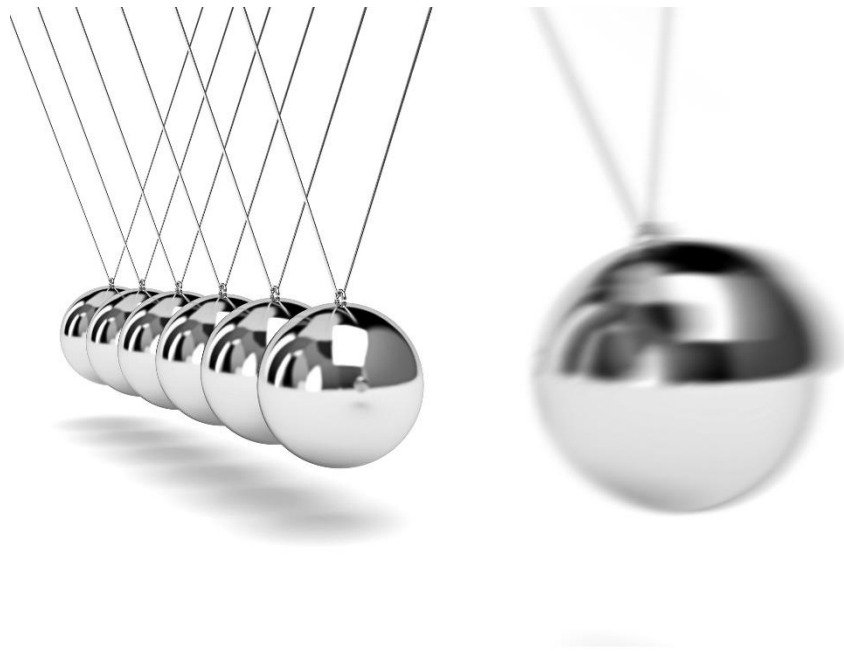


Hannes Bluhm, Katharina Heinbach

Geschäftsmodelle für Power-to-Gas und Power-to-Liquid

Konzepte für die Wasserelektrolyse, die chemische Methanisierung und die Fischer-Tropsch-Synthese zur Defossilisierung von Industrie, Wärme und Verkehr

Kurzfassung und Handlungsempfehlungen



Impressum

Herausgeber:
Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig
Potsdamer Straße 105
D-10785 Berlin
Tel. +49 – 30 – 884 594-0
Fax +49 – 30 – 882 54 39
E-Mail: mailbox@ioew.de
www.ioew.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Schriftenreihe ist ein Ergebnis des Verbundvorhabens „PROPOWER: Systemanalyse Power2Products – Ökonomische und sozial-ökologische Auswirkungen einer sektorübergreifenden Nutzung von Strom“. Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 03ET4052B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin und dem Autor.

Eine Langfassung dieser Studie ist als Schriftenreihe des IÖW 221/22 erschienen. Download:
www.ioew.de

Partner in dem Projekt war das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT



Geschäftsmodelle für Power-to-Gas und Power-to-Liquid

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) hat sich Deutschland 2021 das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 gesetzt (§ 3 Abs. 2 S. 1 KSG). Dass für klimawirksames Handeln nur noch ein begrenztes Zeitfenster zur Verfügung steht, hat der Sechste Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vom August 2021 nochmal verdeutlicht (IPCC 2021). Um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen, ist eine Defossilisierung in allen Bereichen und damit eine umfassende Transformation des Energiesystems und der Industrie erforderlich. Die Integration von erneuerbarem Strom auch in den Sektoren Wärme und Verkehr sowie in der Industrie kann hierzu einen zentralen Beitrag leisten. Gleichzeitig ist die erneuerbare Stromerzeugung aufgrund der maßgeblichen Technologien Windenergie und Photovoltaik fluktuierend, so dass ein Bedarf für Flexibilitätsoptionen und Energiespeicher besteht. Power-to-X-Technologien nutzen elektrischen Strom für die Herstellung von Produkten und zur Bereitstellung von Dienstleistungen und sind somit sowohl Sektorenkoppler als auch Energiespeicher. Die Bandbreite der Technologien und Anwendungsfelder für Power-to-X (PtX) ist groß. Gleichzeitig stellt erneuerbarer Strom eine limitierte Ressource dar. Damit stellt sich die Frage, welche PtX-Technologien – und damit verbunden auch welche Geschäftsmodelle – vielversprechend sind, um die Klimaziele zu erreichen, den Transformationsprozess in der deutschen Wirtschaft, insbesondere der Industrie, nachhaltig zu gestalten und wie diese in den Gesamtkontext der Energiewende einzuordnen sind.

Zentrale Hemmnisse und Handlungsoptionen für eine PtX-Markteinführung in Deutschland

Für die Markteinführung von PtX-Technologien ist nicht nur die Reife und Verfügbarkeit dieser Verfahren von Bedeutung, sondern auch die Integration in bestehende bzw. die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Ein Schwerpunkt des Projektes „ProPower: Systemanalyse Power2Products“, aus dem diese Veröffentlichung hervorgegangen ist, war vor diesem Hintergrund die Befassung mit Geschäftsmodellen und der ökonomischen Bewertung ausgewählter PtX-Verfahren. Für die drei bereits technologisch reiferen Verfahren Wasserelektrolyse (Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse) und chemische Methanisierung im Technologiefeld Power-to-Gas (PtG) sowie der Fischer-Tropsch-Synthese im Technologiefeld Power-to-Liquid (PtL) wurden prototypische Geschäftsmodelle für die Umsetzung in Deutschland näher beschrieben und bewertet. Die Befassung mit dem Themenkomplex der Geschäftsmodelle und der Dialog mit Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen und Verbänden, hat einerseits die Unterschiede und Spezifika der Branchen und Anwendungsbereiche verdeutlicht. Andererseits hat der übergreifende Blick auf die betrachteten prototypischen Geschäftsmodelle **drei zentrale Hemmnisse für die Umsetzung von PtG- und PtL-Projekten** unter den derzeit geltenden Rahmenbedingungen und im Kontext der gemachten Annahmen in Deutschland deutlich gemacht:

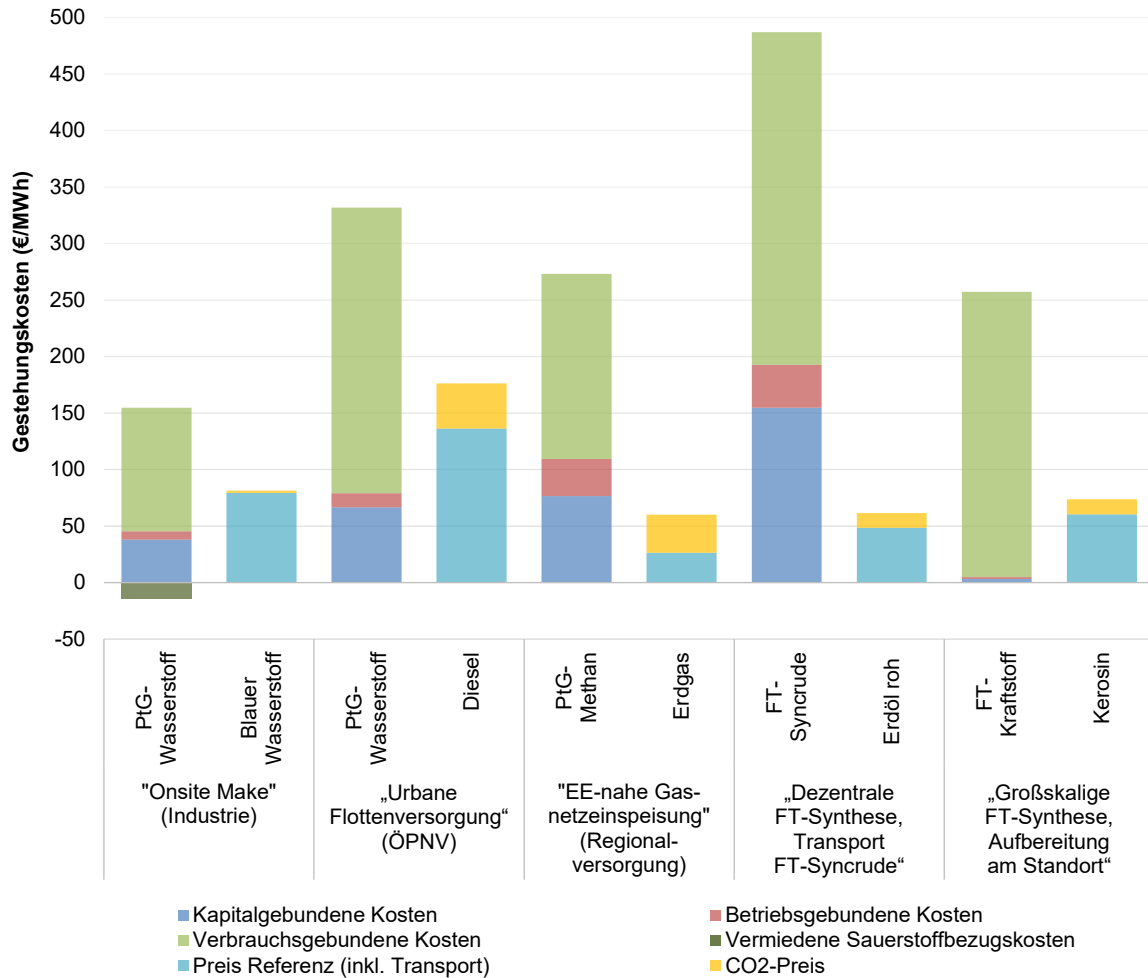


Abbildung 1: Gesteuerungskosten für PtG- und PtL-Produkte in ausgewählten Geschäftsmodellen im Vergleich zum Preisniveau der (fossilen) Referenz

Quelle: eigene Darstellung

- Fehlende Wirtschaftlichkeit: sowohl für das Betrachtungsjahr 2018 als auch für das Jahr 2030 ist ein konkurrenzfähiger Betrieb von PtG- und PtL-Anlagen im Vergleich zu den fossilen Referenzprodukten nicht darstellbar bzw. zu erwarten. Dies wird in der Abbildung 1 deutlich, welche die für 2030 berechneten Gesteuerungskosten für PtG- und PtL-Produkte in den betrachteten Geschäftsmodellen dem Preisniveau der (fossilen) Referenz inklusive einer Kohlenstoffdioxid-(CO₂-)Bepreisung gegenüberstellt. Die Gesteuerungskosten der PtG-Produkte sind um den Faktor 1,7 bis 4,6 höher als die Preise der Referenzenergieträger; bei den PtL-Verfahren beträgt der Faktor 3,5 bis 7,9.
- Fehlendes Wissen: fehlendes Know-how insbesondere bei der Projektplanung als auch bei der Anwendung der PtX-Produkte hemmt den Bau entsprechender Anlagen bzw. die Anschaffung von neuartigen Anwendungstechnologien wie Brennstoffzellen.
- Unsicherheiten: die Unsicherheit der Marktakteure gegenüber PtG- und PtL-Technologien ist mehrdimensional und betrifft sowohl die Relevanz der Verfahren in der Zukunft (in Verbindung mit zu erwartenden Mengen, Infrastrukturentwicklungen, Standorten), die Unklarheit bei der Entwicklung der Regulierung (u. a. Zielvorgaben, Quoten, Standards, Strompreisbestandteile, CO₂-Preis) und der internationalen Entwicklung (Preise für importierte Referenz- und PtX-Produkte, Carbon Leakage).

Mit Blick auf die oben angeführten Hemmnisse lassen sich folgende **übergreifende Handlungsoptionen für eine PtX-Markteinführung in Deutschland** ableiten. Das insgesamt ungünstige Umfeld führt aktuell dazu, dass eher ein Anreiz zum „Abwarten bis die Situation sich verbessert“ als zum „Bau“ von PtG- und PtL-Anlagen die Marktsituation bestimmt. Der Dialog mit Industrieakteuren hat verdeutlicht, dass für eine Verbesserung des wettbewerblichen Kontextes eine Kombination aus sogenannten Push- und Pull-Instrumenten notwendig ist. Zu den übergreifenden Pull-Instrumenten zählt die notwendige Reform der Strompreisbestandteile, die sowohl die Höhe, die Mechanismen (zeitlich dynamisch statt statisch und progressiv befreiend) als auch die Anwendungsweite (auch unterstützende Prozesse statt nur Hauptanlage) fokussieren sollte. Verlässliche Förderungen für Investitionen oder operative Kosten können den Bau von Anlagen in der Markthochlaufphase zusätzlich unterstützen. Ein weiteres Instrument ist die deutliche Erhöhung des CO₂-Preises, um den relativen Kostenunterschied zu den Referenzprodukten zu senken. Als Push-Instrument ist der gezielte Einsatz von EU-weiten Nachfragequoten insbesondere für Industrieprodukte zu prüfen, denn eine Zahlungsbereitschaft für grüne Industrieprodukte ist derzeit nicht vorhanden.

Einen ähnlichen, aber nur in bestimmten Märkten darstellbaren Effekt, hätten umweltorientiertere Vergaberichtlinien bei Beschaffungen der öffentlichen Hand. Ein CO₂-Grenzausgleich in der EU ist außerdem erforderlich, um Carbon Leakage im Zuge der Einführung von PtX-Produkten zu verhindern. Zusätzlich zu den wettbewerbsbezogenen Maßnahmen braucht ein PtX-Rollout eine Begleitung durch Informationen, die aktuell nicht oder nicht sichtbar vorhanden sind. Hierzu zählt die Klärung von Mengen- und Standortfragen für weniger beleuchtete Bereiche (insbesondere Verkehr und Wärme) durch die Politik, um den Marktakteuren Sicherheit über die Relevanz der PtX-Potenziale zu geben. Branchenspezifische Dialogformate zwischen Politik und Marktakteuren sollten darüber hinaus Raum für die Diskussion und beidseitige Aufklärung geben. Für die konkrete Projektumsetzung und Produktanwendung braucht es ferner Planungshilfen (Studien, Leitfäden, Webseiten, Kostenrechner) von Politik und Industrie und auch Angebote, um die benötigten Fachkräfte auszubilden. Geförderte Showcases zur Demonstration der Projektmachbarkeit und der technologischen Funktionsfähigkeit (wie z. B. die geplanten Reallabore) können das Vertrauen und Interesse der nationalen und internationalen Marktakteure in die Prozesse steigern und im besten Fall technologische Exportpotenziale generieren.

Übergreifende Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die PtX-Einführung

Die Frage nach vielversprechenden PtX-Technologien und -Geschäftsmodellen für wirksamen Klimaschutz und eine nachhaltige Gestaltung des Transformationsprozesses in der deutschen Wirtschaft kann nicht unabhängig vom Gesamtkontext der Energiewende, dem europäischen und internationalen Umfeld sowie den Umweltwirkungen beantwortet werden. Eine solche Einordnung erfolgt auf Basis der Ergebnisse aus den ökonomischen Analysen aber auch der Untersuchung ökologischer und sozialer Aspekte im Projekt ProPower.

Zentrale Voraussetzung für die Elektrifizierung von Prozessen ist die Verfügbarkeit von Strom. Die Kosten der erneuerbaren Stromerzeugung sind in Deutschland jedoch vergleichsweise hoch. Auch ist der Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) u. a. aufgrund der Flächenverfügbarkeit und der, zumindest bei Windenergie teilweise mangelnden Akzeptanz gegenüber einem weiteren Ausbau, begrenzt. Die Volllaststunden von Photovoltaik- und Windkraftanlagen sind vergleichsweise niedrig, was bei einem systemdienlichen Betrieb der PtX-Anlagen eine geringe Anlagenauslastung zur Folge hat. Die ökologische Bewertung im Projekt ProPower hat zudem gezeigt, dass es auch beim Einsatz erneuerbaren Stroms im PtX-Prozess zu klimawirksamen Restemissionen aus den elektrifizierten Verfahren kommt (siehe Katner und Bluhm 2022). Auch der CO₂-Quelle kommt mit Blick

auf verbrauchsgebundene Kosten und Umweltwirkungen eine zentrale Rolle zu. Mit fortschreitendem Klimawandel sind darüber hinaus zumindest regionale Herausforderungen bei der Wasserversorgung in Deutschland zu erwarten (IPCC 2018; BMU 2021).

Um die Bedarfe an strombasierten Energieträgern zu decken, kann der (anteilige) Import von PtX-Produkten eine Lösung sein. Aber auch hier gibt es Herausforderungen. So fehlt es noch an ausreichend EE- und PtX-Kapazitäten in potenziellen Exportländern sowie an klar definierten ökologischen und sozialen Standards von Seiten der Importländer, um die Nachhaltigkeit der PtX-Produktion zu sichern. Auch besteht die Gefahr neuer Abhängigkeiten (Ausfelder und Dura 2019) und die politische bzw. regulatorische Instabilität in potenziellen Exportländern stellt einen Kostenfaktor dar (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018; Bukold 2020). Zudem steht Deutschland beim Bezug von PtX-Produkten in Konkurrenz mit anderen Importländern.

Neben dem Klimaschutz verfolgt Deutschland beim Thema Power-to-X auch wirtschaftspolitische Zielstellungen. Dies betrifft zum einen die Rolle als Technologieführer und damit Exporteur von PtX-Technologien und -Dienstleistungen und zum anderen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale durch die Transformation der Industrie hin zur Klimaneutralität sowie durch den Auf- und Ausbau von neuen Technologien und Infrastrukturen. Da der PtX-Produktion in Deutschland u. a. durch die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien Grenzen gesetzt sind, die Technologieentwicklung jedoch einen weiteren Aufbau von Anlagen zu Demonstrationszwecken und einen gewissen nationalen Markthochlauf erfordert, besteht hier ein Spannungsfeld. Auch besteht die Möglichkeit, dass in Ländern mit einem günstigen Stromangebot nicht nur der Aufbau der oftmals vorangestellten Wasserstoffherstellung erfolgt, sondern auch nachgelagerte Synthesen (z. B. Ammoniaksynthese) oder Produktionsprozesse (z. B. Stahlproduktion) dort angesiedelt werden und deutsche Standorte im internationalen Vergleich nicht mehr wettbewerbsfähig sind.

Zusammenfassend lassen sich aus den oben angeführten Punkten somit folgende übergreifende Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für den weiteren Rahmen bei der Einführung von PtX-Technologien ableiten:

– **Suffizienz, Effizienz und direktelektrische Anwendungen haben Priorität**

Um die Klimaschutzziele erreichen zu können, müssen die Bedarfe an Energie und Produkten insgesamt sinken. Dies erfordert Anstrengungen bzgl. Suffizienz und einer Steigerung der Energieeffizienz. Grundsätzlich sollten direktelektrische Anwendungen aufgrund der höheren Gesamtwirkungsgrade in den Prozessketten Vorrang haben, um die begrenzten EE-Mengenpotenziale bestmöglich zu nutzen. Der Einsatz von PtG- und PtL-Produkten sollte nur in Bereichen erfolgen, in denen es aus heutiger Sicht keine aussichtsreichen technologischen Alternativen für die Defossilisierung gibt. Dies betrifft bspw. den Luft- und Seeverkehr aber auch die Herstellung vieler Industrieprodukte.

– **Ausbau EE-Kapazitäten in Deutschland**

Angesichts der Vielzahl an zu elektrifizierenden Verfahren ist ein massiver Ausbau der EE-Kapazitäten in Deutschland notwendig. Nur mit Einsatz erneuerbaren Stroms können Wasserstoff und weitere PtX-Produkte nachhaltig erzeugt werden. Hierfür müssen die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen und gleichzeitig sichergestellt werden, dass der Ausbau sozialverträglich erfolgt.

- **Prüfung der Bedingungen für die Nutzung von Industrieabgasen als CO₂-Quelle**

Da die Verwendung von nicht klimaneutralen Abgasen aus Industrieprozessen als Kohlenstoffquelle für PtX-Verfahren vielfach Netto-Belastungen mit Blick auf Treibhausgasemissionen verursacht, ist bezüglich der Bedingungen für den Einsatz dieser CO₂-Quellen eine Klärung hinsichtlich Zielkonformität und Austauschbarkeit des Industrieprozesses durch klimaneutrale Verfahren erforderlich.
- **Wassermanagement**

Es ist ein umfassendes Wassermanagement erforderlich, das auch stärker in Bezug zu den Belangen der Energiewende gesetzt werden muss.
- **Zusätzlichkeit des EE-Stroms und Nachhaltigkeitskriterien bei PtX-Importen**

Bei einem Import von PtX-Produkten muss zunächst sichergestellt werden, dass die Bedarfe der Exportländer gedeckt sind. Zu klären ist dabei, wie die Zusätzlichkeit des EE-Stroms garantiert werden kann und welcher Akteur dafür die Verantwortung trägt (bspw. Unternehmen, Im- oder Exportland). Darüber hinaus müssen weitere Nachhaltigkeitsstandards definiert werden, die neben ökologischen auch soziale Aspekte berücksichtigen. Der Aufbau von EE- und PtX-Kapazitäten aber auch der Aufbau von Partnerschaften braucht Zeit, was angesichts der bis 2045 angestrebten Klimaneutralität eine zusätzliche Herausforderung darstellt.
- **Zukunft des Wirtschaftsstandorts Deutschland**

Der Transformationsprozess hin zu einer klimaneutralen Industrie muss aktiv im Dialog und auf den verschiedenen politischen Ebenen gestaltet werden. Aktuell liegt der Fokus in der politischen Diskussion noch zu stark auf Wasserstoff, ohne vor- und nachgelagerte Prozesse ausreichend mitzudenken. Für den Markthochlauf in Deutschland aber auch den Technologieexport sind entsprechend ambitionierte Klimaschutzzielsetzungen, Regulierungen und Standards erforderlich. Hier kann Deutschland angesichts europäischer und internationaler Märkte für PtX-Technologien und Produkte nicht alleine agieren, sondern es sind europäische bzw. internationale Vereinbarungen zu Standards und Regulierungen erforderlich.

Aus den Handlungsempfehlungen ergibt sich der Bedarf für eine vorausschauende und ganzheitliche Einführung von PtG- und PtL- Verfahren in Deutschland. Denn es handelt sich dabei um wegweisende Entscheidungen für die zukünftige Entwicklung der Energieinfrastrukturen und der Transformation der Wirtschaft hin zur Klimaneutralität. Um die notwendigen Rahmenbedingungen zu diskutieren und zu schaffen, sind v. a. Akteure aus der Politik, aber auch aus Praxis, Zivilgesellschaft und Wissenschaft gefragt. Der Nationale Wasserstoffrat und weitere Dialogräume können dabei entscheidende Impulse für einen akteursübergreifende Diskussion geben.

Quellenverzeichnis

- Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Berlin. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Die_Kosten_synthetischer_Brenn-_und_Kraftstoffe_bis_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf (Zugriff: 17. Januar 2022).
- Ausfelder, Florian und Hanna Dura (2019): 2. Roadmap des Kopernikus-Projektes „Power-to-X“: Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X): Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X-Technologien. DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapier/2019_DEC_P2X_Kopernikus_RZ_Webversion02-p-20005425.pdf (Zugriff: 17. Januar 2022).
- BMU (2021): Nationale Wasserstrategie. Entwurf des Bundesumweltministeriums. Kurzfassung. Berlin. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/kurzfassung_wasserstrategie_bf.pdf (Zugriff: 17. Januar 2022).
- Bukold, Steffen (2020): Blauer Wasserstoff - Perspektiven und Grenzen eines neuen Technologiepfades. Greenpeace Energy. <https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/blauer-wasserstoff-studie-2020.pdf> (Zugriff: 17. Januar 2022).
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2018): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger In: 1,5°C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Genf: IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2021): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (Zugriff: 17. Januar 2022).
- Katner, Jannes und Hannes Bluhm (2022): Umweltauswirkungen von Power-to-Gas und Power-to-Liquid-Technologien – Lebenszyklusanalyse ausgewählter Prozesse für eine Produktion in Deutschland und Nord-Afrika. Diskussionspapier des IÖW 74/22. Berlin.

GESCHÄFTSSTELLE BERLIN

MAIN OFFICE

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0

Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

BÜRO HEIDELBERG

HEIDELBERG OFFICE

Bergstraße 7

69120 Heidelberg

Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0

mailbox@ioew.de

www.ioew.de