

# Treibhausgas- emissionen in einer europäischen Wasserstoff- wirtschaft



Author\*innen

Kathleen A. Mar und  
Rainer Quitzow

# Treibhausgasemissionen in einer europäischen Wasserstoffwirtschaft

Ohne adäquates Management könnten die Treibhausgasemissionen einer künftigen Wasserstoffwirtschaft erheblich sein.

---

von **Kathleen A. Mar** und  
**Rainer Quitzow**

Wasserstoff könnte – als indirektes Treibhausgas – in der Zukunft erheblich zur Erderwärmung beitragen, wenn die Emissionen entlang der Wertschöpfungskette nicht wirksam eingedämmt werden. Berücksichtigt man außerdem die Methan- und CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Herstellung von blauem Wasserstoff entstehen, sind die Auswirkungen auf das Klima noch größer. Somit sollte die Europäische Union Maßnahmen ergreifen, um ein wirksames Management dieser Emissionen in den Erzeugerländern sicherzustellen.

## Die wichtigsten Erkenntnisse

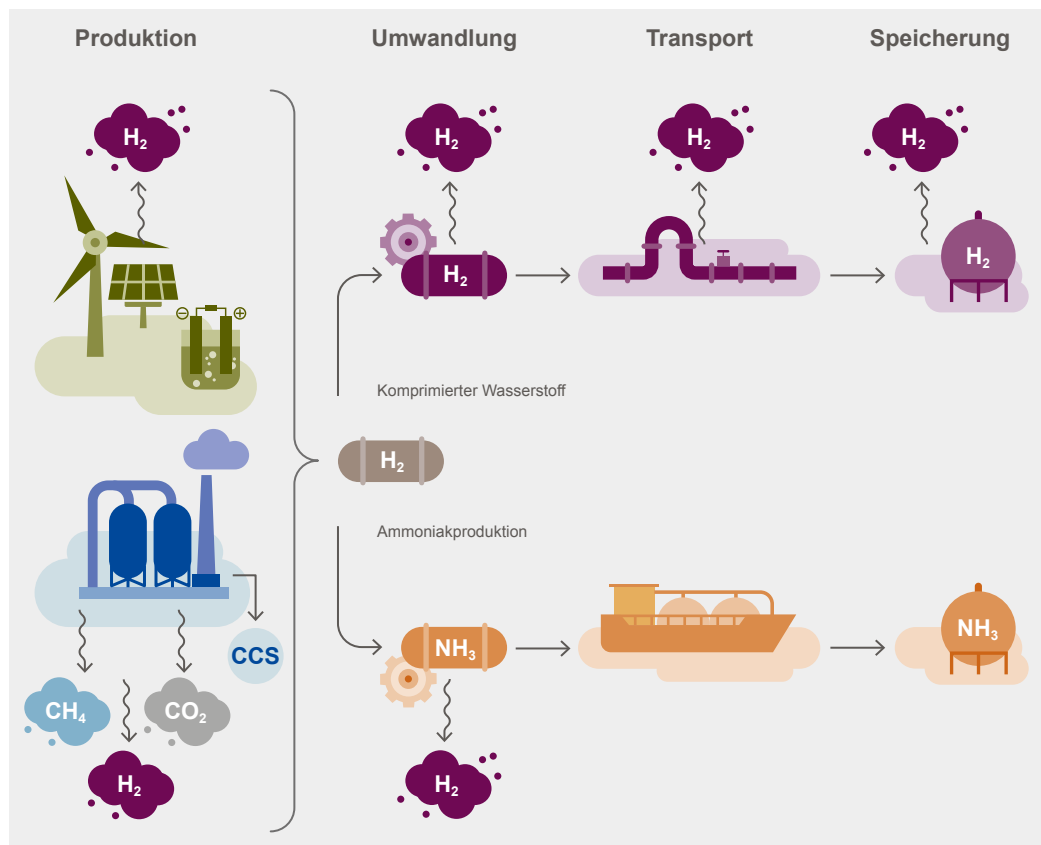
---

- Emissionen von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) haben eine signifikante Klimawirkung und müssen in Zukunft durch regulatorische Eingriffe begrenzt werden. Blauer Wasserstoff verursacht darüber hinaus signifikante Methan- und CO<sub>2</sub>-Emissionen, auch wenn er die Vorgaben für kohlenstoffarmen Wasserstoff erfüllt.
- Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Literatur treten H<sub>2</sub>-Emissionen vornehmlich am Ort der Produktion auf. Hier können sie durch betriebliche Maßnahmen begrenzt werden, die eine absichtliche Freisetzung der Emissionen verhindern.
- Die Europäische Union sollte die Relevanz von Wasserstoff als indirektes Treibhausgas anerkennen, indem sie die H<sub>2</sub>-Emissionen in die Methoden zur Berechnung der Treibhausgaseinsparungen durch kohlenstoffarmen Wasserstoff und erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBO) einbezieht.
- Die EU sollte ihren Rechtsrahmen stärken, um alle klimawirksamen Emissionen aus der Produktion von blauem Wasserstoff zu begrenzen – innerhalb und außerhalb der EU.
- Die Ausweitung der EU-Methanverordnung auf Methanemissionen aus importiertem Wasserstoff und seinen Derivaten wäre ein wichtiger Schritt, um die Begrenzung von Emissionen bei importiertem blauem Wasserstoff sicherzustellen.

# Auswirkungen einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft auf den Klimawandel

Wasserstoff ist ein wichtiger Energieträger für die Erreichung einer Netto-Null-Zukunft, da bei seiner Verbrennung kein CO<sub>2</sub> entsteht. Er ist fester Bestandteil der Netto-Null-Strategien vieler Länder. Deutschland hat sich in dieser Hinsicht als globaler Vorreiter positioniert und will Wasserstoff unter anderem zur Dekarbonisierung seiner Stahl- und Chemieindustrie einsetzen.

Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ist jedoch selbst ein indirektes Treibhausgas; ohne geeignete Gegenmaßnahmen haben H<sub>2</sub>-Emissionen ein erhebliches klimaschädliches Potenzial. In einer aktuellen RIFS Study [1] haben wir das Treibhauspotenzial der H<sub>2</sub>-Emissionen für eine deutsche Wasserstoffwirtschaft im Jahr 2045 bewertet. Zu diesem Zweck haben wir Szenarien entwickelt, die auf offiziellen Zielen und Schätzungen für die deutsche Wasserstoffversorgung und -nutzung sowie für Wasserstoffimporte basieren [2-3]. Anhand einer Reihe realistischer Emissionsraten (basierend auf dem aktuellen Wissensstand und Annahmen zur Technologie- und Politikentwicklung) schätzen wir die Menge der potenziellen H<sub>2</sub>-Emissionen entlang der nationalen und internationalen Wasserstoff-Wertschöpfungskette für Deutschland im Jahr 2045. Wir gehen davon aus, dass die gesamte inländische Wasserstoffproduktion in Deutschland „grün“ sein wird (d. h. hergestellt durch Elektrolyse unter Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen) und betrachten Fälle mit unterschiedlichen Anteilen an importiertem „blauem“ Wasserstoff, d. h. Produktion mittels Dampfreformierung (Steam Methane Reforming, SMR) in Kombination mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS). Abb. 1 zeigt die Schritte entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette und ihre Emissionen, die wir in unserer Studie betrachtet haben, sowie die entsprechenden Emissionsquellen.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Schritte entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette und ihrer in der RIFS-Studie [1] berücksichtigten Emissionen.

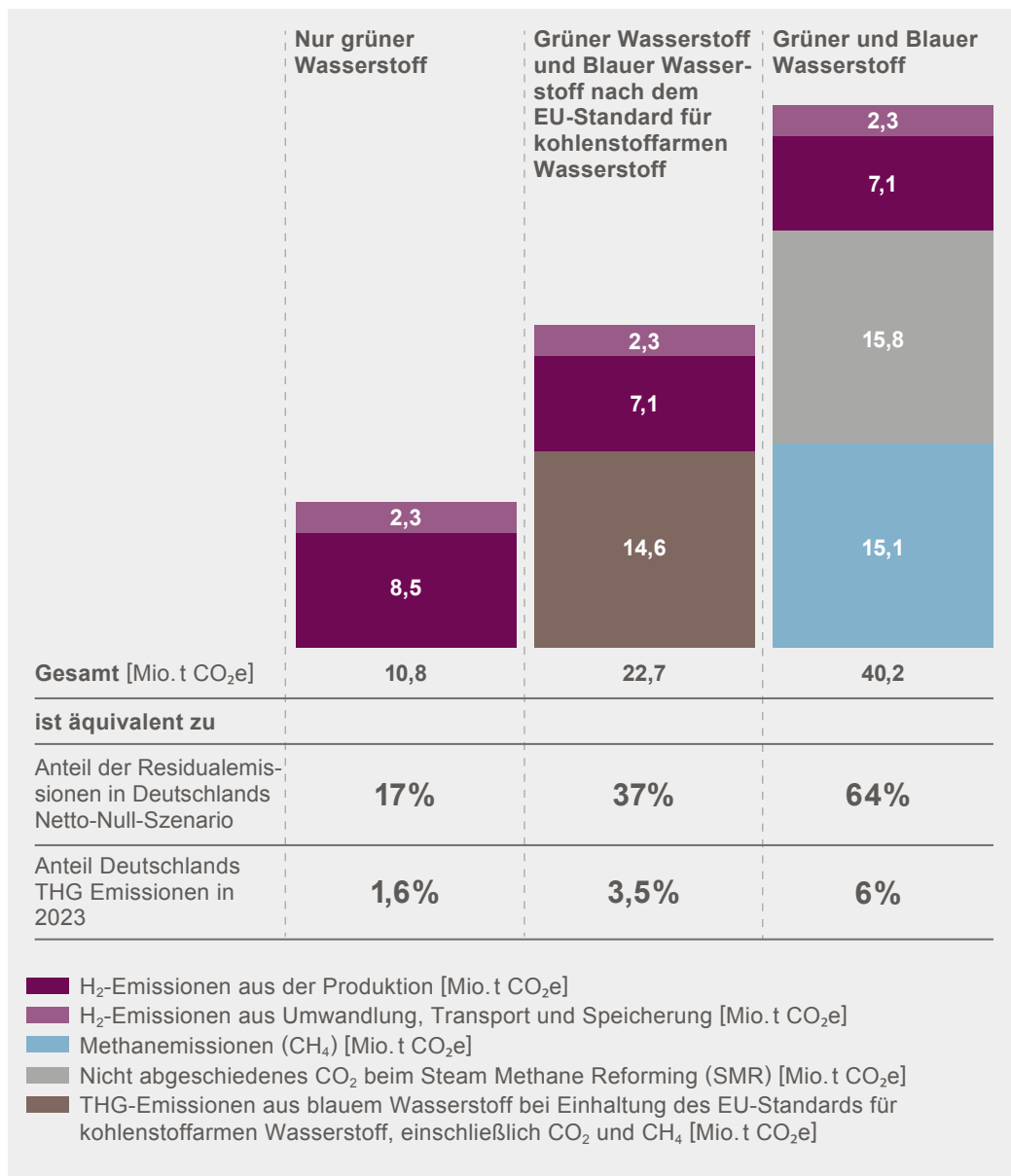
## Das Treibhauspotenzial von freigesetztem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) darf nicht ignoriert werden

Wasserstoff ist ein indirektes Treibhausgas, dessen Treibhauspotenzial bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren (GWP100) mit einem Wert von 11,6 mehr als elfmal größer ist als das von CO<sub>2</sub> [4]. H<sub>2</sub>-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette haben ein erhebliches Treibhauspotenzial und können den generellen Klimavorteil von Wasserstoff reduzieren. Ausgehend von einem hohen Bedarf an Wasserstoff und hohen Emissionsraten kommen wir zu dem Ergebnis, dass die H<sub>2</sub>-Emissionen aus einer vollständig grünen

deutschen Wasserstoffwirtschaft im Jahr 2045 10,8 Mio. t CO<sub>2</sub>e betragen würden (Abb. 2). Zum Vergleich: Dies entspricht 17 % der prognostizierten Restemissionen Deutschlands in den Netto-Null-Szenarien für 2045. Bisher bleiben H<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland allerdings bei der Berechnung der Restemissionen unberücksichtigt.

### Die Produktion ist die wichtigste H<sub>2</sub>-Emissionsquelle

Bei der Betrachtung von Szenarien mit ausschließlich grünem Wasserstoff entfallen mehr als 75 % der H<sub>2</sub>-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette auf die Produktion (Abb. 2). Dies ergibt sich aus Berechnungen unter Verwendung von Emissionsraten aus der aktuellen wissenschaftlichen Literatur. Diese hohen Produktionsemissionen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass im Betrieb wesentlich Gase freigesetzt werden. Diese Emissionen lassen sich deutlich reduzieren, indem man den entweichenden Wasserstoff auffängt und mit Sauerstoff zu Wasser rekombiniert. Durch diese Maßnahmen können die Produktionsemissionen nahezu eliminiert werden.



**Abb. 2:** Überblick über die Ergebnisse der RIFS Study [1]. Die vorgestellten Szenarien gehen von einer Produktion von 188 TWh heimischem (deutschem) grünem Wasserstoff und zusätzlichen 418 TWh importiertem Wasserstoff aus. Für die beiden rechten Spalten wird angenommen, dass 1/3 der Importe aus blauem Wasserstoff bestehen. Der EU-Grenzwert für kohlenstoffarmen Wasserstoff (mittlere Spalte) liegt bei maximal 3,38 kg CO<sub>2</sub>e pro kg Wasserstoff.

### Blauer Wasserstoff erhöht die klimawirksamen Emissionen erheblich, auch wenn er die Vorgaben der EU für kohlenstoffarmen Wasserstoff erfüllt

Die mit der Produktion von blauem Wasserstoff verbundenen Methan- und CO<sub>2</sub>-Emissionen erhöhen das Treibhauspotenzial von Wasserstoff erheblich. In einem Szenario, in dem blauer Wasserstoff ein Drittel der deutschen Wasserstoffimporte ausmacht, steigen die Gesamtemissionen auf 40,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Mehr als 75 % dieser Emissionen sind auf die

CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen bei der Herstellung von blauem Wasserstoff zurückzuführen (Abb. 2, rechte Spalte). Diese Berechnung geht von hohen CH<sub>4</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionsraten aus, die auf vorgelagerte Emissionen aus der Erdgasproduktion zurückzuführen sind, sowie von niedrigen CO<sub>2</sub>-Abscheidungsraten im CCS-Verfahren, wie sie den derzeitigen Gegebenheiten entsprechen. Wir gehen alternativ davon aus, dass importierter blauer Wasserstoff der EU-Definition für kohlenstoffarmen Wasserstoff entspricht. Dadurch sinken die Gesamtemissionen zwar auf 22,7 Mio. t CO<sub>2</sub>e (Abb. 2, mittlere Spalte), aber die Auswirkungen sind immer noch doppelt so groß im Vergleich zur Deckung des gesamten Bedarfs durch grünen Wasserstoff.

## Empfehlungen für politische Entscheidungsträger der EU

In Anbetracht des erheblichen Treibhauspotenzials von Wasserstoff – insbesondere angesichts der Emissionen bei der Herstellung von blauem Wasserstoff – sind ordnungspolitische Maßnahmen erforderlich, um diese Emissionen in einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft zu begrenzen.

### Begrenzung der Emissionen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette

Der effektivste Weg zur Minimierung der Emissionen aus der Wasserstoff-Wertschöpfungskette ist die Reduzierung des Wasserstoffverbrauchs, indem der direkten Elektrifizierung, wo immer möglich, Vorrang gegeben wird. Davon abgesehen liegt der wichtigste Hebel für das Management von H<sub>2</sub>-Emissionen bei der Produktion. Der unmittelbare Ansatzpunkt für eine entsprechende Regulierung ist die nationale Umweltgesetzgebung, wie beispielsweise das deutsche Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). EU-Mitgliedstaaten sollten Emissionshöchstwerte für Elektrolyseure festlegen und die Anwendung der besten verfügbaren Techniken (BVT) zur Emissionsminderung vorschreiben. Die britische Regierung hat unlängst einen Leitfaden für die Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse veröffentlicht, der konkrete Maßnahmen zur Minimierung der H<sub>2</sub>-Emissionen enthält [5]. Nationale Rechtsvorschriften sollten die Grundlage für eine spätere Verschärfung der EU-Richtlinie über Industrieemissionen bilden. Für eine wirksame Umsetzung sollte die EU außerdem eine umfassende Überwachung der H<sub>2</sub>-Emissionen durch die Europäische Umweltagentur anordnen.

Ein zweiter wichtiger Weg zur Begrenzung der Wasserstoffemissionen sind die Methoden zur Berechnung der Treibhausgaseinsparungen durch kohlenstoffarmen Wasserstoff (siehe Richtlinie (EU) 2024/1788) und so genannte erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBO), zu denen auch grüner Wasserstoff und seine Derivate zählen. Um als kohlenstoffarm oder als RFNBO zu gelten, muss Wasserstoff mit seinen Emissionen unterhalb der Grenze von 3,38 kg CO<sub>2</sub>e pro kg bleiben. Allerdings berücksichtigen weder die Methodik für RFNBO noch der Entwurf der Methodik für kohlenstoffarmen Wasserstoff (veröffentlicht am 27. September 2024) H<sub>2</sub>-Emissionen. Diese Unzulänglichkeit sollte durch eine Überarbeitung des Entwurfs für die Methodik für kohlenstoffarmen Wasserstoff und durch eine Aktualisierung der RFNBO-Methodik behoben werden. In der Tat erwähnt das Paket für den Wasserstoffmarkt und den Markt für dekarbonisiertes Gas (Richtlinie (EU) 2024/1788) bereits die Rolle der H<sub>2</sub>-Emissionen bei der Entwicklung der Methodik.

### Wichtige Empfehlungen

- Festlegung von Emissionshöchstwerten für Elektrolyseure und Vorgabe der Anwendung von BVT zur Emissionsreduzierung in den nationalen Umweltschutzvorschriften sowie entsprechende Aktualisierung der EU-Richtlinie über Industrieemissionen
- Beauftragung der Europäischen Umweltagentur mit der umfassenden Überwachung der H<sub>2</sub>-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette
- Einbeziehung der Wasserstoffemissionen in die Methoden zur Berechnung der Treibhausgaseinsparungen durch kohlenstoffarmen Wasserstoff und RFNBO

### Gewährleistung strenger Normen für die Begrenzung der Treibhausgasemissionen von blauem Wasserstoff – für die europäische Produktion und für Importe

Der potenzielle Treibhauseffekt aus der Produktion von blauem Wasserstoff übersteigt denjenigen der H<sub>2</sub>-Emissionen erheblich und verlangt Vorgaben zu seiner Begrenzung. Der für kohlenstoffarmen Wasserstoff geltende Schwellenwert für die Mindesteinspa

rung von Treibhausgasemissionen in Höhe von 70 % ist hierfür ein wichtiger Ausgangspunkt. Für die Wirksamkeit ist es unerlässlich, ein hohes Maß an Transparenz sowie robuste Zertifizierungssysteme zu gewährleisten, um die Einhaltung der Vorschriften sowohl in der EU als auch in Ländern, die in die EU exportieren, sicherzustellen. Darüber hinaus sollte der Wert der Mindesteinsparung im Laufe der Zeit erhöht werden, um ein möglichst niedriges Niveau an Treibhausgasemissionen zu erzielen. Diese Erhöhung sollte bei der nächsten Revision der Richtlinie (EU) 2024/1788, die bis zum 31. Dezember 2030 stattfinden soll, berücksichtigt werden. Die EU-Methanverordnung (Richtlinie (EU) 2024/1787) bietet einen weiteren Ansatzpunkt für die Begrenzung von Treibhausgasemissionen aus blauem Wasserstoff. Derzeit gilt sie nur für Importe von Gas, Öl und Kohle, nicht aber für Wasserstoff oder dessen Derivate. Die Aufnahme von Wasserstoff und seinen Derivaten (z. B. Ammoniak, Methanol) in die Liste der regulierten Güter würde dazu beitragen, die Methanemissionen aller in die EU eingeführten fossilen Wasserstoffprodukte zu minimieren, unabhängig davon, ob sie der Norm für kohlenstoffarmen Wasserstoff entsprechen oder nicht. Die geplante Revision der Methanverordnung im Jahr 2028 bietet eine Gelegenheit zur Umsetzung dieser Änderung.

### Wichtige Empfehlungen

- Gewährleistung eines hohen Maßes an Transparenz und solider Zertifizierungssysteme zur Kontrolle der Einhaltung der THG-Mindesteinsparung für kohlenstoffarmen Wasserstoff
- Erhöhung der THG-Mindesteinsparung im Laufe der Zeit
- Aufnahme von Wasserstoff und seinen Derivaten in die Liste der regulierten Importe bei der nächsten Revision der EU-Methanverordnung

### Bewusstseinsförderung über Wasserstoff als indirektes Treibhausgas

Auf internationaler Ebene sollte die EU Wasserstoff als indirektes Treibhausgas stärker ins Bewusstsein rücken und die Aktualisierung seines GWP100 im nächsten IPCC-Bericht unterstützen, um die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse abzubilden. Letzteres würde einen klaren Bezugspunkt für Forschende und politische Entscheidungsträger schaffen, um in künftigen Forschungs- und Regulierungsstandards die Klimaauswirkungen von H<sub>2</sub> zu quantifizieren.

### Wichtige Empfehlungen

- Starten einer gezielten Kommunikationskampagne, um Bewusstsein für die Relevanz von Wasserstoff als indirektes Treibhausgas zu schaffen, ohne dessen wichtigen Beitrag zur THG-Minderung zu diskreditieren
- Unterstützung einer Aktualisierung des GWP100-Wertes für Wasserstoff im nächsten Sachstandsbericht des IPCC, um den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen Rechnung zu tragen.

#### DIE AUTOR\*INNEN

Dieser RIFS Policy Brief wurde von Dr. Kathleen A. Mar (Forschungsgruppenleiterin, Klima und Nachhaltigkeit in nationalen und internationalen Prozessen) und Prof. Dr. Rainer Quitzow (Forschungsgruppenleiter, Geopolitik der Energie- und Industrietransformation) erstellt.

#### QUELLEN

1 / Mar, K., Quitzow, R., Haberkost, F., Horn, M., Lentschig, H., Unger, C., Goldthau, A. (2024) Controlling Emissions in Germany's Future Hydrogen Economy: Entry-Points for Policy Action. RIFS Study, October 2024. <https://doi.org/10.48481/rifs.2024.016> 2 / Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (2023) National Hydrogen Strategy Update. 3 / Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland: <https://langfristszenarien.de> 4 / Sand, M., Skeie, R.B., Sandstad, M. et al. (2023) A multi-model assessment of the Global Warming Potential of hydrogen. *Commun Earth Environ* 4, 203). 5 / UK Environment Agency. (2024) Guidance: Hydrogen production by electrolysis of water: emerging techniques. See <https://www.gov.uk/guidance/hydrogen-production-by-electrolysis-of-water-emerging-techniques> 6 / Warwick, N., Archibald, A., Griffiths, P., Keeble, J., O'Connor, F., Pyle, J., Shine, K. (2023) Atmospheric composition and climate impacts of a future hydrogen economy. *Atmospheric Chemistry and Physics* 23, 13451-13467. <https://doi.org/10.5194/acp-23-13451-2023> 7 / Hauglustaine, D., Paulot, F., Collins, W. et al. Climate benefit of a future hydrogen economy. *Commun Earth Environ* 3, 295 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00626-z>

#### Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit am GFZ (RIFS)

Berliner Straße 130  
14467 Potsdam  
Tel: +49 (0) 331-28822-300  
[media@rifs-potsdam.de](mailto:media@rifs-potsdam.de)  
[www.rifs-potsdam.de](http://www.rifs-potsdam.de)

#### ViSdP:

Prof. Dr. Doris Fuchs,  
Wissenschaftliche Direktorin,  
Sprecherin

#### Redakteur\*in:

Bianca Schröder, Damian Harrison

#### Design:

Studio von Fuchs und Lommatzsch

#### DOI:

10.48481/rifs.2025.001

#### ISSN:

2196-9221