

Eine Einführung in Wasserstoff

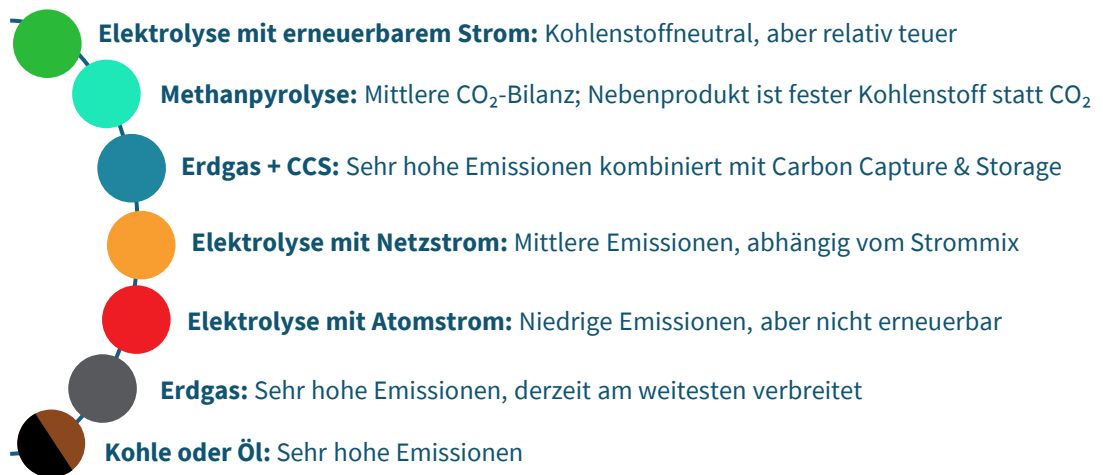
Grüner Wasserstoff ist eine saubere Alternative zu Methan. **Kohlenstoffarmer Wasserstoff** erreicht eine Treibhausgasreduktion von 70 % gegenüber fossilen Brennstoffen (EU-Definition).

Hintergrund:

Wasserstoff kommt in Wasser, Pflanzen, Tieren und Menschen vor – als Gas ist er jedoch extrem selten. Die Herausforderung liegt darin, Wasserstoff in großem Maßstab herzustellen, um Industrie und Energieversorgung zu dekarbonisieren.

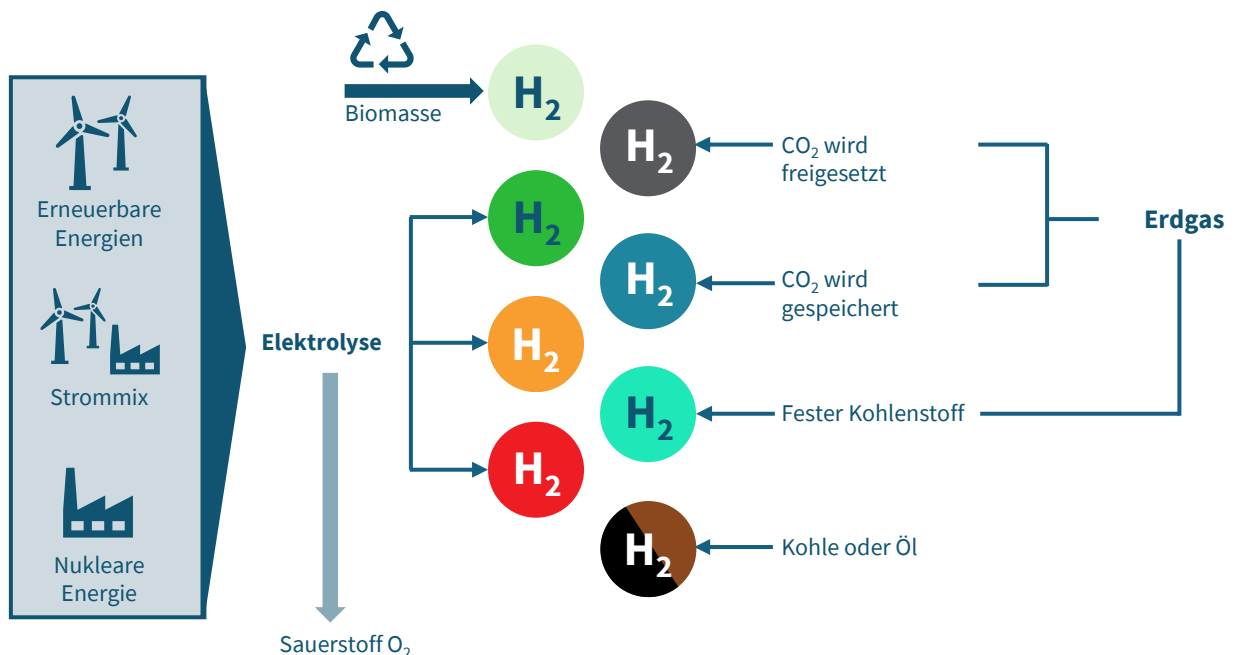
Der Wasserstoff-Farbcode

Die Farben von Wasserstoff dienen zur **Kennzeichnung seiner Herstellungsweise** und der damit verbundenen CO₂-Emissionen. Diese Bezeichnungen sind weit verbreitet, stellen jedoch **keine offizielle Norm** dar.



Quellen: Gartner Instruments (2023); IKEM (2020)

Die Technologie hinter Wasserstoff



Ouelle: emcel (2024)

Elektrolysetechnologien für grünen Wasserstoff

Alkalische Elektrolyse (AEL)

- Ausgereifte, kostengünstige Technologie mit flüssigem Alkalielektrolyt.
- Ideal für großtechnische Anlagen; langsamer Hochlauf, geringere Effizienz.
- TRL 9, jahrzehntelange Betriebserfahrung.

Protonenaustauschmembran (PEM)

- Flexibles System mit fester Polymermembran.
- Gut geeignet für erneuerbare Energien; höhere Reinheit des H₂ und schnelle Reaktion.
- TRL 8–9, kommerziell weit verbreitet.

Anionenaustauschmembran (AEM)

- Hybrid aus AEL und PEM mit anionenleitender Membran.
- Kostengünstiges Potenzial, aber begrenzte Haltbarkeit.
- TRL 6–7, in Pilotentwicklung.

Festoxid-Elektrolyse (SOEC)

- Sehr effiziente Hochtemperatur-Keramiktechnologie
- Kann Abwärme nutzen; sehr effizient, aber komplex.
- TRL 6–7, Demonstration und frühe Pilotprojekte.

Neben den etablierten Elektrolyseverfahren entstehen neue, bahnbrechende Ansätze – von künstlicher Photosynthese und solarthermochemischen Prozessen bis hin zu geo-inspirierten Reaktoren, die die natürliche Wasserstoffbildung nachahmen.

Quellen: IEA (2022), IRENA (2020), U.S. Department of Energy (n.d.)

Handlungsempfehlungen zur Förderung des Wasserstoffhochlaufs

- **THG-Reduktionsquoten** im Verkehr (insbesondere Luft- und Seefahrt), ein klarer **Dekarbonisierungspfad für Kraftwerke** sowie eine **Grüngasquote** können verlässliche Marktsignale geben und private Investitionen mobilisieren.
- **Öffentliche Garantien, langfristige Abnahmegarantien** und **Carbon Contracts for Difference (CCfDs)** können effektiv planbare Erlöse sichern und große Investitionen anziehen.
- **Der Ausbau erneuerbarer Energien, Transport- und Speichernetze** sowie die **Sektorkopplung** sind essenziell, um Engpässe zu vermeiden und den flächendeckenden Einsatz zu ermöglichen.

Wasserstofftechnologien im Tech for Net Zero Netzwerk

Enapter entwickelt modulare AEM-Elektrolyseure, die erneuerbaren Strom und Wasser nutzen, um grünen Wasserstoff für Anwendungen von industriellen Prozessen bis hin zu Backup-Energie und Mobilität zu erzeugen.



HDF Energy Germany baut großtechnische Hydrogen-to-Power-Anlagen auf Basis von PEM-Brennstoffzellen, die grünen oder kohlenstoffarmen Wasserstoff in sauberen Strom umwandeln, und stärkt so die nachgelagerte Wertschöpfungskette.

Hydrogenious LOHC ermöglicht mit der Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)-Technologie eine sichere, effiziente, kostengünstige und skalierbare Speicherung und den Transport von Wasserstoff – unter Nutzung bestehender Infrastruktur.



ionysis stellt Membranen und MEAs her, die elementare Komponenten für PEM- und AEM-Elektrolyseure sowie Brennstoffzellen darstellen. Das Unternehmen ist somit eher Technologie-Enabler innerhalb der grünen Wasserstoff-Wertschöpfungskette.

STOFF2 entwickelt und produziert zinkbasierte Elektrolyseure, die erneuerbare Energie in einem Zinkkreislauf speichern und bei Bedarf in grünen Wasserstoff umwandeln – eine Kombination aus Energiespeicherung und Elektrolyse.



Sunfire fertigt großtechnische alkalische und Festoxid-Elektrolyseure, die grünen Wasserstoff und Syngas für Branchen wie Chemie, Stahl und E-Fuels produzieren und das Unternehmen fest im Elektrolyse-Segment für grünen Wasserstoff positionieren.