ Batteries ■ Ceramics and glasses ■ Other<sup>1</sup>

Base scenario

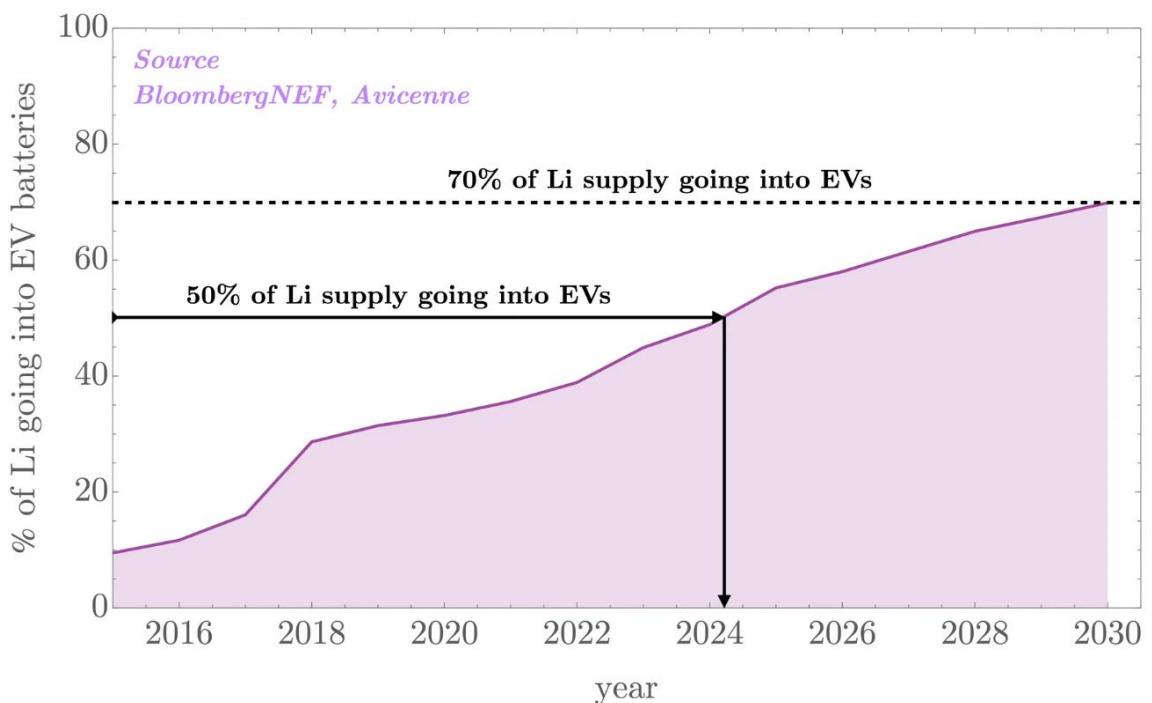
Aggressive electric-vehicle adoption scenario



<sup>1</sup>Includes greases, metallurgical powders, polymers, and other industrial uses.  
Source: McKinsey lithium demand model

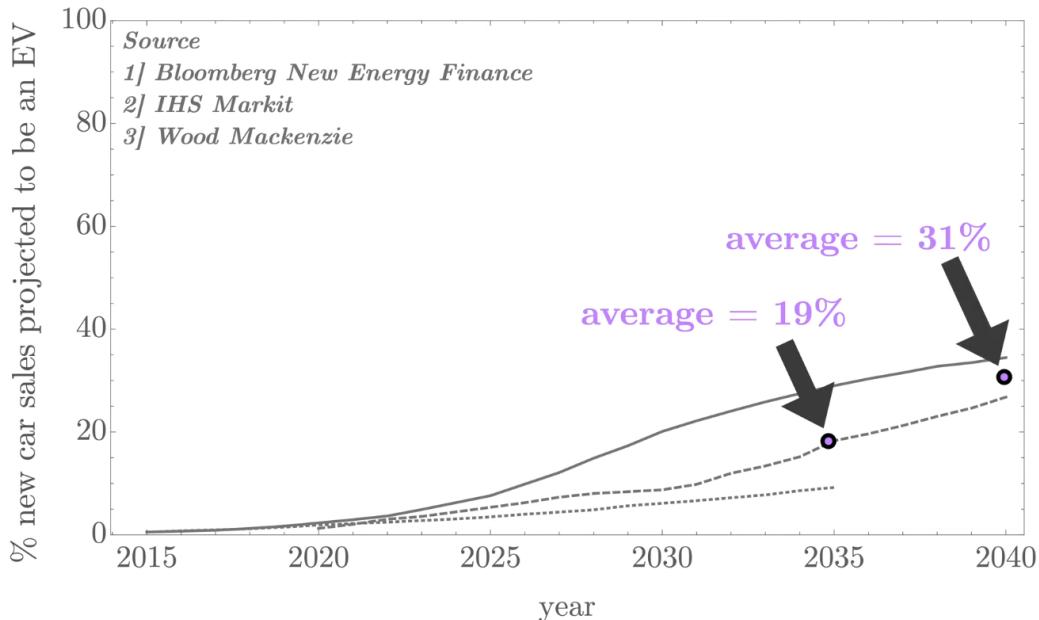
McKinsey  
& Company

In Bloombergs Modell machen E-Autos 2030 70% der Nachfrage nach Lithium aus.

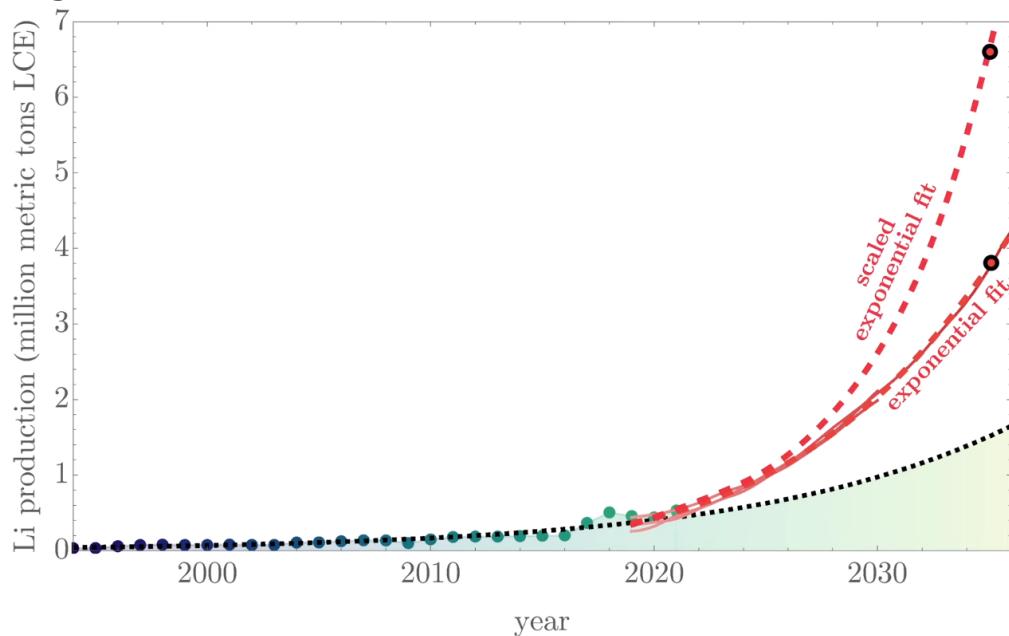


Bloomberg nimmt aber an, dass 2040 gerade einmal 31% der Neuverkäufe im Automarkt E-Autos sein werden, was absurd ist.

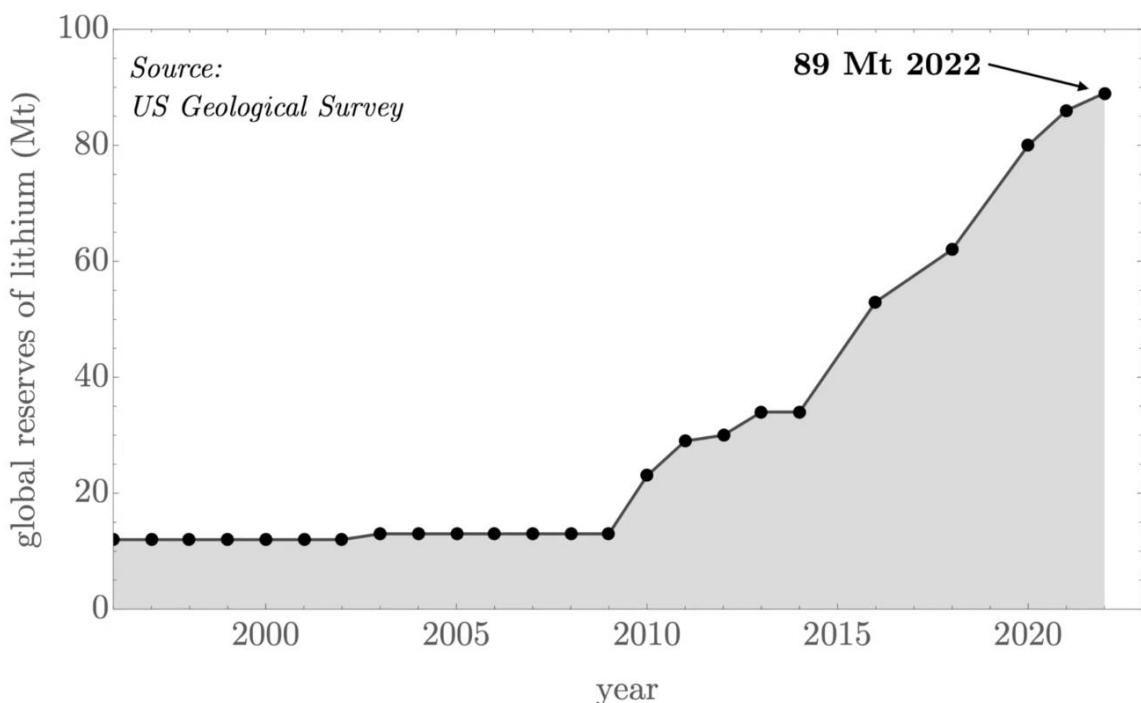
2040 werden etwa 100% aller Verkäufe E-Autos sein, bereits 2030 werden etwa 80% aller Verkäufe E-Autos sein.



Deshalb sind die Zahlen für die Lithium Nachfrage auch völlig untertrieben und realitätsfern. Wir können aber trotzdem das Modell nutzen und sehen, was passiert, wenn wir für 2030 einen E-Auto Marktanteil von 80% annehmen. Dann ver-4,2-facht sich die Lithiumnachfrage von 1,7 Megatonnen auf 7,2 Megatonnen für 2030 und bei einem Markt von 100% 2035 von 2,6 Megatonnen auf 9 Megatonnen. Nehmen wir an, das Modell prognostiziert den restlichen Markt, abgesehen von EVs, richtig, dann erhalten wir 2035 einen Bedarf von etwa 10 Megatonnen Lithium. Mit einer etwas geringeren Prognose von 7 Megatonnen für 2035, ergäbe sich folgende verschobene Produktionskurve:

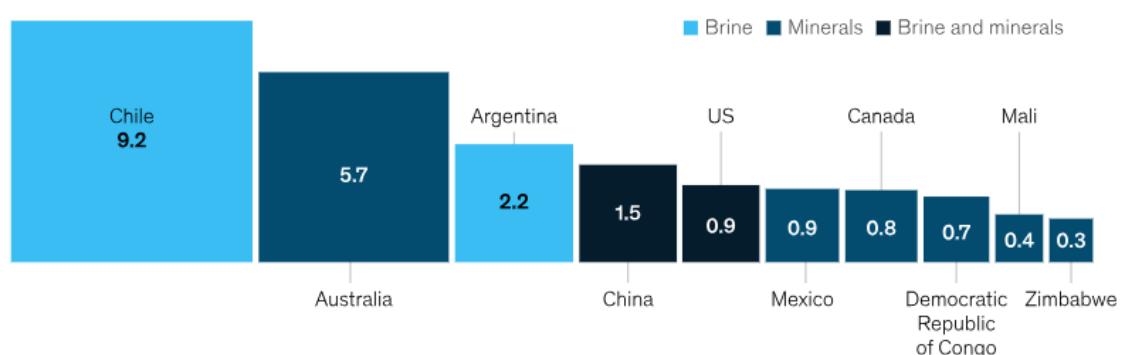


Nach 2030 sollte die Kurve allerdings in eine S-Kurve übergehen und das Wachstum an Nachfrage sollte langsam zurückgehen. Werden also die Lithiumpreise dramatisch ansteigen und werden wir in eine Angebotskrise für Lithium rutschen? Dazu müssen wir, ähnlich wie beim Kobalt, auf die verfügbaren Ressourcen schauen. Diese sind über die Jahre immer weiter angestiegen.



**Most of the confirmed lithium reserves are concentrated in Latin America and Australia.**

**Top 10 countries with largest lithium reserves, million metric tons**



Source: United States Geological Survey; MineSpans

McKinsey & Company

„Darüber hinaus konzentrieren sich Projekte in Nordamerika darauf, Lithium aus Ölfeldabwässern zu extrahieren. Obwohl diese in der

Regel von niedriger Qualität sind, kann dies eine zusätzliche Ressourcenbasis sein, wenn die richtige Technologie verfügbar ist. Um Geothermie- oder Ölfeldsole als Lithiumquelle erfolgreich zu nutzen, wird ein bewährter Prozess für die Direkte Lithiumextraktion (DLE) erforderlich sein. Es gibt mehrere Unternehmen, die verschiedene DLE-Ansätze testen. Während sich ihre Ideen unterscheiden, bleibt das Konzept dasselbe: Die Sole durch ein lithiumbindendes Material fließen zu lassen, indem Adsorption, Ionenaustausch, Membranseparation oder Lösungsmittel-Extraktionsprozesse verwendet werden, gefolgt von einer Politurlösung, um Lithiumcarbonat oder Lithiumhydroxid zu erhalten.

Die vielversprechende DLE-Technologie wird derzeit nicht nur von unkonventionellen Akteuren, sondern auch von Unternehmen in Betracht gezogen, die traditionell "typische" Sole-Assets entwickeln.“

#### **There are five different types of direct-lithium-extraction technologies.**

##### **Effectiveness and readiness of direct-lithium-extraction technologies**

Technology	Description	Maturity	Lithium recovery, %
Adsorbents	Adsorption process using sorbents	In use commercially	80-99.9
Ion exchange	Ion exchanger using resins, aluminates, or ceramics	Precommercial	80-99.9
Solvent extraction	Fluid solvent mixture blended with brine to extract water	Precommercial	99.9
Membrane separation <sup>1</sup>	Often used in conjunction with ion exchange and adsorbents/solvent extraction; promising processes are nanofiltration and reverse osmosis	Precommercial	≥99
Electrochemical separation	Electrochemical extraction of lithium from brines by adsorption or intercalation	Precommercial	>90

<sup>1</sup>Membrane separation is an additional purification step that can be added before or after the application of solvent extraction/ion exchange and adsorbents, helping to achieve higher recovery rates.

**McKinsey  
& Company**

Hinzu kommt, dass Lithium auch im Meer enthalten ist und somit aus Wasser extrahiert werden könnte. Nehmen wir also an, wir werden in Zukunft zu noch größeren Reserven an Lithium Zugriff haben. 100 Megatonnen sind wahrscheinlich eine sehr große Unterschätzung. Aber bereits 100 Megatonnen sind mehr als genug. LFP Batterien haben ein theoretisches Minimum von 80g/kWh Lithium, das sie benötigen. NMC Batterien benötigen minimal 70g/kWh Lithium. Gehen wir also gerundet von 100g/kWh Lithium pro Batterie aus und

nehmen an, jedes Auto hat eine 100 kWh Batterie, wobei insgesamt 2 Milliarden E-Autos pro Generation benötigt werden. Das macht 20 Megatonnen Lithium, also 20% unserer konservativen Reserveschätzung. Wir werden also genug Lithium haben, um alle Batterien zu betreiben und auch genug, um Batterien als Speicher weltweit auszubauen. Und wenn man Bedenken hat, dass die Industrie die Lithium-Produktion schnell genug ausbauen kann, dann kann ich nur sagen, dass man das exponentielle Wachstum der Zukunft unterschätzt. Beispielsweise hat China bereits Pläne offengelegt, die eine Batterieproduktionskapazität von 4000 GWh bis 2030 übersteigen:

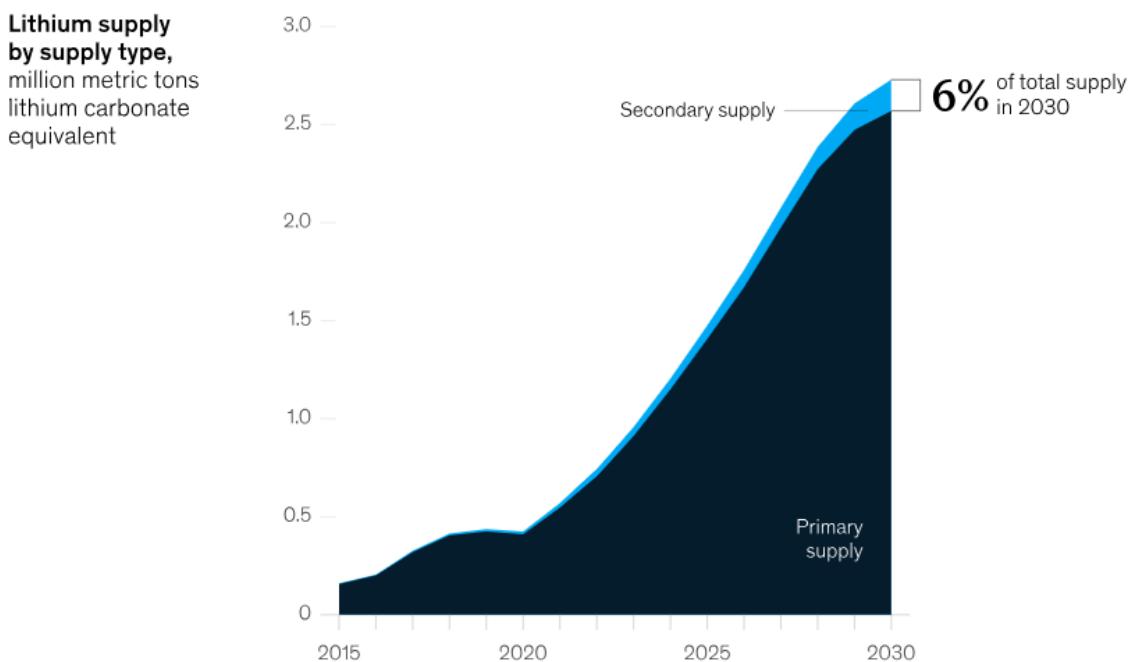


Damit könnte China allein den von McKinsey prognostizierten Lithiumbedarf 2030 bedienen.

Es ist außerdem auf das Recycling von Batterien hinzuweisen, bei welchem etwa 50% des Lithium zurückgewonnen werden kann. Eine Firma, die sich dieser Aufgabe widmet, ist Redwood Materials, das vom Teslamitbegründer JB Straubel gegründet wurde. Redwood Materials kann nach eigenen Aussagen sogar 95% des Nickels, Kobalts, Lithiums und Kupfers aus alten E-Auto Batterien zurückgewinnen. „Mit erwarteten Batterielebensdauern von etwa zehn bis 15 Jahren für Personenkraftwagen und der Möglichkeit, die Lebensdauer von Elektrofahrzeug-Batterien durch Nutzung im Bereich der Energiespeicherung zu verlängern, wird erwartet, dass das Batterierecycling im laufenden Jahrzehnt zunimmt, jedoch nicht

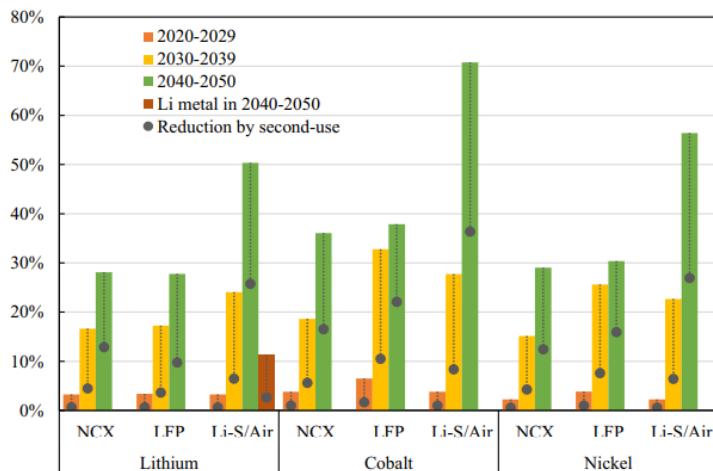
auf bahnbrechende Level. Abhängig vom angewendeten Recyclingprozess ist es möglich, zwischen null und 80 Prozent des Lithiums, das in Batterien am Ende ihrer Lebensdauer enthalten ist, zurückzugewinnen. Bis 2030 soll dieser sekundäre Versorgungsanteil leicht mehr als 6 Prozent der Gesamtproduktion von Lithium ausmachen.“

**Lithium recycling is still small scale but could reach 6 percent of announced supply by 2030.**



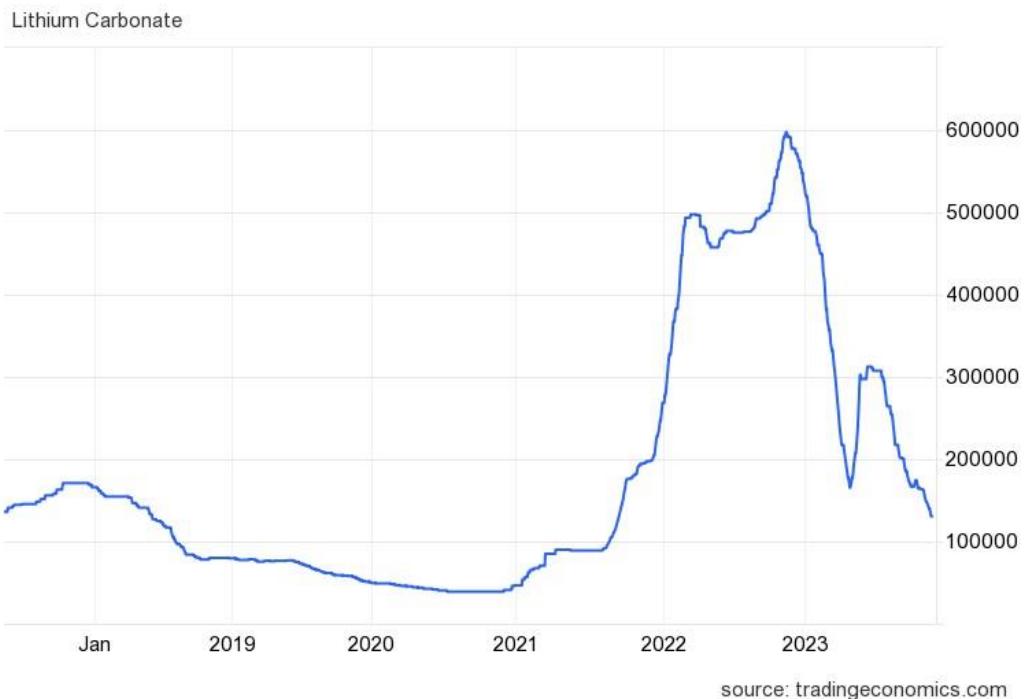
Source: MineSpans; McKinsey lithium demand model

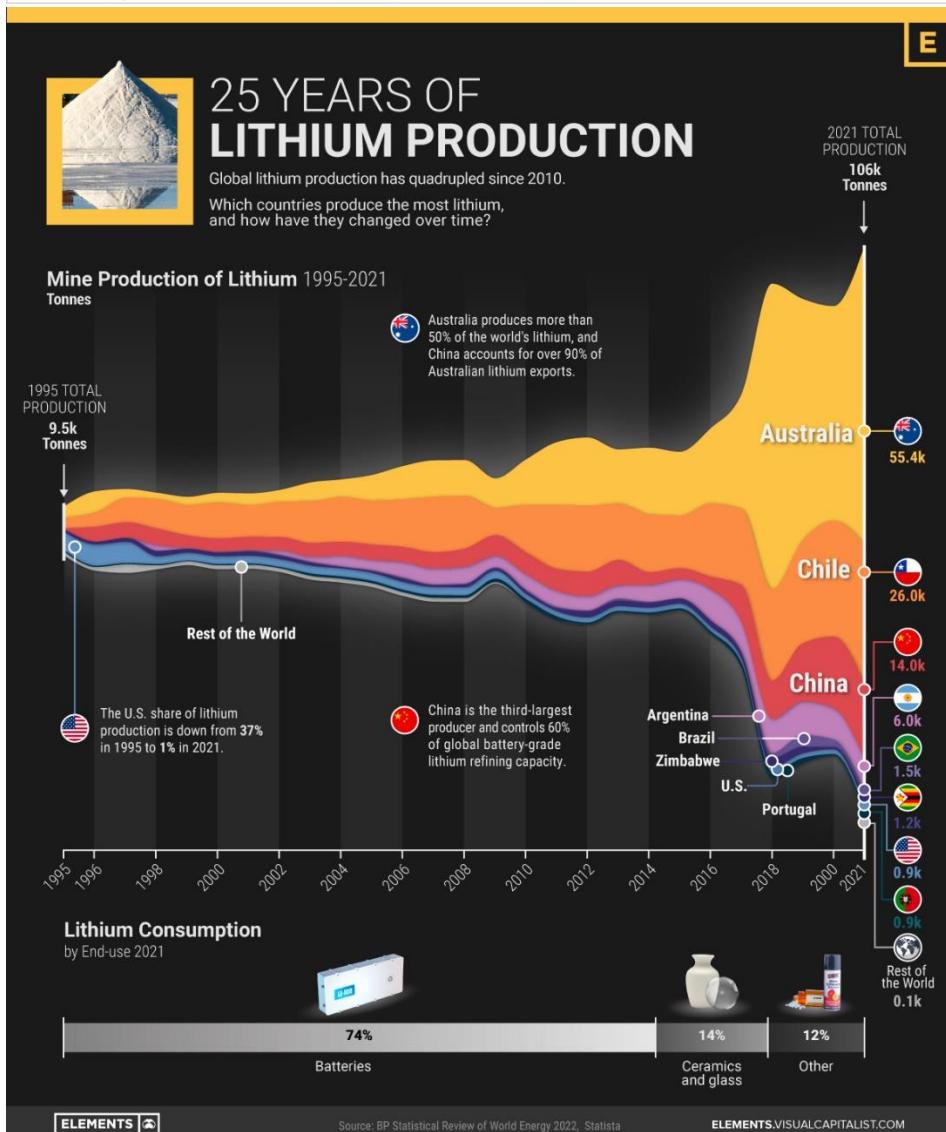
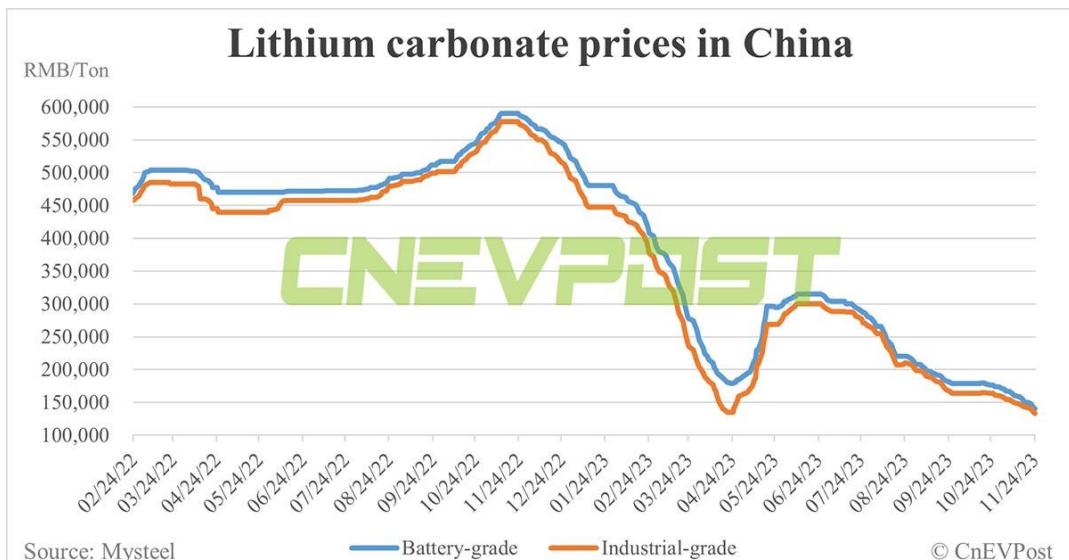
**McKinsey  
& Company**



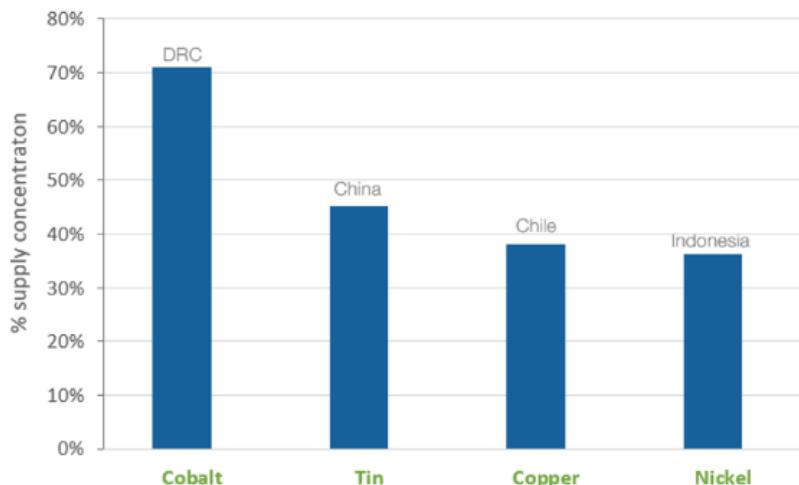
**Fig. 6 Closed-loop recycling potential of battery materials in periods of 2020-2029, 2030-2039, and 2040-2050 in the STEP scenario.**

Hydrometallurgical recycling is used for NCX and LFP batteries and mechanical recovery of Li metal for Li-S and Li-Air batteries. Gray dots show how second-use, which postpones the time of recycling, reduces the closed-loop recycling potentials and thus the availability of secondary materials in the coming decades. See Supplementary Table 8 for other materials.





5. Es gibt nicht genug Nickel:

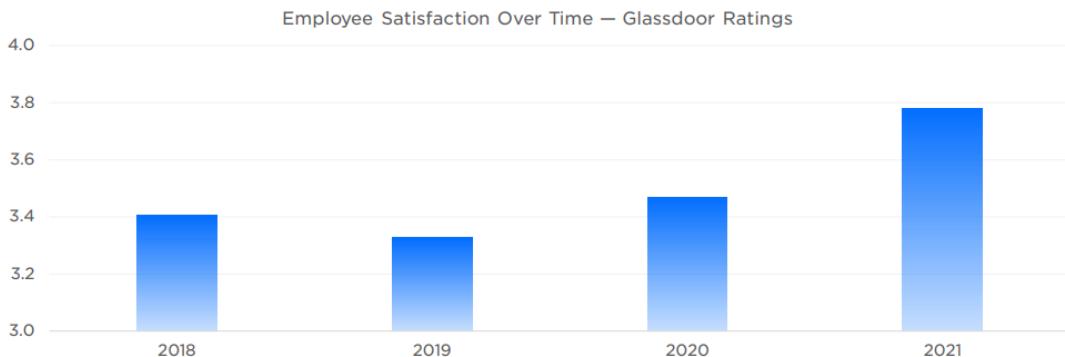


*FIGURE 14 – DRC COBALT SUPPLY CONCENTRATION.  
SOURCE: CITI RESEARCH, WOODMACKENZIE*

6. Es gibt nicht genug Strom:

7. Tesla verletzt Menschenrechte:

Ein Kritikpunkt an Tesla ist ihr Widerstreben gegen Gewerkschaftsbildung und Zusammenschlüsse von Arbeitern, um höhere Löhne fordern zu können. Das wird natürlich von den meisten Außenstehenden als unfair angesehen, aber während es bei vielen Unternehmen zu kritisieren ist, wenn Gewerkschaften aktiv bekämpft werden, ist es bei Tesla angebracht. Dazu müssen wir uns die Mission von Tesla in den Kopf rufen: So schnell wie möglichen nachhaltigen Transport und nachhaltige Energien auszubauen. Bei Tesla geht es um Agilität, also darum, so schnell wie möglich so viel wie möglich zu erreichen. Jeder Arbeiter bei Tesla wird mit dieser Mission vertraut gemacht und weiß, dass viel auf dem Spiel steht. Hungersnöte, der Klimawandel mit all seinen zerstörerischen Umwelteinflüssen, Migrationskrisen, vermutlich Millionen von Tote und so weiter. Daher wird bei Tesla versucht, jedem Arbeiter ein Gefühl der Dringlichkeit zu indoktrinieren, was viele Arbeiter an ihre Grenzen bringt, andere jedoch befähigt. Über die Jahre hat Tesla sich jedoch intern besser organisiert und die Arbeitnehmerzufriedenstellung verbessert:

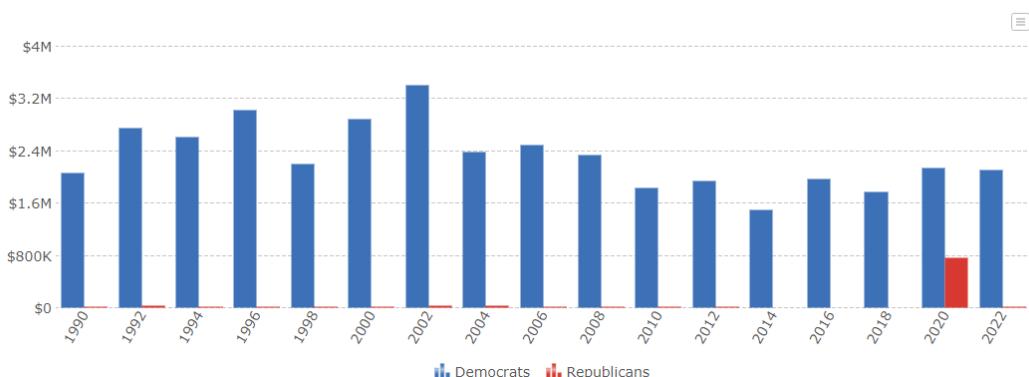


Was hat das mit Gewerkschaften zu tun? Elon Musk hasst Gewerkschaften. Einerseits ist das von einem Geschäftsführer kaum anders zu erwarten, andererseits hat er jedoch auch guten Grund dazu. Würden sich bei Tesla Gewerkschaften bilden, hätte dies dramatische Folgen für die Agilität und Effizienz des Unternehmens. Es würden einerseits vermutlich höhere Löhne verhandelt werden, was Teslas Margen reduziert, die gebraucht werden, um so schnell wie möglich zu expandieren und andererseits würden verschiedene neue Institutionen erforderlich sein, die man durchaus als bürokratische Zeitverschwendungen ansehen kann, wenn man so einen hohen Wert auf Agilität legt, wie Tesla es tut. Es müssten Human Resource Departments ausgebaut werden und es würde das Leistungsprinzip, auf das Elon Musk großen Wert legt, verletzt werden. Alles läuft also darauf hinaus, dass Teslas Mission wirklich dringlich ist, und Gewerkschaften die Ziele die Tesla erreichen will, sehr wahrscheinlich weiter in die Zukunft verschieben würden und alle Managementprozesse verlangsamen würden. Eine weitere Kritik Elon Musks an Gewerkschaften ist die immanente Korruption, besonders der UAW.

<https://eu.detroitnews.com/story/business/autos/2020/06/30/uaw-stems-membership-decline-corruption-legal-fees-soar/5348426002/>

Auf der Webseite OpenSecrets.org kann man nachlesen, wie viel Geld die UAW an verschiedene politische Parteien gespendet hat:

**Total Contributions by Party of Recipient:**



Steven Mark Ryan sieht darin ein politisches Problem, das zu einigen Gesetzesverabschiedungen geführt hat, die der UAW helfen, während sie den Autoherstellern geschadet haben und die Umstellung auf Elektroautos verzögert haben.

8. Die Reichweite ist zu klein:
9. Elektroautos sind zu teuer:

**Projected ownership costs for mid-range electric vehicles and internal-combustion-engine vehicles in key markets**

