



## IM FOKUS

### Strombasierte Kraftstoffe: die Zukunft von PtX

Auf dem Weg in eine emissionsfreie Zukunft werden Power-to-X-Stoffe, kurz PtX, oft als Allheilmittel beworben: Sie sollen überall dort klimaneutrale Anwendungen ermöglichen, wo der Klimaschutz bislang noch stockt – in der Mobilität, im Gebäudesektor, in der energieintensiven Industrie. Doch ist es wirklich so einfach?

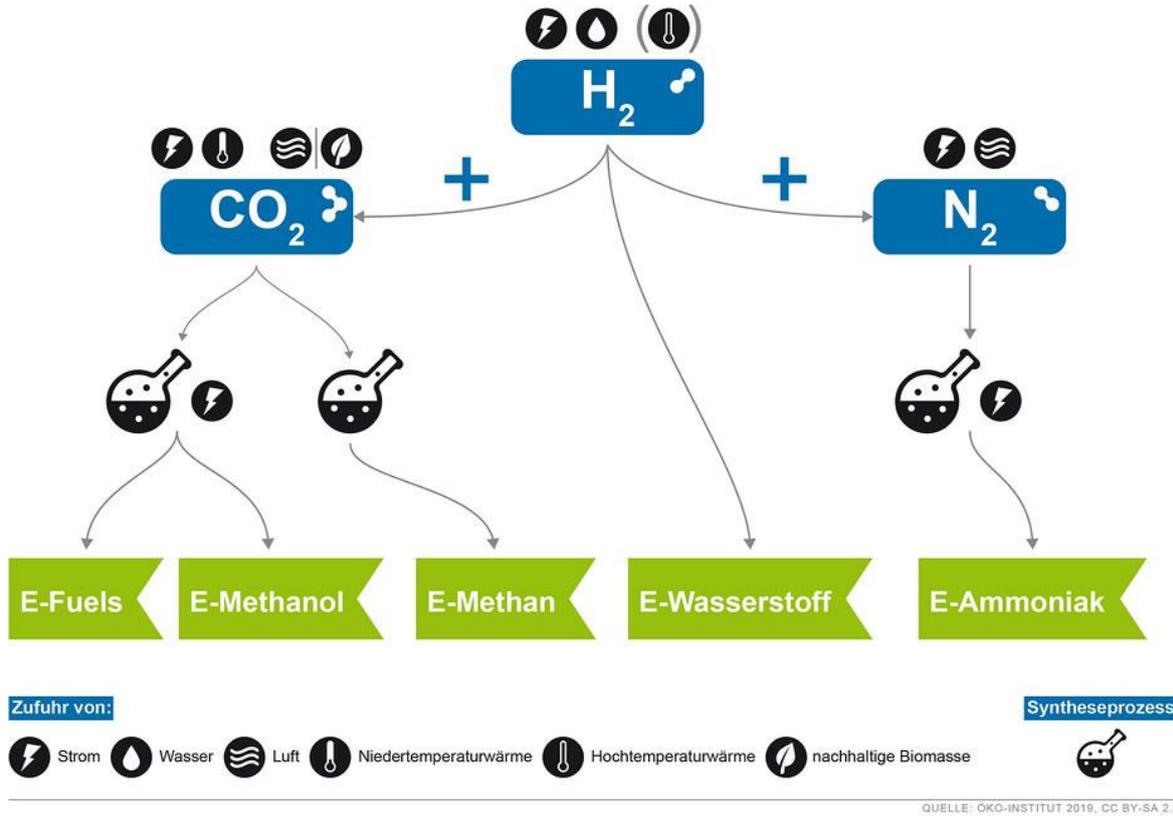
Wer sich genauer mit strombasierten Kraftstoffen befasst, sieht schnell: Nicht alle PtX-Stoffe sind nachhaltig, ganz im Gegenteil. Werden sie zum Beispiel heute ohne eine Nachhaltigkeitsregulierung in Deutschland produziert, liegen ihre Emissionen sogar deutlich höher als die von Diesel oder Erdgas. Damit PtX-Stoffe einen Beitrag zum Klimaschutz leisten können, müssen sie daher klare Nachhaltigkeitskriterien erfüllen.

### Die Herstellung von PtX-Stoffen

Die Herstellung von PtX-Stoffen ist mit einem aufwändigen Verfahren verbunden: Zunächst wird durch die so genannte Elektrolyse aus Wasser und mittels Strom Wasserstoff gewonnen. Dieser kann direkt genutzt werden, für seine Speicherung und Verteilung muss er jedoch unter zusätzlichem Energieaufwand verdichtet oder verflüssigt werden. Darüber hinaus können in einem weiteren Prozessschritt aus dem Wasserstoff auch flüssige oder gasförmige Energieträger wie Methan oder E-Fuels wie zum Beispiel synthetisches Kerosin und Diesel gewonnen werden. Hierfür braucht es Kohlendioxid.

Abbildung: Überblick, Ausgangsstoffe, Prozesse, Produkte

Power-to-X: Überblick Ausgangsstoffe, Prozesse und PtX-Produkte  
 Wie aus Strom Brennstoffe und chemische Grundstoffe entstehen



Quelle: Öko-Institut

**PtX: Weniger Effizienz durch Umwandlungsverluste**

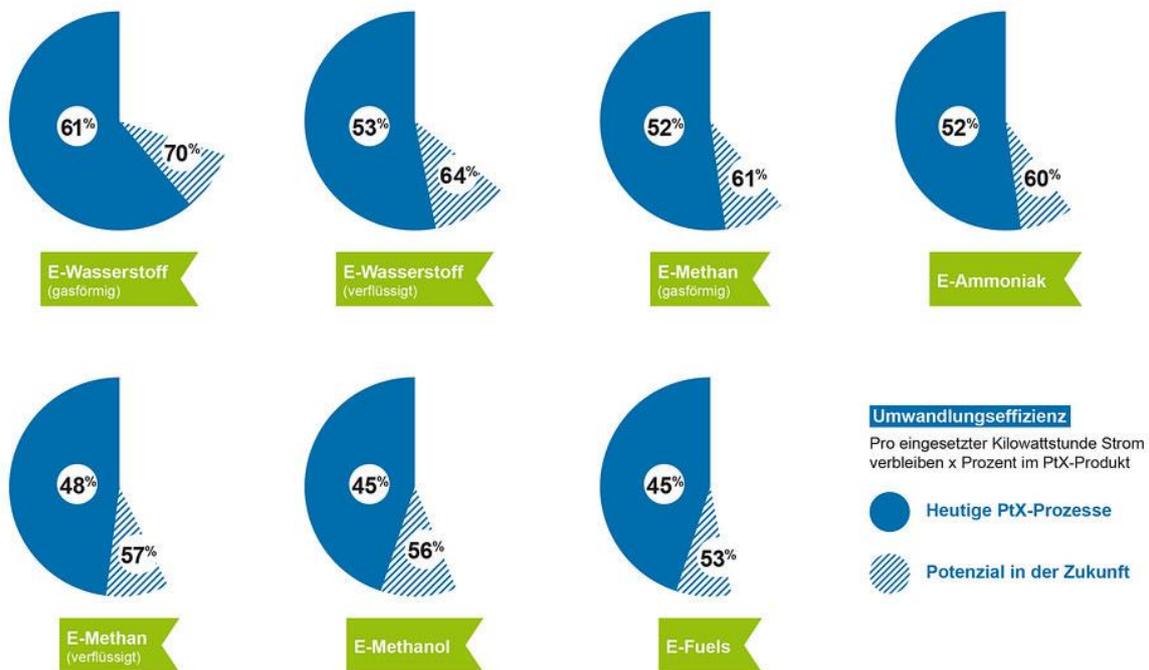
Nach Berechnungen des Öko-Instituts ist es weitaus effizienter, Strom direkt zu nutzen als ihn zur Herstellung von PtX-Stoffen zu verwenden. Denn damit sind Umwandlungsverluste verbunden: So bleiben etwa bei der Herstellung und der Speicherung von gasförmigem Wasserstoff nach heutigem Stand der Technik nur 61 Prozent des Energiegehalts des eingesetzten Stroms übrig, bei gasförmigem Methan sind es 52 und bei E-Fuels nur noch 45 Prozent.

Perspektivisch wird die Effizienz bei der Herstellung von gasförmigen oder flüssigen Energieträgern aus Strom zwar steigen – so erwartet das Öko-Institut bei gasförmigem Wasserstoff ein Umwandlungspotenzial von 70, bei gasförmigem Methan von 61 und bei E-Fuels von 53 Prozent – doch die direkte Stromnutzung bleibt effizienter.

Abbildung: **Wie viel vom Strom übrig bleibt**

**Power-to-X: Wie viel vom Strom übrig bleibt**

Effizienz bei der Herstellung von Energieträgern aus Strom heute und in Zukunft



QUELLE: ÖKO-INSTITUT 2019, CC BY-SA 2.0

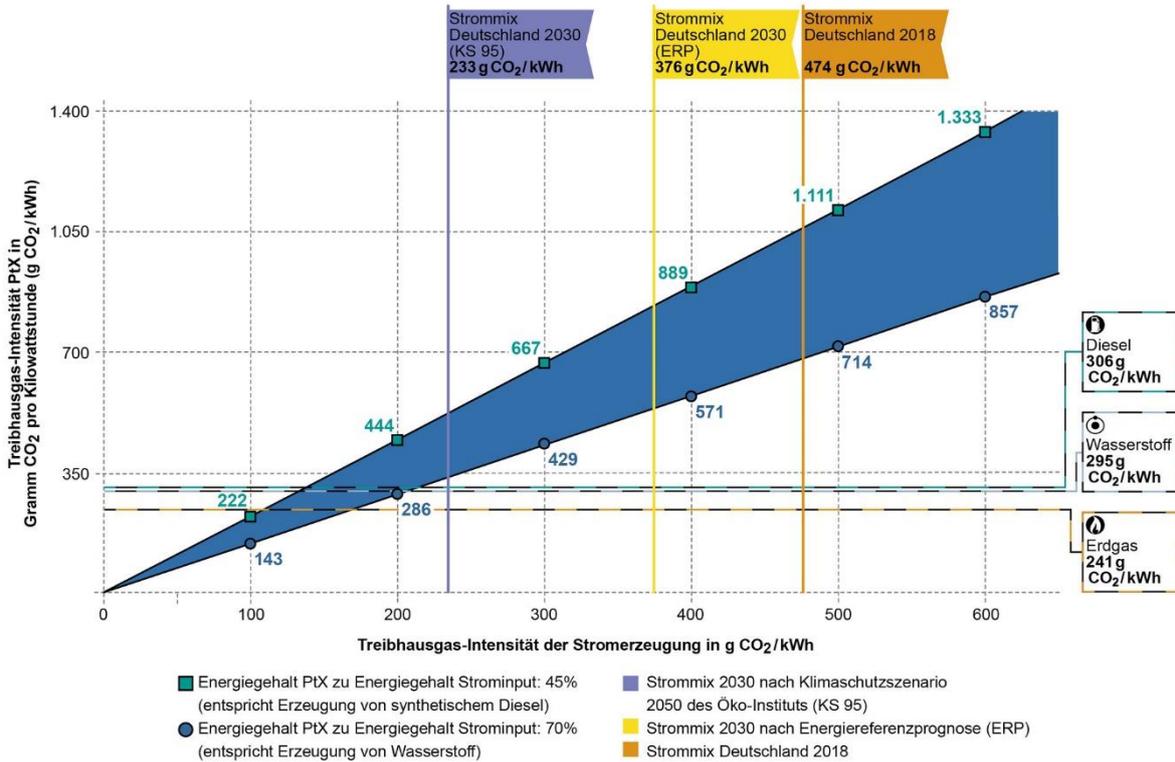
Quelle: Öko-Institut

**Klimaschutz: Nachhaltigkeitskriterien für PtX-Stoffe**

Aus Sicht des Öko-Instituts können PtX-Stoffe nur unter bestimmten Voraussetzungen zum Klimaschutz beitragen. So lohnt es sich erst dann fürs Klima, Strom in PtX-Stoffe umzuwandeln, wenn dieser Strom zu mindestens 75 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammt. Sonst sind die Treibhausgasemissionen sogar höher als bei der Nutzung von Erdgas oder Erdöl: Bei der Verbrennung von Diesel entstehen zum Beispiel pro Kilowattstunde (kWh) 306 Gramm CO<sub>2</sub>, bei Erdgas sind es 241 g CO<sub>2</sub>/kWh. Stellt man PtX-Stoffe auf Grundlage des deutschen Strommix von 2018 her, der je Kilowattstunde mit 474 Gramm CO<sub>2</sub> belastet ist, haben PtX-Stoffe je nach Wirkungsgrad der Umwandlungsprozesse eine CO<sub>2</sub>-Bilanz von 700 bis 1.100 g CO<sub>2</sub>/kWh. Zudem muss der benötigte erneuerbare Strom zusätzlich bereitgestellt werden: Ein Ausbau von regenerativen Kapazitäten ist notwendig, damit PtX-Stoffe zum Klimaschutz beitragen können.

## Abbildung: CO<sub>2</sub>-Emissionen von PtX und fossilen Energieträgern im Vergleich

**Power-to-X: CO<sub>2</sub>-Emissionen von PtX und fossilen Energieträgern im Vergleich**  
 Gute Klimabilanz nur bei sehr hohen Anteilen an erneuerbarem Strom



QUELLE: ECOINVENT, GABI, DARSTELLUNG: ÖKO-INSTITUT 2019, CC BY-SA 2.0

Quelle: Öko-Institut

Damit sich die strombasierten Stoffe positiv auf den Klimaschutz auswirken, muss das für ihre Herstellung notwendige CO<sub>2</sub> zudem aus der Luft oder der Nutzung nachhaltiger Biomasse stammen. Nur so entstehen keine Treibhausgasemissionen. Theoretisch könnte auch CO<sub>2</sub> aus fossilen Industrieprozessen genutzt werden. Dies erhöht jedoch das Risiko, dass bei diesen Prozessen die Emissionsminderung verlangsamt wird. Da diese CO<sub>2</sub>-Emissionen so zudem einen Wert als Rohstoff erhalten können, könnten falsche Anreize gesetzt und der Emissionshandel negativ beeinflusst werden.

Das Öko-Institut befasst sich in unterschiedlichen Projekten mit der Herstellung sowie der Nachhaltigkeit von PtX-Stoffen. So etwa in der Studie „Die Bedeutung strombasierter Stoffe für den Klimaschutz in Deutschland“, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhabens „ENSURE – Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende“ entstand, sowie im [Impulspapier „Kein Selbstläufer: Klimaschutz und Nachhaltigkeit durch PtX“](#) für den Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND).

### Power-to-X: Kosten und Importe

Die Herstellung von PtX-Stoffen ist mit hohen Kosten verbunden – so schätzt das Öko-Institut, dass diese selbst bei optimierten Prozessen und Effizienzsteigerungen voraussichtlich auch langfristig teuer bleiben als ihre fossilen Alternativen. Darüber hinaus brauchen die notwendigen zusätzlichen

erneuerbaren Energien Ressourcen ebenso wie Flächen. Da schon heute der Ausbau der regenerativen Energien in Deutschland häufig auf Widerstand stößt und daher stockt, ist zu erwarten, dass strombasierte Stoffe in Zukunft in großem Umfang aus dem Ausland importiert werden. Auch, weil die Herstellung von PtX-Stoffen in Europa teurer ist als etwa in Nordafrika, Australien, Chile oder im Mittleren Osten.

Rechtzeitige Abstimmungen mit möglichen Lieferländern und der Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur sind daher zentral für die Wasserwirtschaft. Notwendig sind aus Sicht des Öko-Instituts zudem die Festlegung von einheitlichen Nachhaltigkeitskriterien, so etwa durch europäische Importstandards oder internationale Zertifikate.

Interview mit Dr. Joachim Fünfgelt im Magazin eco@work: Es geht um praktische ebenso wie um ethische Fragen

## Sinnvoller Einsatz? PtX-Stoffe im Verkehrssektor

Im Flug- oder Schiffsverkehr sowie bei Hochtemperaturanwendungen in der Industrie oder als Langzeit-Stromspeicher können PtX-Stoffe in Zukunft sinnvoll eingesetzt werden. So schätzt das Öko-Institut, dass 2050 in einem fast treibhausgasneutralen Energiesystem voraussichtlich mehrere Hundert Terrawattstunden PtX-Stoffe benötigt werden.

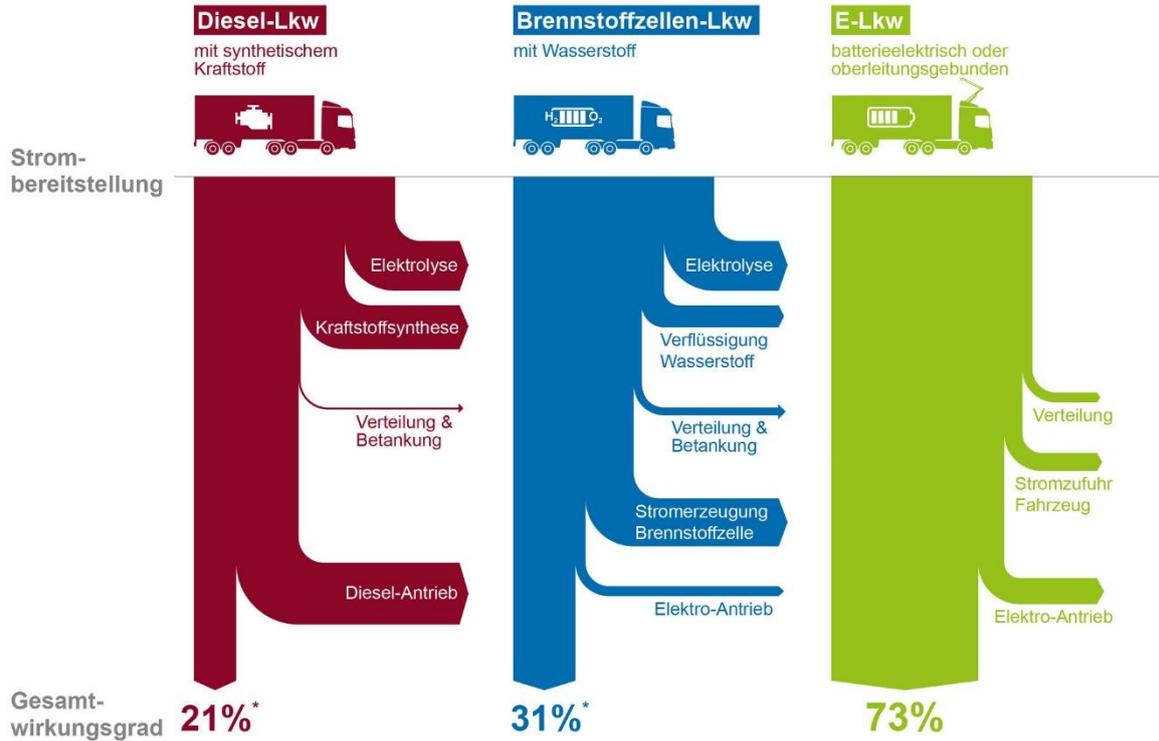
Den Einsatz von Wasserstoff oder synthetischen Energieträgern auf Basis von Wasserstoff, den so genannten E-Fuels, im Straßenverkehr sehen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hingegen kritisch. Denn durch Vermeidung und Verlagerung sowie Effizienzsteigerung und Elektrifizierung der Antriebe lassen sich die Emissionen des Verkehrs bereits um mehr als 80 Prozent reduzieren. Darüber hinaus sind Elektrofahrzeuge rund zweieinhalb Mal effizienter als Verbrenner, zusammen mit den Verlusten für die Herstellung der E-Fuels wird bei der direkten Nutzung von Strom im Vergleich zu E-Fuels sogar bis fünf Mal weniger Strom für dieselbe Wegstrecke verbraucht.

[„Kurzstudie über den Stand des Wissens und die mögliche Bedeutung von E-Fuels für den Klimaschutz im Verkehrssektor“ für die Klima-Allianz Deutschland](#)

Auch mit Blick auf größere Fahrzeuge sind elektrische Antriebe im Vergleich zu Wasserstoff oder E-Fuels die wirksamere Alternative, da sie deutlich höhere Wirkungsgrade erreichen. Denn bei einem Diesel-Lkw, der mit synthetischem Kraftstoff unterwegs ist, gehen rund 80 Prozent der Energie des eingesetzten Stroms verloren. Bei einem Brennstoffzellen-Lkw, der mit regenerativem Wasserstoff betrieben wird, sind es rund 70 Prozent. Deutlich niedriger ist dieser Wert bei batterieelektrischen oder oberleitungsgebundenen E-Lkw: Sie verlieren weniger als 30 Prozent der Energie und kommen auf einen Gesamtwirkungsgrad von 73 Prozent.

**Abbildung: Klimaneutralität im Verkehr: E-Lkw liegen vorn**

**Klimaneutral, erneuerbar, effizient: E-Lkw liegen vorn**  
 Vergleich der Wirkungsgrade verschiedener Lkw-Antriebe



\*bei Erschließung von Effizienzpotenzialen bei Elektrolyse, Kraftstoffsynthese und Brennstoffzelle

QUELLE: ÖKO-INSTITUT 2020, CC BY-SA 2.0

Quelle: Öko-Institut

**Kontakt zum Öko-Institut**

**Peter Kasten**  
 Stellv. Leiter im Bereich  
 Ressourcen & Mobilität (Berlin)

Öko-Institut e.V., Büro Berlin  
 Tel.: +49 30 405085-349  
 E-Mail: [p.kasten@oeko.de](mailto:p.kasten@oeko.de)

**Christoph Heinemann**  
 Senior Researcher im Bereich  
 Energie & Klimaschutz (Freiburg)

Öko-Institut e.V., Büro Freiburg  
 Tel.: +49 761 45295-228  
 E-Mail: [c.heinemann@oeko.de](mailto:c.heinemann@oeko.de)

Das Öko-Institut ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Das Institut ist an den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin vertreten.