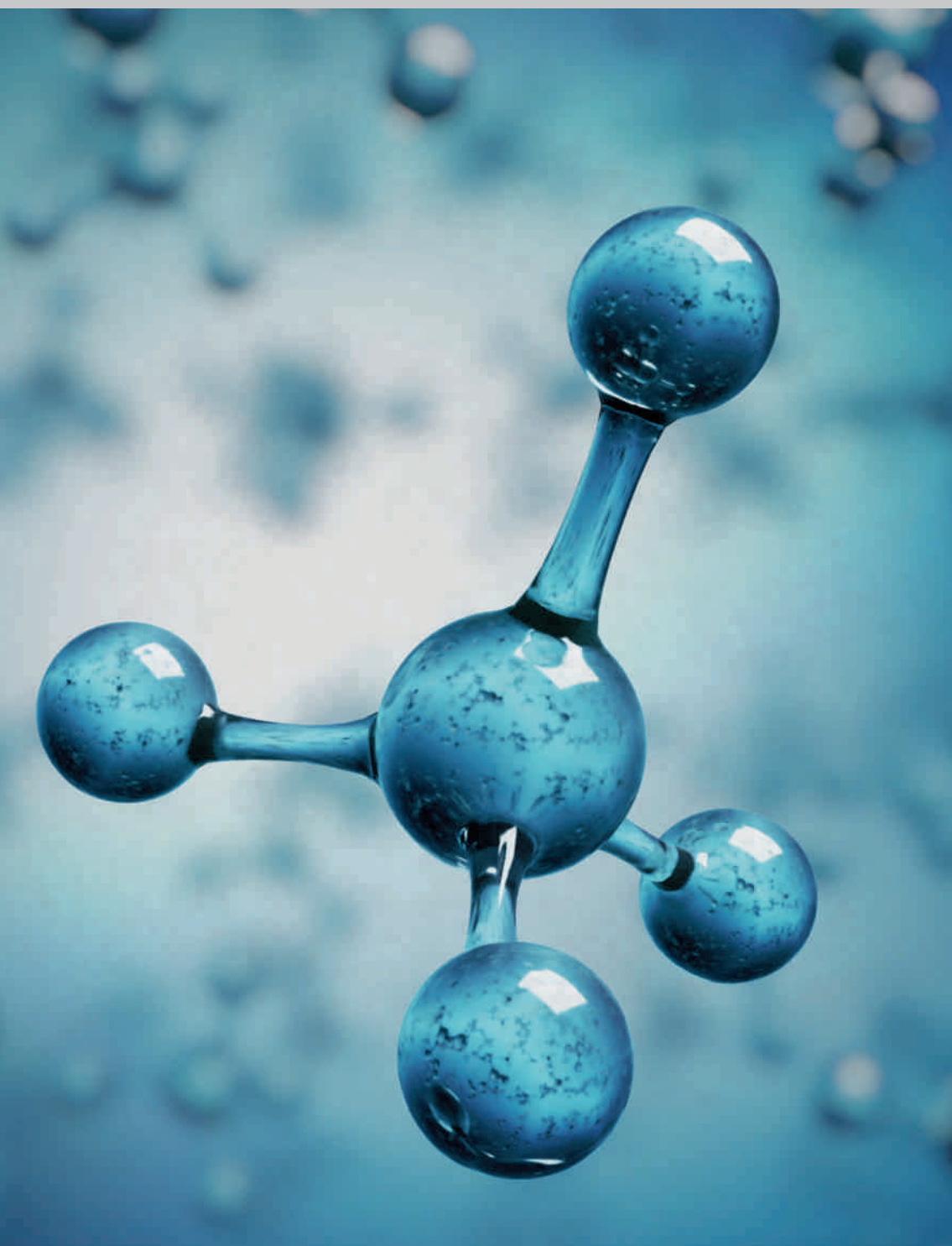


Eine Arbeitsgemeinschaft des



Power-to-X

Technologien für die Sektorkopplung



Power-to-X – Garant für die Energiewende

Das Pariser Klimaschutzabkommen setzt Politik und Gesellschaft ein klares Ziel: Um den Temperaturanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts auf maximal zwei Grad Celsius zu begrenzen, müssen die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2050 drastisch sinken. Es gilt, in allen Sektoren eine weitgehende Klimaneutralität zu erreichen, ohne sozialen Frieden und Wohlstand in Deutschland zu gefährden. Im Energiesektor hat Deutschland durch die 2011 eingeleitete Energiewende bereits große Fortschritte erzielt. 40,3 Prozent der deutschen Nettostromerzeugung stammten 2018 laut Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme aus Sonne, Wasser, Wind und Biomasse – so viel wie nie zuvor.

Damit die Energiewende ein Erfolg wird, muss Deutschland trotzdem noch einen weiten Weg zurücklegen. Eine große Herausforderung besteht in der Speicherung: Die größten natürlichen Energiequellen für regenerativ erzeugten Strom – Sonne und Windkraft – sind wetterabhängig. Die nicht wetterabhängigen Ressourcen (Geothermie, Fließwasserkraft, Gezeiten und nachwachsenden Rohstoffe) stehen in Deutschland nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung, um eine kontinuierliche Stromerzeugung zu gewährleisten. Um auch Dunkelflauten – Zeiten, in denen über mehrere Tage oder gar Wochen kein Energieeintrag erfolgt – zu überstehen, muss zuvor erzeugter Sonnen- und Windstrom gespeichert werden. Um eine stabile, auf regenerativen Quellen basierende Stromversorgung im Industrieland Deutschland zu gewährleisten, muss im Jahr 2050 eine regelbare Kraftwerksleistung von bis zu 130 Gigawatt zur Verfügung stehen. Sollen diese Kraftwerke klimaneutral betrieben werden, gibt es keine Alternative zu Gaskraftwerken, die mit synthetisch hergestelltem Methan betrieben werden. Dieses kann, ebenso wie Wasserstoff, in der Hochlaufphase auch dem Erdgas aus fossilen Quellen beigemischt werden und so zu einer schnellen Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen.

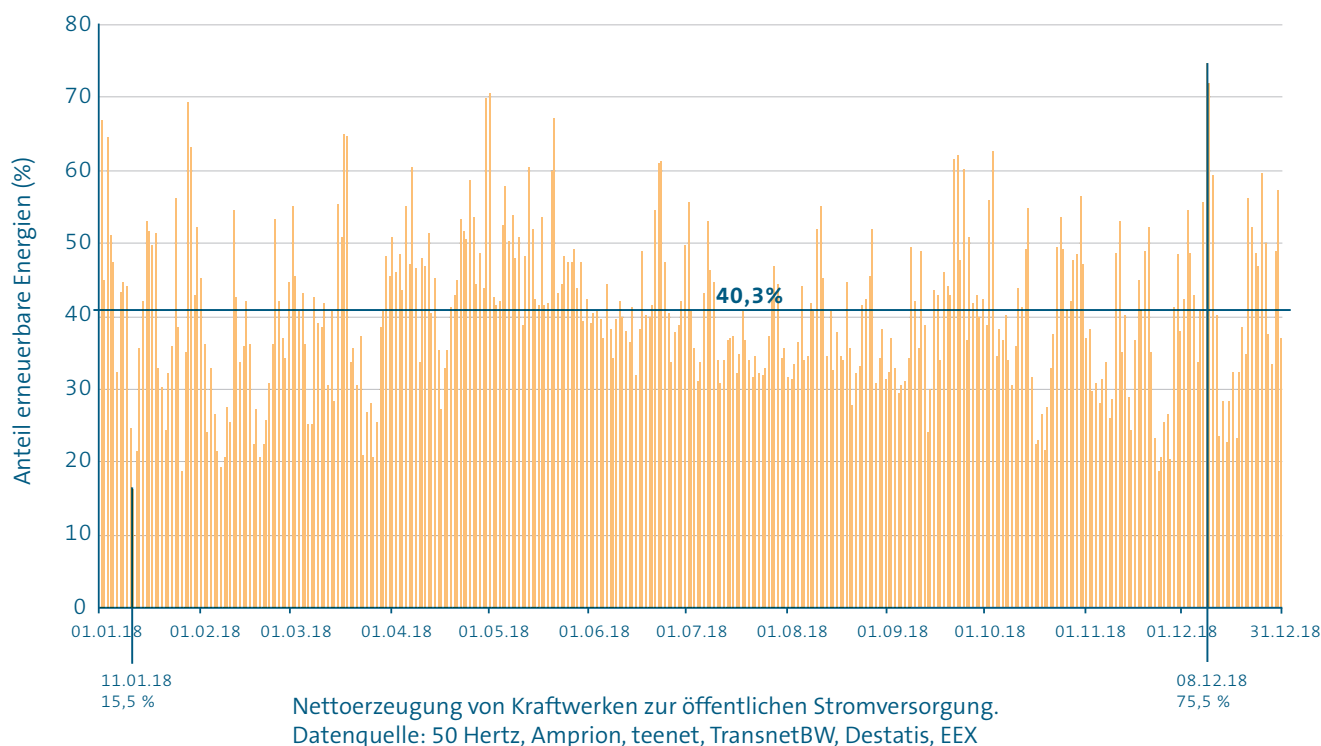
Eine weitere große Herausforderung, die für das Gelingen der Energiewende zu meistern ist, besteht darin, dass viele Sektoren, insbesondere die Mobilität, nach wie vor sehr stark von fossilen Energieträgern abhängig sind. Die Umstellung auf batterieelektrische Antriebe ist für den Pkw eine interessante und derzeit intensiv verfolgte Option. Für den wachsenden Straßengüterverkehr, die Schifffahrt sowie die Luftfahrt sind elektrische Energiespeicher jedoch keine Alternative, die Verbrennungsmotoren und Gasturbinen bis 2050 vollständig ersetzen könnte. Eine Unabhängigkeit von mineralölbasierten Kraftstoffen ist nur über P2X-Kraftstoffe zu erreichen. Bei der Verbrennung solcher „eFuels“ wird ausschließlich die Menge Kohlendioxid freigesetzt, die zuvor während der Herstellung chemisch gebunden wurde.

Sehr hoch ist der Anteil fossiler Brennstoffe bislang auch im Wärmebereich. Wärme wird nicht nur zum Heizen von Gebäuden, sondern auch für viele industrielle Prozesse, etwa in der Metallerzeugung und –verarbeitung, benötigt. Sie unterscheidet sich von der in Gebäuden genutzten Wärme durch sehr hohe Temperaturen von mehreren Hundert Grad sowie dadurch, dass sie kontinuierlich zur Verfügung stehen muss. Unterbrechungen der Wärmeversorgung können schwere Schäden bis zur vollständigen Zerstörung der Produktionsanlagen zur Folge haben. Industrielle Prozesswärme wird heutzutage in der Regel durch die Verbrennung von Erdgas erzeugt – ein Prozess, der durch synthetisch hergestelltes Gas vollständig und sicher substituiert werden könnte.

Synthetisches Gas und flüssige P2X-eFuels haben eines gemeinsam: Für ihren Einsatz kann die auf fossilen Energieträgern basierende Infrastruktur für den Transport und das Betanken weiter genutzt werden. Zudem können sie, wie Forschungsprojekte gezeigt haben, fossilen Energieträgern in nahezu beliebigen Anteilen beigemischt werden und somit zu einer schnellen Absenkung der Treibhausgasemissionen

beitragen. Im Verbund mit den Vorteilen, den klimaneutral hergestelltes Gas für eine sichere Stromversorgung hat, lässt sich feststellen: Die Energiewende kann nur mit Hilfe von P2X-Technologien gelingen.

Täglicher Anteil erneuerbarer Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung, Jahr 2018



Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

P2X – Energiespeicher für die Zukunft

Strom ist immer dort, wo wir ihn gerade brauchen: Um das Smartphone aufzuladen oder eine komplette Produktionsanlage in Gang zu halten. Doch Elektronen an einem Ort zu speichern, um sie später wieder abrufen zu können, verlangt einige Kniffe. Eine besonders hohe Energiedichte weisen chemische Speicher auf, die klimaneutral mit Hilfe von regenerativem Strom aus Wasserstoff und Kohlenstoff hergestellt werden können. Diese Technologiepfade werden als „Power-to-X“ oder kurz P2X bezeichnet. Gemeinsam ist ihnen, dass am Anfang der Kette immer regenerativ erzeugter Strom steht („Power“), aus dem gasförmige oder flüssige Energieträger („X“) hergestellt werden. P2X eignet sich somit optimal für die Sektorkopplung. Unabhängig vom Endprodukt wird bei nahezu allen P2X-Verfahren mit Hilfe des regenerativen Stroms in einem ersten Schritt Wasserstoff aus reinem Wasser produziert. Der Energieträger Wasserstoff ist vielfältig einsetzbar: Entweder man nutzt ihn in Brennstoffzellen, um Strom zu dem Zeitpunkt und an dem Ort zu erzeugen, wo er verbraucht wird. Er kann aber auch direkt im Motor verbrannt werden. Bei beiden Methoden entsteht außer Wasser keinerlei Abfallprodukt.

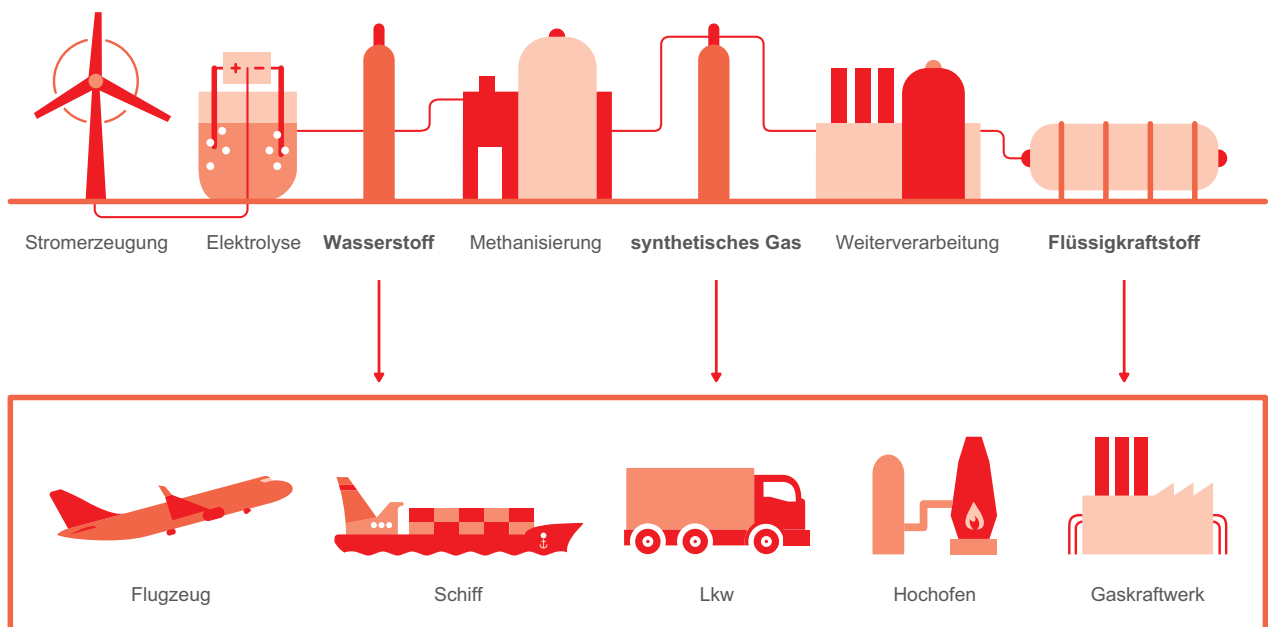
Eine deutlich höhere Energiedichte ist zu erzielen, wenn der Wasserstoff durch Kohlenstoff angereichert wird. Der einfachste technisch nutzbare Kohlenwasserstoff ist CH_4 , auch bekannt als Methan, das wiederum den Hauptbestandteil von Erdgas ausmacht. Die Methanisierung von Wasserstoff basiert auf einem bekannten chemischen Verfahren („Wasserstoff-Shift-Reaktion“), das genutzt wird, um Wasserstoff aus fossilem Erdgas herzustellen. Dreht man das Verfahren um, benötigt man Kohlendioxid als Ausgangsstoff. Dieses kann entweder aus industriellen Prozessen wie der Stahl- oder Zementherstellung stammen, bei denen Kohlendioxid bislang unvermeidbar als Abfallprodukt entsteht – es handelt sich dann um ein klimaneutrales Kohlenstoffrecycling. Kohlendioxid kann mit sogenannten „Carbon Capture“-Verfahren auch direkt aus der Luft gewonnen werden, was zu einer Verringerung der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre führt. Synthetisch erzeugtes Methan eignet sich sowohl für den Einsatz in Verbrennungsmotoren als auch in Gasturbinen. In letzteren kann die erzeugte mechanische Energie genutzt werden, um einen Generator zur Stromgewinnung anzutreiben.

Die Energiedichte lässt sich weiter steigern, indem auf Basis des regenerativ erzeugten Wasserstoffs flüssige statt gasförmiger Energieträger hergestellt werden. Die Vielfalt geeigneter Verfahren ist bei diesen „Power-to-liquid“-Technologien ähnlich groß wie die Anzahl der Ausgangsstoffe. Flüssige P2X-Energieträger können innerhalb der bestehenden Energieinfrastruktur sehr gut transportiert und distribuiert werden. Sie eignen sich aufgrund der hohen Energiedichte besonders für mobile Anwendungen, etwa in Flugzeugturbinen oder in Schiffsmotoren.

P2X-Verfahren können nicht nur für die Produktion von Energieträgern eingesetzt werden. Sie ersetzen perspektivisch die mineralölbasierten Grundstoffe, die in der Pharma- bzw. der chemischen Industrie benötigt werden, beispielsweise um Kunststoffe herzustellen.

Generell gilt für alle P2X-Verfahren, dass mit zunehmender volumetrischer Energiedichte auch der Energieaufwand in der Herstellung zunimmt, gleichzeitig aber der Aufwand für Speicherung und Transport abnimmt. Der Einsatz ist deshalb dort sinnvoll, wo Langzeitspeicherung oder hohe Mobilitätsanforderungen einen höheren Wert darstellen als maximale Effizienz in der direkten Energiewandlung.

P2X-Erzeugungspfade



Beispielhafte Darstellung von P2X-Technologien und ihrer Anwendungen
Quelle: delta eta GbR

P2X – Arbeitsplätze und Wettbewerbsfähigkeit

Für den exportorientierten deutschen Maschinen- und Anlagenbau stellt die Energiewende eine große Chance dar. Denn die vollständige Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens verlangt die weltweite Einführung neuer Technologien zur Energieumwandlung, Steigerung der Energieeffizienz sowie zur Speicherung. Die mehr als 3.200 VDMA-Mitgliedsunternehmen verstehen sich als Ausrüster der Energiewende. So sind Mitgliedsunternehmen des Verbandes führend in der Entwicklung und Herstellung von Anlagen zur Stromerzeugung. Nicht zuletzt arbeiten in Schiffen, Flugzeugen und mobilen Maschinen weltweit energieeffiziente Antriebe, die in Deutschland entwickelt und produziert werden.

Eine Studie von Frontier Economics kam 2018 zu dem Schluss, dass der weltweite Bedarf an P2X-Brenn- und Kraftstoffen im Jahr 2050 bis zu 20.000 Terrawattstunden betragen kann. Dies entspräche einer Wertschöpfung von 2.000 Milliarden Euro pro Jahr. Um diese Energiemenge zu produzieren, würde eine Anlagenkapazität mit einer Nennleistung von bis zu 8.000 Gigawatt benötigt. Deutschland kann diesen Energiebedarf auf Basis erneuerbarer Energie jedoch nicht alleine decken. Einerseits stehen Sonne und Wind nur fluktuierend zur Verfügung, andererseits wäre der Flächenverbrauch zu hoch. Dies führt in einigen Szenarien dazu, dass die Erzeugung von P2X-Kraftstoffen in Ländern mit konstant hohem Sonnen- oder Windangebot verlegt wird. Für die als Ausrüster tätigen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus wäre dies ein weiteres Marktsegment, auf dem sie sich im globalen Wettbewerb behaupten müssen.

Bei den dafür benötigten Prozesstechnologien gehören deutsche Anlagenbauer bereits heute zu den leistungsfähigsten Anbietern weltweit. So stammt aktuell jede fünfte weltweit verkaufte Elektrolyse-Anlage aus Deutschland. Bei den Anlagenteilen, die für die nachfolgenden chemischen Prozesse notwendig sind, besitzt Deutschland derzeit einen Weltmarktanteil von 16 Prozent. Zieht man diesen heran, können laut Studie durch den Aufbau der P2X-Produktionsanlagen bis zu 470.000 Stellen in der deutschen Wirtschaft entstehen – unabhängig davon, wo diese in Betrieb genommen werden.

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist aber nicht nur Ausrüster für die Mineralöl- und die chemische Industrie weltweit, sondern selbst auch auf eine funktionierende Energieversorgung angewiesen. Vor dem Hintergrund des bald vollzogenen Ausstiegs aus der Kernenergie und des für 2038 angekündigten Ausstiegs aus der Kohle gilt es, frühzeitig Strukturen zu schaffen, die sichere Strom- und Wärmeversorgung garantieren. P2X-Technologien kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, sofern im Jahr 2050 weitgehende Klimaneutralität erreicht werden soll. Zu beachten ist, dass großtechnische Anlagen und Kraftwerke Lebenszyklen von mehreren Jahrzehnten aufweisen. Zielgerichtet investiert werden kann daher nur, wenn die Weichen für das postfossile Zeitalter frühzeitig gestellt werden. Ein Vorteil für die Akzeptanz von P2X-Technologien in der Bevölkerung ist dabei, dass für die Distribution die bestehende Infrastruktur genutzt werden kann.

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist bereits heute ein wichtiger Arbeitgeber: Allein die Mitgliedsunternehmen des VDMA beschäftigen mehr als eine Million Menschen in sozial abgesicherten Arbeitsverhältnissen. Voraussetzung dafür ist der Erfolg auf den Weltmärkten, wo Maschinen und Anlagen „Made in Germany“ mit technologischem Fortschritt und hoher Produktivität punkten. Diese Positionierung erfolgt nicht nur aufgrund der Produktqualität, sondern auch der Tatsache, dass Deutschland insgesamt ein industriell leistungsfähiges Land ist, das selbst

einen Leitmarkt für die exportierten Technologien darstellt. Um am sich abzeichnenden Markt für P2X-Technologien zu partizipieren, ist es daher notwendig, Deutschland auch hier zu einem Leitmarkt zu entwickeln. So werden bei P2X Klimaschutz und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit Hand in Hand gehen.

So viel leisten Power-to-X Anlagen, die 2050 weltweit in Betrieb sein können

2.000 Milliarden Euro

könnte die weltweite Wertschöpfung pro Jahr durch Power-to-X Brenn- und Kraftstoffe betragen.

8.000 GW

leisten die P2X-Anlagen, die 2050 weltweit in Betrieb sein können.

Rund 470.000

Stellen können in der deutschen Wirtschaft durch den Aufbau von Power-to-X Anlagen entstehen.

Quelle: Frontier Economics, IW

VDMA

Arbeitsgemeinschaft Power-to-X for Applications

Lyoner Straße 18

60528 Frankfurt am Main

E-Mail p2x4a@vdma.org

Internet p2x4a.vdma.org



p2x.vdma.org