



## Power-to-X! Unsere Zukunft mit Wasserstoff.

Gefördert durch:



**KOPERNIKUS**  
P2X >>> **PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

# Power-to-what? Power-to-X!

Unsere Zukunft mit Wasserstoff.

Die Bundesrepublik hat sich das ambitionierte Ziel gesetzt, bis 2045 klimaneutral zu werden. Die vom Bundesministerin für Forschung und Raumfahrt (BMFTR) geförderten Kopernikus-Projekte zählen zu den größten Forschungsinitiativen, die sich mit der Bewältigung der Energiewende beschäftigen. Getragen werden diese Projekte durch die enge Zusammenarbeit von Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

Das Projekt P2X ist eines von vier Kopernikus-Projekten. In diesem Projekt arbeiten etwa 250 Vertreter:innen aus Wissenschaft, Industrie und NGOs an Lösungen, die mithilfe von sogenannten Power-to-X-Technologien Alternativen zu fossilen Rohstoffen anbieten. Dabei sollen mit erneuerbar erzeugtem Strom, Wasser und CO<sub>2</sub> klimaneutrale Produkte wie Gase, Kraftstoffe, Kunststoffe und Chemikalien erzeugt werden.

In diesem Rahmen wurde eine Virtual-Reality-Anwendung (VR) erstellt. Diese nimmt Dich mit auf eine Reise ins Jahr 2045. Dort wurden die Power-to-X-Technologien umgesetzt und haben so einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele geleistet. Dieses Booklet fasst die VR-Anwendung zusammen und führt Dich ein in die verschiedenen Sektoren, in denen Power-to-X zum Einsatz kommt. Weitere Infos zum Projekt sowie die Anwendungen kannst Du über den QR-Code erreichen.



Projektseite

## Übersichtskarte



# POWER-TO-X-WOMAN ALEX



**Alter:** 34

**Geburtsort:** Buenos Aires, Argentinien

**Familienstand:** Ledig, hat 2 Kinder und bringt Familie und Superheldinnen-Beruf unter einen Hut



**Hobbies:** Malen, Kitesurfen, Bouldern, mit den Kindern gemeinsam basteln

**Lieblingessen:** Vegetarische Lasagne, Schwarzwälder Kirschtorte

**Besondere Merkmale:** Grüne Strähne im Haar

**Vorbild:** Marie Curie



„Komm mit mir auf die Reise  
in die Power-to-X-Welt 2045!“

# PROFESSOR PAUL PARACELSUS



**Alter:** 58

**Geburtsort:** Kapstadt, Südafrika

**Familienstand:** Geschieden, lebt in offener Partnerschaft mit einer jungen Kollegin aus der Wissenschaft



**Hobbies:** Alles, was mit Fischen zu tun hat: Aquaristik, Tauchen sowie Gartenarbeit und Yoga

**Lieblingessen:** Pizza (vegan) und alles aus seinem Garten (Paul ist teilweise Selbstversorger)

**Besondere Merkmale:** Trägt eine Armprothese und am liebsten bunte, nerdige Krawatten

**Vorbilder:** Jules Verne und Astronom Edward R. Harrison, die sich schon sehr früh mit dem Thema Wasserstoff beschäftigt haben



„Wir sehen uns im Labor.  
Freu dich auf spannende Experimente!“

# Station 1: Im Hof

Die Umwandlung von Strom in chemische Stoffe nennt man in der Wissenschaft Power-to-X. Übersetzt also: Strom (wird) zu X umgewandelt.

Dabei können unterschiedliche Endprodukte entstehen. Das X steht für das Endprodukt. Zum Beispiel gibt es Power-to-Gas, Power-to-Chemicals und Power-to-Fuel. PtX war also ein wichtiger Baustein zur Erreichung unserer Klimaziele, weil wir fossile Ressourcen durch erneuerbaren Strom ersetzen und so Treibhausgasemissionen reduzieren konnten.



Power-to-X ist ein wichtiger Baustein, um unsere Klimaziele nach wie vor einzuhalten.

## Station 2a: Labor

Dieses Gerät wird Elektrolyseur genannt. Das Becken ist mit Wasser gefüllt und durch eine Membran, die sogenannte PEM (Protonenaustauschmembran), in zwei Hälften geteilt. In jede der beiden Beckenhälften ragt eine Art Stab hinein – wir Wissenschaftler sagen dazu „Elektroden“.

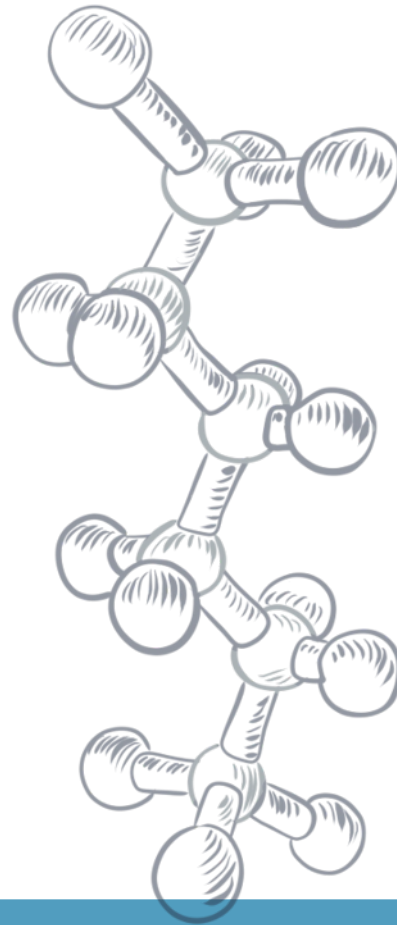
Die eine Elektrode stellt die Anode dar, die andere bezeichnen wir als Kathode. Wenn wir nun eine Gleichspannung anlegen, wird die Kathode negativ und die Anode positiv geladen. Das Wassermolekül wird aufgespalten und die freiwerdenden Protonen können durch die Membran diffundieren. Auf der Kathodenseite verbinden sich diese dann mit freigewordenen Elektronen zu Wasserstoffmolekülen.



Im Elektrolyseur wird elektrische Energie in chemische umgewandelt.

## Station 2b: Labor (nur VR Extended)

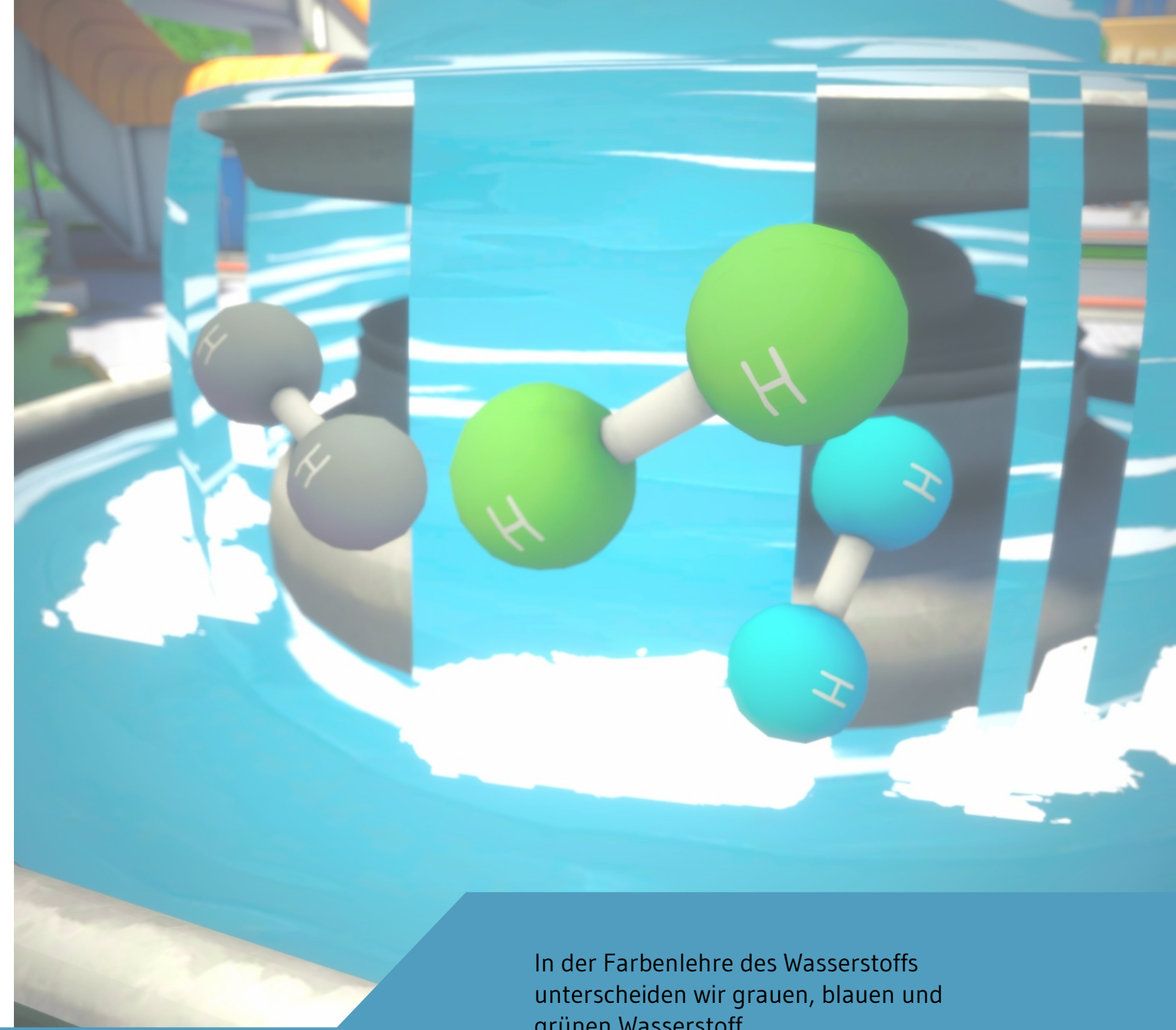
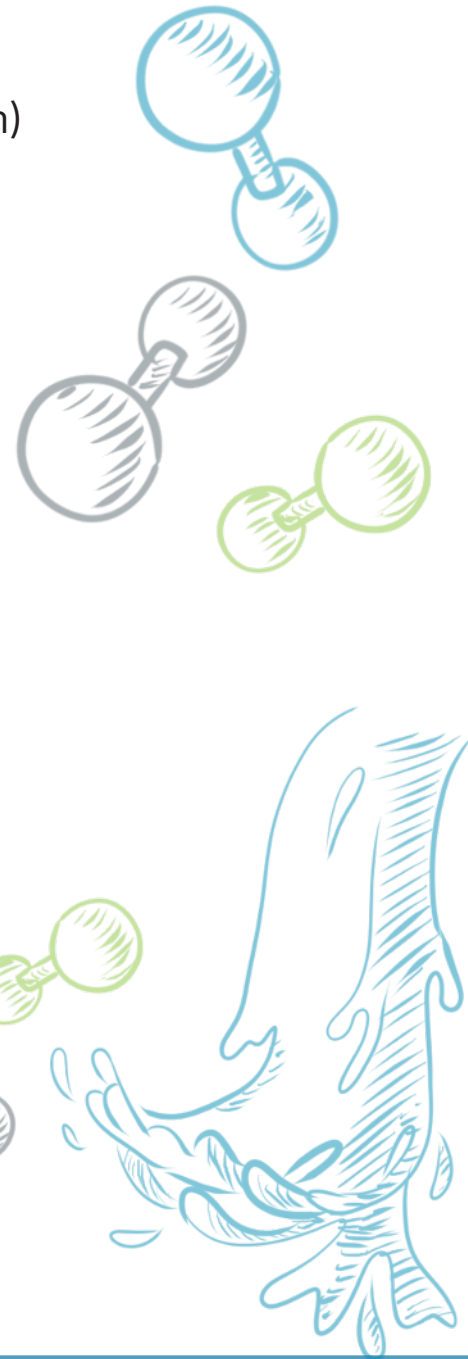
Der Wasserstoff aus der Elektrolyse muss noch nicht das Endprodukt sein – hier an diesem Reaktor kann es zum Beispiel weitergehen: Darin läuft die Fischer-Tropsch-Synthese ab. Dazu benötigen wir zunächst ein sogenanntes Synthesegas. Dieses wird mit  $\text{CO}_2$ , z. B. aus der Luft und Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt. Aus diesem Gas werden im Reaktor langkettige Kohlenwasserstoffmoleküle gebildet. Diese stellen dann im weiteren Sinne schon den Kraftstoff dar, den wir herstellen wollen. In weiteren Raffinerieprozessen wird dieser dann zu den bekannten Kraftstoffen wie Kerosin oder Benzin weiterverarbeitet.



Die Fischer-Tropsch-Synthese ist ein Schritt zur klimafreundlichen Herstellung von Kraftstoffen wie Kerosin oder Benzin.

## Station 3: Farbenlehre (am Brunnen)

In der Farbenlehre des Wasserstoffs unterscheiden wir u. a. grauen, blauen und grünen Wasserstoff. Die Farben sind dabei nur symbolisch gewählt. Bei grauem und blauem Wasserstoff kommen fossile Energieträger zum Einsatz. Der blaue unterscheidet sich dabei vom grauen lediglich durch die Möglichkeit der CO<sub>2</sub>-Speicherung mittels des CCS-Verfahrens (Carbon Capture and Storage), reicht aber in Sachen Klimafreundlichkeit noch nicht an den grünen Wasserstoff heran. Dieser basiert vollständig auf erneuerbaren Energien und kann daher klimaneutral zum Einsatz kommen. Daher ist der grüne Wasserstoff hier unsere richtige Wahl.



In der Farbenlehre des Wasserstoffs unterscheiden wir grauen, blauen und grünen Wasserstoff.

## Station 4: Mobilität/Verkehrssektor

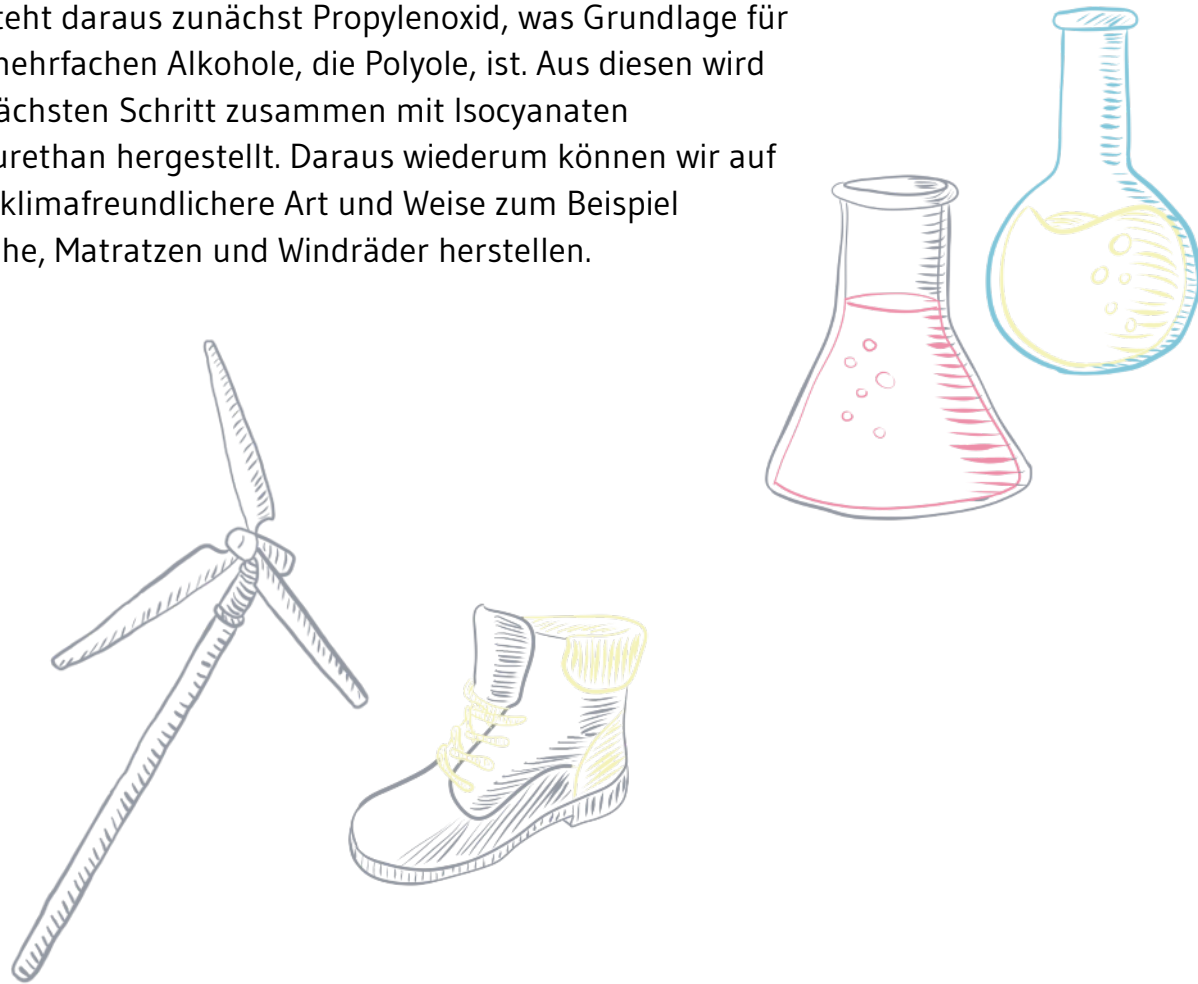
Prinzipiell kann man synthetischen Kraftstoff für viele Verkehrsmittel einsetzen! Aber da Wasserstoff eine knappe Ressource ist, sollten wir ihn effizient nutzen. Die Umwandlung von Wasserstoff in synthetische Kraftstoffe ist mit energetischen Verlusten (sogenannten Wirkungsgradverlusten) verbunden, daher sollten wir den Verkehrssektor möglichst direkt elektrifizieren. Allerdings ist dies nicht überall möglich. Denn die Batterien, die zum Beispiel für einen Transatlantikflug nötig wären, sind auch mit der heutigen Technologie noch viel zu schwer. Die Reichweiten sind dadurch deutlich geringer. Wir können stattdessen die alten Maschinen weiter nutzen und sie mit dem synthetischen Kraftstoff klimafreundlich betanken. Bei dessen Verbrennung wird zwar immer noch CO<sub>2</sub> freigesetzt, aber zumindest nicht mehr auf Basis fossiler Energieträger. Gleiches gilt auch für den Schwerlastverkehr zu Wasser, denn über Power-to-X lässt sich auch synthetischer Diesel oder Ammoniak herstellen.



Der Einsatz synthetischer Kraftstoffe lohnt sich nur dort, wo eine direkte Elektrifizierung nicht möglich ist.

## Station 5: Chemieindustrie

Mit dem Power-to-X-Prozess können wir auch Kunststoffe herstellen. Ein möglicher Ausgangsstoff dafür ist Methanol. Mit Hilfe von grünem Wasserstoff und CO<sub>2</sub> aus der Luft entsteht daraus zunächst Propylenoxid, was Grundlage für die mehrfachen Alkohole, die Polyole, ist. Aus diesen wird im nächsten Schritt zusammen mit Isocyanaten Polyurethan hergestellt. Daraus wiederum können wir auf eine klimafreundlichere Art und Weise zum Beispiel Schuhe, Matratzen und Windräder herstellen.

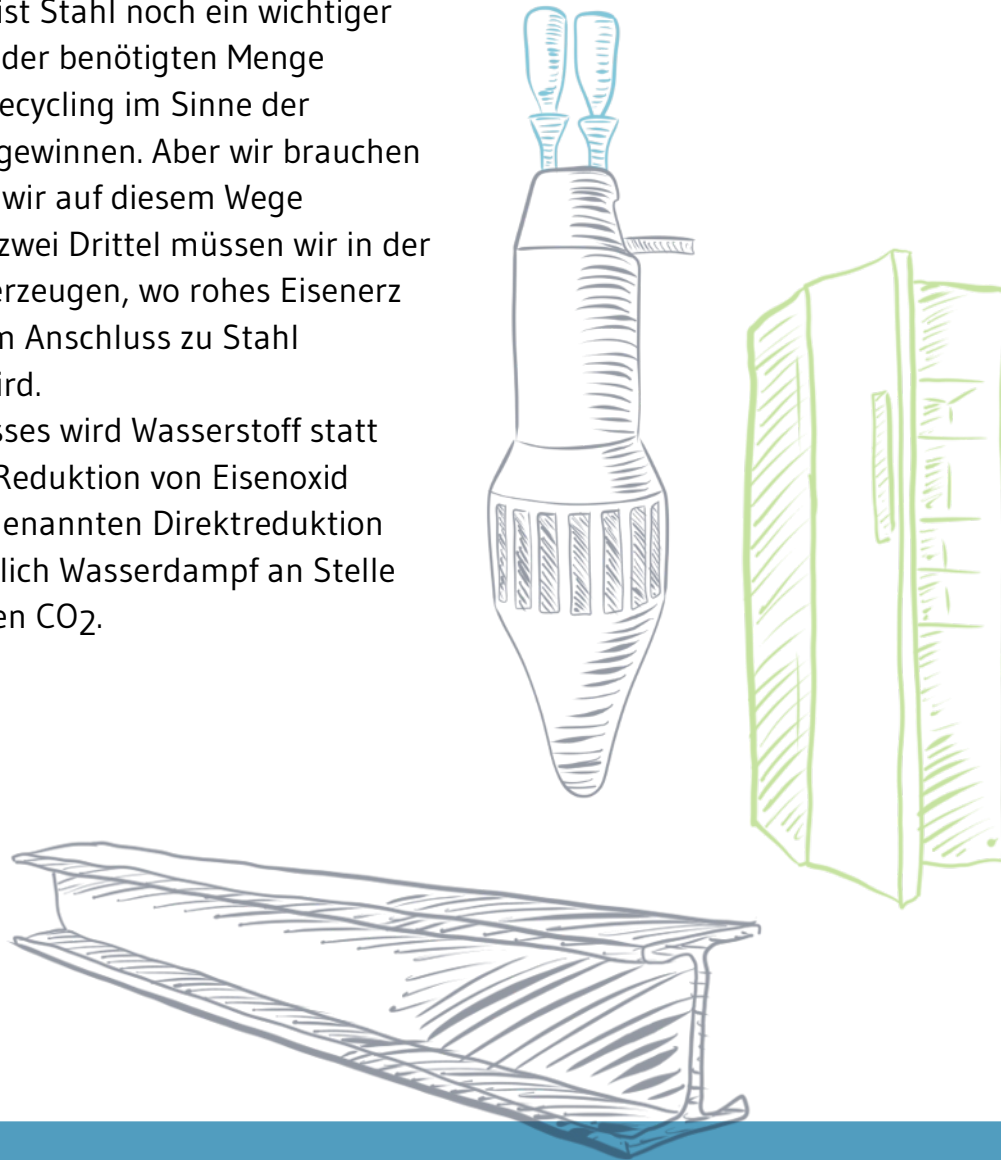


Mit dem PtX-Prozess können wir auch Kunststoffe für Schuhe, Matratzen oder Windräder herstellen.

## Station 6: Stahlindustrie

Auch im Jahr 2045 ist Stahl noch ein wichtiger Rohstoff. Einen Teil der benötigten Menge können wir durch Recycling im Sinne der Kreislaufwirtschaft gewinnen. Aber wir brauchen viel mehr Stahl, als wir auf diesem Wege herstellen können; zwei Drittel müssen wir in der integrierten Hütte erzeugen, wo rohes Eisenerz geschmolzen und im Anschluss zu Stahl weiterverarbeitet wird.

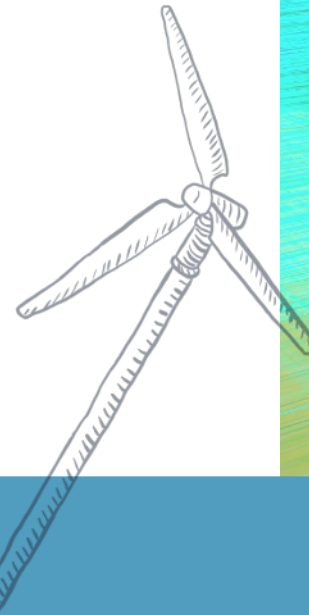
Im Laufe des Prozesses wird Wasserstoff statt Kohlenstoff für die Reduktion von Eisenoxid genutzt. Bei der sogenannten Direktreduktion entsteht dann lediglich Wasserdampf an Stelle des klimaschädlichen CO<sub>2</sub>.



Der Stahl im Jahr 2045 kann entweder durch Recycling oder durch Direktreduktion mithilfe von Wasserstoff gewonnen werden.

## Station 7: Sektorenkopplung (am Hügel)

Eine Herausforderung bei den Erneuerbaren ist, dass sie von der Witterung abhängig und daher nicht jederzeit und überall verfügbar sind. Wenn die Sonne scheint oder starker Wind weht, steht uns manchmal mehr Energie zur Verfügung als wir benötigen, an einem bedeckten, windstillen Tag zu wenig. Und hier kommt die Sektorenkopplung ins Spiel: Die Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme, Industrie und Verkehr wird immer mehr mit erneuerbaren Energien gedeckt – durch direkte Elektrifizierung oder durch die Herstellung von Wasserstoff und seinen weiteren Verbindungen mittels der Power-to-X-Technologien. Dabei nutzen wir Wasserstoff auch als chemischen Energieträger, um die überschüssige Energie zu speichern. Das geschieht in den verschiedenen Sektoren. Wasserstoff ist dort die Grundlage für Kraftstoffe, Kunststoffe und die Stahlproduktion. Aber er wird nicht nur weiterverarbeitet – über eine intelligente Kopplung im Stromnetz können wir bei Flauten in der Stromproduktion aus Wasserstoff wieder Energie gewinnen und diese ausgleichen. Diese Technologie war ein Meilenstein der Energiewende! Durch die vielseitige Einsetzbarkeit des Wasserstoffs konnten wir im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien viele Bereiche klimaneutral aufstellen. Das war ein entscheidender Schritt, um das 1,5-Grad-Limit einzuhalten und die Klimakrise einzudämmen.



Über eine intelligente Kopplung im Stromnetz können wir bei Flauten in der Stromproduktion aus Wasserstoff wieder Energie gewinnen.

# IMPRESSUM

**Stand:** 2026

**Autor:innen/Redaktion:** R. Bohlmann, M. Himberger,  
A. Siegmund, C. Plass, Siegmund: Space & Education gGmbH

**Koordination:** Kay Neumann und Ulrike Hinz, WWF

**Kontakt:** p2x@wwf.de

**Gestaltung/Illustration/Titelbild:** insimity GmbH

© 2022 WWF Deutschland, Berlin.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Der World Wide Fund For Nature (WWF) ist eine der größten und erfahrensten Naturschutzorganisationen der Welt und in fast 100 Ländern aktiv. Weltweit unterstützen ihn mehr als sechs Millionen Förderer:innen. Das globale Netzwerk des WWF unterhält 90 Büros in mehr als 40 Ländern.

Weltweit setzt sich der WWF Deutschland in acht internationalen Schwerpunktregionen für den Naturschutz ein. Schwerpunkte sind dabei der Erhalt der letzten großen Waldgebiete der Erde – sowohl in den Tropen als auch in gemäßigten Regionen –, der Kampf gegen den Klimawandel, der Einsatz für lebendige Meere sowie die Bewahrung von Flüssen und Feuchtgebieten weltweit. Der WWF Deutschland führt außerdem zahlreiche Projekte und Programme in Deutschland durch.



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

