

**9. Feb. 11.45.51**

## **RES013\_Roel\_van\_de\_Krol**

Ich bin Holger Klein und heiße euch willkommen zum Forschungspodcast der Helmholtz-Gemeinschaft.

Resonator Ich bin am Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie in Berlin und rede mit Roel van de Krol.

Habe ich das richtig ausgesprochen?

Ja, das ist prima.

Er ist Materialwissenschaftler und Leiter des Instituts Solare Brennstoffe.

Genau.

Was sind solare Brennstoffe?

Solare Brennstoffe sind Brennstoffe, die wir eigentlich herstellen mit der Energie der Sonne.

Also man kann natürlich Öl und Kohle aus der Erde holen.

Aber das ist dann natürlich nicht...

Aber ist das nicht auch ein solarer Brennstoff?

Ja, letztendlich haben Sie natürlich recht.

Das ist auch ein solare Brennstoffe, aber das ist von Millionen Jahren hergestellt.

Und das nützen wir, das verbrauchen wir jetzt alle in 100 Jahren oder so oder 200 Jahren.

Und dann ist das Schluss, dann gibt es die nicht mehr.

Also wir sollen jetzt neue Brennstoffe machen, die langfristiger verfügbar sind.

Was für Stoffe wären das denn?

Also sind denn nicht Bäume auch solare Brennstoffe?

Ja, natürlich.

Also die wachsen unter Sonnenlicht und hinterher kann ich sie verfeuern?

Ja, da haben Sie natürlich recht.

Das können wir machen, aber es ist nicht so effizient.

Also da brauchen wir viel Platz, um das zu machen.

Und das ist nicht so einfach.

Also wir suchen andere solare Brennstoffe.

Also zum Beispiel Wasserstoff.

Das ist etwas.

Einer von unseren Hauptthemen ist, dass wir Wasser spalten wollen.

Spalten zu Wasserstoff und Sauerstoff.

Und die Wasserstoff können wir dann nutzen, um entweder zu verbrennen oder

in einem Verbrennungsmotor oder etwas kontrollierter zu verbrennen in einem Fuelcell, also einem Brennstoffzellen, das wir da aus Elektrizität erzeugen und dann die Elektrizität nutzen, um zum Beispiel einen Elektromotor anzutreiben.

Können wir denn nicht direkt Strom erzeugen und den in den Elektromotor tun?

Können wir natürlich auch tun.

Wir haben natürlich Solarzellen, also Solarpanels.

Aber das reicht eigentlich auf zwei Gründen nicht.

Also wenn man so eine Solarzelle auf dem Autodach baut, dann haben wir einfach nicht ausreichend Oberfläche.

Also da kriegt man nicht genug Energie raus.

Und das zweite Problem ist natürlich, dass wenn es Abend wird, dann geht die Sonne aus und dann wird das Auto langsamer.

Dann wird das Auto langsamer und dann halt alles.

Und das ist natürlich auch nicht klo.

Also wir brauchen etwas, um die Energie, die wir dann, wenn die Sonne scheint, erzeugen, um die zu speichern.

Das ist eigentlich der Punkt.

Und dafür kann man chemische Speicher nutzen.

Und chemische Speicher sind eigentlich Fuels, also Brennstoffe.

Brennstoffe.

Ja.

Haben wir da eigentlich noch was anderes als Wasserstoff?

Also Wasserstoff ist auch das Einzige, was ich so höre.

Das ist der Wasserstoffantrieb und was da alles so.

Nein, es gibt noch mehr Möglichkeiten.

Also man kann natürlich auch die Wasserstoff reagieren lassen mit Kohlenstoff.

Also im einfachsten Fall mit CO<sub>2</sub>.

Und da zum Beispiel Methanol machen.

Also die einfache Form, die giftige Form von Alkohol.

Das ist das, was blind macht, wenn man selber brennt.

Genau, genau.

Und das ist auch was, was Leute in Autoracing nützt.

Ach, Brennwagen betankt man mit Methanol?

Nicht alle, aber da gibt es die, die auf Methanol brennen, weil das dann sehr viel kräftiger ist wie normaler Benzin.

Wenn wir Wasserstoff benutzen, hat das dieselbe, wie nennt man das, Energiedichte, wie Benzin oder ist das weniger?

Ja, das ist natürlich die größte Herausforderung bei dem Wasserstoff.

Also das hat von den, wenn man es auf Masse bezügt, hat es eine sehr höhere Energiedichte.

Also pro Kilogramm gibt es da riesen viel Energie.

Also etwa, ich glaube, dreimal mehr wie Benzin.

Aber das Volumen ist natürlich das Problem, weil Wasserstoff ist ein Gas.

Und ein Gas ist eigentlich nicht so dicht.

Und deshalb ist das das Problem.

Das heißt, ich brauche hohen Druck, um das Volumen zu verringern.

Ja, man braucht entweder einen hohen Druck oder man kann das flüssig machen, also sehr niedrige Temperaturen.

Das ist natürlich auch schwierig, weil man muss das dann thermisch sehr gut isolieren.

Oder man kann das eigentlich auch in ein Absorbermaterial speichern.

Aber das ist sehr schwierig, um das zu machen.

Und man muss, also ich weiß nicht, wie es bei diesem Absorbermaterial ist, aber bei niedrigen Temperaturen und hohen Druckverhältnissen, das braucht man ja auch wieder sehr viel Energie, um das herzustellen.

Natürlich.

Das heißt, ich habe einen irren Verlust, um das Zeug kompakt zu bekommen.

Genau.

Man flieht irgendwo 25 bis 30 Prozent von der Energieinhalt, um das nur zu kompromieren oder abzukühlen.

Und wenn ich das in Absorbermaterialien einbringe, fliege ich dann genauso viel?

Nein, da fliegt man weniger.

Man hat natürlich immer Fluster.

Das ist immer so, leider.

Aber viel weniger.

Aber das ist nicht so einfach, um das so zu machen, dass es auch wirklich aus dem Punkt der Energiedichte reicht.

Was für Materialien wären das?

Das ist ein bisschen außer meinen Expertisenfeld.

Aber man kann das zum Beispiel in Metallen speichern.

Also man kann natürlich auch in die Geschäfte Batterien kaufen, die man neu laden kann.

Das sind Nickel-Metallhydrid-Batterien.

Also Metallhydriden können sehr viel Wasserstoff speichern.

Das ist ein Wasserstoffspeicher?

Ach so?

Ja.

Also zum Beispiel in Magnesiumhydrid kann man, also das ist eigentlich wunderbar, kann man mehr Wasserstoff speichern.

Also kann die Wasserstoffdichte, die Wasserstoffatomen können dichter aufeinandersetzen, dann wie in flüssiges Wasserstoff.

Das ist eigentlich ganz fremd, aber das geht.

Das Problem ist natürlich, um das Wasserstoff also reversibel in die Metallgitter reinzukriegen.

Und das ist nicht einfach.

Das geht dann zum Beispiel rein, aber das kommt dann nicht einfach wieder raus.

Und das ist natürlich ein Problem.

Was ist genau Ihre Expertise?

Also meine Expertise ist eigentlich Materialien, um die mit Licht Wasser spalten.

Also unser Traum zum Beispiel, um das mal so zu sagen, ist, dass wir ein Material haben, das wir in Wasser stellen und dann Licht drauf scheinen und dann das Material absorbiert das Licht und setzt das dann um in chemische Energie und spaltet das Wasser dann in Wasserstoff und Sauerstoff.

Das ist eigentlich das.

Mein Traum ist, zum Mars zu fliegen.

Wie weit sind Sie, also ich bin davon mein Leben lang entfernt, wie weit sind Sie davon entfernt, so ein Material zu finden?

Ja, wir können das machen.

Ach, Sie können das schon machen?

Ja, wir können das schon.

Wir können Wasser spalten.

Das ist auch gar nicht so schwierig.

Also die Herausforderung ist natürlich, um das so zu machen, dass das ökonomisch Sinn macht.

Also wenn man da sehr teure Materialien oder sehr komplizierte Systeme nützt, ist das natürlich schwierig.

Aber die einfachste Sache, was man natürlich so machen kann, ist, man kann eine Solarzelle kaufen, man kann eine Elektrolyse-Cell kaufen und die zwei miteinander verknüpfen und dann kann man Wasser spalten.

Nein, ich dachte jetzt eher an irgendwie so etwas Cooles, also irgendwie so einen Stein, den ich in Wasser lege und dann passiert da was.

Ja, das ist zum Beispiel, was wir gerne machen.

Aber woraus besteht der Stein?

Ja, das sind Halbleitermaterialien und Katalysatoren.

Das ist auch so gerade auf dem Grenzfläch von Physik und Chemie.



Da müssen wir eine Halbleiter haben, die das Licht dann, also die Photonen, die Lichtteilchen, einfängt, absorbiert und dann transformiert in also energiereiche Elektronen.

Und mit den Elektronen können wir dann chemische Reaktionen machen an das Oberfläch.

Die Oberfläche.

Wenn die ökonomischen Bedingungen noch nicht so sind, gibt es irgendwie ein Zahlenverhältnis?

Also was kostet es uns, ein Kilogramm Wasserstoff herzustellen?

Ja, also jetzt kann man natürlich Wasserstoff einfach kaufen.

Also das ist ein Nebenprodukt von die fossilen Brennstoffe, also von Öl und so.

Also jetzt ist das eigentlich ganz billig.

Aber wenn die fossilen Brennstoffe nicht mehr da sind, dann müssen wir das anders machen.

Man kann natürlich heute auch Wasser spalten mit also zum Beispiel, wenn man eine Solarzelle nimmt mit einer Elektrolysezelle, dann kostet das so sag mal die USA hat da Schätzungen gemacht, also acht Dollar pro Kilogramm.

Und das ist eigentlich zu viel.

Ja, das wäre ein Liter Benzin für acht Dollar, ne?

Nee.

Ja, zum Beispiel.

Wenn die Energiedichte höher ist, dann wäre es, obwohl dann käme es doch hin, dann wäre es wie ein Liter Benzin, zwei Euro.

Ja.

Aber das muss natürlich auch kompetitiv sein in die heutige Wirtschaft.

Also das muss dann billiger sein.

Also die EU und auch die amerikanische Department of Energy hat Targets gesetzt und die sagen, also das soll im Fall der US weniger als fünf Dollar pro Kilogramm kosten und für die EU ist das weniger als fünf Euro pro Kilogramm.

Das sind also die 2015 Targets.

Und da reden wir über Herstellungskosten.

Da ist dann noch nicht dabei Vertrieb, Lagerung, Speicherung, was es alles gibt.

Das ist eigentlich, was der Konsument also bezahlen. ist das, ja.

Ist das, ich habe kürzlich privat mit jemandem gesprochen, der mit Solar, also mit Elektroautos zu tun hat und er sagte, er glaubt nicht an das Elektroauto.

Was ganz interessant ist, also immer wenn man jemanden spricht, der wirklich Ahnung davon hat, sagt er, nee, das ist Blödsinn, das gibt es nicht.

Glauben Sie, dass wir irgendwann tatsächlich mit Wasserstoff fahren?

So wie wir heute Benzin fahren?

Ja, da gibt es noch viele Herausforderungen.

Sie müssen das glauben natürlich.

Im Prinzip, ja, ich glaube, dass das wirklich möglich ist.

Also technisch bin ich von überzeugt, dass das möglich ist.

Ob das dann auch ökonomisch möglich ist, also entweder das wirtschaftlich Sinn macht, das ist natürlich die große Frage.

Also technisch können wir also sehr, sehr viel.

Technisch ist alles möglich.

Ja, klappt ja gut.

Stimmt auch, dass ich zum Mars fliege.

Genau.

Aber die Wahrscheinlichkeit dass wenn wir heute für 8 Dollar das Kilogramm herstellen können, dass es dann irgendwann für 5 Euro an der Tankstelle ist, die erscheint mir doch sehr hoch.

Ja, also, ja, ich denke, das können wir also.

Woran hängt das denn noch?

Also, was ist gerade das Problem?

Ja, also das Problem ist eigentlich also die Stabilität von den Materialien.

Also wenn man zum Beispiel so eine, sag mal, chemische Zelle macht, die also statt Elektrizität von Sonnenlicht produziert, der Platz Wasserstoff produziert, dann ist das also Chemie mit Halbleiter und das verträgt sich nicht so gut.

Also das ist eigentlich ganz schwierig, um die Materialien so stabil zu kriegen, dass die auch wirklich 10 oder 20 Jahre dauern.

Und das ist eigentlich, das ist eine Herausforderung, die Stabilität von dem Material.

Die andere ist das, um einfach, das billig genug zu machen.

Na gut, das wäre dann eine Frage an die Industrie, wenn die es massenweise herstellen können.

Also wenn sie was finden, dass ich nicht, ich verstehe das richtig, also diese Halbleiter chemischen Dinge, die verbrauchen sich dann sozusagen.

Oder wie muss ich mir das vorstellen?

Ja, die korrigieren eigentlich.

Also es ist genauso, wie man so ein Metall hat und das an der Luft bringt, dann auf einige Zeit fängt das an zu korrigieren.

Und eigentlich kann man sagen, dass, also eigentlich was man tut, ist, wenn man Wasser spalt, dann macht man Wasserstoff und Sauerstoff.

Und speziell die Sauerstoffproduktion ist eigentlich eine oxidative Reaktion. so sehr viel Oxidation, die da gemacht wird.

Und eigentlich muss man dann die kleinen, die Elektronen, also die kleinen Teilchen, die da hin und her gehen, die haben dann eigentlich die Wahl.

Also oxidiere ich denn Wasser oder oxidiere ich das Material selbst?

Und öfters ist natürlich leider so, dass die das Material selbst oxidieren, statt das

Wasser.

Und da kommt auch die Katalyse rein.

Also wir müssen also Materialien machen, katalytisch aktive Materialien, die da eigentlich dafür sorgen, dass wir nicht das Material selbst korrodieren, aber dass wir die Ladungsträger, die wir da haben, nützen, um Wasser zu spalten.

Was ist Katalyse?

Ja, also Katalyse eigentlich definiert als ein Prozess, also ein Katalysator ist ein Material, was eine chemische Reaktion beschleunigt, ohne dass es selbst verbraucht wäre. also das ist eigentlich was, also die Katalysator bleibt immer da in seinem normalen Zustand, wird also nicht verbraucht.

Haben Sie so einen Katalysator?

Ja, die haben wir.

Also ich meine jetzt nicht grundsätzlich, sondern der es schafft, dass das Wasser oxidiert wird und nicht.

Ja, also das ist, also es gibt viele Katalysatoren, die das machen können.

Also zum Beispiel, also die beste Katalysatoren für die Wasseroxidationsreaktion sind zum Beispiel Iridiumoxid oder Rheniumoxid oder Platin oder so.

Und das sind natürlich seltsame Erdmetallen, die sind also sehr teuer.

Ach so, das sind seltene Erden, was die Chinesen gerade in dem Markt kontrolliert haben.

Genau.

Genau.

Und das ist natürlich, ja, da können wir nicht die ganze Welt von Wasserstoff, können wir nicht ausreichend viel Wasserstoff machen.

Also da haben wir einfach nicht die Platin- oder Iridium Vorraten dafür.

Was machen wir denn stattdessen?

Ja, billige Metallen, billige Materialien.

Das ist auch ein wichtiger Teil unserer Untersuchung, unserer Forschung.

Also zum Beispiel Kobalt oder Mangan oder so diese Materialien, Eisen zum Beispiel oder Nickel.

Wie machen Sie das denn dann?

Also einfach Versuchsanordnung aufbauen und wahllos Metalle reinwerfen und gucken, was passiert.

Nein, man hat natürlich, das ist natürlich schon sehr lange, dass Leute daran arbeiten.

Also wir wissen eigentlich, welche Materialien da gut sind und weniger gut.

Da gibt es natürlich bestimmte Einsichten schon, auch in dem Mechanismus.

Aber da ist noch auch sehr viel, was eigentlich noch nicht gut verstanden ist.

Also wir sind noch nicht jetzt in der Lage, dass wir zum Beispiel in den Computer oder so einfach berechnen, welche Materialien gut arbeiten oder nicht.

Da sind riesen Fortschritte gemacht, aber das dauert noch eine Weile, vor dass

wir wirklich so weit sind, dass wir das wirklich machen können.

Also es gibt keine Modelle, Sie müssen also immer einen Versuch machen?

Ja, man muss immer versuchen und die Theorie zum Beispiel, was man im Computer macht, die hilft dabei, aber letztendlich ist noch immer eine Arbeit im Labor.

Haben Sie einen Verdacht, was für ein Material oder was für ein Metall es werden könnte in Zukunft?

Das wir da als Katalysator einbringen?

Ja, ich denke eigentlich, also da gibt es schon Materialien, wovon wir wissen, dass die gut sind, aber dann ist zum Beispiel, dass die nicht unter jeden Umständen gut sind.

Also das sind Materialien, die zum Beispiel in alkalischer Umgebung oder neutralen Umgebungen sehr gut arbeiten, aber dann nicht zum Beispiel in saurer Umgebung.

Aber das könnte ich doch kontrollieren, wenn ich sage, ich mache irgendwie ein Kraftwerk oder eine Kraftstoffversorgung für das Auto kann ich ja sagen, okay, du bist jetzt halt immer alkalisch.

Ja.

Ich stelle mir das jetzt so einfach vor, also ich schütte halt einfach ein bisschen Seife rein.

Ja, können wir machen.

Tankenseife?

Ja, aber...

Seifenlaugen, sagen wir.

Genau.

Ja, man kann das natürlich machen, aber das hat natürlich auch Einfluss auf die Effizienz und das Halbleitematerial, was wir dann auch nützen.

Stimmt, Seife ist basisch, die ist gar nicht gerecht.

Seife ist basisch, ja, ja.

Ich habe so viel Ahnung.

Stimmt, die Seife würde dann, also angenommen, ich würde Seifenwasser tanken, um das Ganze basisch zu halten, dann würde die Seife wieder irgendein anderes Material angreifen, das da im Spiel ist.

Genau, genau.

Und eigentlich, sauberes Wasser ist natürlich immer das Schönste, wenn man das nützen kann, dann ist das eigentlich, dann gibt es da keine anderen Materialien, die dann die Sache verschmitzen können.

Also sauberes Wasser wäre das Beste, also pH-Neutrales Wasser, das wäre ideal sein.

Aber das Problem mit sauberes Wasser ist natürlich, dass die Leitfähigkeit von das Wasser nicht gut ist.

Und bei den Systemen, die wir für Augen haben, gibt es eigentlich immer zwei Elektroden.



Also an der einen Seite macht man Wasserstoff und an der anderen Seite macht man Sauerstoff.

Man muss das natürlich immer spalten, weil sonst kriegt man, also auf Holländisch sagt man Knallgas.

Knallgas.

Das ist natürlich auch gut.

Gut.

Also das will man natürlich nicht.

Das ist aus Sicherheitsgründen nicht gewünscht.

Also wenn man an einer Seite Wasserstoff macht und an der anderen Seite Sauerstoff, dann gibt es da immer, dass da Ionen, also geladene Teilchen, durch die Flüssigfaser defendieren müssen. und in sauberes, normales Wasser geht das sehr, sehr langsam.

Und das meint dann, dass wir nicht eigentlich große Menge herstellen können.

Also dann geht es eigentlich zu langsam.

Also wollen wir eigentlich Salzwasser haben?

Ja, Salzwasser wäre ideal sein, aber Salzwasser, das korrodiert natürlich.

Genau, also da gibt es immer Trade-offs, sag mal.

Machen Sie Fortschritte?

Also im Sinne von, es geht schon in eine bestimmte Richtung oder stochern Sie

noch im Nebel?

Nein, wir machen eigentlich Riesenfortschritte.

Also genau heute ist eine spannende Zeit, also diese Monate, weil eigentlich wir haben jetzt zeigen können, dass wir so einen neuen, relativ neuen Halbleiter-Material, also einen oxidischen Halbleiter, verwenden können und in Kombination mit einer billigen Silizium-Solarzelle, die wir da hinten gestellt haben, haben wir jetzt fünf Prozent Effizienz.

Also das ist fünf Prozent von der Energie von der Sonne, die können wir nutzen, um dann chemisch Wasserstoff zu machen.

Was war das für ein Oxy, ein Oxy, was?

Ja, das ist ein Oxyd.

Also jeder kennt die normale Halbleiter, also Silizium nicht.

Und das ist das Ding, womit ich mein iPhone lade, wenn ich im Garten sitze.

Genau, das sieht man über auf die Dächer und dann gibt es noch ein paar andere Halbleiter, die man auch schon kommerziell für Solarzellen verwendet.

Aber all diese Materialien sind eigentlich gar nicht stabil im Wasser.

Wenn man die im Wasser macht, reingtut, dann korrodieren die und dann geht es überhaupt nicht mehr.

Also in Minuten ist das dann wirklich abgelaufen.

Ach, das heißt, wenn eine Solarzelle, die auf dem Dach ist, feucht wird, dann ist sie sofort kaputt?

Genau, genau.

Und deshalb gibt es da natürlich Glas am Oberfläch. das zu schützen von dem Wetter. unsere Aufgabe ist auch, um Materialien zu finden, die also Licht absorbieren können, die also wirklich stabil sind.

Und eine der stabilsten Klassen von Materialien sind die Oxiden.

Und eigentlich, das ist also wirklich, was wir am meisten machen, was mir auch am meisten Spaß macht, um neue oxidische Materialien zu finden, die Licht absorbieren können und damit Chemie machen können.

Aber was sind oxidische Materialien?

Also das kann zum Beispiel, also ein schönes Beispiel ist Rost.

Ach, Rost?

Ja.

Ach so.

Also man hat Eisen, wenn man Eisen rausgelegt, dann wird das braun und also das braune Material ist Rost, also man nennt das Eisenoxid eigentlich.

Stimmt, ich erinnere mich, ich bin, ja, ich bin mal sitzen geblieben, weil ich eine 5 in Chemie hatte.

Darum, aber Oxid ist ja immer eine Reaktion mit Sauerstoff.

Genau, genau.

Also ein Metall, was reagiert hat mit Sauerstoff, das ist ein Oxid.

Okay.

Und Eisenoxid ist einer der Materialien, die wir auch wirklich verwenden können, um dann Wasser zu spalten.

Moment, Sie machen aus Rost Strom?

Genau, genau.

Das ist eigentlich toll, nicht?

Wie geht das?

Können Sie das erklären?

Also so, dass so jemand wie ich das versteht?

Ja, das ist also, ja, wir machen dann in einem chemischen oder physischen Prozess, scheinen wir, also stellen wir eine Dünnschicht her von Eisenoxid.

Also das kann man auf verschiedene Arten und Weisen machen.

Also nicht so schwierig.

Und mit der Dünnschicht Eisenoxid, die sieht auch wirklich ein bisschen braun oder rotbraun aus.

Das kann man dann in so einer elektrochemischen Zelle machen, also im Wasser machen.

Und da können wir damit versuchen, an den Oberflächen Wasser zu oxidieren zu Sauerstoff.

Vor allem, wenn Sie das dann ins Wasser tun, dann kann das ja nicht mehr rosten,

weil das ist ja schon Rost.

Genau, genau.

Das ist der Punkt.

Deshalb ist das Eisenoxid eigentlich schon sehr stabil.

Was ist eine Dünnschicht?

Also was bedeutet Dünnschicht?

Ja, so eine Dünnschicht ist so ein...

Dünn ausgewalzt?

Nein, eigentlich also gewachsen.

Das sind alle gewachsenen Dünnschichten.

Also man kann sich...

Kann ich da ein Vorbild geben?

Also zum Beispiel, was man machen kann, ist, dass man...

Also wir machen das ein bisschen anders, aber nur für den Gedanken. man kann Eisenmaterial ganz heiß machen, also heizen zum, sag mal, 1500 Grad oder so, dann wird das Dampf und den Dampf kann man dann auf einem Substrat, so ein Stückchen Glas oder so, kann man da kondensieren lassen und dann hat man so eine Metallschicht und die Metallschicht kann man dann nachher bei Höheren Temperatur an Luft zum Beispiel oxidieren zum Eisenoxid.

Und dann hat man eine Dünnschicht und die Dünnschicht, um eine Idee zu

geben, die sind also etwa 100 Nanometer oder 500 Nanometer, also das ist etwa tausendmal dünner wie ein Menschenhaar.

Und warum erzeugt das dann Strom?

Ja, weil es ein Halbleiter ist.

Ja, aber das wird das dann automatisch zu einem Halbleiter, nur weil ich jetzt Rost verdampfe und auf so einem Glasplättchen kondensieren lasse, davon wird das doch nicht automatisch ein Halbleiter.

Ja, doch, doch.

Also wenn man Eisen macht, also das ist metallisch, also das ist nicht ein Halbleiter, das ist metallisch.

Aber wenn man dann Sauerstoff in das Gitter reinbaut und da Eisenoxid macht, ja Eisenoxid ist einfach ein Halbleiter, wie es Silizium auch ein Halbleiter ist.

Und Halbleiter sind also dann alle Sachen, die unter bestimmten Bedingungen Strom produzieren?

Ja, so kann man das einfach sagen.

Also eigentlich, was man in in einer Halbleiter ist das so, dass man, dass man, also alle Materialien haben Elektronen.

Genau, lass mir jetzt erstmal erklären, was ein Halbleiter ist.

Gut, also alle Materialien haben Atomen und Elektronen.

Und die Elektronen haben in das Material normalerweise, wenn es dunkel ist, eine bestimmte Energie.

Und was man dann machen kann, wenn man da Licht auf scheint, dann wird so ein, das Photon, das Lichtteilchen, wird dann kollidieren mit einem Elektron und das gibt, das Photon gibt dann seine Energie an das Elektron ab.

Und das Elektron kommt damit in einen höheren Energiezustand.

Und das ist eigentlich genau, was wir wollen.

Und wenn es dann möglich ist, das Elektron aus das Material zu holen, vor dass es wieder relaxiert zu den normalen Grundzustand, ja, dann haben wir Energie erzogen.

Dann können wir die Energie nützen.

Und wie hindern wir daran, dass das Elektron sich wieder beruhigt?

Können Sie das wieder beruhigen?

Wie hindern wir das Elektron daran, dass es sich wieder beruhigt?

Ja, das ist natürlich genau die Aufgabe.

Also eigentlich ist es so, wenn man dann so ein Elektron zu einem höheren Energiezustand hat, dann bleibt da auch ein, ja, wie sagen wir das eigentlich ein Loch, hinten.

Also wir haben ein Elektron in einem hohen Energiezustand und da gibt es auch ein fehlendes Elektron in dem niedrigen Energiezustand und das nennen wir ein Loch, also ein Elektronenloch oder so.

Also das Loch hat eigentlich eine netto positive Ladung.

Das Elektron hat natürlich eine negative Ladung.

Darum will das Elektron ja auch wieder zurück.

Genau, weil das die positive Ladung will dann wieder in sein eigenes Loch zurückfallen und dann haben wir alles floschen natürlich.

Also die Herausforderung ist, stopfen wir das Loch?

Genau, ja, genau.

Also die Herausforderung ist, dass wir das Elektron, das positive und negative Teilchen trennen.

Wie stopfen wir das Loch?

Ja, wenn wir nichts machen, geht das automatisch.

Ja, klar, weil das Elektron wieder runterfällt.

Genau.

Aber was wir zum Beispiel machen können, ist ein elektrisches Feld in eine Halbleiter zu machen.

Und wenn wir da ein elektrisches Feld haben, also in ein elektrisches Feld, wenn man so eine Ladung hat, das interagiert mit das Feld, mit das Feld und dann, weil die Elektronen und die Löcher gegenübergestellte Ladungen haben, also positiv und negativ, wenn man so ein Feld, elektrisches Feld reinbaut, dann werden die dadurch automatisch getrennt.

Das heißt, Moment, wird dann das Elektron abgezogen oder wird das Loch gestopft, das es hinterlassen hat?

Nein, die bewegen sich dann beide durch das Material.



Also die Löcher und die Elektronen, die sind beide mobil, die können sich also durch das Material bewegen und eigentlich, wofür wir dann sorgen müssen, ist das elektrische Feld, was wir reinbauen in das Material, dass dann die Löcher zu einer Seite vom Material gehen, wo die dann Wasser oxidieren können zu Sauerstoff und dass die Elektronen gehen dann zu der anderen Seite und da können die Wasser reduzieren zu Wasserstoff.

Das ist eigentlich, was wir versuchen.

Wenn wir ein elektrisches Feld einbringen, müssen wir dann nicht auch wieder Energie aufwenden?

Ja, das ist eine gute Frage.

Nein, eigentlich, und das ist das Besondere in Halbleitermaterialien, also das ist auch wie so eine Silizium-Solarzelle geht.

Also man nimmt eigentlich zwei Arten Silizium, also eines Silizium ist mit ein bisschen Phosphor rein, das andere Silizium ist mit ein bisschen Bohr rein, also das heißt dann, dass Punkt ein Prozent von den Silizium-Atomen, dass es da kein Silizium gibt, aber Bohr oder Phosphor. und wenn man diese zwei Materialien, diese beiden Arten Silizium miteinander in Kontakt bringt, dann wird da automatisch ein elektrisches Feld erzeugt.

Also das kostet keine Energie, das passiert automatisch.

Also um ein Feld zu haben, braucht man nicht unbedingt Energie, das ist dann einfach da.

Und das können wir dann nutzen, um die Ladungen zu trennen.

Und so können wir das genau auch mit Oxiden tun.

Also wenn ich zum Beispiel Eisenoxid, also Rost, in Wasser bringe, dann wird da

magischerweise automatisch ein elektrisches Feld an der Oberfläche, also den ersten 100 oder 200 Nanometer von das Eisenoxid, da gibt es dann ein elektrisches Feld, was da automatisch da ist.

Und das nutzen wir dann, um die Ladungen zu trennen.

Und das kann eigentlich nur in Halbleitermaterial.

Deshalb brauchen wir eine Halbleiter, weil in einem Metall gibt es da eigentlich kein elektrisches Feld.

Das klingt jetzt total einfach eigentlich.

Ja, wenn man es wüsste, ist alles einfach.

Ja, aber warum haben wir das noch nicht?

Also, warum habe ich noch nicht irgendein Dingsi aus Rost, das ich in ein Glas Wasser stelle und da geht das Licht an?

Ja, genau, das ist eine gute Frage.

Eigentlich ist es so, dass mit dem Rost geht es, aber es ist schwierig.

Um ein Beispiel zu geben, das große Problem bei Rost ist, dass die Löcher zum Beispiel, die wir haben, die können natürlich bewegen durch das Material, aber es ist so, dass die Löcher eigentlich nur sehr kurze Distanzen laufen können und dann rekombinieren die wieder mit einem Elektron.

Also, man fällt ein Elektron wieder rein und das Reinformen von das Elektron passiert eigentlich so schnell, dass wir eigentlich nicht genug Zeit haben, um mit das elektrische Feld die beiden zu trennen.

Also, bevor wir die trennen können, rekombinieren wir die wieder.

Wie müsste das elektrische Feld beschaffen sein, um die Zeit auszugleichen?

Also, müsste es stärker sein?

Ja, wenn wir das viel stärker machen, dann geht es, aber um das elektrische Feld viel stärker zu machen, also, man hat ein bestimmtes elektrisches Feld, das automatisch erzeugt wird, man kann das stärker machen, aber da muss man Energie rein, da muss man ein Potential, eine Spannungsdifferenz anlegen und das ist gerade natürlich, was wir nicht wollen, weil da müssen wir Energie wieder reinstecken und wir wollen keine Energie reinstecken, wir wollen das rausholen.

Und wie lösen Sie das Problem?

Da gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine Möglichkeit ist zum Beispiel, dass wir hinten, also man hat das Eisenoxid und das sieht rotbraun aus und was wir dann machen können, aber das absorbiert nicht alles Licht, also wenn alles Licht absorbiert würde, dann würde das natürlich schwarz sein, aber es ist braun, rotbraun sag mal.

Das heißt also, dass ein Teil von das Licht noch immer durch geht und das Teil des Licht was durch geht, damit können wir dann zum Beispiel eine normale Solarzelle treiben und die Solarzelle gibt dann ein bisschen extra Spannung, also Voltage und damit können wir das elektrische Feld in den Eisenoxid ein bisschen stärker machen und das dann ein bisschen besser machen.

Also eine Halbleiter Kaskade, die den Anfang verstärkt.

Genau, genau.

Und warum habe ich das nicht?

Weil das klingt immer noch sehr einfach.

Ja, das klingt immer einfach.

Aber das macht das System natürlich wesentlich komplizierter, weil dann nützen wir auch eine Silizium Solarzelle und da wird es natürlich wieder teurer und da muss man die zwei miteinander integrieren und man kann da immer Lösungen finden, aber wenn man nicht vorsichtig ist, hat man so etwas Kompliziertes gebastelt, das dann gut geht, aber genauso viel Strom erzeugt wie eine Siliziumzelle.

Genau.

Also das ist eigentlich immer die Herausforderung, also technologisch ist das alles schon ganz gut möglich, aber es ist noch viel zu teuer oder zu kompliziert oder es ist nicht chemisch stabil genug, also es leistet kein, es dauert kein 20 Jahre, aber es nur in zwei Tagen ist es wieder kaputt oder das sind eigentlich wogegen wir kämpfen.

Wagen Sie eine Prognose, wann es soweit ist, dass wir es benutzen können, also wann es soweit ist, dass es im industriellen Maßstab hergestellt werden kann?

Puh, ja das sagen die Leute immer.

Ja ich weiß, weil ich will das haben, ich finde das toll.

Genau, ja also das einfache Antwort wäre natürlich 10 oder 20 Jahre, aber das haben wir vor fünf Jahren auch gesagt.

Das sagen die beim Fusionsreaktor ja auch immer.

Genau, ja also da reden die Leute über 50 Jahre, also bei uns ist das doch wirklich ein bisschen schneller. ja ich denke also wir sind jetzt fünf Prozent Effizienz, was wir haben, da muss noch einige Sachen passieren, aber ich denke in zehn Jahren werden wir vielleicht so, kann ich mir vorstellen, dass es da Startup Companies gibt, die da wirklich versuchen, das zu einem Produkt zu

bauen. wie viel Effizienz hat so eine normale Siliziumzelle, die ich auf dem Dach habe?

Also ganz unterschiedlich, also die billige, die sind also zehn Prozent effizient oder so und die besten, also ins Labor die besten sind ich glaube 25 Prozent und das Beste, was man kaufen kann, ist irgendwo 17, 18 oder so, ich weiß nicht genau die Zahlen.

Das heißt, Ihr Rostreaktor müsste mindestens diese 17, 18 Prozent erreichen, bevor er überhaupt konkurrenzfähig wäre?

Das würde ich nicht so sagen.

Ich denke, wir können uns leisten, ein bisschen weniger zu haben.

Der Rostreaktor.

Genau.

Nein, ich denke, weil wir machen natürlich Wasserstoff und das kann man speichern und die Elektrizität, die aus einer Silizium-Solarzelle kommt, kann man auch speichern auf kleiner Skala in Batterien, aber nicht einfach auf eine riesige Menge.

Also, wir haben einen Vorteil und deshalb denke ich, dass wir uns leisten können.

Also, wenn wir 10 Prozent effizient haben und dass das dann auch wirklich zehn Jahre mitgeht, dann denke ich, dann haben wir etwas Interessantes, was wir kommerzialisieren können.

Wie lange haben Sie für die 5 Prozent gebraucht?

Ja, also, wir haben so eine Grafik, also, bei einem bestimmten Material, das ist kein Rost, aber das ist ein Material, das heißt Wismut Vanadat.

Wismut was?

Vanadat.

Also, das hat Wismutatomen, Vanadiumatomen und Sauerstoffatomen.

Okay.

Also, das ist eine Ratio von 1 zu 1 zu 4.

Also, wir haben ein Wismutatomen, ein Vanadiumatom und vier Sauerstoffatomen. und das ist eigentlich ein gelbes Material, das wird auch als Pigment genutzt, also, wenn man so ein Magazin hat und da gelbe Farben sind drin, das ist eigentlich Wismut Vanadat.

So ein Pigment, was man nützt.

Und da haben wir, weil ich noch am TU Delft war in Holland, haben wir damit angefangen in 2008 und unser erster Versuch war eigentlich, ja, es war schwierig, ganz niedrige Strom.

Und jetzt, also, was ist das, jetzt, fünf Jahre später, haben wir eigentlich so, ich glaube, etwa 2000 Mal mehr Effizienz gehabt.

Und damit sind wir jetzt auf fünf Prozent.

Also, es ist natürlich immer einfach, um da riesen viel Fortschritt zu machen, wenn man ganz schlecht anfängt, aber fünf Prozent, also, wir sind auf die Hälfte, von was wir eigentlich brauchen.

Haben Sie eigentlich, als Sie angefangen haben zu studieren damals, haben Sie genau das vorgehabt?

Wollten Sie genau das werden, was Sie jetzt machen?

Nein, ja, also, nein, also, wenn ich anfangen, um zu studieren, was ich eigentlich, also, ich habe Materialwissenschaft studiert und eigentlich in meinem Studium war das eigentlich viel mit Metallen, hat das zu tun, also, Eisen, Stahl, Aluminium, also, wirklich Metall, Metallkunde, oder wie sagt man das auf Deutsch?

Metallologie?

Metallologie, genau, genau.

Und eigentlich während meinem Studium hatte ich am einem Mal gedacht, also, die Metalle sind natürlich sehr nützlich, sehr spannend, aber die hatten wir vor 100 Jahren auch schon.

Und die werden natürlich immer besser und da gibt es riesen viele Fortschritte auch, aber ich habe so, am einen Punkt hatte ich so das Gefühl, wir sind nicht mehr in Metall Era, wie sagt man?

Zeitalter.

Zeitalter, wir sind in den Halbleiter-Zeitalter, also, es passieren so viele spannende Sachen mit Computers und so, und deshalb habe ich am Ende meinem Studium ein bisschen mehr in die Richtung von Halbleiter mich versucht, ja, interessiert und da auch meine Masterarbeit dahin gemacht und dann auch nicht die normale Halbleiter wie Silizium, aber die oxidische Halbleiter, also metalloxidische Halbleiter und das ist eigentlich und die Faszination mit den oxidischen Halbleitern, weil es gibt so viele Oxide und da gibt es auch so viele Möglichkeiten oxidische Materialien zu ändern, das hat mich immer fasziniert und da bin ich eigentlich noch immer rein, schon seit Ende meinem Studium bis jetzt bin ich noch immer fasziniert, dass oxidische Halbleiter sind das Hauptthema.

Forschen Sie eigentlich noch selbst dran?

Weil wenn man so Institutsleiter ist, ist es eher Verwaltung, was man macht, oder?

Ja, teilweise natürlich, aber ich habe auch wirklich viele Gespräche mit meinen Mitarbeitern, also ich bin nicht mehr ins Labor, also manchmal noch eine Stunde oder so, um dann ein bisschen mitzugucken.

Sentimentalität. genau, und ich bin noch nicht so lange draus, dass ich das wirklich, ich bin hoffentlich noch nicht an dem Punkt, dass wenn ich da ins Labor reinlaufe, dass die Mitarbeiter sagen, ah, bitte geh weg, weil du drückst immer die falschen Knöpfe und häng deine Jacke nicht an diesen Dumpen.

Nein, so schlimm ist das glücklich noch nicht, aber aber ja, es ist, aber das macht mich auch Spaß, weil, ja, an einer Seite würde ich natürlich schön finden, um, sag mal, ein oder zwei Tage ins Labor, in der Woche ins Labor zu gehen, aber geht einfach nicht, aber die andere Seite, die, sag mal, Verwaltungsseite ist natürlich auch spannend, weil da ist, ist auch wirklich so, dass ich probiere zu, zu bedenken, welche Richtungen wir eingehen wollen, also mir die Strategie und ja klar, man kann ja nicht an allem gleichzeitig forschen.

Genau, ja, und das ist schön, wenn man ein bisschen das Übersicht hat, also man kann Verbände, wie sagt man das so, Connections, Verbindungen, Verbindungen machen zwischen verschiedenen Aktivitäten, die wir haben und da Synergie machen und das, ja, das macht mir auch Spaß.

Wenn Sie sich überlegen, woran jetzt als nächstes geforscht wird, also an welchem oxidischen Material als nächstes geforscht wird, müssen Sie das mit irgendwem besprechen oder können Sie einfach sagen, jetzt Rost?

Ja, teilweise heißt, ja, aber ich bespreche das natürlich immer mit meinen Mitarbeitern.

Also wir müssen natürlich auch sicher machen, dass wir das wirklich auch herstellen können.



Aber wir können sehr viel herstellen.

Eigentlich ist so, dass wir fast alle Oxide, die wir bedenken können, die können wir wahrscheinlich auch herstellen.

Für manche Oxide ist das ganz einfach.

Kann man so in einer Woche ins Labor oder so hat man das und kann man das reproduzierbar machen.

Andere ist das eigentlich viel schwieriger, braucht man vielleicht ein halbes Jahr oder so.

Wie stellt man die dann her?

Also wie zwingt man ein Material mit Sauerstoff zu reagieren, das es vielleicht gar nicht will?

Ja, da haben wir verschiedene Methoden.

Also wir haben eigentlich physische Methoden und chemische.

Waterboarding.

Genau.

Eigentlich fast alle Metalle wollen gern mit Sauerstoff reagieren.

Ach, die wollen das alle?

Okay.

Ja, also das ist nur die Edelmetalle, die wollen das natürlich nicht, aber das sind

für uns eigentlich auch nicht die interessante Halbleiter.

Warum nicht?

Ja, erstmal, weil die zu teuer sind.

Und eigentlich ist das so, die Edelmetalle haben nicht die Fähigkeit, um effizient Licht zu absorbieren und da wirklich Elektronenlochpaare zu machen und die effizient zu trennen.

Okay.

Da gibt es andere Materialien, die dafür viel effizienter das machen.

Ja, und wie stellen wir das her?

Also da gibt es physische Methoden, also wir dampfen ein Metall auf und das nachher oxidieren wir das, wie gerade beschrieben.

Oder wir können das chemisch machen, dass wir so ein chemisches Molekül in die Gasphase über ein heiztes Substrat Substrat?

Also Substrat ist eine Glasschicht oder so, wo wir die die Schicht machen.

Also eine Träger-Substanz?

Die Träger, genau.

Die Träger.

Die Träger können wir dann zum Beispiel heizen und dann haben wir das Metall-Element in einer molekularen Form in die Gasphase.

Das leiten wir dann über die Träger und wenn es da so heizt, weil es da so heizt

ist, fällt das Molekül auseinander und das Metall bleibt dann auf das Trägermaterial hinten und da können wir auch Sauerstoff in die Gasphase rein mit einmischen und das oxidiert dann eigentlich automatisch.

Das ist so eine andere Methode.

Das kriegen wir nächstes Jahr, da sind wir auch so sehr gespannt, eine andere Methode, wo wir eigentlich das Ausgangsmaterial in Pulverform haben und da pressen wir ein Pellet, ein Tablet und was wir da machen, ist, dass wir mit einer Laserbeam auf die Tablette, auf dieses Pellet schießen und die Laserbeam hat dann so viel Energie, dass eigentlich das Material da verdampft.

Laserwaffen.

Ja, eigentlich ist das genauso wie Star Wars.

Das können wir mit Star Wars nur in klein.

Nur klein, sehr, sehr klein. und da können wir auch auf sehr kontrollierte Weise so Schichten machen.

Also wenn wir zum Beispiel einen Laserpuls geben, die Pulse sehr kurz, da haben wir ein kleines bisschen Material, was dann auf das Trägermaterial kondensiert und da können wir einen zweiten Puls machen und so weiter und so weiter und da braucht man zum Beispiel um eine Idee zu geben, 50.000 individuelle Laserpulse und dann haben wir eine Schicht, die tausendmal dünner ist wie ein Menschenhaar.

Also das ist sehr kontrolliert, langsam und wie öfters ist das so, das ist natürlich ein bisschen einerseits eigentlich, aber es ist wie die Natur wirkt, also wie langsamer die Schichten wachsen, je zu besser die Qualitäten sind, je zu besser die Löcher und Elektronen voneinander getrennt werden. was muss ich für ein Wissenschaftler sein, wenn ich hier mitspielen will?

Ja, das Schöne von unserer Arbeit finde ich immer, dass das eine Kombination ist von alles.

Also wir müssen natürlich Schicht herstellen, müssen wir machen.

Das ist also ein Umfeld, was wir wirklich gut machen müssen.

Machen das die Naturwissenschaftler oder machen das Ingenieure?

Beide.

Wir haben Ingenieure in unserem Institut, aber auch Naturwissenschaftler und die Kombination von beiden die nützt man.

Wir müssen auch etwas von Halbleiter wissen, also Halbleiter Physik müssen wir verstehen.

Wir müssen auch Katalyse machen, also ganz chemisch.

Ein wichtiger Teil ist auch Elektrochemie.

Also da gibt es viele Disziplinen, die wir alle eigentlich nutzen und die Breite von Disziplin ist, das macht viel Spaß.

Wir müssen alles miteinander verknüpfen.

Ist das was, also bisher haben mir alle ihre Kollegen an den anderen Helmholtz Zentren gesagt, ja eigentlich suchen wir Nachwuchs und zwar händeringend.

Ist das hier genauso?

Also Nachwuchswissenschaftler, also Nachwuchspersonal?

Ja, das ist ein wichtiger Teil.

Ja, also wir versuchen immer junge Leute für die Forschung zu interessieren und auch junge Talente zu stimulieren, um dann wirklich Karriere zu machen in die Wissenschaft.

Aber angeblich sind die Universitäten doch voller Studenten.

Wie kommt es, dass zu wenige an den Forschungsstandorten ankommen?

Ich weiß nicht, ob es da zu wenige kommt.

Also wenn ich ganz ehrlich bin, also wenn wir zum Beispiel ein neues Projekt haben und wir suchen dafür Doktoranden oder Postdoktoranden, haben wir eigentlich niemals Schwierigkeiten, um die Stellen zu erfüllen.

Das geht eigentlich. die Herausforderung ist natürlich, um genau die besten Leute rauszuwählen.

Forschung ist natürlich nicht einfach.

Sie haben ja auch vorher in Holland gearbeitet.

Wo forscht es sich angenehmer?

In Holland oder in Deutschland?

Was heißt ja mal in Deutschland Forschung geht ins Ausland, wenn ihr was hören wollt?

Das finde ich, nein, ich würde nicht sagen, dass einer mehr Spaß macht, das ist einfach anders.

Die Systeme sind ein bisschen anders, macht mir beide, hat mir in Holland viel Spaß gemacht. macht mir jetzt auch viel Spaß.

Ich bin jetzt ein Jahr hier, also es ist noch vielleicht ein bisschen früh, um da wirklich ein, sag mal, gutes, balanziertes Urteil zu geben, aber ja, macht mir ja.

Worin bestehen denn die Unterschiede zwischen Arbeiten in Holland und in Deutschland?

Ja, da gibt es natürlich kulturelle Unterschiede.

Ja, was gibt dann die, wie sage ich das?

Die Deutschen sind pünktlicher, die Holländer entspannter?

Ja, teilweise.

Teilweise ist das so, teilweise ist das so, also Deutschland ist natürlich pünktlich, gut organisiert, hat eine Vorliebe für Formulare und viel Papier und eigentlich ist das so, wenn ich das ganz scharf sage, würde ich mal sagen, in Deutschland ist die Menge Papier, die man produzieren muss, also geht lineär mit der Menge Geld, die man beantragt. also wenn man eine große Forschung, da muss man auch richtig viel Papier produzieren und in Holland ist das eher so, dass dann vielleicht weniger wird, also wie größer der Antrag, wie weniger Papier.

Das ist ein bisschen vielleicht übertrieben, aber...

Aber wie wird dann in Holland entschieden, also wer entscheidet dann, oder auf welcher Basis wird entschieden, ob ein Antrag bewilligt wird oder nicht?

eigentlich so, ja, da gibt es immer mehrere Entscheidungs...

Träger, Gremien?

Nein, nicht Gremien, aber Kriterien.

Kriterien, hm.

Und die Kriterien sind also erstmal, die Idee muss gut sein, man muss natürlich immer auch schon bewiesen haben, dass man gut ist in die Forschung, dass man viel publiziert hat und so weiter.

Wie üblich.

Also das ist eigentlich nicht viel anders.

Aber warum produzieren die Deutschen dann so viel Papier?

Weiß ich auch nicht, weil die gründlich sind.

Also die Planung ist natürlich sehr genau und das muss alles sehr...

Ich weiß, ich denke es einfach ein bisschen in die Kultur oder so.

Also ich muss sagen, das hat für mich zwei Seiten.

Also einerseits ist das natürlich, finde ich das schwierig.

Also mein Deutsch ist noch nicht so gut, dass ich das einfach schreiben kann.

Also kürze E-Mails, prima.

Forschungsanträge, nein, geht überhaupt nicht, leider.

Also einerseits ist das ein bisschen ärgerlich, dass es so viel Papier gibt.

Andererseits hat es auch eine schöne Seite, weil das alles natürlich gut durchdacht ist. ja, so das hat auch seine Scham.

Was wollten Sie werden, als Sie klein waren?

Aha.

Ja, also ganz am Anfang, das erste, was ich mich erinnern kann, wollte ich zu der technischen Schule gehen, weil das hat mein Vater das auch gemacht und deshalb fand ich das schön und also Metallarbeit an der Drehbank oder so. mein Vater hat einen Drehbank gehabt, mein Opa, mein Opa, sag ich mal, er hat das auch gehabt und das finde ich natürlich, als kleiner Junge fand ich das sehr schön und also ich würde Dreher werden oder so.

Aber dann später an der Mittelschule hat sich das doch ein bisschen geändert, konnte ziemlich gut lernen und was ich dann spannend fand, die Metallurgie zum Beispiel, das fand ich ein spannendes Thema und ich kann mich noch gut erinnern, also ich war in der vierten Klasse, also da war ich etwa 15 oder 16 oder so, hat es da so ein kleines Büchlein gegeben, also alle Universitäten hatten natürlich Werbung gemacht bei die Mittelschule und dann hat es so ein kleines Büchlein gegeben über Metallurgie und das habe ich schon angeschaut und das fand ich eigentlich sehr schön, also wie macht man Eisen starker oder korrosions beständiger und das hatte ich alles so spannende Themen gefunden.

Wie macht man Eisen härter oder korrosions beständiger?

Oh, das ist schon ein langer aber zum Beispiel rostfreies Stahl das macht man um durch Eisen zu mengen mit Chrom und Nickel das kann ich mich noch erinnern und dann wird es einfach da sieht es auch ein bisschen schöner aus und da kann man eine riesen Menge Metalle drinnen auflösen um dann bestimmte Eigenschaften um das stärker zu machen oder rostfrei und das hat mich dann am Anfang fasziniert und da habe ich zwei oder drei Jahre Unterricht gehabt und dann werden die Halbleiter interessant.

Wenn jetzt das Halbleiter Zeitalter ist, was wird das nächste Zeitalter?

Wissen wir das schon?



Oder haben Sie zumindest einen Verdau?

Da gibt es so viele Sachen mit Licht da gibt es sehr viele Entwicklungen also Photonic Material Materials Also vielleicht nicht nur andere Materialien aber auch Strukturierung von Materialien Nanotechnologie das ist natürlich ein sehr spannendes Thema was jetzt natürlich viel Interesse hilft die Nanotechnologie auch bei Ihrer Forschung?

Ja bestimmt bestimmt bestimmt ja das ist wichtig also die Silizium Solarzellen das sind normalerweise flache Dünnschichten und die sind dann so etwa also die kristalline Silizium die sind zum Beispiel 0.3 Millimeter dick also eigentlich ganz ganz dick für uns ist das ganz dick ich kann es noch sehen genau wir können es noch sehen und eigentlich das mirakulöse würde ich mal sagen ist so dass die Ladungsträger also die Elektronen und Löcher die können dann auch wirklich die Punkte ein Millimeter durch das Material laufen und das geht eigentlich gut ohne Probleme die Materialien die wir forschen also die Metalloxiden die haben da ganz viele Schwierigkeiten also Eisenoxid zum Beispiel ist ein Material wo das ganz schwierig ist die können nur ein paar Nanometer also 10 Nanometer laufen also das ist wirklich 10 Nanometer ist wirklich sehr wenig das ist 10 meines 18 meines 4 also 100.000 mal dünner wie eine Silizium Schicht und die Ladungsträger können da eigentlich nicht gut durchlaufen und deshalb müssen wir eigentlich sorgen dass die Ladungsträger da gemacht werden wo die nur eine kurze Strecke laufen müssen zu dem Wasser zum Beispiel und um dann doch noch also man kann die Schicht natürlich sehr dünn machen dann das wäre eine einfache Lösung aber wenn man eine sehr dünne Schicht hat dann wird nicht alles Licht absorbiert dann ist das eigentlich transparent und genau da kann man die Nanostrukturen nutzen dann kann man so ein Beispiel so Nanostruktur machen von Nanodrähtchen die ganz dünn sind aber sehr lang dann hat man doch genug Material um das Licht zu absorbieren aber an jedem Punkt in das Drähtchen wo die Elektronen und Lichter gemacht werden brauchen sie nur eine kurze Distanz zum Wasser zu laufen und das ist ein schönes Beispiel wo wir Nanotechnologie nutzen können also man kann es auch so sagen wir suchen immer nach neuen Materialien die das gut machen können wir haben eigentlich zwei Wahlen man kann neue Materialien machen oder man kann Materialien die

eigentlich nicht so geeignet sind ändern durch zum Beispiel Nanostrukturierung und dann können die vielleicht doch noch die große Effizienzen geben Wenn ich so Nanostrukturierung mache also in meiner Vorstellung ist ja Eisen immer so ein großer Klotz Sie denken da natürlich auf ganz anderen Niveaus drüber nach also auf ganz anderen Größenverhältnissen Wie mache ich denn aus Eisen eine Nanostruktur?

Ja da haben wir verschiedene Ansätze für Wir haben ja Rost Genau eine Möglichkeit ist dass wir zum Beispiel dieselben Prozesse nützen die wir nutzen um auch Chips also Integrated Circuits zu machen Ich habe mir ehrlich gesagt noch nie Gedanken darüber gemacht wie wir das machen Also das sind ganz kleine Strukturen das ist eigentlich dass wir dann so eine große Abbildung haben und die projektieren und dann mit Licht also da Masken machen also da kann man strukturen und da kann man ätzen das Material kann man ätzen und die Teilen die dann belicht wo man Licht aufscheint die werden weggeätzt und die Teilen die nicht belicht werden nicht weggeätzt oder andersrum und da kann man also mit das nennt man Lithographie damit kann man also ganz kleine Strukturen machen und das ist eigentlich jetzt auch wie die wie die Memory Chips und die Prozessoren alles hergestellt werden ist natürlich eine sehr teure Sache und da also die Chips sind meistens 1x1 cm das ist sehr klein das geht natürlich aber Solarzellen dann redet man über Quadratmeter und dafür sind die Prozesse zu schwierig also da gibt es auch andere Ansätze ich würde also eine Nanostruktur sozusagen auf einen Material fotografieren genau und da können wir mit Chemie können wir bestimmte Teile ätzen also entfernen und die anderen Teile haben wir und da können wir so eine Nanostruktur machen das ist eine Möglichkeit eine andere viel einfache Möglichkeit ist dass wir zum Beispiel eine Flüssigkeit haben zum Beispiel etwas wie Eisenchlorid das ist eine Flüssigkeit und die kann man dann kleine Tröpfchen in Wasser fahren lassen und wenn das Eisenchlorid dann das Wasser sät dann reagiert das sofort zu Eisenoxid Nanoteilchen und wenn man das so ganz kontrolliert macht hat man eine Lösung von sehr vielen Nanoteilchen und die Nanoteilchen kann man dann zum Beispiel auf ein Trägermaterial deponieren wie hat man das rausgefunden das klingt so als hätte man das zufällig rausgefunden dass wenn man das da reintropt es sofort zu Nanoteilchen oxidiert oder reagiert das weiß man schon lange das war schon in

den 60er Jahren oder ganz eher schon das ist eigentlich so schade ich dachte da wäre noch so eine romantische Geschichte dahinter nein das ist eigentlich schon ganz lange bekannt in der Chemie dass man so kleine Pulver machen kann mit diese Methoden bauen sie eigentlich auch zumindest basis halber oder versuchsweise auch größere Anwendungen also irgendwie Apparate aus denen dann wirklich auch mal Strom rausfällt oder Wasserstoff rausfällt also dass sie auch tatsächlich mal weiß ich nicht ein Probe Elektrofahrrad auf dem Gelände hier fahren lassen nein nicht so groß eigentlich alles was wir bisher gemacht haben ist eigentlich auf die Skale von einem Quadrat Zentimeter aber jetzt sind wir mit den 5% die wir jetzt haben fängt es jetzt an interessant zu werden um das auch ein bisschen größer zu machen also wir sind eigentlich wir haben dafür einen großen Antrag geschrieben hoffentlich kriegen wir mit EU Gelder und dann mit so einem Konsortium von internationalen Partners ist eine dieser Ziele von diesem Antrag ist um das wirklich auf 50 Quadrat Zentimeter zu machen also dass man das wirklich einfach in der Hand halten kann und da Modulen machen kann und das sind wir eigentlich gerade an diesem Zeitpunkt sind wir daran um das anzufangen das zu versuchen was wird das kosten also welche Zahl steht in dem Antrag ganz unten drin oder verraten Sie das also ich weiß gar nicht darf man sowas überhaupt verraten nein also das ist eigentlich sehr schwierig zu sagen das kann ich jetzt überhaupt nicht weil das noch zu früh ist um da wirklich zu sagen was das kosten würde wenn das wirklich auf große Skala produziert werden also das da haben wir einfach noch nicht letztendlich haben wir natürlich in den Antrag geschrieben dass im Prinzip das möglich ist dass die Technologie also eigentlich vom Prinzip aus ganz billig kann sein und dass es aus unserer Sicht möglich sein könnte um damit Wasserstoff für weniger als 5 Euro pro Kilogramm zu machen das haben wir das haben wir natürlich in den Antrag das ist das Versprechen das man gibt also wir sehen das Potenzial da aber wir haben noch nicht ganz also zum Beispiel man kann auch mit Lithographie worüber man Speicher Memory Speicherchips macht also da kann man am Anfang schon sagen das kann man nie so billig machen dass wir damit was ist doch für 5 Euro pro Kilogramm machen können also deshalb die Technologie die wir dann verwenden würden da können wir da so sagen dass es also jedenfalls das Potenzial hat ob wir das wirklich erreichen würden das ist noch nicht ganz klar aber dafür müssen wir natürlich Forschung machen wann wird entschieden über

den Antrag ich denke in einem Monat oder so irgendwo in August wird dann klar werden ob wir dann die nächste Schritt machen können also die Negotiations mit der EU machen können oder nicht was tun sie wenn es nicht geht also was tun sie wenn es abgibt den nächsten Antrag das ist also das Leben von einem Forscher immer von Antrag zu Antrag das heißt sie formulieren den dann ein bisschen um und reichen den Antrag nochmal ein oder wie geht das dann das kann in manchen Fällen kann das aber öfters ist das auch hängt ein bisschen davon ab also wenn die wenn die Gutachter den Antrag wirklich schlecht finden passiert uns natürlich nicht so öfters dass es wirklich schlecht ist aber da müssen wir natürlich nachdenken ob wir das nicht vielleicht anders formulieren oder anders einreichen das hängt also davon ab der nächste Antrag den sie dann schreiben würden würde der genau dasselbe versuchen also den Rostreaktor zu bauen oder haben sie noch ganz andere viele andere Sachen in der Schublade die sie auch nochmal beantragen ja das gibt das gibt viele Sachen in der Schublade und das hängt auch ein bisschen davon ab also öfters reagieren wir mit so einem Antrag auf eine eine Call eine Einladung um einen Antrag zu schreiben und so ein Call hat dann auch ein bestimmtes Ziel also diese EU Call war wirklich bestimmt um die wie sagt man das Prozess was wir machen das heißt also photoelektrochemische Wasserspalten zu machen also photoelektrochemische Wasserstoff zu produzieren und die Call war dass wir das validieren müssen also gucken müssen ob es geht oder nicht ja zeig mal dass es geht und dass man das auch auf 50 Quadratzentimeter effizient stabil machen kann also und es gibt andere Calls die also nicht einen ganz anderen Ansatz haben die zum Beispiel mehr geeignet sind um fundamentelle Prozesse auf den atomären Skalen um die zu verstehen und da muss man natürlich einen ganz anderen Antrag vorschreiben schreiben sie haben sie immer nur einen Antrag in der Pipeline oder haben sie immer gleich mehrere Anträge in der Pipeline ja immer mehrere eigentlich was denn noch worauf können wir denn noch warten ich bin gerade heute mit einem Antrag beschäftigt für den BMBF die haben auch so einen Call eine Einladung und da haben wir ein bisschen mehr auf der fundamentalen Ebene dass wir versuchen zu verstehen wie bestimmte Prozesse in Katalysatoren und Lichtabsorber laufen und damit mehr Einsicht zu bekommen und damit auch bessere Lösungen finden zu können Ich wünsche Ihnen viel Glück dabei Vielen Dank Roel van de Krol.

Dankeschön Gerne Vielen Dank.

(Musik)