

Dienstag, 9. April 2024



Technology Collaboration Programme on  
Advanced Motor Fuels

# Einblick in die internationale Entwicklung von E-Fuels



## Zoe Stadler

Fachbereichsleiterin Power-to-Gas  
IET Institut für Energietechnik, OST

Leiterin des Task 64 "E-fuels and end-use perspectives"  
IEA Advanced Motor Fuels (AMF TCP)

# IEA AMF – Technology Collaboration Programme on Advanced Motor Fuels



**Vision** Kraftstoffe (Advanced motor fuels), die für alle Verkehrsträger geeignet sind, leisten einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Gesellschaft auf der ganzen Welt.

**Mission** Der Auftrag der AMF besteht darin, das Verständnis und die Wertschätzung des Potenzials neuartiger Kraftstoffe für einen nachhaltigen Verkehr zu fördern. Wir stellen fundierte wissenschaftliche Informationen und Technologiebewertungen bereit, die fundierte und wissenschaftlich fundierte Entscheidungen über neuartige Kraftstoffe auf allen Ebenen der Entscheidungsfindung erleichtern.

Mehr Informationen: <https://www.iea-amf.org/>

- Informationen über verschiedene Kraftstoffe
- Newsletter und LinkedIn (<https://www.linkedin.com/company/amf-tcp/>)

A screenshot of the IEA-AMF website homepage. The header includes the IEA-AMF logo and the programme name. Below the header is a navigation menu with links for 'ABOUT AMF', 'PUBLICATIONS', 'FUEL INFORMATION', 'PROJECTS', 'EVENTS', 'LOGIN', 'JOIN', and 'CONTACT'. The main content area features a large banner titled 'Fuel for the future' with a sub-image of a truck. Below the banner is a section for 'Fuel Types' and a 'Highlights' section titled 'Recently published AMF Newsletter' with a 'READ MORE' button and a thumbnail image of a car.

# Task 64: E-fuels and end-use perspectives

## Ziel

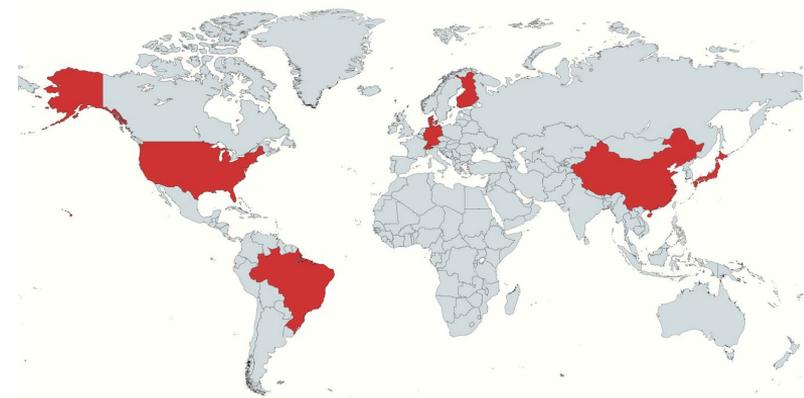
Internationaler Austausch über den aktuellen Stand von E-Fuels in verschiedenen Ländern - von der Produktion bis zur Anwendung, inkl. Berücksichtigung von Regulierungen, Kosten, etc.

## Länder

Brazil, China, Denmark, Finland, Germany, Japan, Switzerland, USA

## Zusammenarbeit mit

- Bioenergy TCP Task 40
- HEV (Hybrid Electric Vehicles) TCP Task 46
- Hydrogen TCP
- IEAGHG
- International Transport Forum



Quelle: <https://www.mapchart.net/world.html>

# Definition von E-Fuels

- **Elektrokraftstoffe (E-Fuels)** sind synthetische Kraftstoffe, die unter Verwendung von abgeschiedenem Kohlendioxid, Kohlenmonoxid oder Stickstoff und kohlenstoffarmem Wasserstoff hergestellt werden. Sie werden als Elektro- oder E-Kraftstoffe bezeichnet, weil der Wasserstoff aus nachhaltigen Stromquellen gewonnen wird, z. B. aus Wasser-, Wind- und Sonnenenergie.
- **Erneuerbare Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs (RFNBO)**, Definition aus RED II: *"Erneuerbare flüssige und gasförmige Verkehrskraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs" sind flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die im Verkehrssektor verwendet werden und bei denen es sich nicht um Biokraftstoffe oder Biogas handelt und deren Energiegehalt aus anderen erneuerbaren Quellen als Biomasse stammt. In der Praxis bedeutet dies die Nutzung von erneuerbarer Energie aus Erdwärme, Wasser-, Sonnen- oder Windenergie, bei der über kürzere oder längere Zeiträume eine lokale Überschussproduktion entstehen kann, wodurch der Zugang zu dieser Energie zu niedrigen Kosten ermöglicht wird.*
- Hinweise
  - CO<sub>2</sub> aus der Verarbeitung von Biomasse oder Biogas kann für die Synthese von E-Kraftstoffen verwendet werden, wenn der Energiegehalt aus nicht-biologischen Quellen stammt.
  - Wasserstoff aus anderen Quellen als erneuerbarem Strom wird für die Herstellung von E-Kraftstoffen nicht berücksichtigt.
- Quelle der Definitionen: [Policy briefing: Sustainable synthetic carbon-based fuels \(royalsociety.org\)](https://royalsociety.org/); [Renewable fuels of non-biological origin \(RFNBO\) \(etipbioenergy.eu\)](https://etipbioenergy.eu/)



Image by fxquadro on Freepik

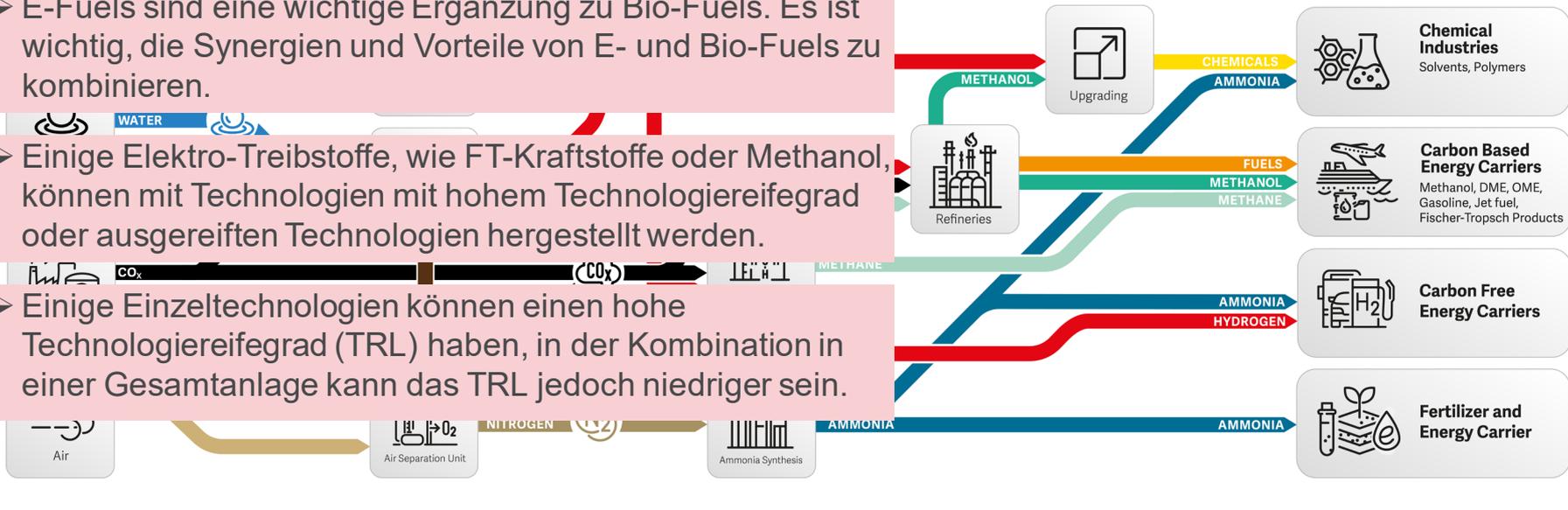
# E-Fuel Produktion | Power-to-X



➤ E-Fuels sind eine wichtige Ergänzung zu Bio-Fuels. Es ist wichtig, die Synergien und Vorteile von E- und Bio-Fuels zu kombinieren.

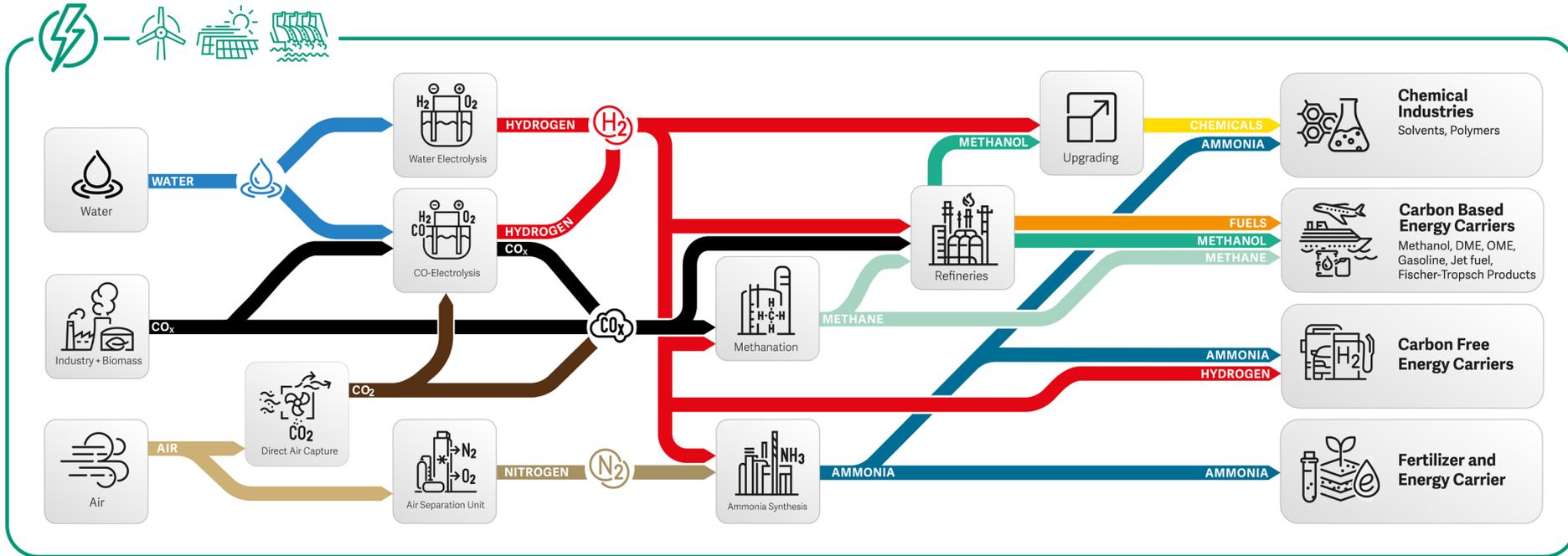
➤ Einige Elektro-Treibstoffe, wie FT-Kraftstoffe oder Methanol, können mit Technologien mit hohem Technologiereifegrad oder ausgereiften Technologien hergestellt werden.

➤ Einige Einzeltechnologien können einen hohen Technologiereifegrad (TRL) haben, in der Kombination in einer Gesamtanlage kann das TRL jedoch niedriger sein.



Produktionswege von Power-to-X-Verfahren. Quelle: Fraunhofer ISE (2021), Power-to-Liquids: Nachhaltige Produktion von Chemikalien, Energieträgern und Kraftstoffen. Angepasste Darstellung des IET Institut für Energietechnik, OST.

# E-Fuel Produktion | Power-to-X



Produktionswege von Power-to-X-Verfahren. Quelle: Fraunhofer ISE (2021), Power-to-Liquids: Nachhaltige Produktion von Chemikalien, Energieträgern und Kraftstoffen. Angepasste Darstellung des IET Institut für Energietechnik, OST.

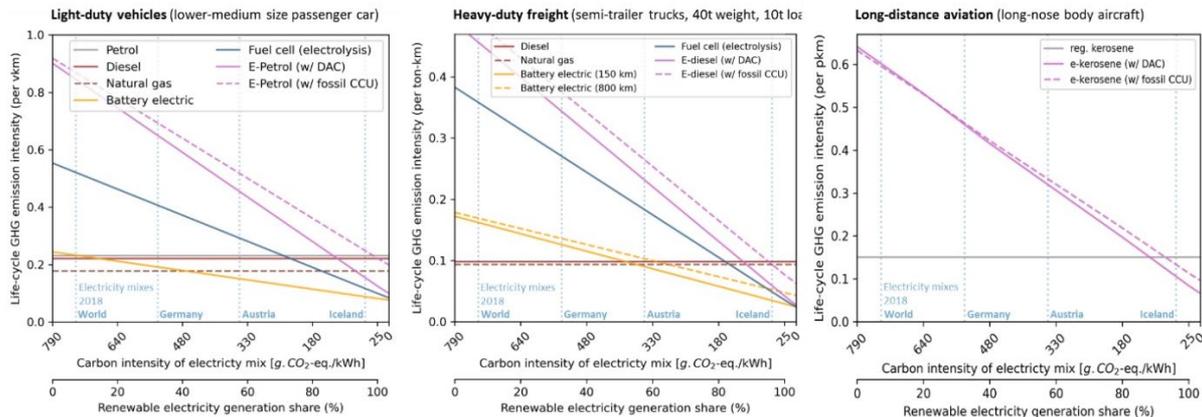
# E-Fuel Produktion | Kosten

- E-Fuels sind im Allgemeinen **teurer als Biokraftstoffe**.
- **Der wichtigste Kostenfaktor bei der Herstellung von E-Fuels ist Wasserstoff**, dessen Produktionskosten hauptsächlich von den Strompreisen und den Kapitalkosten abhängen.
  - Um kostengünstigen Wasserstoff für eine wirtschaftliche E-Fuels zu erreichen, müssen sowohl die Stromkosten als auch die Kapitalkosten für den Elektrolyseur sinken.
  - Angemessene Kohlenstoffpreise und niedrige Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien sind entscheidend für die Verbesserung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit von E-Fuels.

# E-Fuel Produktion | LCA

- Die Ergebnisse der Lebenszyklusanalysen (LCA) zeigen, dass die **Verwendung von erneuerbarem Strom und Wasserstoff** der Schlüssel zu kohlenstoffarmen e-fuels ist.
- Die Nutzung des Stromnetzes für die Herstellung von E-fuels bringt in der Regel keine Vorteile bei der Verringerung der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu den fossilen Ausgangskraftstoffen.
- e-FT-Kraftstoffe und e-Methanol bieten in Verbindung mit erneuerbarem Strom und/oder H<sub>2</sub> im Vergleich zu ihren fossilen Pendanten erhebliche Vorteile bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

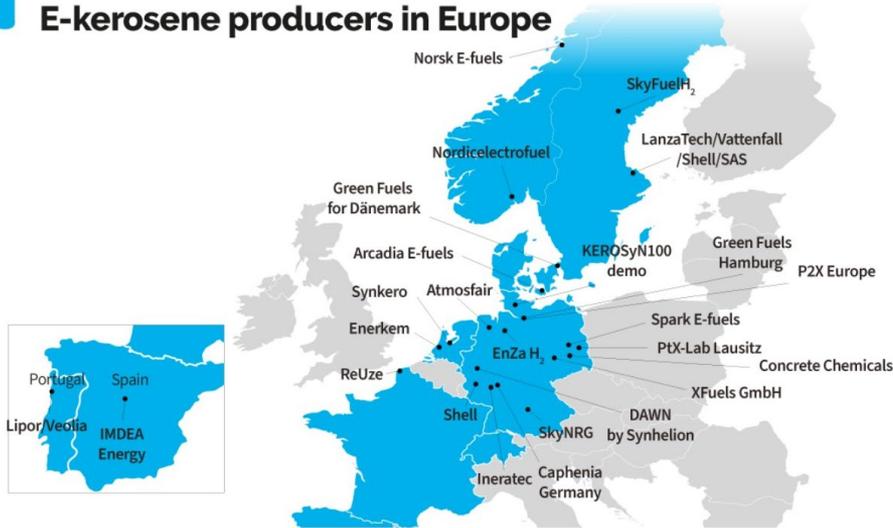
Life-cycle GHG emission intensities for transport applications (2030 technology) as a function of carbon intensity of electricity



Life-cycle GHG emissions for different fuels and transport applications, as a function of the life-cycle carbon intensities of electricity used for battery charging, hydrogen and e-fuel production. Quelle: Ueckerdt, F.; Bauer, C.; Dirnacher, A.; Everall, J.; Sacchi, R.; Luderer, G. (2021): Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. In Nature Climate Change (11), pp. 384–393. Available online at <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01032-7>

# E-Fuel Produktion | Flugverkehr

## E-kerosene producers in Europe



Source: T&E analysis, based on companies' self-declaration

E-Kerosin Produzenten in Europa. Quelle: Transport & Environment: Analysis of green jet fuel production in Europe, November 2022 (updated study)

- Kurzfristig werden Biokraftstoffe verwendet, um die Nachfrage zu decken. Sie sind in der Herstellung billiger als E-Fuels. Es handelt sich jedoch um eine begrenzte Ressource. Daher werden Teilziele für E-Fuels festgelegt, um die Infrastruktur rechtzeitig aufzubauen.
- In Deutschland z. B. müssen die Kraftstofflieferanten einen Mindestanteil an nachhaltigem, durch Elektrolyse hergestelltem Flugkraftstoff sicherstellen: 0,5 % (2026), 1 % (2028) und 2 % (2030), aufgrund der nationalen Umsetzung der RED II.
- In den USA unterstützt der Inflation Reduction Act die Herstellung von SAF mit \$0,35 bis \$1,75 pro Gallone (das entspricht: 0.09 bis 0.56 \$ pro Liter), basierend auf dem CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial.

### Quellen:

- BMDV Power-to-Liquid Roadmap, 2021, [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/LF/ptl-roadmap.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/LF/ptl-roadmap.pdf?__blob=publicationFile)
- European Parliament, <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20230424IPR82023/fit-for-55-parliament-and-council-reach-deal-on-greener-aviation-fuels>

# E-Fuel Anwendung | Schifffahrt

- Von den E-Fuels sind **Wasserstoff, E-Methanol, E-Ammoniak und E-Methan** für den Einsatz in der Schifffahrt interessant.
- Es gibt bereits heute Vorschriften für die Verwendung von Methanol an Bord, so dass die breite Einführung von Methanol einen Vorteil gegenüber der Einführung von Ammoniak oder Wasserstoff darstellt.
- Die Triebkraft für eine rasche Einführung von E-Fuels (z. B. E-Methanol) in der Schifffahrt liegt in der starken Nachfrage der Kunden und in den CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikaten.



Quelle: [Laura Maersk \(2023\) - Wikipedia](#)



# Regulatorien / politische Ziele

Generell wird die Produktion von Wasserstoff und E-Fuels in grossem Umfang ausgebaut werden.

In der EU:

- **RED III:** Für den Industriesektor wird ein neues verbindliches Ziel für die Verwendung von Wasserstoff und anderen strombasierten Kraftstoffen (RFNBO) festgelegt. 42 Prozent des in der Industrie verbrauchten Wasserstoffs müssen im Jahr 2030 aus erneuerbaren Energiequellen nicht-biologischen Ursprungs stammen (das entspricht EU-weit etwa 20 bis 25 TWh), im Jahr 2035 sollen es bereits 60 Prozent sein. Ein neues indikatives Ziel ist, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch der Industrie jährlich um 1,6 Prozent steigen soll.
- **ReFuelEU Aviation:** Die EU führt eine Quote für die Markteinführung von E-Fuels («RFNBOs») im Luftfahrtsektor ein, die von 1,2 % E-Fuels im Jahr 2030 auf 35 % E-Fuels im Jahr 2050 steigt. Insgesamt müssen dann 70 % der Flugkraftstoffe im Jahr 2050 erneuerbar sein.
- Die **Europäische Wasserstoffbank** eröffnete ihre erste Auktion im Herbst 2023, wobei 800 Mio. EUR aus dem Innovationsfonds zur Förderung der Wasserstoffproduktion zur Verfügung standen und weitere 2,2 Mrd. EUR in diesem Jahr folgen sollten.

Quellen: <https://equota.de/red-iii/>; <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/06/20230616-neue-eu-richtlinie-fuer-erneuerbare-energien-angenommen.html>; <https://sciencebusiness.net/news/hydrogen/commission-opens-subsidy-scheme-promote-renewable-hydrogen-amid-concerns-about-clean>; <https://h2-news.eu/regelwerk/eu-mitgliedsstaaten-einigen-sich-auf-42-prozent-quote-fuer-gruenen-wasserstoff/>

# Regulatorien / politische Ziele

In den USA hat die Regierung den Inflation Reduction Act (IRA) verabschiedet (August 2022), der eine umfangreiche Finanzierung einer Reihe von Technologien und Strategien zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors vorsieht. Er beginnt 2024 und hat eine Laufzeit von 10 Jahren.

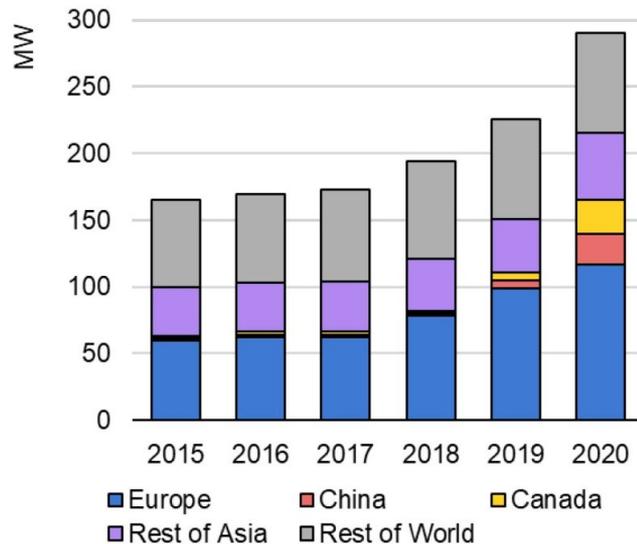
- Unterstützung der Produktion von SAF, je nach CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial
- Förderung der Produktion von sauberem Wasserstoff
- Förderung der Kohlenstoffabscheidung und -speicherung
- Zusätzlich wird u.a. die Anschaffung von «sauberen Fahrzeugen» unterstützt (Leicht- und Schwerlasttransport, die mit Batterien oder Brennstoffzellen betrieben werden).

Quelle: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IN/IN12003>; <https://www.catf.us/2022/08/on-the-road-inflation-reduction-act-jumpstarts-us-transportation-sector-decarbonization/>; <https://www.plugpower.com/the-inflation-reduction-act-and-the-future-of-green-hydrogen/>; <https://www.iea.org/policies/16255-inflation-reduction-act-2022-sec-13104-extension-and-modification-of-credit-for-carbon-oxide-sequestration>

# Elektrolyse-Kapazität

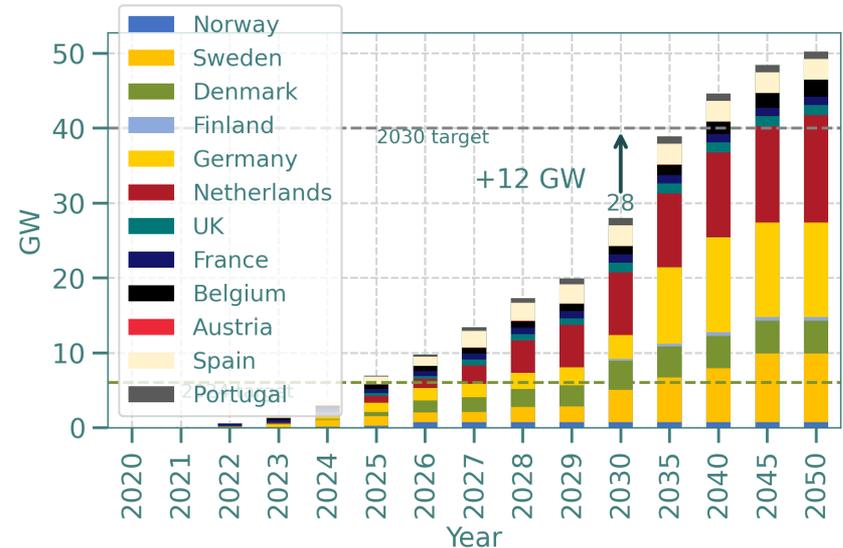
Installierte Elektrolysekapazität weltweit nach Region

By region



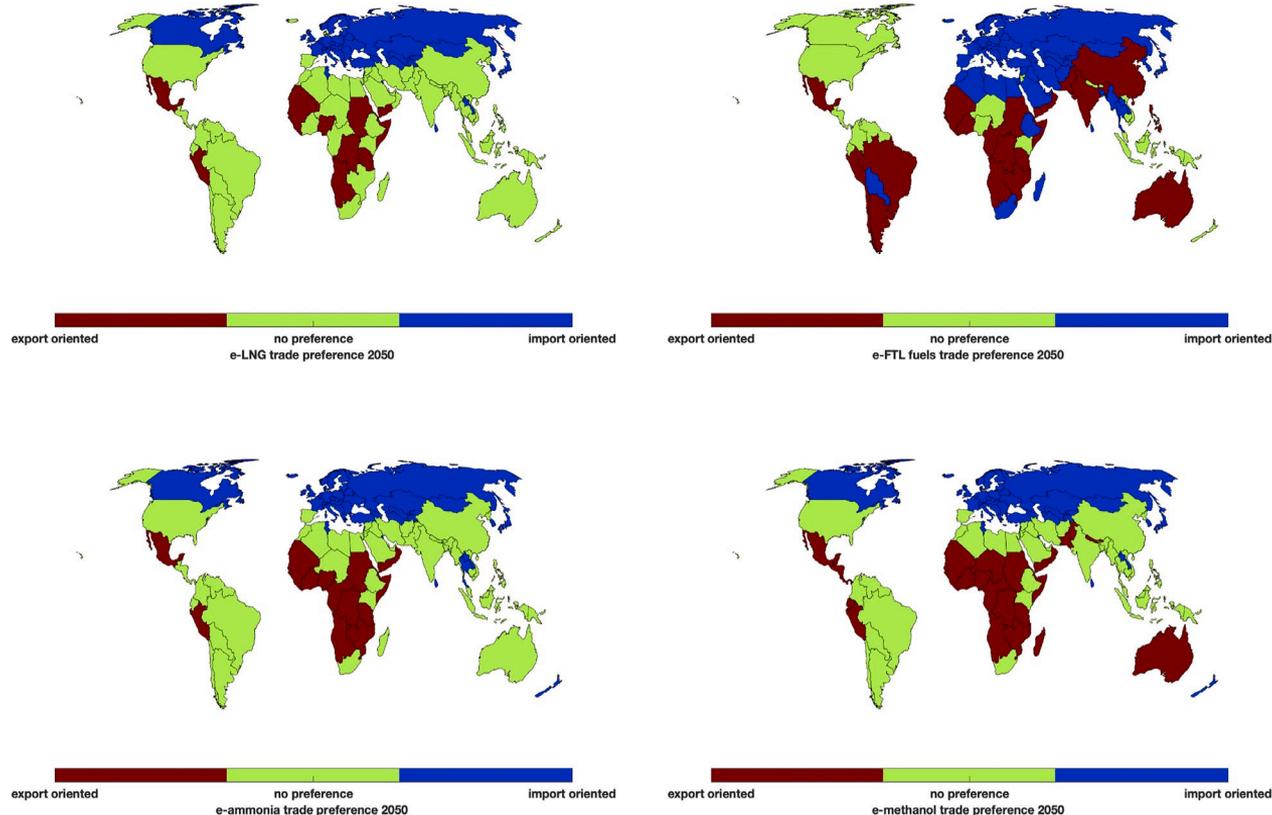
Quelle: IEA (2021), Hydrogen Projects Database.

Die EU will bis 2030 eine Elektrolysekapazität von 40 GW erreichen - die angekündigte Produktion von grünem Wasserstoff beträgt bisher nur 25 GW (Artikel vom April 2021)



Quelle: [Wasserstoffproduktion steigt, aber 40 GW EU 2030-Ziel bleibt ambitioniert \(thema.no\)](#)

# Handelspräferenzen im Jahr 2050



Handelspräferenz von e-LNG (oben links), e-FTL-Kraftstoffen (oben rechts), e-Ammoniak (unten links) und e-Methanol (unten rechts) im Jahr 2050.

Quelle: Tansu Galimova, Manish Ram, Dmitrii Bogdanov, Mahdi Fasihi, Ashish Gulagi, Siavash Khalili, Christian Breyer; Global trading of renewable electricity-based fuels and chemicals to enhance the energy transition across all sectors towards sustainability; Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 183, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113420>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123002770>)



Technology Collaboration Programme on  
Advanced Motor Fuels

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

**Kontakt Daten**

Zoe Stadler

[zoe.stadler@ost.ch](mailto:zoe.stadler@ost.ch)

[LinkedIn](#)

Umfrage zu erneuerbaren  
Treibstoffen in der Schweiz

