

12. Jan. 13.03.54 RES186_Batterien

Willkommen zum Forschungspodcast der Helmholtz-Gemeinschaft.

Ich bin Holger Klein.

Resonator Wer hier schon länger zuhört, weiß, dass ich so meine Probleme damit habe, überhaupt erstmal zu kapieren, was Strom denn ist.

Und jetzt gehen wir noch einen Schritt weiter.

Wir nehmen den Strom nämlich mit.

Und das macht man mit Batterien.

Und von Batterien weiß ich genau eine Sache.

Das sind Dingsi, in denen ist Strom.

Und ich vermute mal, ihr seht jetzt gerade das Problem, das ich habe.

Ich hoffe, nach dieser Sendung ein bisschen besser zu wissen, wie das alles funktioniert.

Denn ich rede mit Maximilian Fichtner.

Der ist Direktor am Ulmer Helmholtz-Institut für elektrochemische Energiespeicherung.

Hallo Herr Fichtner.

Ja, hallo.

Ich grüße Sie.

Gibt es eigentlich auch noch eine andere Energiespeicherung als eine elektrochemische?

Es gibt die elektrische Energiespeicherung.

Das haben wir in den Superkondensatoren.

Da spielt die Chemie oder chemische Umwandlung eher keine Rolle.

Es gibt eine mechanische Energiespeicherung, wenn Sie jetzt zum Beispiel irgendein Gewicht hochheben.

Also ich sage mal, in so einer alten Tic-Tac-Schwarzwalduhr.

Da sind ja so schwere Gewichte drin, die langsam nach unten streben.

Die haben Sie vorher mal hochgezogen.

Da haben Sie die Energie des Anhebens gespeichert.

Da gibt es also ganz verschiedene Sachen.

Thermische Speicherung.

Sie können auch Wasser einfach heiß machen und dann irgendwie später wieder verwenden.

Da geht es aber dann nicht unbedingt um Strom.

Vor allen Dingen, wenn ich die Schwarzwalduhr mir angucke.

Was ist eigentlich Strom?

Können Sie das so erklären, dass so ein Trottel wie ich das halbwegs versteht?

Na ja, Strom sind bewegte Ladungsträger.

Also man muss sich das so vorstellen, dass man in einem Stromleiter, also ich sage mal ein Kupferkabel zum Beispiel, da hat man die eigentlichen Atomrümpfe, sagt man da.

Das sind also die Kernbestandteile des Kupfers und die haben die äußeren Elektronen.

Das sind also die elektrischen Ladungsträger dann, die transportiert werden beim Strom.

Die schwirren so außen rum.

Die sind abgelöst von diesen Atomrümpfen und das ist wie so ein Fluss, in dem halt eben lauter einzelne feste Türme drin sind.

Das sind die Kupferatomrümpfe und das Wasser außen rum.

Das sind die bewegten Elektronen.

Die haben alle eine negative Ladung und wenn die sich von der einen Seite zur anderen bewegen, dann ist das ein Strom, wie beim Wasser.

Wie lösen sich denn diese Elektronen von den Atomrümpfen ab, weil die gehören doch da eigentlich dazu?

Die wollen doch da eigentlich dran sein, oder?

Jein, wenn die Atome voneinander isoliert sind, dann ja.

Aber in dem Moment, wo sie sie in die nächste Nähe bringen und die miteinander wechselwirken können, da sagen die, dann lassen wir mal die äußeren Elektronen los und teilen die mit allen anderen.

Das geht von ganz alleine.

Wie ernte ich die denn dann?

Die brauchen sie nicht zu ernten.

Die sind da drin vorhanden.

Das ist wie Wasser in einem Flussbett, was dann irgendwie von A nach B fließt.

Was man eben nutzt, ist, dass man in dem Fall die Elektronen durch einen sogenannten Verbraucher schickt.

Das kann irgendwie eine Glühbirne sein oder Elektromotor oder ein sonstiges elektrisches Gerät.

Dann schickt man die da durch und der Strom wird dann dazu verwendet, zum Beispiel mit dem Elektromotor ein Magnetfeld zu erzeugen.

Und das Magnetfeld, mit dem kann man dann wieder Kräfte entstehen lassen und so weiter.

Aber woher wissen denn die Elektronen, dass sie durch diesen Draht in der Glühlampe durch sollen?

Also bei einem Fluss mit Wasser ist klar, der fließt nach unten.

Aber woher weiß das Elektron, wo unten ist?

Das Elektron spürt das.

Tatsächlich ist es so, dass ich mir jetzt vorstelle, ich habe eine Batterie, die das Ganze ermöglicht.

Dann habe ich einen Pluspol und einen Minuspol.

Das sind wie zwei Speicherstrukturen oder wie zwei Ikea-Regale.

Da habe ich eins, das steht ein bisschen höher.

Da schreiben wir mal Minus drauf und das nennt man dann auch Anode.

Und dann gibt es eins, das steht ein bisschen tiefer, in einem gewissen Abstand.

Da schreiben wir Plus drauf und das nennt man dann Kathode.

Dann habe ich die internen Ladungsträger in der Batterie.

Das sind meine Lithium-Ionen.

Das sind also positiv geladene Lithium-Teilchen, wenn man so will.

Das kann man sich so vorstellen, das sind dann zum Beispiel Fußbälle.

Auf die schreibe ich dann Lithium-Plus drauf.

Das sind meine Lithium-Ionen.

Und wenn ich die alle in das höhere Regal einsortiere, in meinen Minuspol, in die Anode, dann nennt man das Ganze geladen.

Dann rüttel ich ein bisschen an dem Regal, dann putzeln die raus über einen Zwischenraum.

Der nennt sich Elektrolyt in der Batterie.

Dort ist es eine Flüssigkeit.

Und dann sortieren die sich von alleine in das untere Regal rein.

Das geht genauso wie bei der Schwerkraft, gibt es da also die Triebkraft, die von dem höher gelegenen Regal die Dinger gerne ins tiefer gelegene Regal transportieren möchte.

Gibt es dann bei der Batterie halt praktisch das elektrochemische Potenzial, was das verursacht.

Und wenn die dann alle in dem unteren Regal, in dem energieärmeren Regal sind, dann nennt man die Batterie entladen.

Das ist aber jetzt nur...

>> Jörg Witt: Ja.

>> Jörg Witt: Ja.

Also da ist dann keine Energie mehr gespeichert, weil die Fußballer, die sind ja dann alle sozusagen in dem Zustand niedrigster Energie.

Die sind dann alle in dem unteren Regal drin.

Wenn man die jetzt rausputzeln lassen würde, dann würden die ja nirgends anders hingehen können, sondern das ist praktisch so der minimale Energiezustand.

So, jetzt ist es aber so, die Natur würde jetzt nicht erlauben, dass man an einem dieser beiden Pole so ganz viele positive Lithiumfußbälle akkumulieren kann.

Das geht nicht.

Das wäre ein sehr, sehr ungünstiger Zustand.

Deshalb passiert Folgendes oder macht man Folgendes.

Wenn das Lithiumion den Minuspol verlässt, die Anode, und geht in den Elektrolyt, dann verlässt ja eine positive Ladung, die Elektrode.

Um das zu kompensieren, schickt die Natur gleichzeitig noch eine negative Ladung auf die Reise.

Das ist das Elektron.

Das ist ja das, was wir eigentlich nutzen möchten.

Und weil das Elektron nicht den gleichen Weg nehmen kann wie das Ion, weil das ist für Elektronen versperrt, schickt man das außen über ein Kabel und den Verbraucher rum zum Pluspol.

Und wenn dann das Lithiumion auf der Pluspolarseite wieder angekommen ist, dann purzelt gleichzeitig noch ein Elektron aus dem Stromkreis an diese Stelle und die Ladung wird wieder neutralisiert.

Das heißt, wir sprechen immer von Lithium-Ionen-Batterie und sowas, aber eigentlich wollen wir ja kein Lithium speichern, sondern wir wollen elektrische Energie speichern oder Elektronen.

Und das ist praktisch der Prozess, der mit dieser Lithiumspeicherung eng verheiratet ist.

Wir benutzen praktisch einen chemischen Trick, um die Elektronen auf die eine Seite oder die andere Seite der Batterie zu locken.

Heißt das, in der Batterie, die ich in meiner Hand halte, also die ich jetzt irgendwie in meinen Rekorder stecke oder sowas, da fließt nicht nur außen rum der Strom, sondern der fließt auch in der Batterie hin und her?

Ja, genau.

Also in der Batterie fließt der Strom allerdings kein Elektronenstrom, sondern ein Ionenstrom.

Aber wenn man sagt, Strom sind bewegte Ladungsträger, dann ist es richtig, dann fließt Strom in der Batterie.

Und ausgelöst wird es aber dadurch, dass ich außen einen Verbraucher anlege.

Was macht dieser Verbraucher?

Sagt der Verbraucher, gib mir einen Elektron oder sagt der Verbraucher, schieb mal ein Ion darüber?

Naja, ausgelöst wird es dadurch, dass ich, sag mal, in einem äußeren Stromkreis ein Ventil schließe.

Oder ein Ventil öffne, können wir sagen.

Also wo ich praktisch den Stromfluss erlaube.

Es gibt von der Natur...

Das heißt, die Ionen wollen also sowieso schon immer darüber und ich blockiere die, weil ich keinen Verbraucher dran habe.

Die Ionen und die Elektronen, die wollen eigentlich gerne im Pluspol sein.

Und beim Laden der Batterie pumpe ich Elektronen in den Minuspol und dann folgen die Lithium-Ionen brav und vereinigen sich mit denen an den Speicherplätzen.

Und wenn ich das dann wieder loslasse gewissermaßen, dann geht das Ganze zurück und die Elektronen fließen über einen äußeren Stromkreis wieder in den Pluspol.

Wer ist auf diese grandiose Idee gekommen?

Naja, also phänomenologisch.

Also die erste Batterie hat Alessandro Volta, 1799 gebaut.

Die berühmte Voltage-Säule.

Da hat er so Kupfer und Zink, also zwei verschiedene Metalle.

Das Zink ist unedler, das Kupfer ist edler.

Die hat er so übereinander gestapelt und hat da so feuchte Stoff- oder Lederplättchen dazwischen gelegt, die mit Salzlösung getränkt waren.

Das war dann der Elektrolyt und das hat er dann noch über Leitungen verbunden und konnte dadurch irgendwie ganz ordentliche Spannungen erzeugen.

Das war aber erst mal, ich sage mal, die Beobachtung, dass da irgendwas Seltsames passiert. - Wusste der, was er tut? - Nee, wusste er nicht.

Das war allerdings so ein durchschlagender Effekt.

Ich meine, man hat es dann so als Gag auf großen Gesellschaften vorgeführt, was da alles möglich ist und so.

Das hat sich in Windeseile verbreitet und das macht natürlich dann auch die Wissenschaft auf, bringt die Wissenschaft auf den Plan.

Man möchte das dann verstehen.

Das ist dann so nach und nach in vielen Schritten ist dann immer wieder ein bisschen verstanden worden, was da eigentlich vor sich geht. - Jetzt sagten Sie eben Lithium-Ionen-Batterie.

Ich weiß noch, es gab dann irgendwie Alkali-Batterien und was hatten wir noch?

NIMH-Batterien.

Was sind denn da dann die Unterschiede eigentlich? - Ja, in der Tat.

Heutzutage spricht man eigentlich fast nur noch von Lithium-Ionen-Batterien.

Nickel-Metallhydrid, NIMH, Nickel-Metallhydrid-Batterien, die gibt es immer noch.

Die werden verwendet in einigen Plug-In-Hybrid- oder in Hybridfahrzeugen als Speicherbatterie, aber vor allem in diesen Kleingeräten, im Rasierapparat oder der Zahnbürste oder was auch immer.

Das sind oft keine Lithium-Ionen-Batterien, sondern Nickel-Metallhydrid-Batterien.

Und dann früher gab es noch Nickel-Cadmium-Batterien und sowas. - Blei hatten wir doch auch in den Autos früher. - Blei haben wir heute noch in Autos.

Interessanterweise, wenn Sie sich den Weltmarkt anschauen für Batterien, dann ist der größte Teil des Weltmarktes immer noch die Blei-Batterie.

Also das ist erstaunlich.

Man denkt immer, Lithium-Ionen-Batterie ist überall omnipräsent.

Das ist auch irgendwo richtig. - Alles Tesla. - Ja, aber die Blei-Batterie, die ist halt auch überall.

Die sind in jedem einzelnen Auto drin.

Und wenn man eine Milliarde Fahrzeuge hat, dann kommt da einiges zustande.

Und das ist insofern auch bemerkenswert, weil man möchte ja auch die Blei-Batterie ersetzen durch Lithium- oder durch neuerdings Natrium-Ionen-Batterien.

Das ist auch eine spannende Sache.

Ja, was ist der Unterschied?

Der Unterschied ist, dass diese beiden Regale, von denen ich vorhin gesprochen habe, anders aussehen bei diesen Batterien.

Und dass die beiden Regale dann auch gefüllt werden, nicht mit Lithium, sondern mit irgendwas anderem, zum Beispiel mit Hydroxid-Ionen.

Also das sind dann einfach andere Ladungsträger, die so hin und her wandern und dann mit dem jeweiligen Pol reagieren oder sich dort einlagern.

Also bei der Nickel-Metallhydrid-Batterie ist zum Beispiel am Pluspol ein Nickel-Oxyhydroxid-Gerüst, was da die Ladungen aufnehmen kann.

Der Minuspol ist Lantan-Nickel-5.

Das ist ein Wasserstoffspeichermaterial.

Also da werden dann Hydrid-Ionen gespeichert oder Hydrid wird gespeichert und da wird dann praktisch theoretisch, also Wasserstoff-Ionen werden da hin und her geschoben.

Also in der Praxis sind es dann Hydroxid-Ionen.

Aber das sind andere Ladungsträger als bei der Lithium-Ionen-Batterie und anderen Materialien.

Und die sind halt alle nicht so leistungsfähig wie die Lithium-Ionen-Batterie.

Wenn man sich fragt, warum das so gekommen ist, da gibt es eigentlich im Wesentlichen zwei Gründe.

Die Lithium-Ionen-Batterie kam 1991 auf den Markt.

Sony hat die in irgendwelchen Kammkordern eingeführt.

Seitdem hat sich die Speicherkapazität der Lithium-Ionen-Batterie vervierfacht und der Preis ist um Faktor 18 gesunken.

Allein in den letzten zehn Jahren hat sich die Speicherkapazität verdoppelt und der Preis ist um 90 Prozent gesunken.

Und das geht ja weiter.

Das heißt, wir haben es hier mit einer Dynamik zu tun, die sie praktisch in keiner anderen Technologie vorfinden im Moment.

Wie macht man das, die Speicherkapazität zu erhöhen?

Da gibt es im Prinzip zwei Wege oder es gibt mehrere Wege.

Das eine ist, was sich in den letzten Jahren als sehr erfolgreich herausgestellt

hat, ist man redesignt die Batterie selber.

Man schafft praktisch mehr Raum für Speichermaterial.

Je mehr Speichermaterial ich in diesem Kasten von der Batterie unterbringen kann, desto höher ist die Speicherkapazität.

Das ist erfolgreich gelungen.

Das andere ist, ich verbessere die Chemie.

Das heißt, ich suche Materialien, bei denen mehr Lithium pro Raum eingelagert werden kann.

Da ist also einiges passiert auf der Pluspolseite, auf der Minuspoleseite nicht so sehr die ganzen Jahre.

Aber jetzt ist ein neuer Durchbruch gerade am Werden, der wahrscheinlich die Speicherkapazität von so einer Batterie nochmal um 30, 40 Prozent erhöhen wird in Zukunft.

Was auch dann im Auto 30, 40 Prozent mehr Reichweite bedeuten wird.

Sind das Batterien, die ich dann auch im Smartphone habe, oder sind das tatsächlich Batterien, die so groß sind, dass sie in Automobile eingebaut werden?

Naja, ob sie im Smartphone eingebaut werden, das hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Die Batterien im Smartphone, die müssen relativ kompakt und dicht sein.

Also die Materialien müssen schwer sein.

Das heißt, sie müssen viel Masse in kleinem Volumen haben, damit sie nicht so

viel Raum einnehmen.

Beim Auto ist es nicht ganz so kritisch.

Das ist im Übrigen auch der Grund, weshalb man im Smartphone und im Notebook immer noch fast reines Kobalddioxid im Pluspol hat.

Kobalddioxid ist ja ins Gerede gekommen wegen Kinderarbeit und sowas.

Aber es ist damals, Anfang der 90er Jahre, eingesetzt worden, weil es in der Lage ist, viel Lithium auf sehr kleinem Raum zu speichern und dann auch noch bei einer hohen Spannung.

Und bei Anwendungen, wo das an vorderster Stelle steht, wie beim Smartphone zum Beispiel, verwendet man immer noch Kobalt.

Im Autobereich, die Batterien sind praktisch, also die neueren, entweder kobaltfrei oder sie haben dann auch ganz geringe Anteile.

Das heißt, eines der Lieblingsargumente der Elektromobilitätsgegner, das ist alles Kinderarbeit, das wird hinfällig?

Also im Augenblick ist es so, wir haben für Elektroautos von der weltweiten Kobaltproduktion gehen etwa 8 bis 9 Prozent in Elektroautos.

Und das sind Daten, die zwei, drei Jahre her sind.

Die neueren Materialien sind zum Teil schon kobaltfrei.

Und es gehen etwa 36 Prozent in Handys und Notebooks.

Also fakt ist mehr.

Und dann braucht man Kobalt für Stähle, also in der Kurbelwelle, im Motorblock

oder eben Entschwefelungskatalysator für den Diesel, da ist Kobalt drin.

Oder sogenannte Schnellarbeitsstähle.

Also wenn Sie kein Kobalt verwenden möchten, dürfen Sie um Gottes Willen keine Bohrer oder Sägen verwenden.

Da ist überall Kobalt drin.

Oder Magnete, ganz schlimm.

Viel Kobalt.

Viel Lithium auf engem Raum unterzubringen, ist das dann auch die Forschung, die stattfindet?

Wir suchen nach Materialien oder Materialkombinationen, mit denen wir noch mehr Lithium da reinbekommen?

Jein.

Also das war tatsächlich die oberste Maxime der Forschung in den ersten 20, 30 Jahren.

Also immer leistungsfähigere Batterien, höhere Speicherkapazität, schnellere Beladung, höhere Sicherheit und so weiter.

Was seit fünf bis zehn Jahren jetzt mit Macht eigentlich in das Feld drängt und bereits, ich sag mal, widerstandslos akzeptiert worden ist, ist die Nachhaltigkeit.

Also die Frage, wie bauen wir eine Batterie auf der Basis häufig vorkommender, ungiftiger Elemente, also keine sogenannten kritischen Rohstoffe, zu denen zum Beispiel Kobalt gehört oder auch Lithium.

Ja, wie bauen wir die?

Ja, also das eine ist tatsächlich, dass es halt gelungen ist, mittlerweile Materialien zu entwickeln, die kein Kobalt mehr enthalten.

Also zur Erinnerung, Kobalt war also in dieser Regalstruktur, die tiefer stand im Pluspol.

Das ist weitgehend ersetzt worden durch Mangan und Nickel.

Mangan, also Nickel kennt man, das ist im Edelstahl, die Bratpfanne oder das Besteck ist Nickel-Chromstahl.

Mangan kennt man nicht so, aber wenn Sie rausgucken, über die Felder laufen, die braune Farbe der Erde, das ist das sogenannte Braunstein, Manganoxid.

Das ist also ein Überfluss vorhanden.

Also es sind auch noch andere Mineralien, die dazu beitragen.

Rost, Eisenoxid spielt auch eine Rolle.

Das hängt dann lokal davon ab, aber Mangan ist ein sehr häufiges Element.

Mangan wird genommen oder es gibt das neuerer Zeit, sich gerade am durchsetzen, Lithium-Eisenphosphat.

Eisenphosphat ist ein natürliches Mineral, enthält, wie der Name schon sagt, Eisen als Metall.

Das können Sie bergmännisch abbauen.

Sie können es aber auch aus Klärwässern gewinnen.

Das ist nämlich eine der Methoden, wie man Phosphat recyceln kann und möchte.

Wenn Sie dem Abwasser, was ja phosphathaltig ist, Eisensalze zusetzen, dann fällt so ein weißes Pulver aus.

Das ist Eisenphosphat.

Das können Sie dann sozusagen direkt vom Klärwerk in die Batterie bringen.

Also ein bisschen überspitzt formuliert.

Das ist auch ungiftig.

Also ich sage mal, Sie können sich das in Kaffee rühren, das wird Sie nicht umbringen.

Es ist ein sehr einfaches, billiges, nachhaltiges Material, was zudem noch eine sehr hohe Lebensdauer der Batterie ermöglicht.

Es wird so davon ausgegangen, dass man damit 5000 B- und Entladezyklen fahren kann.

Wenn Sie eine Batterie haben mit 600 Kilometer Reichweite, 5000 Zyklen, das sind drei Millionen Kilometer.

Das ist schon ein Wort.

Und dann, also bei der Batterie sagt man auch, geht man nicht davon aus, dass die Batterie dann am Ende ist, sondern sie hat das sogenannte End-of-Life-Criterium erreicht.

Also das Kriterium, wo man sagt, jetzt kann man sie austauschen.

Das heißt bei der Batterie 80 Prozent Restkapazität.

Also die läuft natürlich weiter.

Das heißt, ich kann die danach immer noch als Stromspeicher bei mir im Keller verwenden?

Zum Beispiel.

Kann man die eigentlich, oder könnte man die eigentlich wieder auf 100 Prozent Kapazität bringen, indem man sie irgendwie refurbished oder sowas?

Nicht ohne weiteres, weil die Abbauprozesse, die in der Batterie stattfinden, die sind erst mal irreversibel.

Beim Recyceln können Sie versuchen, da so ein paar Erneuerungsprozesse anzuklicken, aber so ganz einfach von jetzt auf nachher geht es nicht.

Ich muss noch was dazu sagen, und zwar, ich habe jetzt nur über die schweren Metalle gesprochen, die im Pluspol sind.

Wir haben ja gesagt, im Minuspol, im geladenen Zustand, ist das Lithium.

Lithium ist jetzt ein Metall, was auch als kritischer Rohstoff gilt, insbesondere deshalb, weil es im Augenblick nur an wenigen Orten weltweit abgebaut wird.

Im Augenblick kommt das meiste aus Australien.

Da ist also Bergbau.

Ein anderer Teil kommt aus Salzwasser, an dem Atacama-See in Chile zum Beispiel, oder auch in Bolivien kann man das gewinnen.

Da ist mehr als genug Lithium für die nächsten 50, 60 Jahre.

Die Frage ist allerdings, ob man das Lithium schnell genug auf den Markt bringt, bei dieser extrem steigenden Anzahl von Batterien, die gebaut werden.

Das heißt, es ist eigentlich genug da, es kann aber trotzdem zu Engpässen kommen.

Und da bietet sich an, Ersatztechnologien zu entwickeln.

Das machen wir auch hier in Ulm und in Karlsruhe.

Das sind die sogenannten Post-Lithium-Technologien.

Also ich bin selber Sprecher eines sogenannten Exzellenzclusters namens Energiespeicherung jenseits von Lithium, abgekürzt POLIS, Post-Lithium-Storage.

Das sind also 120 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Wege suchen, das Lithium zu ersetzen.

Und das machen wir durch häufig vorkommende Elemente, die dann die Ladung hin und her tragen können, wie zum Beispiel Natrium, ist im Kochsalz, Magnesium.

Magnesium ist im Gestein Dolomit, das ist, wenn Sie irgendwo sind und das sind so diese weißen Steine.

Hier die ganze Schwäbische Alb ist daraus gebaut.

Da ist Magnesium drin oder Calcium oder Aluminium oder so was.

Das sind, oder Zink, das sind alles Elemente, die so eine Aufgabe übernehmen können.

Der Gewinner im Augenblick ist Natrium.

Die Natrium-Ionen-Batterie, die wurde erstmals vorgestellt oder auf den Markt gebracht 2020 von einer britischen Firma, Faradien.

Und es ist ein immer größeres Interesse jetzt festzustellen, weil die in ihrer Performance immer näher an die Lithium-Ionen-Batterie herankrabbelt.

Zumindest an, ich sag mal, das nachhaltigste Pendant der Lithium-Ionen-Batterie mit dem Eisenphosphat.

Da ist sie nicht mehr so weit weg.

Und letztes Jahr gab es dann einen Paukenschlag.

Da hat die der weltgrößte Batteriehersteller CATL, die haben angekündigt, in die Massenproduktion von Natrium-Ionen-Batterien zu gehen.

Und das ist eine Sache, die jetzt unglaublich viel Dynamik noch mal entfacht hat, weil solche Batterien keinerlei kritische Rohstoffe mehr enthalten.

Sie sind ähnlich in der Performance wie eine Lithium-Ionen-Batterie.

Die werden jetzt auch verbessert werden.

Auch wir arbeiten dran.

Und dann haben sie halt noch so ein paar Vorteile, mit denen sie die Lithium-Ionen-Batterie auch schlagen können.

CATL gibt noch mal an, dass die vom Preis her nur die Hälfte kosten werden.

Und das ist alleine schon mal ein Game Changer.

Und dann ist es auch so, wir kennen es ja alle, wenn Sie eine Lithium-Ionen-Batterie bei sehr tiefen Temperaturen haben, also im Auto zum Beispiel, ist bei -20 Grad die Restkapazität 70%.

Bei Eisenphosphat sogar noch weniger, 60%.

Eine Natrium-Ionen-Batterie hätte 90%.

Das heißt, wenn ich die nur ein bisschen heize, ist die bei 100%.

Also von der Wirkung besser als ein Verbrenner, sage ich mal, bei Tieftemperaturen.

Und die lässt sich da auch noch schnell beladen.

Das kommt noch dazu.

Das heißt, wenn wir von der Speicherkapazität und der Lebensdauer in einen Bereich kommen, der nahe ist der Performance von der Lithium-Ionen-Batterie, können wir nicht ausschließen, dass es zu einem Technologiewechsel kommt, zu einem Systemwechsel.

Weil dann kommen auf einmal diese Vorteile auch ins Spiel.

Wieder geringere Preis, die bessere Tieftemperatur, Performance.

Sie haben auch eine gute Sicherheit und lauter.

Diese ganzen Sachen kommen dann auf einmal mit Macht auf den Plan.

Und dann wird in einigen Bereichen die Lithium-Ionen-Batterie wahrscheinlich durch Natrium-Ionen-Batterien ersetzt werden.

Und das ist ja auch gut, weil wir nehmen dadurch auch Druck von dieser

Ressourcensituation beim Lithium.

Wie nah dran ist denn die Natrium-Ionen-Batterie an der Lithium-Ionen-Batterie in Prozent?

Naja, wenn ich jetzt das Beispiel nehme, ich habe eine Lithium-Ionen-Batterie mit der Lithium-Eisenphosphat-Kathode.

Dann hat die im Volumen erreicht den Wert von 350 Wattstunden pro Liter.

Und die letzten Daten bei der Natrium-Ionen-Batterie, die ich gesehen habe, waren 300 Wattstunden pro Liter.

Das ist nicht mehr so weit weg.

Das heißt, dass mein 600 Kilometer, falls ich überhaupt so eine Reichweite mit meinem Auto heute hinbekomme, meine 600 Kilometer sind dann vielleicht noch 500 Kilometer, was ja immer noch mehr als genug ist.

Zum halben Preis.

Ja, genau.

Und dann gibt es noch ein paar andere Sachen.

Die Systeme müssen ja auch gekühlt werden oder temperiert.

Und ein Teil dieser Geschichte ist darauf zurückzuführen, dass wenn Sie Lithium einlagern oder auslagern, ist es mit einer Energieänderung verbunden.

Das heißt, da entsteht unter Umständen Wärme.

Und diese Enthalpie-Änderung, die ist bei der Natrium-Ionen-Batterie geringer als bei der Lithium-Ionen-Batterie.

Das heißt, wenn Sie da weniger Kühlung brauchen, dann können Sie auf Systemebene die Batteriezellen noch mal ein bisschen enger packen.

Dann haben Sie diesen volumetrischen Nachteil schon vielleicht zu einem großen Teil kassiert.

Da habe ich meine 600 Kilometer wieder.

Das klingt, als hätte die Natrium-Ionen-Batterie nur Vorteile.

Hat die nur Vorteile?

Im Augenblick nicht.

Wie gesagt, die gravimetrische Speicherkapazität ist ein bisschen weiter zurück.

Gravimetrische?

Also bezogen auf das Gewicht.

Das ist Wattstunden pro Kilo.

Und da ist die Spanne ein bisschen größer.

Aber bei den wichtigsten Anwendungen wie Fahrzeug oder so was, kommt es ja vor allem auf das Volumen der Batterie an.

Sie sagten ja auch gleichzeitig, die ließe sich schneller beladen.

Dann kann es mir doch eigentlich egal sein, dass ich weniger Strom im Auto habe.

Weil wenn ich die Kiste in zehn Minuten wieder vollkriege, dann trinke ich halt nur

einen Kaffee und esse keinen Schnitzel, während ich lade.

Ja, das ist generell der Fall.

Das gilt natürlich auch für die Lithium-Ionen-Batterie.

Deshalb gibt es ja da auch Anstrengungen jetzt, zum Beispiel von der Firma Varta, neue Systeme zu entwickeln, die sehr schnell beladen werden können.

Sie sprechen von sechs Minuten.

Und die trotzdem eine sehr hohe Speicherkapazität haben.

Der Engpass beim Beladen ist mittlerweile eigentlich kaum noch die Batterie.

Das ist eher die Ladeinfrastruktur.

Sie müssen sich vorstellen, wenn Sie eine 60 Kilowattstunden Batterie innerhalb von sechs Minuten beladen wollen, dann brauchen Sie, das ist ja ein Zehntel von einer Stunde, die sechs Minuten.

Das heißt, Sie müssen dann 60 mal 10, das ist 600 Kilowatt Ladeleistung, da reinbringen.

Das ist ein dickes Kabel.

Das ist ein relativ dickes Kabel.

Das geht aber, wenn Sie das Ganze bei hoher Spannung machen.

Die Leistung ist ja immer Spannung mal Strom.

Deshalb machen einige Hersteller wie Porsche und so was, machen ja die 800 Volt Batterie.

Da klappt das Ganze.

Und das ist natürlich, das ist einfach dem geschuldet, wir waren vorhin bei dem Strom, der fließt.

Wir müssen also Elektronen in so einem Metall fließen lassen.

Und das ist natürlich viel schwieriger, als wenn wir jetzt, ich sag mal, einen Kanister Benzin umfüllen.

Da steckt die ganze Energie in den chemischen Bindungen der Benzinmoleküle.

Wenn ich einen Tankrüssel in einen Benzintank halte, da habe ich da 5, 6 Megawatt, die da reinfließen.

Und das ist natürlich einfach schneller, das ist ganz klar.

Aber ich würde mal sagen, so wie es im Augenblick aussieht, macht auch diese ganze Laderei unglaubliche Fortschritte.

Es ist also nicht nur die Lebensdauer, die ja jetzt im Bereich von über einer Million Kilometer liegt, sondern auch die Schnellladerei, das klappt eigentlich auch immer besser.

Dieses Ranrobben an die Lithium-Ionen-Batterie, die Natrium-Ionen-Batterie gerade, wie genau macht die das?

Vor allem dadurch, also wenn ich jetzt mir die beiden Pole anschau, da ist der Minuspol, also der ist etwas höher stehende Regal, der sieht bei der Natrium-Ionen-Batterie ein bisschen anders aus, als bei der Lithium-Ionen-Batterie.

Bei der Lithium-Ionen-Batterie ist die Regalstruktur Grafit, das sind so einmolekulare Schichten aus Kohlenstoff, das sieht ein bisschen aus wie ein

Blättermaterial und in die Zwischenräume da sortiert sich das Lithium rein.

Bei der Natrium-Ionen-Batterie sieht es so aus wie ein zerbröselter Blättermaterial.

Die Einheiten sind immer noch da, aber es ist viel ungeordneter und man spricht hier in dem Fall auch von Hartkohlenstoff.

Das Schöne ist, man kann Hartkohlenstoff praktisch aus allem herstellen, ich kann aus Bioabfällen, die ich verkoke, kriegen ich Hartkohlenstoff.

Kann ich viel machen, das wird im Augenblick jetzt nicht so sehr beforscht, da gibt es Aktivitäten, wo man das noch ein bisschen verbessern kann und wie man so die ersten Anlaufzyklen noch verbessern kann.

Der Hauptteil der Entwicklung ist im Pluspol, im Moment.

Im Pluspol liegt der Hase insofern im Pfeffer, dass die Speichermaterialien eigentlich gerne mehr Natrium aufnehmen können sollten und das Ganze auch noch über deutlich mehr Zyklen.

Das heißt, die Speicherkapazität ist ein Thema und die Zyklenlebensdauer.

Und da versucht man einfach andere Gerüststrukturen zu erzeugen, beziehungsweise bestehende zu nehmen und die leicht in ihrer Zusammensetzung zu verändern, also man spricht dann von dotieren, um dann die Stabilität zu verbessern und vielleicht auch die Spannung der Batterie noch ein bisschen höher zu treiben.

Wie lange wird es noch dauern, bis wir das wirklich in der Massenanwendung sehen?

Also gibt es bei Batterien sowas wie früher bei Computern das Moor'sche Gesetz?

Irgendwie alle so und so viele Jahre verdoppelt sich die Speicherkapazität zum gleichen Preis?

Also in der Massenanwendung, würde ich mal sagen, sechs bis acht Monate.

Was?

Okay, damit habe ich jetzt nicht gerechnet.

Das heißt, diese Firma, von der Sie eben gesprochen haben, die müssen einfach nur noch ihre Batterien fertig produzieren und ausliefern und dann haben wir das in unseren Autos?

Also es ist so, es gibt einen einschlagenden Vorteil bei der Natrium-Ionen-Batterie.

Man kann sie mit der gleichen Fertigungstechnik herstellen wie die Lithium-Ionen-Batterie.

Deshalb spricht man auch von der sogenannten Drop-In-Technologie.

Das heißt, Sie müssen da apparatureseitig nicht viel umstellen.

Sie müssen die Materialien umstellen, Sie müssen die Mischungen umstellen, Sie müssen Elektrolyt umstellen.

Also das Ganze, wenn Sie so eine Batterieproduktion reingucken, da sehen Sie viele Metallfolien, die dann bestrichen werden mit dieser Speichermasse.

Aber das ist alles immer nur so ein schwarzes Zeug, also so eine schwarze Paste, die da drauf gestrichen wird und die dann mit einem sehr ausgeklügelten Prozess getrocknet und verdichtet wird.

Das ist aber, das würden Sie nicht ansehen, ob das jetzt Lithium-basiert oder

Natrium-basiert ist, das ist das Gleiche.

Was man halt sagen kann, ist, dass das CATL jetzt zum Beispiel, die Chinesen, dass die da jetzt gesagt haben, wir steigen groß ein und eines der ersten Ziele ist angeblich auch, dass man die Bleibatterie im Auto ersetzt.

Also die Starterbatterie?

Die Starterbatterie, das klingt jetzt erstmal so, dass man so als lithiumaffiner Mensch kann man sagen, naja guck, machen Sie halt die Bleibatterie.

Die Bleibatterie hat mehr als 50 Prozent des Weltmarkts der Batterien hintus.

Das heißt, wenn CATL schafft, ein konkurrenzfähiges System auf den Markt zu bringen, dann haben die mal vom Staat weg mehr als 50 Prozent des Weltmarkts der Batterien hintus.

Muss man sich mal vorstellen.

Und dann wollen sie halt noch, Stationärbereich, Großbatterien, die erste 1-Megawatt-Stunden-Batterie läuft bereits in China, in Tichuan.

Hat einen Spin-off von der Universität, die haben einfach mal 1 Megawatt an Batterien hergestellt und das ist jetzt ein Hilfsaggregat zur Netzstabilisierung, Netzspeicher.

Das wird dann auch kommen.

Die Batterien sind halt deutlich billiger und woran wir halt noch arbeiten müssen, ist die Lebensdauer, gerade für den stationären Bereich.

Warum, was ist da das Problem?

Naja, also von außen betrachtet ist es so, dass die Batterien mit der

Zeitspeicherkapazität verlieren.

Und das hat verschiedene Ursachen, die man zum Teil auch noch gar nicht so genau kennt.

Ein Teil liegt an der Anode, liegt der Hase im Pfeffer, weil die Anoden, also der Minuspol, die machen das so, dass sie beim B- und Endladen, die bilden so ein dünnes Schutzhäutchen, um sich vor dem Angriff des Elektrolyten zu schützen.

Der zersetzt sich so ein bisschen und lagert sich dann außen so als dünnes Häutchen ab.

Und das ist bei der Lithium-Ionen-Batterie relativ stabil.

Und bei der Natrium-Ionen-Batterie ist es nicht so stabil.

Es ist einfach so, dass der Elektrolyt, wenn er direkt auf den Minuspol trifft, ist er instabil.

Das heißt, er zersetzt sich so ein bisschen und diese Bruchstücke, die lagern sich dann auf der Oberfläche ab und bilden so eine Passivschicht, die allerdings von den Ionen durchdrungen werden kann.

Das ist das sogenannte SEI, Solid Electrolyte Interface, bei der Lithium-Ionen-Batterie.

Und beim Natrium passiert es auch, bloß diese Schicht ist anscheinend stärker löslich.

Ein Elektrolyt ist nicht so stabil, blättert immer wieder ab.

Und dann kommt wieder ein neuer Elektrolyt, der sich mit der Oberfläche in Kontakt befindet und reagiert.

Dann lässt der Elektrolyt dadurch nach.

Und wir müssen zum Beispiel Wege finden, wie man den Effekt deutlich abschwächen oder verhindern kann.

Das heißt, wir müssen versuchen, künstliche Schichten zu erzeugen oder Zusätze zu entwickeln, die sich dann an der Oberfläche ablagern und eben so ein stabiles Häuschen bilden.

Das ist ein Teil der Forschung.

Der andere Teil bezieht sich auf den Pluspol, wo es einfach so ist, dass je nach Speichermaterial, dass es da zu Umwandlungen in das Material kommt.

Das heißt, die Struktur des Materials verändert sich ein bisschen, wenn das Natrium reinkrabbelt.

Das Natrium braucht ja auch Platz.

Das fährt so ein bisschen die Ellbogen aus.

Und dann sagt das Material, naja gut, ich fühle mich jetzt eigentlich in einer anderen Struktur wohler.

Und dann ändert sich die Struktur.

Und das kann halt passieren, dass es da zu Zuständen kommt, wo das Ganze nicht mehr so freiwillig zurückgeht.

Und dadurch ist es halt auf lange Sicht auch möglich, dass auch auf der Pluspol-Seite da ein Abbau stattfindet.

Das ist aber nur ein mögliches Beispiel.

Also es hängt dann tatsächlich vom Material ab, was da genau passiert.

Wie sieht es denn mit Recyclingfähigkeit aus?

Ich bilde mir jetzt ein, dass zum Beispiel die Natrium-Materie besser recyclingfähig ist als die Lithium-Batterie und das vielleicht daher dann ein Vorteil ist.

Also dass ich gar nicht so ein großes Problem damit habe, die in kürzeren Zyklen zu ersetzen.

Hängt ein bisschen vom Prozess ab, wie sie das machen.

Also der klassische Weg des Recyclings, ich nenne es mal vorab, es gibt ja immer so wieder irgendwie die Behauptung, ja, da gibt es kein Batterie-Recycling und sowas.

Ich glaube, da gibt es eine Landkarte, die die Fraunhofer-Gesellschaft erstellt hat.

Ich glaube, es gibt in Europa 38 Batterie-Recycler.

Das ist eine ganze Menge.

Einer der größeren sitzt in Belgien, die Firma Umicore, die auch viel mit Kobalt gemacht hat in der Vergangenheit.

Die haben einen Hochofen für 50.000 Tonnen pro Jahr.

Die Batterien, die da angeliefert werden, werden geschreddert, werden dann aufgeschmolzen und dann kommt unten erstmal so ein großer geschmolzener Metallblock raus.

Da sind die ganzen Schwermetalle drin, also Kupfer, Kobalt, Nickel, Eisen und die

Leichtmetalle, die sind in der Schlacke, wie Lithium oder Aluminium.

Im Augenblick ist es so, dass das Lithium eigentlich nicht recycelt wird, sondern es wird als Zuschlagstoff in Beton und Straßenbau verwendet, die anderen Metalle schon.

Jetzt ist es aber so, es gibt eine neue Batteriedirektive der Europäischen Union seit März und die sieht vor, dass bis 2025 90 Prozent der Batterien recycelt werden müssen.

Und das ist jetzt die Frage, wie man das macht.

Gerade bei den neuen Chemien, da ist es ja nicht mehr so, dass die Batterien besonders werthaltig wären.

Also so ein Recycler, wenn da ein Haufen Kobalt drin ist, dann sagt er natürlich "her damit".

Dann holt er das Kobalt heraus und verkauft es.

Gibt es auch im Supermarkt.

So ist es.

Das heißt, das muss dann anders gemacht werden.

Die Batterien werden billiger sein einerseits, aber sie müssen halt auch recycelt werden.

Und das ist dann eine Sache, wo dann die Politik auf den Plan kommt, die das Ganze regelt.

Dass es im Prinzip möglich ist, das sehen wir ja an der Bleibatterie, die wird ja zu 98 Prozent recycelt.

Das ist ein System, was funktionieren kann.

Es ist halt nur bei der Lithium-Ionen-Batterie bisher da eigentlich von regulatorischer Seite nicht viel passiert.

Und das hat sich jetzt gerade geändert und das wird auch in die neuen Systeme eingreifen.

Da wird man es eh so machen, dass man versucht, diesen sehr energieaufwendigen Hochofenprozess nicht zu fahren, sondern das wäre also eher so, dass die Batterie von einem Roboter geöffnet würde.

Das Innere werden diese beschichteten Folien rausgeholt, abgestreift.

Und das ist dann die sogenannte schwarze Masse, Black Mass.

Und das ist dann praktisch das Ausgangsmaterial für die weitere Verfeinerung in der chemischen Industrie, die dann wieder aufbereitet wird.

Aber das heißt, man muss dann nicht mehr alles einschmelzen und verbrennen und sowas, sondern man würde praktisch die Materialien belassen, wie sie sind und dann halt nochmal aufarbeiten.

[HT] Wir hatten es ja jetzt mehrmals schon mit Geschichten rund um Elektromobilität, also Reichweitenangst, Nachhaltigkeit, Recycling und so.

Das hatten Sie alles auch schon mal im geladen Podcast vom KIT aufgedrösel.

Ich drehe darum, das einfach mal um und frage, welche Geschichten, die wir uns über die E-Mobilität, oder welche Mythen, die wir uns über die E-Mobilität erzählen, welche stimmen denn dann überhaupt?

[SD] Jetzt fragen Sie mich was.

Also die Mythen... [HT] Was sind die Nachteile des elektrischen Antriebes aus Ihrer Perspektive an der Batterieforschung jetzt?

[SD] Na ja gut, es gibt so ein paar Baustellen, an denen im Augenblick gearbeitet wird.

Das eine ist nach wie vor die Frage, wie kann ich das System möglichst schnell beladen, wobei man das ja oft gar nicht braucht.

Also 15 Minuten... Also wenn ich jetzt mit dem Auto an so einem Schnelllader ranfahre, dann ist das irgendwie, je nach Auto fährt man da irgendwie so rückwärts an den Schnelllader hin.

Der Schnelllader spricht bereits mit dem Auto und das Auto macht dann schon mal freudig die Tankklappe auf hinten und dann muss man nur noch außen rumlaufen und das Ding reinstellen.

Der Rest passiert von alleine.

Und wenn ich jetzt an die Tankstelle fahre und Benzintanke, dann muss ich erstmal auch warten, bis ich da bei den drei, vier Tanksäulen da an die Reihe komme.

Dann tanke ich ein paar Minuten lang und dann stehe ich in der Warteschlange vor der Kasse und warte, dass der Kollege vor mir seine zwei Latte Macchiatos kriegt.

Und das dauert auch.

Wie ich mich gestern beim Tanken beobachtet?

Ja, sehen Sie.

Das ist exakt das.

Und die Kaffeemaschine war kaputt.

Ja, auch noch.

Oder die Stange Zigaretten oder was auch immer.

Also das sind alles so Sachen, die ändern sich.

Ich habe hier einen Kollegen, der sagte, er ist da irgendwo nach Kopenhagen gefahren auf eine Konferenz mit seinem Tesla und ist dann irgendwo im Rheinland rausgefahren.

Da sagte er, er ist irgendwie auf die Toilette verschwunden, hat danach noch einen Kaffee getrunken und dann hat sich schon seine App gemeldet, weil er Overtime hat, weil die Kiste voll ist und weil er, wenn er jetzt länger steht, noch zahlen muss, weil er die Ladesäule blockiert.

Und also so unmenschlich ist das nicht mehr.

Es hängt allerdings davon ab, welches Fahrzeug Sie fahren.

Das ist nach wie vor so.

Da kann ich nur jedem empfehlen, tatsächlich auf Schnellladefähigkeit zu achten.

Das ist genau, wie Sie sagen.

Sie brauchen nicht unbedingt 1000 Kilometer Reichweite.

Vier oder 500 tun es auch.

Und wenn Sie da schnell laden können, dann ist das überhaupt kein Problem.

Ich fahre ja hier auch noch einen alten Verbrenner.

Ich habe noch einen alten Alfa Spider, den ich auch nicht so gerne loslasse.

Der hat auch nur 500 Kilometer Reichweite.

Das geht alles.

Das ist kein Ding mehr.

Eine andere Sache, was natürlich auch noch ein Thema ist, ist die Sicherheit.

Aber da hat sich auch schon viel verbessert.

Also angeblich, sagen die Versicherer, brennt pro zugelassene Fahrzeugzahl ein Elektroauto 20 mal seltener als Verbrenner.

Das Problem ist ein bisschen, dass sie schwer...

Das hört man am Stammtisch auch anders.

Das hört man auch anders, ja.

Weil halt auch immer, wenn mal ein Elektroauto brennt, ist das eine Riesensensation.

Dann kommt das in allen Medien.

Dass am Tag 40 Verbrenner brennen, ist eher, wenn halt mal irgendwie Leute zu Schaden kommen oder mitverbrennt oder sowas.

Ich sage mal so, es wird halt gesagt, naja, Elektroauto kann man so nicht so schnell löschen.

Das ist auch sicher richtig.

Nur haben sie mal so einen richtig brennenden Diesel versucht zu löschen?

Glücklicherweise musste ich das noch nie tun.

Das sehen sie.

Und das ist nämlich auch nicht einfach.

Also ich kenne von diesen gelöschten Fahrzeugen eigentlich nur Bilder, bei denen so eine Stahlgrippe übrig ist.

Das unterscheidet sich nicht wesentlich.

Und die Schweizer Eidgenössische Materialprüfanstalt hat Versuchsbrände gemacht mit Fahrzeugen, auch Elektrofahrzeugen, in Modelltunnels, um zu gucken, ob da der Tunnel beschädigt würde.

Die haben festgestellt, ein Elektrofahrzeug brennt von der Brandlast her ähnlich wie ein Verbrenner.

Während beim Elektroauto halt dieser Elektrolyt da drin ist, der brennbar ist wie Benzin, hat man halt im Verbrenner das richtige Benzin drin.

Wenn ich da 50 Liter drin habe oder Diesel, das brennt auch ordentlich.

Aber die Imper hat gesagt, naja, das ist noch nicht mal das Entscheidende.

Entscheidend ist, dass die modernen Fahrzeuge große Anteile haben an Kunststoffen in der Karosserie und im Innenraum.

Und das ist entscheidend für die Brandlast.

Und gut, bisher war es immer so, da hat man gesagt, naja, man muss dann so einen Container bereitstellen mit Wasser und taucht dann das Auto da ein.

Es gibt mittlerweile auch andere Lösungen.

Also ich habe es gerade gesehen, dass man jetzt so eine speziell entwickelte Brandschutzdecke verwendet, die man einfach über das Auto wirft und das Ganze wohl erstickt.

Schauen wir mal.

Also da tut sich wohl auch einiges.

Sie sagen mir gerade implizit, dass es nur zwei Argumente gegen Elektroautos gibt.

Das eine ist, dass sie möglicherweise nicht so schnell geladen werden können, wie ich das gerne hätte oder wie ich mir einbilde, das gerne zu haben und dass nicht jeder mal eben 50.000 Euro übrig hat, um sich eins zu kaufen.

Verstehe ich Sie da richtig?

Ansonsten ist das die Technologie der ersten Wahl?

Also vom Preis her wird sich das auch ändern.

Ich meine, was kostet so ein Model 3 irgendwie?

Kostet so viel wie ein Golf.

Also die Preise sind nicht so stark unterschiedlich, wie das immer gesagt wird.

Und die sinken ja auch stetig.

Das ist glaube ich das nächste, was jetzt die Industrie auf dem Radar hat, nachdem man jetzt Batterien bauen kann, wo ich dann die Reichweite, sagen wir mal, mit dem Geldbeutel entscheide beim Kauf.

Und nächstes Jahr BYD ein Model rausbringen will mit 1000 Kilometer Reichweite, dann ist das Thema gegessen.

1000?

Ja, das Thema ist also in Kürze durch.

Und dann kommt es halt vor allem darauf an, die Kosten zu senken.

Und das ist eben durch die neuen Materialien und Fertigungstechnologien, die weniger energieaufwendig sind, die deutlich weniger Teile brauchen, ist das auch bereits in der Mache.

Das heißt, es wird passieren.

Und dann gibt es eigentlich keinen Grund mehr, kein Elektroauto zu kaufen.

Aber ist es denn dann überhaupt, also angesichts dieser rasanten Entwicklung, die da stattfindet, ist das denn überhaupt sinnvoll, dass ich mir heute ein Elektroauto kaufe?

Das ist ja übermorgen, wenn nicht sogar morgen, schon in einer solchen Weise veraltet, dass ich überhaupt nichts mehr dafür bekomme auf dem Gebrauchtmarkt.

Naja, das ist eine gute Frage.

Das haben sich wahrscheinlich die Leute auch gefragt, als sie 1920 einen Verbrenner gekauft haben.

Es gibt immer natürlich Argumente, das nicht zu tun.

Absolut.

Wobei ich sagen muss, ein Freund von mir, der hat, die haben noch ein Haus irgendwie in Spanien, das ist ein Vielfahrer, der fährt irgendwie immer von Ulm nach Valencia oder sowas, hat sich jetzt extra deswegen ein Tesla Model S gekauft von 2017, weil damals war der Strom noch kostenlos.

Das heißt, die haben das Auto verkauft mit praktisch lebenslanger Ladegarantie.

Er hat es übernommen, da hatte die Batterie noch 97% Restkapazität.

Das hat sich in zwei, drei Jahren amortisiert.

Also immer die Frage, wie man es macht.

Natürlich kann man immer warten.

Also wir haben ja hier in unserem Institut auch Elektrofahrzeuge, mit denen wir dann halt für Institutszwecke unterwegs sind.

Und ich muss sagen, der Fahrspaß oder die Fahrerei ist eine ganz, ganz andere als... Da kann man gar nicht drüber reden.

Ja, also jeder, der das mal gemacht hat.

Ich habe ja meinen alten super tollen Spyder, den ich nicht missen möchte.

Aber immer wenn ich mal eine Woche lang elektrisch gefahren bin und setze mich dann wieder in meinen Spyder, der ja auch nicht unflott ist, denke ich, Mann, Mann, Mann, was für eine Ölmühle.

Da musst du erst mal auf 3000 Umdrehungen hochjubeln, bis da mal was geht.

Und ich hatte vorher, die ganze Zeit hatten wir einen Opel Ampera E, was ja wirklich ein kreuzbraves Elektrofahrzeug ist.

Ist der Ampera der mit dem Range Extender?

Da gab es früher einen.

Der hatte eine 400 Kilometer Batterie.

Das war gut.

Und wenn ich mit dem mit 50 km/h durch die Stadt kruse und ich komme in eine Situation, wo ich dann mal das Pedal durchdrehen muss, dann drehen die Räder durch.

Das ist mir beim Spyder noch nie passiert.

Also das ist einfach dieser direkte Anzug und gleichzeitig verbunden mit dieser wunderbaren Stille.

Auch gerade wenn ich so übers Land segle, das ist einzigartig.

Das möchte man nicht mehr missen, wenn man es mal gemacht hat.

Und das ist ein Argument auch heute schon elektrisch zu fahren.

Außer sie haben noch vor ein bisschen die Welt zu retten.

Auch dann gäbe es ein Argument sofort auf elektrisch umzusteigen.

Tatsächlich?

Ja, natürlich.

Also ich habe, ich mache mal konkret.

Ich habe das Problem, ich fahre eine Vespa.

Das ist ein Verbrennermodell.

Die ist sechs Jahre alt und ich hätte mir, ich würde mir gerne einen in etwa gleichwertigen, also von den Leistungen her gleichwertigen Elektroroller kaufen.

Jetzt habe ich das Problem, also ich habe irgendwo eine Studie gefunden, aus der habe ich mir dann rausgepopelt, dass ich alleine um den CO₂-Ausstoß bei der Herstellung dieses Elektrorollers und dem Transport zu mir, um das mit meinem Verbrenner hinzukriegen, könnte ich mit meinem Verbrenner noch sechs bis neun Jahre weiterfahren.

Sollte ich das Ding trotzdem ersetzen?

Naja, also wenn ich, also man muss ein bisschen unterscheiden.

Es gibt ja, es gibt ja das Argument, dass man, dass man gebraucht Geräte eigentlich möglichst lange nutzen soll.

Ja, das ist auch richtig.

Das gilt, ich sage mal, für einen Kühlschrank oder Bohrmaschine uneingeschränkt.

Auch wenn es jetzt irgendwie einen Kühlschrank gibt, der ein paar Prozent einspart.

Beim Verbrenner ist es so, dass ich so viel Kraftstoff ständig durch den Auspuffblase, dass es eigentlich zu jeder Zeit Sinn machen kann, auf elektrisch

umzusteigen.

Also ich weiß nicht, was für eine Studie das genau war, was die gerechnet haben.

Ich weiß es nicht mehr.

Aber wenn Sie, wenn Sie mal anschauen, wie dieser CO₂-Rucksack aussieht, das hängt natürlich von der Größe des Fahrzeugs ab und vom Baujahr.

Das schwankt zwischen aktuell, sagen wir mal, 30.000 Kilometer, die man fahren muss, also die man elektrisch fahren muss, um diesen Rucksack abuarbeiten, bis 8.500 Kilometer.

Es gibt Tesla an, die standen für die neuen Model S, die ja unter Verwendung auch von viel Grünstrom hergestellt worden sind.

Das ist eine recht große Spannbreite.

Aber ich sage mal, Sie haben nach einem Jahr haben Sie einen Zustand erreicht, wo Sie auf alle Fälle besser fahren.

Obwohl mein Verbrenner als Gebrauchtfahrzeug noch weiter existiert?

Ja.

Aber die Kilometer fährt das Ding ja trotzdem.

Ja, es geht ja darum, dass Sie den Kraftstoffausstoß hier mit berücksichtigen.

Und der ist halt dramatisch höher beim Verbrenner.

Im Augenblick beim Elektrischen haben Sie einen gewissen Gestehungsaufwand durch die Erzeugung der Batterie.

Und Sie haben einen CO₂-Anteil, der dadurch kommt, dass der Strom eben nicht 100 Prozent grün ist.

Selbst wenn der Strom 100 Prozent grün wäre, hätten Sie immer noch einen gewissen CO₂-Anteil.

Also Sie müssen ja die Windräder und die Photovoltaik herstellen.

Das ist aber klein.

Und im Augenblick, ich sage mal so, Sie haben beim Elektroauto brauchen Sie vielleicht 16, 18 Kilowattstunden pro 100 Kilometer.

Das entspricht ganz grob gerechnet 1,6 bis 1,8 Liter Diesel oder so was.

Ein bisschen anders, aber so grob.

Und dann ist der Strom ja zum Teil nur noch aus fossilen Quellen.

Das ist ein bisschen mehr als ein Drittel zur Zeit.

Also haben Sie etwa 0,6 Liter fossilequivalent, was Sie auf 100 Kilometer im Betrieb verbrauchen.

Und im Verbrenner brauchen Sie halt 6 Liter.

Das ist schon ein Unterschied.

Die Rechnung wird dann nochmal ein bisschen anders, wenn man den CO₂-Rucksack bei der Herstellung mit einbezieht.

Das ist völlig korrekt.

Aber am Ende ist es so, wenn Sie jetzt die letzten Daten zu Hilfe nehmen, die von

dem ICCT letztes Jahr veröffentlicht wurden.

Das ist eine Studie, die auch global die ganzen Strommixe noch in Betracht zieht.

Dann kommen Sie etwa hin, dass über die Lebensdauer geurteilt, das Batteriefahrzeug etwa Faktor 3 bis 4 weniger CO₂ ausstößt als der Verbrenner.

Trotzdem wäre es besser, ich würde meinen alten Roller verschrotten und nicht als gebrauchten verkaufen.

Bei der reinen, also nicht verschrotten, recyceln.

Was ja was verschrotten oft beinhaltet.

Da gibt es eine schöne Grafik, die der Guardian mal veröffentlicht hat.

Die haben gesagt, wenn ich jetzt ein Batteriefahrzeug verschrotte und recycle, ist da etwa 30 Kilogramm nicht recycelbares Material.

Wenn ich den Verbrenner über seine Laufzeit betrachte, dann habe ich 17 Tonnen nicht recycelbares Material.

Und das liegt halt an dem ganzen Kraftstoff, der eben noch nicht recycelt wird und der damit in die Bilanz eingeht.

Jetzt forschen Sie ja an den Energiespeichern der Zukunft.

Haben wir über die eigentlich schon geredet?

Weil ich kann mir nicht vorstellen, dass bei Natrium Ende der Fahnenstange ist.

Sie machen mir Hoffnung.

Und ich kann mir auch nicht vorstellen, dass bei Metallen Ende der Fahnenstange

ist.

Vielleicht gibt es ja noch was cooleres.

Naja, es gibt schon andere Systeme.

Wir haben vor kurzem mal so eine Arbeit veröffentlicht, wo wir mit Porphyrin gearbeitet haben als Speichermaterial.

Porphyrin ist sehr häufig.

Es ist eines der häufigsten Moleküle in der Natur.

Also unser Blut, das Hämoglobin, hat eine Porphyrin-Struktur.

Das Chlorophyll da draußen, da sitzt ein Magnesium in der Mitte in unserem Blut, sitzt ein Eisen in der Mitte.

Wenn Sie ein Kobalt in der Mitte sitzen haben, dann heißt das Ding Vitamin B12.

Und wenn Sie ein Kupfer in der Mitte sitzen haben, dann ist das der blaue Blutfarbstoff von Spinnen und Krebsen.

Und wenn Sie das nehmen, leicht chemisch modifiziert, dann haben Sie ein Speichermaterial, was innerhalb von einer Minute be- und entladen werden kann und was eine recht gute Speicherkapazität hat.

Das Problem ist, es ist recht teuer herzustellen, obwohl es eigentlich eine sehr einfache Grundstruktur hat.

Aber Sie müssen es so modifizieren, dass es aufwendig wird, also im Augenblick zumindest.

Und das andere Problem ist, diese ganzen organischen Materialien, die sind halt

sehr leicht.

Das klingt wie ein Vorteil, ist aber in der Praxis ein Nachteil, weil leichtes Material heißt, das gleiche Gewicht braucht ein höheres Volumen, ganz genau.

Das heißt, die Batterien werden zwar vielleicht leichter, aber größer.

Für bestimmte Anwendungen kann ich das machen, Stationärbereich oder sowas.

Aber für so hochperformante Anwendungen wie zum Beispiel ein Handy oder ein Auto, da macht es eher nicht so Sinn.

Insofern werden wir wahrscheinlich nicht um die Metalle herumkommen, nach heutiger Sicht.

A1: Ein Ding gibt es ja auch noch, also ein dieser Mythen, wobei ich nicht weiß, ob es ein Mythos ist bei der Elektromobilität.

Es ist ja gar nicht genug Strom da.

Alle kommen um 18 Uhr nach Hause und schließen dann ihre Elektrofahrzeuge an die Ladebuchse an.

Dann bricht in Deutschland das Stromnetz zusammen.

Was ist denn da dran?

B2: Ja, und überhaupt.

Also interessanterweise kommt dieses Stromargument oft von Seiten Leuten, die jetzt stattdessen viel lieber ein Wasserstoffauto fahren würden oder mit den sogenannten E-Fuels.

Jetzt ist es aber so, was da oft nicht bedacht wird, ist, dass man für die Herstellung von Wasserstoff drei bis viermal so viele Windräder aufstellen müsste und für die Herstellung von E-Fuels sieben bis achtmal so viele Windräder mindestens.

Oder man kann auch sagen, ich kann mit einem Elektroauto, um noch ein Elektroauto, gleichen Strom drei Elektroautos mit Batterien betreiben, aber nur eins mit Wasserstoff.

Das wird oft übersehen, dass diese ganzen Techniken strombasiert sind.

Das heißt, wenn wir für Batterie elektrische Probleme haben, dann haben wir es für die anderen sowieso.

Das, was Sie jetzt gemeint haben, ist die Frage, ist das Stromnetz, wird das Stromnetz nicht überlastet?

Ich glaube, wenn wir das Stromnetz so lassen, wie es im Augenblick ist, dann ja.

Dann wird es hier und da zusammenbrechen.

Da gibt es auch Beispiele schon in sehr schwach ausgestatteten Wohngebieten oder so was, dass es da zu Schwierigkeiten kommt.

Aber es gibt halt auch Untersuchungen von der EnBW zum Beispiel, Stromversorger, dass man auch problemlos mehr Familienhäuser mit einer Tiefgarage mit Wallboxen ausstatten kann, ohne dass es da zu Verwerfungen kommt.

Das ist bei bestehenden Anschlüssen.

Ich glaube, das hängt dann tatsächlich regional davon ab, wie stark oder wie schwach das Stromnetz da gerade auf der Brust ist.

Was wahrscheinlich erforderlich ist, ist, dass wir einen Ausbau des sogenannten Mittelspannungsnetzes benötigen.

Das ist der Bereich zwischen 10.000 und 30.000 Volt.

Das sind so diese Leitungen, die dann in Städten halt nochmal die Power reinbringen und so was.

Das muss wahrscheinlich ausgebaut werden.

Aber gut, auch das ist machbar.

Was wir vielleicht im Kopf haben sollten, und das entspannt das Ganze etwas, wenn wir jetzt alle 47 oder 48 Millionen Pkw, die wir haben in Deutschland, mit der gleichen Fahrleistung, alle auf elektrisch umstellen, brauchen wir etwa zusätzlich 120 bis 130 TWh pro Jahr.

Unser Strommarkt derzeit sind, ich glaube, 580 TWh.

Das heißt, wir müssen unseren gegenwärtigen Strommarkt um 20% vergrößern, dann können wir komplett elektrisch fahren.

Gleichzeitig brauchen wir ja keine fossilen Kraftstoffe mehr, wir brauchen keinen Benzin mehr, wir brauchen kein Öl mehr.

Und das sind im Augenblick an die 550 bis 600 TWh pro Jahr, die wir dann sparen.

Das heißt, wir brauchen 120 zusätzlich, aber wir sparen wahrscheinlich mindestens 500.

Allerdings sparen wir die ja in einem anderen Aggregatzustand.

Ja, aber das heißt, dass wir letzten Endes hier das größte Energiesparprogramm

laufen haben, was wir uns bisher je vorstellen konnten.

Das sind gigantische Energiemengen, das wird dann umgesetzt auf elektrisch, aber wir brauchen halt dafür die ganzen fossilen Kraftstoffe nicht mehr.

Wir verringern auch unsere Abhängigkeiten, das ist auch ganz klar.

Und wenn man jetzt bedenkt, dass wir diese 48 Millionen Pkw binnen den nächsten 20 Jahren wahrscheinlich einführen werden, dann heißt das, wir müssen pro Jahr etwa 1% im Schnitt zubauen.

Im Augenblick sind es, glaube ich, real 4 bis 5%, die zugebaut werden.

Es ist machbar.

Jetzt fehlt mir nur noch ein guter Grund, mir ein Auto zu kaufen und die 40.000 Euro für das Auto, das ich mir dann kaufen wollen würde.

Maximilian Fichtner, vielen Dank!

Ja, ich bedanke mich für die Einladung.

Vielen Dank auch.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.

Vielen Dank.