

Grüner Wasserstoff und Power-to-X

Ideen für eine Wasserstoffstrategie mit Zukunft

Einleitung

Um die Klimaziele einzuhalten, sind sofortige und umfassende Emissionsminderungen in den Bereichen Energie, Industrie, Gebäude und Verkehr notwendig. Erreicht werden kann dies nur, wenn wir konsequent auf Energieeffizienz, den Ausbau Erneuerbarer Energien (EE) und nachhaltige Lebens- und Wirtschaftsweisen setzen.

Daneben wird auch der Einsatz von erneuerbar erzeugtem Wasserstoff und anderen synthetischen Energieträgern eine Rolle spielen. In der aktuellen politischen Debatte haben Wasserstoff und Power-to-X-Stoffe Hochkonjunktur: Es gibt kaum einen Sektor, in dem sie nicht als wichtige Mittel zur Emissionsminderung gehandelt werden.

Auch die Deutsche Umwelthilfe sieht im Einsatz von Wasserstoff und PtX-Stoffen für einige Sektoren einen wichtigen Beitrag zur Defossilisierung. Aber es ist Vorsicht geboten – Wasserstoff und PtX-Stoffe sind keine Allheilmittel. Nur wenn sie unter strikten Nachhaltigkeitsstandards und vollständig aus Erneuerbaren Energien produziert werden, können sie in bestimmten Anwendungen als ergänzendes Mittel zur Emissionsminderung dienen. In vielen Bereichen wäre ihr Einsatz jedoch ineffizient und kostspielig. Ein beschleunigter Umstieg auf Erneuerbare Energien, die Reduktion des Energieverbrauchs, Energieeffizienzsteigerungen in allen Sektoren und eine umfassende Mobilitätswende bleiben die wichtigsten Herausforderungen im Klimaschutz – und müssen klare Priorität der Politik sein.

Im Folgenden fassen wir grünen Wasserstoff und darauf basierende Kohlenwasserstoffe unter dem Begriff PtX-Stoffe zusammen.

Alle Forderungen auf einen Blick

- » Klima- und Umweltkriterien müssen bei einer Wasserstoffstrategie an erster Stelle stehen.
- » Nur erneuerbarer Wasserstoff kann Teil der Energiewende sein. Förderung und Import von blauem oder türkisen Wasserstoff müssen ausgeschlossen werden.
- » Für die Produktion von grünem Wasserstoff und PtX-Stoffen müssen verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards gelten.
- » Für den Einstieg in Wasserstoff und PtX-Stoffe hat die heimische Erzeugung unter zusätzlichem EE-Ausbau Priorität. Kein Import, solange der Stromsektor der Herkunftsländer nicht vollständig auf Erneuerbaren Energien basiert.
- » Kohlenstoffbezug für die Veredelung von Wasserstoff ausschließlich aus der Luft.
- » Der Einsatz von Wasserstoff und PtX-Stoffen muss auf Sektoren beschränkt werden, in denen es keine Alternative für die Defossilisierung gibt. Zugleich sind alle Potentiale der Bedarfsreduktion und Effizienzsteigerung auszuschöpfen.
- » Keine einseitige Bevorzugung von Wasserstoff und PtX-Stoffen durch Sonderregelungen.
- » Neue Gasinfrastruktur auf nationaler und europäischer Ebene muss mit den Klimazielen vereinbar sein.
- » Beschleunigter Ausbau der Erneuerbaren Energien und Effizienzsteigerung bleiben Prioritäten für die Energiewende.

Positionen und Forderungen der DUH: Wasserstoff und PtX-Stoffe als ein Baustein der Energiewende

1. Klima- und Umweltkriterien müssen bei einer Wasserstoffstrategie an erster Stelle stehen

PtX-Anwendungsbereiche, Produktionsstandards und Förderinstrumente müssen anhand dreier Leitfragen zu THG-Minderungspotential, effizientem Einsatz sowie nachhaltiger Verfügbarkeit und Skalierbarkeit festgelegt werden:

- **THG-Minderungspotential: Ermöglicht der PtX-Stoff signifikante reale Treibhausgas-Einsparungen im Gesamtsystem und kann er vollständig emissionsfrei produziert und eingesetzt werden?**

PtX-Stoffe müssen im Kontext der Klimakrise und des nötigen raschen Umstiegs zu einer klimaneutralen Wirtschaft bewertet werden. Vor dem Hintergrund des Nullemissionsziels sind nur solche PtX-Stoffe zukunftsfähig, die reale Treibhausgas-Reduktionen ermöglichen und vollständig emissionsfrei produziert und eingesetzt werden können.

- **Effizienter Einsatz: Ist der Einsatz des PtX-Stoffes effizient im Hinblick auf Energie- und Ressourcenbedarf, verglichen mit allen anderen Minderungsoptionen?**

Erneuerbarer Strom als zentrale nachhaltige Ressource ist ein wertvolles und knappes Gut, das effizient eingesetzt werden muss, um eine sektorübergreifende Defossilisierung zu ermöglichen. Aufgrund hoher Umwandlungsverluste haben PtX-Stoffe einen niedrigen Wirkungsgrad. Direkte Stromnutzung, Effizienzsteigerung und Reduktion des Energiebedarfs haben deshalb grundsätzlich Priorität.

- **Nachhaltige Verfügbarkeit und Skalierbarkeit: Kann der PtX-Stoff (jetzt und langfristig) auf nachhaltige Weise erzeugt werden, und wenigstens mittelfristig in der für relevante Treibhausgas-Einsparungen nötigen Menge?**

Wasserstoff und PtX-Stoffe müssen auch unter den Gesichtspunkten der nachhaltigen Verfügbarkeit und Skalierbarkeit betrachtet werden. Um beispielsweise den Treibhausgas-Ausstoß des Straßenverkehrs so rasch und umfassend zu reduzieren wie nötig, kommen nur Lösungen in Frage, die kurzfristig, nachhaltig und in relevantem Maßstab verfügbar sind. Für die Bewertung von Nachhaltigkeit müssen etwaige Konflikte mit dem Schutz von Ökosystemen und Biodiversität beachtet werden. Bezüglich Ressourcenverfügbarkeit sind Nutzungskonkurrenzen mit anderen (ebenfalls zu defossilisierenden) Sektoren zu berücksichtigen.



2. Nur erneuerbarer Wasserstoff kann Teil der Energiewende sein. Förderung und Import von blauem oder türkisen Wasserstoff müssen ausgeschlossen werden

Mitunter werden grüner und blauer Wasserstoff unter dem Begriff „CO₂-neutraler Wasserstoff“ zusammengefasst. Damit wird suggeriert, beide Produktionsmethoden wären aus Klimasicht gleichwertig – das ist falsch. Blauer Wasserstoff basiert auf dem Einsatz von fossilem Erdgas. Um ihn „klimaneutral“ zu machen, soll das bei der Produktion entstehende CO₂ abgeschieden und auf unbestimmte Zeit in unterirdischen Endlagern gespeichert werden. Doch die Carbon Capture and Storage (CCS) Technik ist eine riskante Scheinlösung:

- Je nach CCS-Verfahren entweichen bis zu 35% des CO₂ trotzdem in die Atmosphäre, außerdem verbleiben hohe Vorketten-Emissionen bei Förderung und Transport von Erdgas. Die Einlagerung des CO₂ verursacht nochmal zusätzliche Emissionen. Insgesamt

entstehen so bis zu 218 CO₂eq pro Kilowattstunde blauem Wasserstoff¹ – ganz sicher keine klimafreundliche, geschweige denn „klimaneutrale“ Option.

- Es besteht die große Gefahr von Leckagen: Es gibt keine Garantie, dass die unterirdischen Lagerstätten für Jahrtausende, und auch bei seismischen Aktivitäten, dicht bleiben.
- CCS ist äußerst unpopulär. Der Versuch, CCS-Deponien an Land zu ermöglichen, scheiterte in Deutschland bereits 2012 an breitem öffentlichen Widerstand.

Türkiser Wasserstoff beruht ebenfalls auf dem Einsatz von fossilem Erdgas mit den entsprechenden hohen Vorketten-Emissionen. Energieaufwand, Kosten, industrielle Skalierbarkeit und Risiken sind bei der dauerhaften Bindung des festen Kohlenstoffs völlig ungeklärt.

CCS dient nicht dem Klimaschutz, sondern fungiert als Feigenblatt für den langfristigen Erhalt fossiler Geschäftsmodelle. Anstatt zukünftigen Generationen mit CO₂-Endlagern enorme



ökologische und wirtschaftliche Altlasten aufzubürden, müssen wir konsequent aus fossilen Energieträgern aussteigen. Ausschließlich grüner Wasserstoff auf Basis erneuerbaren Stroms sowie entsprechende PtX-Folgeprodukte können zum Klimaschutz beitragen.

Auch aus industriepolitischer Sicht ist der grüne Wasserstoff klar im Vorteil: Während beim Import von blauem Wasserstoff die Wertschöpfungsketten im Ausland verbleiben, schafft die heimische Förderung grüner Wasserstofftechnologien neue industriepolitische Chancen für Deutschland. Eine Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit des grünen Wasserstoffs ist gerade die industrielle Skalierung. Diese kann nur gelingen, wenn nicht anderen Technologien (CCS) die Türe aufgestoßen wird. Auch unter diesem Gesichtspunkt ist der Einsatz von blauem/türkisen Wasserstoff für den „Übergang“ ein Irrweg.

3. Für die Produktion von grünem Wasserstoff und PtX-Stoffen müssen verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards gelten

Grüne PtX-Stoffe garantieren keinesfalls automatisch verminderte Treibhausgasemissionen. Es gibt sogar ein signifikantes Risiko für Mehremissionen, wenn nicht von Beginn an durch verbindliche Regeln eine nachhaltige und klimafreundliche Produktion sichergestellt wird.

Die Produktion erneuerbarer PtX-Stoffe ist äußerst ressourcenintensiv. Alle Ressourcenströme sowie systemischen und indirekten Effekte der PtX-Produktion müssen bei der Erarbeitung der Nachhaltigkeitsstandards berücksichtigt werden. Sonst droht eine Wiederholung des Biokraftstoff-Desasters, bei dem Quoten ohne Nachhaltigkeitskriterien zum Hochlauf und Lock-in äußerst klimaschädlicher Produktionsmodelle geführt haben.

Die wichtigsten Faktoren zur Bewertung der Klimawirkung von PtX-Stoffen sind die Stromquelle für die Elektrolyse und für PtX-Folgeprodukte zusätzlich die Kohlenstoffquelle.

Daneben werden für die PtX-Produktion weitere kostbare Ressourcen benötigt, insbesondere Wasser und Fläche. Der Wasserbedarf für die Elektrolyse kann in trockenen Regionen bestehenden Wassermangel verschärfen bzw. die Errichtung von Entsalzungsanlagen erfordern. Der Bedarf an großen EE-Vorzugsflächen für Ökostromproduktion und ggf. zusätzlichen Flächen für CO₂-Abscheidung aus der Luft konkurriert mit anderen Flächennutzungen, z.B. für direkte EE-Stromnutzung, Landwirtschaft oder Naturschutz.

Um ökologisch oder sozial negative Folgen auf lokaler Ebene auszuschließen, muss dem Aufbau von PtX-Anlagen im In- wie Ausland immer eine umfassende Evaluation der Wirkungen auf lokaler Ebene, unter Beteiligung der lokalen Bevölkerung, vorangehen.

Bei PtX-Stoffen, die selbst Treibhausgase sind, müssen insbesondere in globalen Lieferketten und auf langen Transportwegen Leckagen im Gesamtsystem soweit wie möglich verhindert werden. Dies gilt vor allem für das extrem potente Klimagas Methan, das laut IPCC über einen Zeitraum von 20 Jahren eine 84-mal höhere Treibhausgaswirkung als CO₂ hat. Schon die Leckage kleiner Mengen Methan hat eine enorme klimaschädigende Wirkung.

4. Für den Einstieg in Wasserstoff und PtX-Stoffe hat die heimische Erzeugung unter zusätzlichem EE-Ausbau Priorität. Kein Import, solange der Stromsektor der Herkunftsländer nicht vollständig auf Erneuerbaren Energien basiert

Solange im Stromsystem noch relevante Anteile fossiler Erzeugung bestehen, kann die Substitution fossiler Brennstoffe durch PtX-Stoffe die Emissionen im Gesamtsystem deutlich erhöhen. So verursacht ein mit Wasserstoff angetriebenes Brennstoffzellenfahrzeug basierend auf dem heutigen Strommix 50%, ein mit E-Fuel betriebenes Verbrennerfahrzeug sogar 250% mehr Emissionen als ein Diesel-Pkw².

Um eine CO₂-Reduktion zu ermöglichen, müssen PtX-Stoffe mit 100% zusätzlichem erneuerbarem Strom erzeugt werden. Da grüner Überschussstrom nicht ausreichend zur Verfügung stehen wird, muss der Ausbau Erneuerbarer Energien noch weiter beschleunigt werden und mit dem Aufbau einer PtX-Produktion Hand in Hand gehen. PtX-Stoffe werden nicht dadurch grün, dass man Herkunftsnachweise für Ökostrom kauft. Denn wenn der enorme Strombedarf der PtX-Produktion andernorts durch verstärkte fossile Stromnutzung ausgeglichen wird, führt dies insgesamt zu hohen Mehremissionen. Dies macht einen zusätzlichen Ausbau der Erneuerbaren erforderlich und muss auch bei der Planung von Strommengen für die Ausbauziele berücksichtigt werden.

Langfristig wird Deutschland PtX-Stoffe importieren müssen – solche Importe dürfen jedoch erst dann stattfinden, wenn im Stromsektor der Herkunftsländer zu 100% Erneuerbare Energien eingesetzt werden oder eine entsprechende Strategie weit fortgeschritten ist. Der Fokus beim Einstieg in die PtX-Produktion muss zunächst auf der heimischen Erzeugung in Deutschland liegen.

Die Deutsche Umwelthilfe fordert einen Aufbau von 5 GW Elektrolyseleistung in Deutschland bis 2025, gefördert zum Beispiel über ein Ausschreibungsmodell. Zusätzlich sollte eine pilothafte Ausschreibung von Wasserstoffherzeugung in Kombination mit Offshore-Wind erfolgen. Diese Skalierung dient einer weiteren Kostendegression der PtX-Technologie und stärkt den Anlagenbau am Standort Deutschland. Etwaige Mindestquoten sollten sich nicht auf das Gasnetz insgesamt oder den gesamten Gasverbrauch beziehen, sondern spezifisch für die Sektoren formuliert werden, in denen die Anwendung von Wasserstoff bzw. PtX-Stoffen mangels anderer Defossilisierungsalternativen erforderlich ist.

5. Kohlenstoffbezug für die Veredelung von Wasserstoff ausschließlich aus der Luft

Wird Wasserstoff zu gasförmigen oder flüssigen PtX-Kraftstoffen weiterverarbeitet, muss Kohlenstoff in Form von CO₂ zugeführt werden. Die CO₂-Quelle ist ein wichtiger Faktor für die Klimabilanz von PtX-Stoffen.

CO₂ aus der Luft ist die einzige nachhaltige CO₂-Quelle für die PtX-Produktion. Die Technik zur CO₂-Abtrennung aus der Luft ist allerdings unausgereift, flächen- und ressourcenintensiv und sehr teuer. Gezielte Fördermaßnahmen zur Weiterentwicklung und Skalierung der Technologie sind nötig.

Die Nutzung von CO₂ aus fossiler Verbrennung in Industrieprozessen lehnt die Deutsche Umwelthilfe ab. Die Schaffung eines Markts für den Rohstoff CO₂ aus Verbrennungsprozessen unterminiert die Defossilisierung des Industriesektors und riskiert hohe Mehremissionen im Gesamtsystem. CO₂-Emissionen müssen real reduziert und nicht von einem Sektor in einen anderen verschoben werden.

Auch die Nutzung von CO₂ aus Biomasse-Verbrennung ist keine akzeptable Kohlenstoffquelle. Der Anbau von Biomasse zur Energiegewinnung muss aufgrund der enormen Klima- und Umweltschäden stark eingedämmt werden. Die verfügbaren Mengen nachhaltiger Reststoff-Biomasse sind für eine Skalierung der PtX-Produktion zu gering. Insbesondere an EE-Gunststandorten sind nachhaltige biogene CO₂-Quellen in der Regel nicht vorhanden³.



6. Der Einsatz von Wasserstoff und PtX-Stoffen muss auf Sektoren beschränkt werden, in denen es keine Alternative für die Defossilisierung gibt. Zugleich sind alle Potentiale der Bedarfsreduktion und Effizienzsteigerung auszuschöpfen

PtX-Stoffe sind aufgrund hoher Umwandlungsverluste deutlich ineffizienter (und damit auch langfristig teurer) als die direkte Stromnutzung. Beispielsweise benötigt im Vergleich zu einem batterieelektrischen Fahrzeug ein mit Wasserstoff betriebenes Brennstoffzellenfahrzeug die dreifache und ein mit flüssigem E-Fuel betriebenes Verbrennerfahrzeug die fünf- bis siebenfache Energiemenge pro Kilometer⁴.

In einigen Sektoren, in denen direkte Elektrifizierung nicht möglich ist, stellen grüne PtX-Stoffe nach Bedarfsreduktion und Effizienzsteigerung allerdings die einzige Möglichkeit zur Defossilisierung dar. Hierzu zählen die Stahl- und chemische Grundstoffindustrie, industrielle Hochtemperaturprozesse sowie der Luft- und Seeverkehr.

In Zukunft ist für erneuerbaren Wasserstoff und PtX-Folgeprodukte mit enormen Nachfragekonkurrenzen zwischen diesen Sektoren sowie insgesamt auf dem Weltmarkt zu rechnen. Die nötigen technischen Produktionskapazitäten sind aktuell noch nicht einmal im Ansatz vorhanden, und selbst bei optimalem Skalierungsverlauf werden vor 2030 nur begrenzte Mengen grünen Wasserstoffs und keine relevanten Mengen an E-Fuels bereitstehen.

Aus den genannten Gründen – Ineffizienz, Kosten, Nutzungskonkurrenz und (auch mittelfristig) begrenzte Verfügbarkeit – kommt der Einsatz von PtX-Stoffen nur in Frage, wenn keine alternativen Minderungsoptionen (mehr) zur Verfügung stehen, d.h.

- in Sektoren, in denen fossile Energieträger nicht anderweitig substituierbar sind; und
- als letztes Mittel nach Ausschöpfung aller Potentiale der Nachfragereduktion (z.B. durch Recycling von Stahl, Verkehrsverlagerung von Luft auf Schiene), Effizienzsteigerung und Suffizienz.

Ein Blick auf die Größenordnungen unterstreicht dies: Um den aktuellen Energiebedarf im deutschen Flugverkehr durch E-Fuels abzudecken, wäre eine Steigerung der EE-Stromerzeugung in Deutschland um 140% nötig⁵. Es ist klar: Wir müssen Flugverkehr primär vermeiden und verlagern, bevor E-Fuels als letzte ergänzende Option zum Einsatz kommen.

Wo immer es bessere Alternativen gibt, muss der Einsatz von PtX-Stoffen ausgeschlossen werden. Dies ist bei der Gebäudewärme und im Pkw-Verkehr der Fall, wo mit Wärmepumpen bzw. Elektromobilität im Zusammenspiel mit Effizienz, Suffizienz und einer Mobilitätswende deutlich effizientere, kostengünstigere und weniger riskante Lösungen schon heute zur Verfügung stehen. Auch im Schwerlastverkehr sollte aufgrund der viel höheren Effizienz der Fokus ganz überwiegend auf elektrischen Lösungen liegen – Verlagerung auf die Schiene sowie batterieelektrische Lkw haben Priorität gegenüber dem Einsatz von PtX-Kraftstoffen.

Für den großflächigen Einsatz von Wasserstoff im Verkehr fehlt bisher ohnehin die nötige Transport- und Speicherinfrastruktur. Diese unter hohen Kosten für eine ineffizientere Antriebstechnologie zusätzlich zur Ladeinfrastruktur aufzubauen, ist nicht sinnvoll. Falsche Hoffnungen in PtX-Technologien kosten wertvolle Zeit. Die Automobilindustrie sollte sich ernsthaft der E-Mobilität zuwenden anstatt auf E-Fuels zu setzen und so die Verkehrswende hinauszuzögern. Für die umfassenden CO₂-Einsparungen, die im Verkehr bis 2030 nötig sind, stehen PtX-Kraftstoffe ohnehin nicht zur Verfügung.

In der Gebäudewärme droht ebenfalls ein Lock-in in ineffiziente Gasheizungen. Stattdessen muss der Fokus darauf liegen, den Energiebedarf für die Bereitstellung von Wärme durch eine deutliche Erhöhung der Sanierungsquote und Sanierungstiefe zu reduzieren sowie Effizienzanforderungen für Neubauten anzuhähen. Der Einbau neuer Gasheizungen muss ab 2025 verboten werden.

7. Keine einseitige Bevorzugung von Wasserstoff und PtX-Stoffen durch Sonderregelungen

Bei der Förderung von Wasserstoff und PtX-Produktion darf der bestehende Ordnungsrahmen nicht durch Sonderregelungen aufgeweicht werden. Oftmals wird die Forderung erhoben, die Betreiber von Elektrolyseuren und PtX-Anlagen von der Zahlung der EEG-Umlage und Netzentgelte zu befreien. Aber als zusätzliche EE-Stromverbraucher und Netznutzer müssen sich PtX-Produzenten auch in geeigneter Form an den Kosten für den beschleunigten Ausbau Erneuerbarer-Energien-Anlagen sowie Instandhaltung und Ausbau der Netze beteiligen. Eine Sonderbefreiung von diesen Abgaben für PtX-Produzenten ginge zu Lasten der verbliebenen Zahler, inklusive privater Haushalte und nicht energieintensiver Industriebetriebe.

Auch eine Anrechnung von Wasserstoff und E-Fuels auf die CO₂-Flottengrenzwerte bzw. die Gleichsetzung von PtX-Stoffen mit Biogas in der Gebäudewärme wäre kontraproduktiv. Die CO₂-Flottengrenzwerte setzen einen wichtigen Anreiz für Fahrzeughersteller zur Umstellung auf effizientere und zunehmend elektrische Fahrzeug-Technologien. Eine Aufweichung der Regulierungen zugunsten ineffizienter PtX-Stoffe würde diese Lenkungswirkung unterminieren und den Energieverbrauch im Straßenverkehr letztlich erhöhen. In der Gebäudewärme würde das Efficiency-First-Prinzip dadurch untergraben.

8. Neue Gasinfrastruktur auf nationaler und europäischer Ebene muss mit den Klimazielen vereinbar sein

Der Einsatz von gasförmigen Energieträgern wird zukünftig sinken. Bestehende Gasinfrastruktur ist langlebig, teilweise bereits abgeschrieben und sollte weitergenutzt werden, wo nötig. Es ist beispielsweise denkbar, dass lokale Wasserstoff-Inseln (Netze) entstehen, um PtX-Anlagen mit industriellen Abnehmern zu verbinden. Es ist auch denkbar, dass zukünftig eine bestehende Fernleitung zum Transport von Wasserstoff genutzt wird. Hier muss

Regulierung Klarheit und Verlässlichkeit für Investitionssicherheit schaffen und „stranded investments“ vermeiden.

Grundsätzlich muss bei Planung und Ausbau des Gasnetzes Klimaschutz an erste Stelle stehen. Es dürfen künftig nur noch solche Neu- und Ausbauprojekte verfolgt werden, die mit den Klimazielen vereinbar sind und für die eine Perspektive besteht, auf Wasserstoff umzustellen.

9. Beschleunigter Ausbau der Erneuerbaren Energien und Effizienzsteigerung bleiben Prioritäten für die Energiewende

Die Produktion von grünen PtX-Stoffen erfordert enorme zusätzliche Mengen erneuerbaren Stroms und kann nur solchen Anwendungen dienen, die nicht mittels direktem EE-Stromeinsatz defossilisiert werden können. Dies unterstreicht einmal mehr die Notwendigkeit, den Ausbau der Erneuerbaren Energien stark zu beschleunigen und Energieeffizienz in allen Bereichen zu steigern. Um die Energiewende zu ermöglichen, muss die Bundesregierung Wind- und Solarenergie viel stärker als bisher vorantreiben. Tritt sie beim EE-Ausbau weiterhin auf die Bremse, scheitert die Vision einer grünen Wasserstoffwirtschaft automatisch.



Technische Grundlagen

Aus Wasser kann mit Hilfe von elektrischer Energie Wasserstoff hergestellt werden (Elektrolyse). Kommt der gesamte eingesetzte Strom aus Erneuerbaren Energien (EE-Strom, Ökostrom), spricht man von **grünem oder erneuerbarem Wasserstoff**.

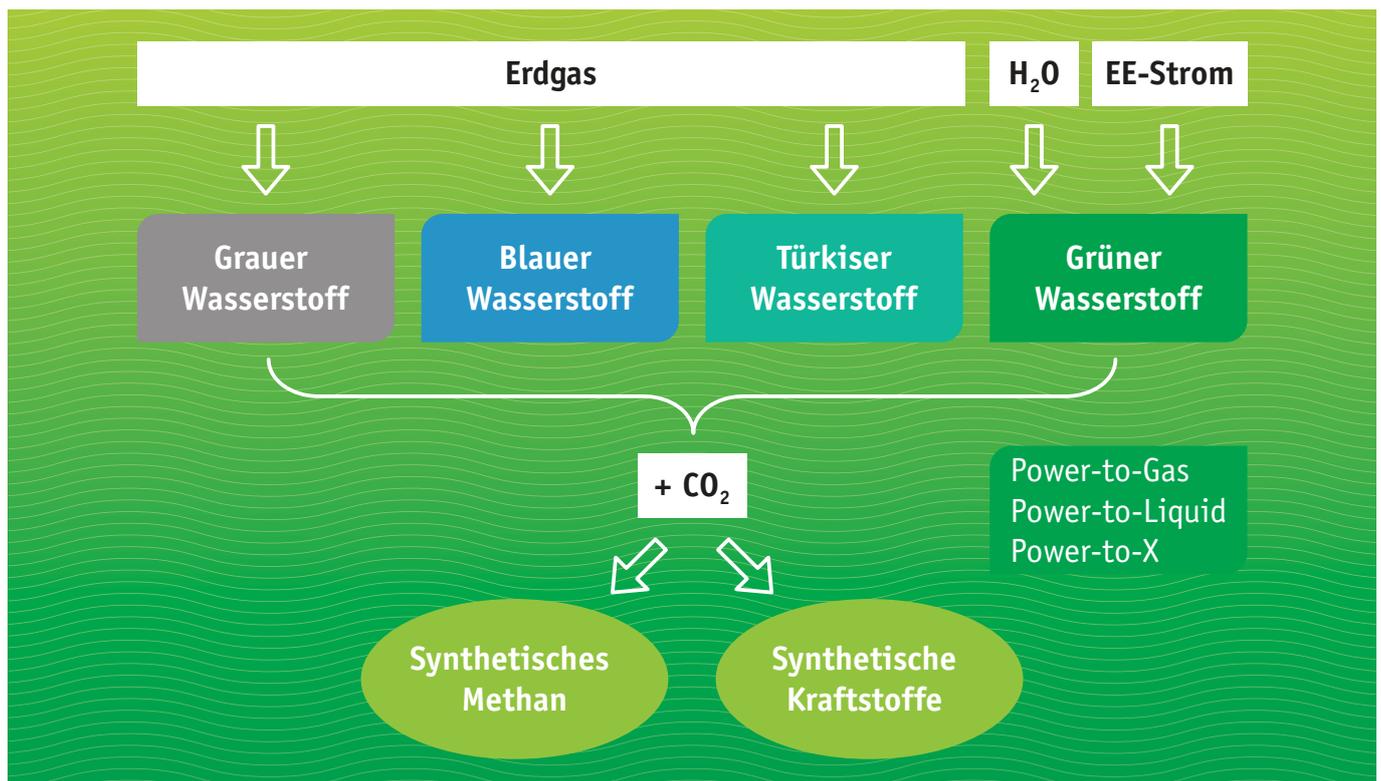
Aktuell wird nur ein äußerst geringer Teil des in der Industrie eingesetzten Wasserstoffs aus Strom gewonnen. Herkömmliche Methoden der Wasserstoffherstellung basieren auf Dampfreformation von fossilem Erdgas, wobei erhebliche Treibhausgas-Emissionen entstehen – dies wird als **grauer Wasserstoff** bezeichnet.

Von **blauem Wasserstoff** spricht man, wenn die Gewinnung von Wasserstoff aus Erdgas mit einem CO₂-Abscheidungs- und -Speicherungsverfahren gekoppelt ist (engl. CCS, Carbon Capture and Sto-

rage). Durch Endlagerung des CO₂ in unterirdischen Speicherstätten soll verhindert werden, dass das CO₂ in die Atmosphäre gelangt.

Türkiser Wasserstoff wird ebenfalls aus fossilem Erdgas gewonnen, über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse). Dabei entsteht anstelle von CO₂ fester Kohlenstoff, der dauerhaft gebunden werden muss.

In weiteren Prozessschritten können aus grünem Wasserstoff unter Zufuhr von Kohlenstoff auch gasförmiges Methan oder flüssige Kohlenwasserstoffketten synthetisiert werden. Diese sogenannten **E-Fuels** können fossile Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren ersetzen. Allgemein wird die Produktion von Wasserstoff und Folgeprodukten auf Basis von Strom als **Power-to-X (PtX)**-Technologie bezeichnet. Je nach Endprodukt spricht man auch von **Power-to-Gas (PtG)** oder **Power-to-Liquid (PtL)**.



Endnoten

- [Greenpeace Energy, 2020.](#)
- [Agora Verkehrswende, 2019. Klimabilanz über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs berechnet.](#)
- [Agora Energie- und Verkehrswende, 2018.](#)
- [Transport & Environment, 2017.](#)
- [Energiebedarf im deutschen Flugverkehr 426 PJ / 118 TWh in 2017 \(BMWi, 2019\), damit zusätzlicher EE-Strombedarf von 311 TWh zur Abdeckung durch E-Fuels \(38% Effizienz der PtL-Produktion; Umweltbundesamt, 2016\). Gesamt-EE-Stromerzeugung in Deutschland 222 TWh in 2017 \(EU Energy in Figures, 2019\).](#)

