

H₂-BAROMETER

Unabhängige Bewertung der
Wasserstoffwirtschaft in der Schweiz

Ausgabe 1
März 2022

Vorwort



«Es braucht für die Zukunft Langzeitspeichersysteme, um die Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern und die Stromkosten im Winter zu senken.»

Thomas Justus Schmidt, Head of the Research Division Energy & Environment, Paul Scherrer Institut (PSI)

«Mit erneuerbaren Gasen ist die Schweizer Gaswirtschaft ein Teil der Lösung hin zu einem klimaneutralen Energiesystem»

Simonetta Sommaruga, Bundesrätin

Wasserstoff wird als Schlüsselement eines zukünftig klimaneutralen Energiesystems betrachtet, denn er erleichtert die Integration der erneuerbaren Energien. Ebenso bietet Wasserstoff eine Möglichkeit, Sektoren wie Verkehr, Gebäude und Industrie zu koppeln und zu dekarbonisieren. Wasserstoff kann zudem das Gesamtsystem widerstandsfähiger gegen äussere Schocks wie Engpässe bei der Verfügbarkeit von einzelnen Energieträgern gestalten. Die aktuellen Bestrebungen zur Verringerung der europäischen Abhängigkeit von russischem Erdgas sind ein weiteres Argument für Wasserstoff.

Unser H₂-Barometer zeigt ein aktuelles Stimmungsbild der Wasserstoffwirtschaft in der Schweiz. Es dient Investoren, Gesetz- und Verordnungsgebern und den weiteren Stakeholdern zur Einordnung der aktuellen Rahmenbedingungen und Aktivitäten. Die Analysen und Einschätzungen wurden in einer Kooperation von Polynomics und E-Bridge Consulting vorgenommen.

Das Barometer wird halbjährlich veröffentlicht. Dadurch kann es die Entwicklung in der Schweiz auch im Zeitverlauf beurteilen. Bei dem vorliegenden Barometer handelt es sich um die erste Ausgabe.

Ich freue mich über Ihre Kommentare und Rückmeldungen.

Daniela Decurtins

Herausgeber

Verband der Schweizerischen Gasindustrie

Daniela Decurtins

Grütlistrasse 44 | 8002 Zürich

<https://gazenergie.ch/de/>

Tel. +41 44 288 31 31



Thesen und Gesamtstimmung

Acht Kernaussagen aus dem H₂-Barometer

1. Wasserstoff spielt bei der Dekarbonisierung in der Schweiz eine wichtige Rolle.
2. Im Parlament wird Wasserstoff vor allem im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit und der Energiespeicherung im Zuge der Energiewende diskutiert.
3. In den Energieperspektiven 2050+ wird ein Ausbau der Erzeugungskapazität für grünen Wasserstoff von heute 3 MW auf 300 MW bis 2030 erwartet. Danach soll der zusätzliche Bedarf verstärkt über Importe gedeckt werden.
4. In der Schweiz fehlt die Verbindlichkeit einer nationalen Wasserstoffstrategie. Die Rahmenbedingungen für einen Markthochlauf sind noch unklar.
5. Entwicklungen werden durch Projekte der Energieversorger und private Akteure getrieben. Die Grundlagenarbeiten der Gasbranche hin zu grünem Wasserstoff laufen auf allen Wertschöpfungsstufen.
6. Upstream: Wasserstoff wird bereits heute zur Einspeisung von erneuerbarem Gas in das Gasnetz genutzt.
7. Midstream: Die Schweiz übernimmt durch die Nord-Süd-Verbindung eine wichtige Rolle für den H₂-Transit in Europa und profitiert gleichzeitig von der Anbindung an den europäischen H₂-Backbone. Damit hängen Gas-Transportfragen in der Schweiz auch von Entscheidungen in Europa ab.
8. Downstream: Entwicklungstreiber für die Nutzung von grünem Wasserstoff ist in der Schweiz aktuell vor allem der Mobilitätssektor. Erste Projekte zur H₂-Nutzung zeigen das CO₂-Einsparpotenzial in diesem Sektor.

Einschätzung der Stimmung in der Wasserstoffwirtschaft



Die Integration von Wasserstoff in das schweizerische Energiesystem entwickelt sich sowohl auf politischer als auch projektseitiger Ebene vielversprechend. Es mangelt derzeit aber noch an Verbindlichkeit aufgrund unsicherer Rahmenbedingungen als in der EU.



Warum Wasserstoff?

Grenzen der Elektrifizierung zur Erreichung von Netto-Null

Bis 2050 soll die Schweiz keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen (Netto-Null-Ziel). Sektoren wie Schwer- und Langstreckenverkehr, Langstreckenflüge und Teile der Industrie sind jedoch kaum mittels Elektrifizierung zu dekarbonisieren.

Beim Umbau der Elektrizitätsversorgung sind die räumlichen und zeitlichen Diskrepanzen zwischen Stromangebot und -nachfrage zu lösen. Wasserstoff leistet einen Beitrag, da er sich im Gegensatz zu Batterien auch für die saisonale Speicherung eignet. Mit den bestehenden Gasleitungen bestehen zudem geeignete potentielle H₂-Transportkapazitäten.

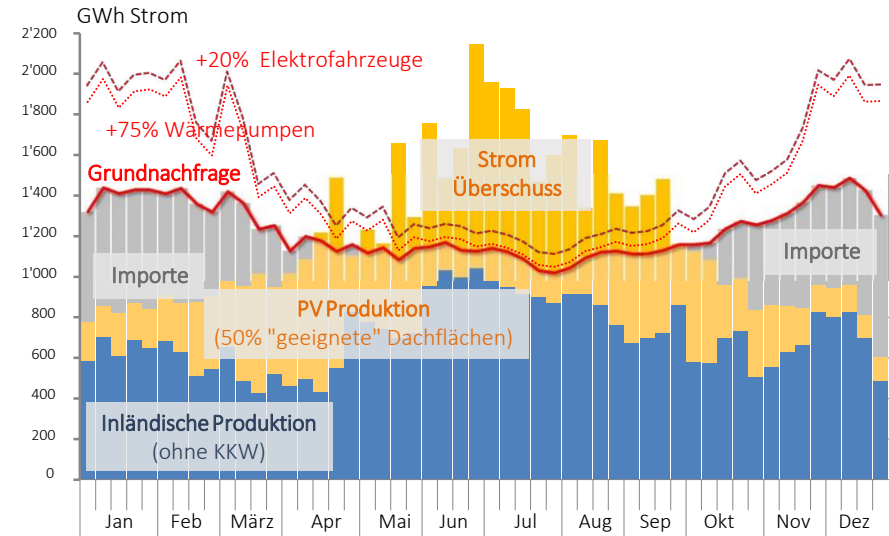
Aus (grünem) Wasserstoff können auch weitere synthetische Gase und Treibstoffe gewonnen werden, so dass Wasserstoff auch auf diese Weise für die Defossilierung vieler Bereiche geeignet ist.

Versorgungssicherheit im Winter

Im Winter ist zukünftig eine «Stromlücke» zu erwarten: Durch die zunehmende Elektrifizierung im Bereich Raumwärme und Mobilität steigt der Strombedarf und durch das Auslaufen der KKW fällt Bandenergie weg.

Der Zubau an erneuerbarer Stromproduktion kann diese „Lücke“ im Winter nicht kompensieren. In den Energieperspektiven 2050+ des BFE werden daher in allen Szenarien die Winterimporte im Vergleich zu heute um den Faktor 2 bis 3 auf rund 15 TWh im Jahr 2034 steigen.

Die ElCom warnt seit längerem vor zu hohen Importen im Winter und sieht ab 10 TWh erhebliche Risiken aufgrund der Transportverfügbarkeit und der Exportbereitschaft der Nachbarländer. In der Revision StromVG gibt es daher ein explizites Ausbauziel für Winterstrom inkl. Spezialförderung sowie die Einrichtung von strategischen Energiereserven.



Quelle: Rüdihüsli, Teske, Elber. 2019. Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System

Winterstromlücke

Mit dem Stromüberschuss im Sommer kann grüner Wasserstoff produziert werden. Dieser kann kurzfristig verwendet oder saisonal gespeichert werden. Gelingt es, inländische Speicherkapazitäten aufzubauen oder ausländische zu nutzen, wäre eine Rückverstromung über Gaskraftwerke oder WKK im Winter möglich.

In den Energieperspektiven 2050+ spielt Wasserstoff eine Rolle, die saisonale Energiespeicherung wird jedoch ausgeschlossen. Einzig im Szenario B kommen WKK und Gaskraftwerke zum Einsatz.

Wasserstoff spielt bei der Dekarbonisierung in der Schweiz eine wichtige Rolle.



Wasserstoff in der Politik



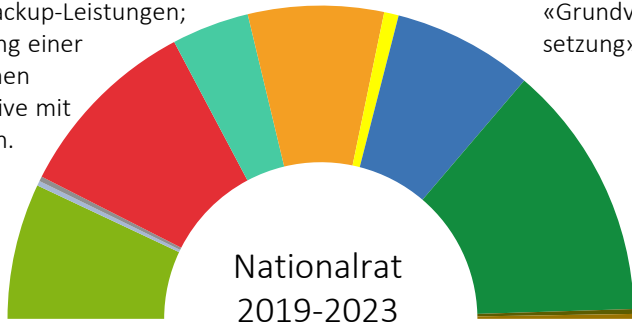
«Klima-Marshallplan» (Juli 2019) mit Förderung von P2X (Investitionshilfen, F&E Speichersysteme); Resolution «Langfristige Stromversorgungssicherheit» (Feb. 2022): Schweiz brauche «Speicherstrategie» und ausgeschriebene CO₂-neutrale Backup-Leistungen; Ankündigung einer gemeinsamen Volksinitiative mit den Grünen.



Keine explizite Position zum Wasserstoff; Postulat Candinas (Dez. 2020), siehe rechts; Festhalten an Energiestrategie 2050.



Resolution «Weniger Polemik, mehr Strom» (Feb. 2022) mit Förderung von P2X-Technologien und Technologie-neutralität als «Grundvoraussetzung».



Energiestrategie 2050 «reicht nicht»; Ankündigung einer gemeinsamen Volksinitiative mit der SP («Green New Deal») «für eine sozial gerechte Energie- und Klimapolitik», u. a. mit Förderung erneuerbarer und klimaneutraler Gase.



Strategiepapier «Cool Down 2040» (Aug. 2019): «Speicherung von Energie vorantreiben» durch Langzeitspeicher und F&E in P2X und Heat2X sowie anreizkompatibler Netztarife «in Abhängigkeit von der beanspruchten Netzebene».



Wasserstoff zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Ein Positionspapier (Nov. 2021) fordert die Schaffung einer Energie- und Speicherreserve «auch für Gas und Wasserstoff» sowie die Nutzung von Überschussstrom zur Produktion von Wasserstoff.



Motion 21.4606 von NR Rocco Cattaneo (FDP) Forderung eines Anreizsystems für Umwandlung von Solarstrom in synthetische Gase
Stellungnahme Bundesrat 16.02.2022: Förderanspruch abhängig von «netzdienlichem Verhalten» der Anbieter von Flexibilität, das bei P2X zwar möglich, aber nicht sichergestellt ist. Ablehnung der Motion beantragt.

Postulat 20.4709 von NR Martin Candinas (Die Mitte) Forderung nach einer Auslegeordnung und nach Handlungsoptionen für Wasserstoff in der Schweiz. Fokus auf grünen Wasserstoff, Berücksichtigung von Produktion und Verbrauchern sowie Speicherung (Winterstromlücke), Analyse des regulatorischen Rahmens und Nutzung von bestehenden und neuen Netzinfrastrukturen.
Antrag des Bundesrats 03.02.2021: Annahme.

Motion 20.4406 von NR Gabriela Suter (SP) Beauftragung des Bundesrats, eine «nationale Strategie für nachhaltigen, grünen Wasserstoff» zu erarbeiten, Prognosen für «2050 und danach», Verwendung, wenn Strom nicht möglich, Entwicklung von «Nachhaltigkeitsregeln» und Fokus auf Importstrategie.
Antrag des Bundesrats 17.02.2021: Annahme.

Im Parlament wird Wasserstoff vor allem im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit und der Energiespeicherung im Zuge der Energiewende diskutiert.

Aktivitäten der Verwaltung

Wasserstoff-Roadmap des BFE bis 2023

Ziel ist die Beantwortung von Fragen zu den Rahmenbedingungen für den Wasserstoffmarkt in einem breiteren Kontext. Dazu gehört einerseits die Analyse des Produktions- und Nutzungspotenzials insbesondere von grünem Wasserstoff sowie des Importbedarfs. Andererseits werden Konzepte für einen möglichen Förderrahmen und die Einbettung in den bestehenden Regulierungsrahmen erarbeitet. Ausserdem in Erarbeitung beim BFE ist ein Register mit HKN für flüssige und gasförmige erneuerbare Brenn- und Treibstoffe, welches künftig den Import von grünem Wasserstoff erleichtern soll.

Regulierungsdiskussion noch am Anfang

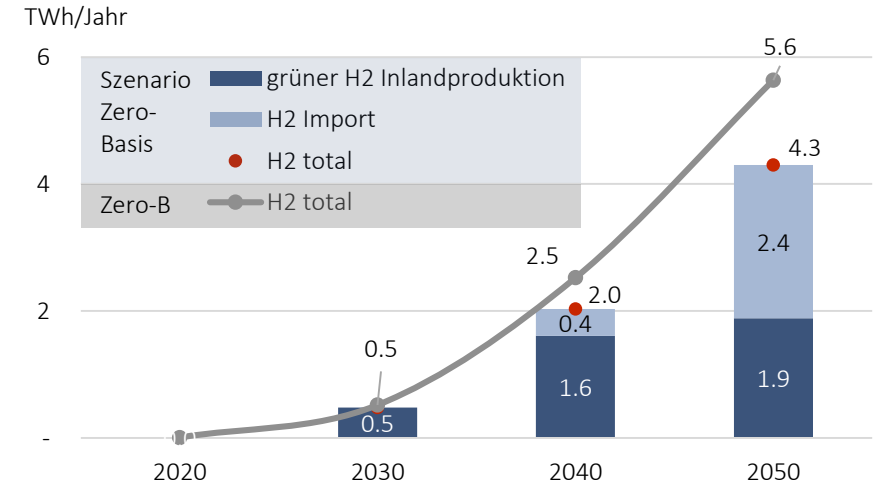
Das Thema Gasqualität und damit auch Wasserstoff wird an verschiedenen Stellen des Entwurfs des Gasversorgungsgesetzes (E-GasVG) aus dem Jahr 2019 thematisiert. Eine explizite Auseinandersetzung mit Wasserstoff ist jedoch nicht enthalten, die Diskussionen zu Wasserstoff im Bereich der Regulierungen des Energiesektors sind noch am Anfang.

Kantonale politische Vorstösse

Nicht nur auf Bundesebene hat das Warmlaufen begonnen – auch in zahlreichen Kantonen sind Motionen, Anfragen und Postulate zur Förderung und zum Ausbau der Wasserstoffnutzung eingereicht worden.

Der Grossteil der Vorstösse mit konkretem Projektbezug entfällt auf den Mobilitätsbereich (z. B. BS, BE, JU) und die Unterstützung von H₂-Produktionsanlagen (z. B. BS/BL, SZ). In zahlreichen Kantonen wurde ausserdem bereits die Erarbeitung von kantonalen Wasserstoffstrategien gefordert oder in die Wege geleitet (z. B. FR, GE, NE, VS, ZH).

Wasserstoff in den Energieperspektiven 2050+



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Szenarienergebnisse der Energieperspektiven 2050+ mit KKW Laufzeit von 50 Jahren

Die installierte Leistung der Elektrolyseure ist bis 2050 über alle Netto-Null-Szenarien (Basis, A, B und C) identisch und beträgt 2030 0.3 GW und 2050 1.5 GW. Die Inlandproduktion 2050 beträgt in jedem Szenario 1.9 TWh oder 57'006 t H₂. Die Abweichung zum jeweiligen Bedarf wird im- oder exportiert.

Im Szenario Zero-B ist die Elektrifizierung des Energiesystems am wenigsten ausgeprägt. Dafür spielen Biogas und synthetische Gase sowie Wasserstoff eine stärkere Rolle.

In den Energieperspektiven 2050+ wird ein Ausbau der Erzeugungskapazität für grünem Wasserstoff von heute 3 MW auf 300 MW bis 2030 erwartet. Danach soll der zusätzliche Bedarf verstärkt über Importe gedeckt werden.



Blick über die Grenze: Strategien der Nachbarländer

Deutschland

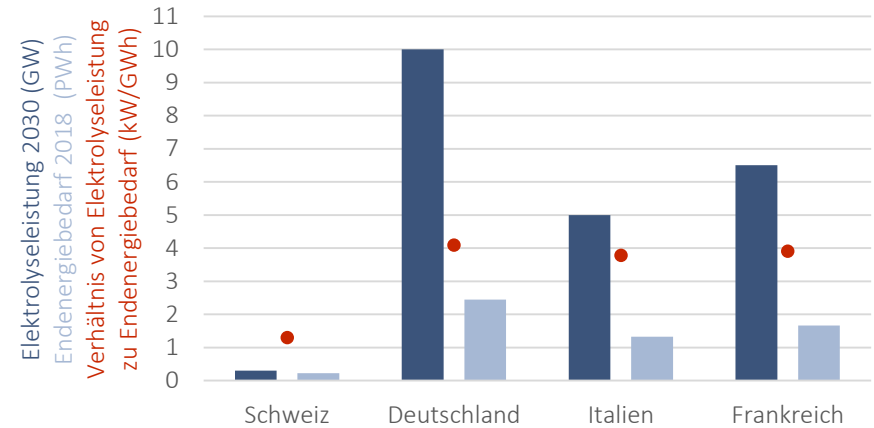
Deutschland plant eine Elektrolysekapazität von rund 10 GW im Jahr 2030 zu erreichen. Damit verbunden sind ein Ausbau der Offshore-Windenergie sowie europäische und internationale Energiepartnerschaften. Dazu soll eine Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut und ein Förderrahmen gestaltet werden.

Im Rahmen der Wasserstoffstrategie strebt Deutschland die Dekarbonisierung des Energiesektors an, der derzeit an erster Stelle der CO₂-Emissionen des Landes steht (30 %), vor der Industrie (24 %), dem Verkehr (20 %) und dem Wohnungsbau (16 %).

Frankreich

Die französische Wasserstoffstrategie sieht vor, bis 2030 Investitionen in Höhe von 7.2 Milliarden Euro zu tätigen und bis zu diesem Zeitpunkt eine Wasserstoffherstellungskapazität von 6.5 GW zu installieren. Neben erneuerbaren Energien ist geplant, den CO₂-neutralen Strom aus AKWs für die Elektrolyseanlagen zu nutzen.

Im Rahmen der Wasserstoffstrategie strebt Frankreich die Dekarbonisierung des Verkehrssektors an, der derzeit an erster Stelle der CO₂-Emissionen des Landes steht (30 %), vor der Landwirtschaft (20 %), dem Wohnungsbau (19 %) und der Industrie (18 %).



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Wasserstoffpläne des jeweiligen Landes und der EP2050+

	H ₂ -Roadmap oder vorl. Strategiepläne	Wasserstoffstrategie
Deutschland	✓	✓
Frankreich	✓	✓
Italien	✓	✗
Österreich	✓	✗
Schweiz	–	✗

Planungssicherheit ist erforderlich

Erst das Vorliegen einer verbindlichen Strategie und die darauf abgestimmten Rahmenbedingungen schaffen die nötige Investitions- und Planungssicherheit für die nachhaltige und effiziente Transition des Energiesystems.

In der Schweiz fehlt die Verbindlichkeit einer nationalen Wasserstoffstrategie. Die Rahmenbedingungen für einen Markthochlauf sind dringend zu klären.



H₂-Wertschöpfungsstufen: Ausgangslage und Projekte

Upstream

Grauer Wasserstoff: 90 % der H₂-Produktionskapazität ist grau (Rohöl, Erdgas, LPG) mit 19'000 t H₂/Jahr oder 633 GWh.

Grüner Wasserstoff: In Betrieb sind rund 3 MW Elektrolyseleistung, davon 2 MW beim Laufwasserkraftwerk Gösgen mit einer Produktion von 10 GWh/Jahr (300 t). Zusätzlich geplant sind rund 35 MW, meist bei Laufwasserkraftwerken und teils bei KVA. Grössere Projekte mit 10 und 15 MW sind in Freienbach und Brugg geplant. Ab Q2/2022 wird die erste industrielle P2X-Anlage in Dietikon synthetisches grünes Gas auf H₂-Basis ins Gasnetz einspeisen.

Midstream

Transport von grünem H₂ zu Tankstellen findet aktuell per Wechselcontainern statt (Hydrospider). Leitungsgebundener H₂-Transport zu Tankstellen ist in Planung (Freienbach, Brugg).

Mit den von der Gasbranche überarbeiteten Richtlinien des SVGW zur Gasbeschaffenheit (G18) liegen ab Juni 2022 Regeln für einen H₂-Anteil von lokal bis zu 10 % bzw. 20 % im bestehenden Gasnetz sowie den Betrieb reiner Wasserstoffnetze vor.

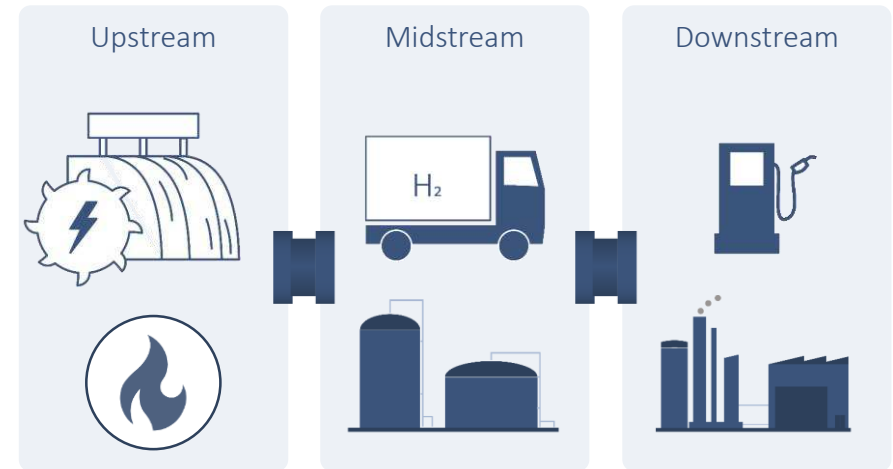
Der Verband der Schweizerischen Gasindustrie unterstützt mit seinem Forschungsfonds, dem FOGA, H₂-Projekte, welche insbesondere Verteilnetz, Sektorkopplung und P2X-Produktion betreffen. Beispielsweise wird in einem Leitfaden für H₂-Leitungen erarbeitet und untersucht, inwiefern Leitungen als Speicher dienen können (Birsfelden).

Downstream

Der Mobilitätssektor ist aktuell der Treiber der Nachfrage nach grünem Wasserstoff in der Schweiz. Bereits 50 LKW sind in Betrieb und benötigen 10 GWh (300 t) grünen H₂/Jahr, bis 2025 sollen es 1'600 LKW sein. Versorgt werden sie über eine wachsende Anzahl von öffentlichen Wasserstofftankstellen.

Industriell genutzter Wasserstoff ist heute vorwiegend grau mit Potenzial zum Ersatz durch grünen Wasserstoff.

Eine FOGA-Studie zur technischen Machbarkeit von H₂ im Gebäudebereich ist abgeschlossen.



Wasserstoffbedarf (Downstream)	GWh/Jahr	Anteil
Raffineriebetrieb	367	87 %
Uhrenindustrie	23	5 %
Chemische und pharmazeutische Industrie	20	5 %
Metallverarbeitung, versch. Anwendungen	3	1 %
Mobilität (Brennstoffzellen-LKW)	10	2 %
Total	423	100 %

Quelle: BFE, 2018. Swiss Hydrogen Production and Demand; Ergänzt mit Absatz von Hydrospider; Synt. Steinproduktion gelöscht da in Liquidation

Entwicklungen werden durch Projekte der Energieversorger und private Akteure getrieben.

Die Grundlagenarbeiten der Gasbranche hin zu grünem Wasserstoff laufen auf allen Wertschöpfungsstufen.



Upstream – Limeco: Erste industrielle P2-Gas-Anlage

Ziel

Speicherung von Energie aus Kehrriecht und Klärschlamm in Form von erneuerbarem Gas (u.a. H₂), das speicherbar ist und beispielsweise zur Fernwärmeerzeugung genutzt werden kann.

Wo und wann?

Die Limeco Power-to-Gas-Anlage in Dietikon bei Zürich ist installiert und wird im 2. Quartal 2022 in Betrieb genommen.

Investitionen

14 Mio. Franken für den Bau der Anlage.

Energiequellen

Kehrriechtverwertungsanlage (KVA): 94'000 t Abfall (2019).

Kläranlage Limmattal: 35'000 m³ Mischwasser pro Jahr, das aus 9 Gemeinden stammt.

Elektrolysekapazität

Zwei Elektrolyseeinheiten mit je 1.25 MW Leistung produzieren Wasserstoff. Mit insgesamt 2.5 MW Elektrolyseleistung ist es die bisher grösste Power-to-Gas-Anlage der Schweiz.

Perspektive

In Zukunft könnte mit den 100 grössten Abwasserreinigungsanlagen (ARA) der Schweiz der Energieverbrauch von über 250'000 Personen gedeckt werden.

Reduktionspotenzial

4'000 – 5'000 t CO₂-Reduktion sind dank der Anlage pro Jahr möglich. Das entspricht in etwa den wärmebedingte Emissionen von 2'000 Haushalten pro Jahr, von 5 Mio. gefahrenen Kilometern per LKW oder 20 Mio. gefahrenen Kilometern per PKW.

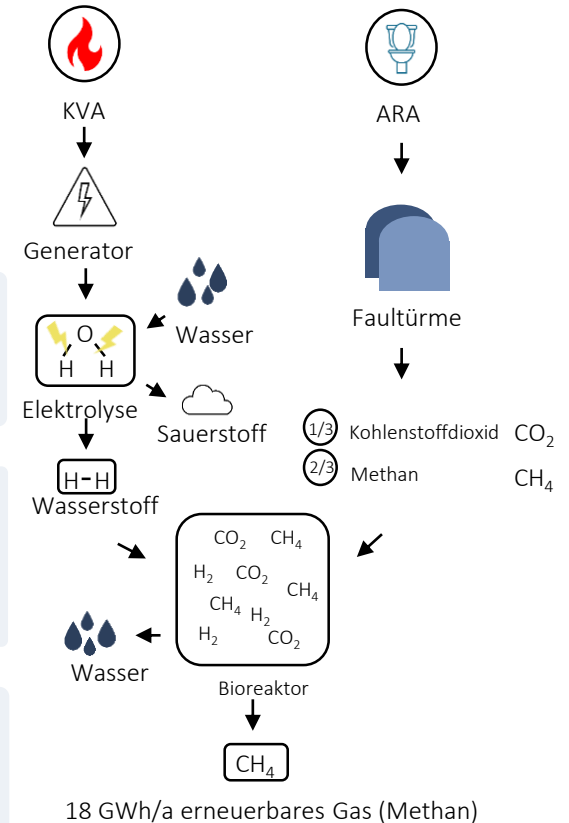
Funktionsweise

Erneuerbarer Strom aus der KVA wird genutzt, um Wasser (H₂O) in Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) zu spalten (Elektrolyse).

Wasserstoff wird mit Klärgas aus der ARA in einem Bioreaktor zusammengeführt.

Mikroorganismen produzieren aus dem Wasserstoff und dem im Klärgas enthaltenen CO₂ Methan (CH₄).

Anschliessend wird es gereinigt, damit es die Vorgaben der Einspeisung erfüllt.



Upstream: Wasserstoff wird bereits heute zur Einspeisung von erneuerbarem Gas in das Gasnetz genutzt.



Midstream – European Hydrogen Backbone

Green-Deal-Ziele

Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Europäischen Union bis 2050 auf Netto-Null und somit Vorreiterrolle als klimaneutraler Kontinent

Mittel zum Ziel

In Zukunft soll ein europäisches H₂-Netz Europa mit grünem H₂ versorgen.

Netz

2040 wird das Netz voraussichtlich eine Länge von 23'000 km besitzen und voraussichtlich zu etwa 75 % aus nachgerüsteter bestehender Infrastruktur und zu 25 % aus neuen Wasserstoffpipelines bestehen.

Geplant ist, dass die Schweiz zwischen 2035 und 2040 ihren Teil in Betrieb nehmen wird.

Stakeholder

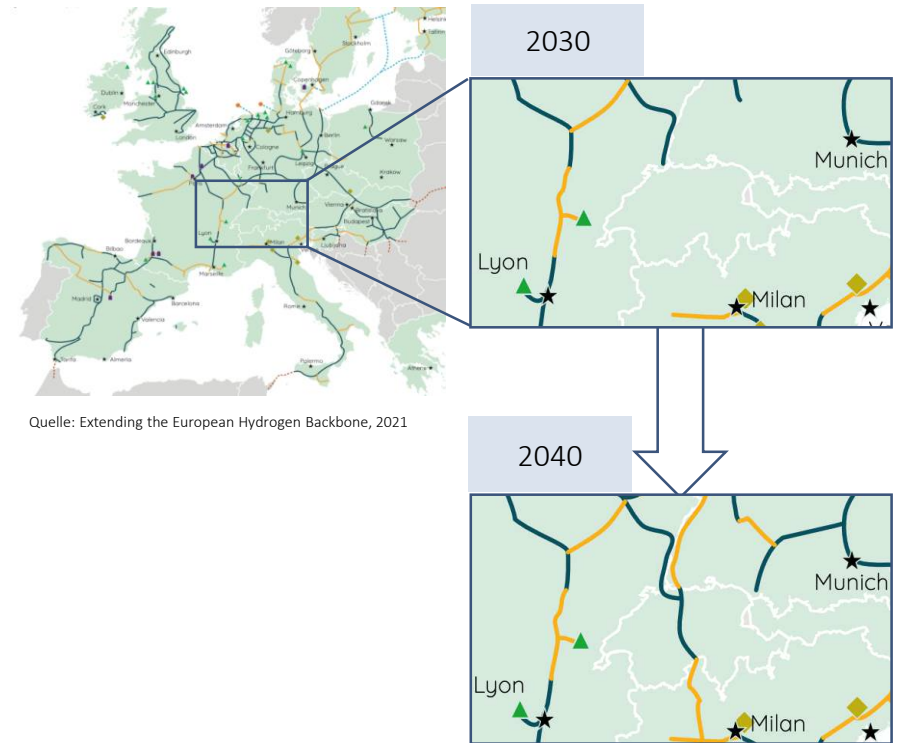
Creos, DESFA, Elering, Enagás, Energinet, Eustream, FGSZ, Fluxys Belgium, Gasgrid Finland, Gasunie, GAZ-SYSTEM, GCA, GNI, GRTgaz, National Grid, NET4GAS, Nordion Energi, OGE, ONTRAS, Plinovodi, Snam, TAG, Teréga

Vorteile

Die Schweiz ist ein wichtiges Transitland, um Mitteleuropa mit Italien und Afrika zu verbinden. Dadurch wird die Schweiz 2040 an das gesamte Wasserstoffnetz Europas angeschlossen.

Die Schweiz kann so Wasserstoff kostengünstig importieren und exportieren.

Einbindung der Schweizer Transitgas bis 2040



Midstream: Die Schweiz übernimmt durch die Nord-Süd-Verbindung eine wichtige Rolle für den H₂-Transit in Europa und profitiert gleichzeitig von der Anbindung an den europäischen H₂-Backbone. Damit hängen Gas-Transportfragen in der Schweiz auch von Entscheidungen in Europa ab.

Downstream – CO₂-Reduktionspotenzial im Mobilitätssektor

Aktueller Status des Schweizer Straßenverkehrssektors

1/3 der verursachten CO₂-Emissionen stammt aus dem Straßenverkehr: 14.8 Mio. t pro Jahr. Diese Emissionen sind von 1990 bis 2019 um 1 % gestiegen. Im gleichen Zeitraum sind die Emissionen in den Sektoren Gebäude und Industrie um 34 % beziehungsweise 11 % gesunken.

Um 1 t CO₂ mit Wasserstoff im Verkehrssektor einzusparen, werden 3'500 kWh grüner Strom benötigt.

Coop

Coop hat in Zusammenarbeit mit der H₂ Energy AG das europaweit erste H₂-LKW-Projekt ins Leben gerufen. Dabei liefert die Hyundai Motor Company die mit Wasserstoff betriebenen LKW.

Die LKW werden zum Warentransport (Supermarktbelieferung) in der Schweiz eingesetzt.



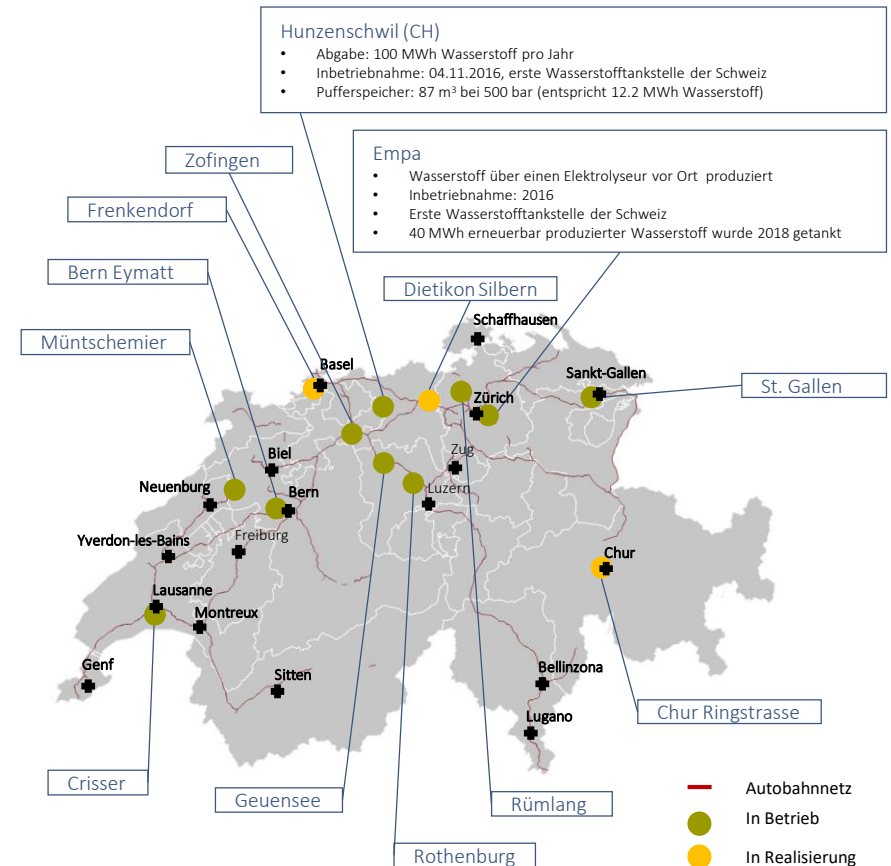
Quelle: <https://www.foodaktuell.ch/2020/10/07/coop-fuehrt-wasserstoff-lastwagen-ein/>

LKW

Speziell für den Güterverkehr auf der Strasse bietet Wasserstoff in der Schweiz ein hohes CO₂-Reduktionspotenzial.

In der Schweiz waren 2020 41'700 LKW zugelassen. Zurzeit sind rund 50 wasserstoffbetriebene LKW mit einer Reichweite von je 400 km in der Schweiz in Betrieb. Bis 2025 sollen es 1'600 LKW sein. Dann würden bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 80'000 km/Jahr je LKW 222 MWh H₂ benötigt. Ein mit grünem Wasserstoff betriebener LKW spart 76 t CO₂/Jahr.

Aktuell sind 10 Wasserstofftankstellen in Betrieb (inkl. EMPA) und 3 in Realisierung. Bis Ende 2022 sollen es 20 sein. Sie werden meist mit Wechselcontainern per LKW beliefert.



Downstream: Entwicklungstreiber für die Nutzung von grünem Wasserstoff ist in der Schweiz aktuell vor allem der Mobilitätssektor. Erste Projekte zur H₂-Nutzung zeigen das CO₂-Einsparpotenzial in diesem Sektor.

Glossar

Elektrolyse

Die Elektrolyse ist ein chemischer Prozess, bei dem durch elektrischen Strom (Elektronenfluss) die Aufspaltung einer chemischen Verbindung – zum Beispiel von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff – stattfindet. Der Strom wird über zwei Elektroden (Anode und Kathode) in eine leitfähige Flüssigkeit (Elektrolyt) geführt. Die Reaktionsprodukte entstehen abhängig von den im Elektrolyten enthaltenen Stoffen an den Elektroden.

Brennstoffzelle

Brennstoffzellen sind Energiewandler. Die chemische Energie eines Brennstoffes – z.B. Wasserstoff – wird in Elektrizität umgewandelt. Dieser Prozess läuft genau umgekehrt zur Elektrolyse. Aber auch die Brennstoffzelle besteht aus zwei gasdurchlässigen Elektroden sowie einer die Gase trennenden Elektrolytschicht.

Dampfreformierung

Die Dampfreformierung ist ein industrielles Verfahren zur Produktion von Wasserstoff, bei dem ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff – meist Erdgas – mit Wasserdampf reagiert. Aktuell entstehen noch rund 96 % des weltweit hergestellten Wasserstoffs auf diese Weise.

Power-to-X

Bei Power-to-X (P2X) wird Strom genutzt, um Energie in eine für bestimmte Anwendungen nützlichere Form umzuwandeln – zum Beispiel um Gase (Power-to-Gas), Wärme (Power-to-Heat) oder flüssige Energieträger (Power-to-Liquid) herzustellen.

Grauer H₂

Aus fossilen Brennstoffen (vornehmlich Erdgas) gewonnener Wasserstoff. In der Regel wird bei der Herstellung Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und CO₂ umgewandelt (Dampfreformierung).

Blauer H₂

Blauer Wasserstoff ist grauer Wasserstoff, bei dessen Erzeugung ein Grossteil des anfallenden CO₂ abgeschieden und gespeichert wird (engl. Carbon Capture and Storage, CCS).

Türkiser H₂

Türkiser Wasserstoff ist Wasserstoff, der über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt wurde. Anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff. Voraussetzungen für die CO₂-Neutralität des Verfahrens sind die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus Erneuerbaren Energiequellen sowie die dauerhafte Bindung des Kohlenstoffs.

Grüner H₂

Grüner Wasserstoff wird durch Wasser-Elektrolyse mittels erneuerbarem Strom hergestellt. Unabhängig von der gewählten Elektrolysetechnologie erfolgt die Produktion von Wasserstoff CO₂-arm, da der eingesetzte Strom zu 100 % aus Erneuerbaren Quellen stammt. Das Verfahren wird auch als Power-to-Gas bezeichnet und ist eine der P2X-Technologien.

Heizwert

Der Heizwert H_i (inferior; früher unterer Heizwert H_u) ist die bei einer Verbrennung maximal nutzbare thermische Energie, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt, bezogen auf die Menge des eingesetzten Brennstoffs. Der Heizwert von Wasserstoff liegt bei etwa 33.3 kWh/kg bzw. 120 MJ/kg.

Brennwert

Der Brennwert H_s bezeichnet die Wärmeenergie, die durch Verbrennung und Kondensation des Wasserdampfs von einem Kilogramm Brennstoff entsteht. Es handelt sich dabei um die chemisch im flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoff enthaltene Energie. Der Brennwert von Wasserstoff liegt bei etwa 39.4 kWh/kg bzw. 142 MJ/kg.

Impressum

Polynomics AG
Baslerstrasse 44
CH-4600 Olten
www.polynomics.ch
Tel. +41 62 205 15 70



Dr. Heike Worm
heike.worm@polynomics.ch



Dr. Janick Mollet
janick.mollet@polynomics.ch



Dr. Florian Kuhlmeiy
florian.kuhlmeiy@polynomics.ch

E-Bridge Consulting GmbH
Baumschulallee 15
D-53115 Bonn
www.e-bridge.de
Tel. +49 228 90 90 65 0



Dr. Philipp Heuser
pheuser@e-bridge.com



Vito Tisci
vtisci@e-bridge.com



Herausgeber
Verband der Schweizerischen Gasindustrie
Daniela Decurtins
Grütlistrasse 44
8002 Zürich
<https://gazenergie.ch/de/>
Tel. +41 44 288 31 31