

## H<sub>2</sub>-BAROMETER

Unabhängige Bewertung der  
Wasserstoffwirtschaft in der Schweiz

Ausgabe 2  
Oktober 2022

*«Grüner H<sub>2</sub> kann als flexibler Energieträger erneuerbare Energien in allen Sektoren nutzbar machen und so die Sektorenkopplung als zentrales Element einer dekarbonisierten Energiewirtschaft ermöglichen.»*

BFE, Thesen zur künftigen Bedeutung von Wasserstoff in der Schweizer Energieversorgung, 27.09.2022

*«Die EU will zwar einen gemeinsamen europäischen Wasserstoffmarkt schaffen und gibt ihm als 'Important Project of Common European Interest' (IPCEI) auch höchste Priorität. Die Realisierung kommt aber nur schleppend voran.»*

Handelsblatt, 22.06.2022

## Vorwort



Mit der angespannten Lage in den Energiemärkten zeigt sich, wie verletzlich eine Energieversorgung ist, wenn sie zu einseitig ausgerichtet ist. Der Umbau des heutigen Energiesystems Richtung Netto-Null gelingt nur, wenn er auf einem breiten Mix von Energieträgern und Infrastrukturen basiert. Neben Elektronen werden wir auch Moleküle benötigen, wie Biomethan und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Die EU geht voran und hat mit dem Programm REPowerEU die Ambitionen im Bereich der H<sub>2</sub>-Verwendung nochmals gegenüber den Zielen aus «fit for 55» erhöht. In der Schweiz hat das Bundesamt für Energie Ende September 2022 nun erstmals Thesen zur zukünftigen Bedeutung von H<sub>2</sub> in der Schweizer Energieversorgung vorgelegt.

Ob die Arbeiten des Bundes das Investitionsklima in der Schweiz schon bald beeinflussen werden? Die zweite Ausgabe unseres H<sub>2</sub>-Barometers vermittelt Ihnen neben den Einschätzungen der Autoren zu einzelnen Themen auch ein direktes Stimmungsbild der Akteure im Schweizer Markt. Wir planen diese Umfrage in regelmässigen Abständen zu wiederholen.

Die Analysen wurden erneut in einer Kooperation von Polynomics und E-Bridge Consulting vorgenommen. Wir bedanken uns für die vielen Reaktionen auf unseren «Erstling». Die dritte Ausgabe planen wir im Frühjahr 2023 zu veröffentlichen.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldungen und den weiteren Austausch.

Mit besten Grüssen

Daniela Decurtins

Herausgeber

Verband der Schweizerischen Gasindustrie

Daniela Decudrtins

Grütlistrasse 44 | 8002 Zürich

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

Tel. +41 44 288 31 31



# Thesen und Gesamtstimmung

## Neun Kernaussagen aus dem H<sub>2</sub>-Barometer

1. Die Nutzung von grünem H<sub>2</sub> soll in der EU bis 2030 auf 20 Mio. t hochgefahren werden. Die Hälfte davon soll importiert werden. Um die ambitionierten Ziele zu erreichen, sind grosse Anstrengungen und pragmatische Rahmenbedingungen erforderlich.
2. Der H<sub>2</sub>-Vollkostenindex Hydex ist 2022 deutlich volatil als 2021. Grüner H<sub>2</sub> ist durch die stark gestiegenen Strompreise gegenüber grauem H<sub>2</sub> derzeit nicht konkurrenzfähig.
3. Der Preis von lokal erzeugtem grünem H<sub>2</sub> ist derzeit so hoch, dass er aktuell gegenüber Diesel und Strom keine wettbewerbsfähige Option an schweizerischen Tankstellen ist.
4. In der längeren Frist ist im globalen H<sub>2</sub>-Markt eine regionalisierte Versorgungsstruktur mit nicht zu langen Transportwegen wahrscheinlich.
5. Künftig wird importierter H<sub>2</sub> günstiger sein als inländisch produzierter H<sub>2</sub>. Der Kostenvorteil ergibt sich vor allem aus den deutlich höheren Volllaststunden der Stromerzeugung in klimatisch begünstigten Regionen.
6. Umfrage – Stimmungsbild: Rund 60 % der Befragten – überwiegend Energieversorger – schätzen das Investitionsklima in der Schweizer H<sub>2</sub>-Wirtschaft negativ ein. Die staatlichen Rahmenbedingungen werden durchwegs als noch ungünstiger wahrgenommen.
7. Umfrage – Upstream: Künftig wird Upstream mit steigenden H<sub>2</sub>-Volumina gerechnet, sowohl bei der inländischen Produktion als auch etwas verhaltener bei den Importen. Im Vordergrund steht dabei klar grüner H<sub>2</sub>.
8. Umfrage – Midstream: Mittelfristig sehen die Befragten eine grössere Rolle für den containerbasierten Transport. Langfristig wird jedoch eher beim netzbasierten Transport und der Speicherung mit einem mindestens starken Ausbau gerechnet.
9. Umfrage – Downstream: Mittel- und langfristig rechnet eine deutliche Mehrheit der Befragten mit einem (sehr) starken Anstieg von H<sub>2</sub> Anwendungen im Schwerverkehr. Langfristig wird eine grössere Rolle von H<sub>2</sub> bei der industriellen Produktion sowie der Stromproduktion erwartet.

## Einschätzung der Stimmung in der H<sub>2</sub>-Wirtschaft



In der EU bestehen grosse Ausbauambitionen für H<sub>2</sub> bereits bis 2030, wobei unklar ist, ob die Rahmenbedingungen geeignet sind, um diese zu erreichen. Die H<sub>2</sub>-Wirtschaft in der Schweiz schätzt die aktuellen Investitions- und Rahmenbedingungen als schlecht ein, sieht aber mittel- und insbesondere langfristig eine wichtige Rolle für grünes H<sub>2</sub>. Vor allem im Upstreambereich ist die Stimmung aktuell auch aufgrund der Situation am Strommarkt eher negativ.

# Wasserstoffwelt im Wandel

## REPowerEU-Plan vom 18. Mai 2022

Die EU-Kommission verfolgt mit ihrem Plan zwei Ziele: Den Umbau des europäischen Energiesystems zur Beendigung der Importabhängigkeit von Russland und besseren Klimaschutz. H<sub>2</sub> und Biomethan gelten als 4. Säule und Schlüssel für nachhaltige Versorgungssicherheit neben Energieeffizienz, Erneuerbaren-Ausbau und diversifizierten gemeinsamen Erdgasbezügen.

Bis 2030 wird die EU-weite Nutzung von jährlich 20.1 Mio. t grünem H<sub>2</sub> (666 TWh) angepeilt. Jeweils die Hälfte aus eigener Produktion und Import. Dies ist ein massiver Ausbau im Vergleich zum «Fit for 55»-Programm von 2021 mit geplanten 6.7 Mio. t. Neben grünem H<sub>2</sub> ist auch die Nutzung anderer Erzeugungsformen vorgesehen, einschliesslich H<sub>2</sub> aus Atomstrom. Dafür nötige Arbeiten zu technischen H<sub>2</sub>-Standards für alle Wertschöpfungsstufen sollen beschleunigt werden.

Insgesamt sind Investitionen von rund 300 Mrd. EUR vorgesehen, davon 28 bis 38 Mrd. für H<sub>2</sub>-Leitungen innerhalb der EU und 6-11 Mrd. für H<sub>2</sub>-Speicher. Nach «H<sub>2</sub>-Tech» hat die EU-Kommission im September unter «Hy2Use» über 5 Mrd. EUR an H<sub>2</sub>-Beihilfen genehmigt und ausserdem eine europäische Wasserstoffbank angekündigt. Diese soll für bis zu 3 Mrd. EUR H<sub>2</sub> kaufen können, um dazu beizutragen, dass H<sub>2</sub> «vom Nischen- zum Massenprodukt» wird.

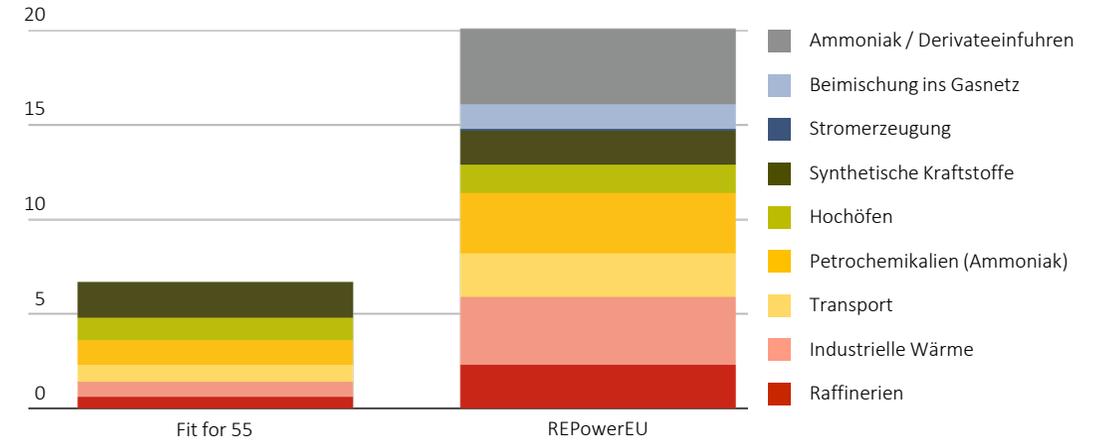
Die Umsetzung der ambitionierten REPowerEU-Pläne ist keineswegs sicher und bedarf einer raschen Entwicklung der notwendigen Infrastrukturen sowie weiterer Anstrengungen auf Seiten Produktionskapazitäten und Nachfrage. Dazu ist auch ein – bisher nicht vorhandener – pragmatischer Regulierungsrahmen erforderlich.

### Stand in der Schweiz

Die Schweiz ist inmitten des geplanten europäischen H<sub>2</sub>-Leitungsnetzes gelegen. Sie ist im privaten Europäischen Komitee für Normung (CEN) eingebunden, welches für technische Standards zuständig ist. Ebenfalls wird das in Aufbau befindliche System der Herkunftsnachweise mit der EU abgestimmt.

Mit den «Thesen zur künftigen Bedeutung von H<sub>2</sub> in der Schweizer Energieversorgung» hat das BFE am 27. September 2022 erste Grundlagen für die weiteren Entwicklungen geliefert. Im Vordergrund steht grüner H<sub>2</sub> aus Importen.

## Anvisierter H<sub>2</sub>-Verbrauch nach Branche im Jahr 2030 (Mio. t H<sub>2</sub>)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Figure 4 des Staff Working Document «SWD(2022) 230 final» der EU-Kommission.

### «European Renewable Gas Registry» (ERGaR) nimmt Fahrt auf

Mit dem «CoO Scheme» hat der ERGaR ein internationales Handelssystem für Herkunftsnachweise (HKN) erneuerbarer Gase aufgesetzt, das auch H<sub>2</sub> umfasst. 2021 wurden erstmals kleinere Mengen darüber gehandelt. Im ersten Halbjahr 2022 umfassten die Transfers 582 GWh. Der VSG ist als Schweizerische Clearingstelle bereit und auch in anderen europäischen Ländern sind HKN-Register für flüssige und gasförmige Treibstoffe bereits eingerichtet oder im Aufbau.

Weitere Harmonisierungen und die Schaffung verbindlicher Rahmenbedingungen wurden angekündigt, müssen aber in den nächsten Jahren noch konkretisiert werden. In der EU besteht mit der Richtlinie 2018/2001 (RED II) dazu eine rechtliche Grundlage.

Die Nutzung von grünem H<sub>2</sub> soll in der EU bis 2030 auf 20 Mio. t hochgefahren werden. Die Hälfte davon soll importiert werden. Um die ambitionierten Ziele zu erreichen, sind grosse Anstrengungen und pragmatische Rahmenbedingungen erforderlich.

# Der Hydex Schweiz und die Abhängigkeit von den Strompreisen

Der Hydex ist ein kostenbasierter Spotpreisindex für die wichtigsten H<sub>2</sub>-Technologien. Er gibt die Vollkosten (fixe und variable Kosten) der H<sub>2</sub>-Produktion ohne Transport- und Vertriebskosten an und ist damit ein Indikator für die Wirtschaftlichkeit von Investitionen in H<sub>2</sub>.

Die wichtigsten variablen Eingangsparameter sind die kurzfristigen (tagesaktuellen) Strompreise für den grünen Hydex und Gasmarktpreise sowie der zukünftige Marktpreis für CO<sub>2</sub>-Emissionen (EUA) für den grauen Hydex.

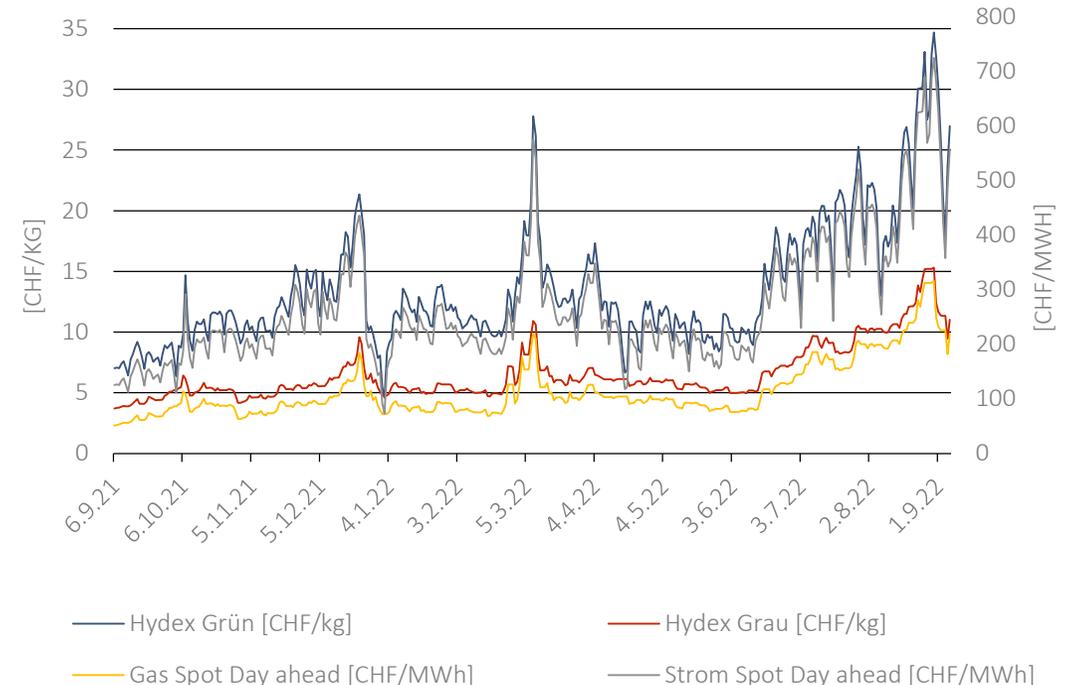
Im Rahmen der Vollkosten sind auch die CAPEX der Elektrolyse mit 1'200 CHF je kW<sub>el</sub> berücksichtigt. Die Gesamtinvestitionen sind mit 8% auf 20 Jahre abgezinst. Anhand eines angenommenen Wirkungsgrades von 60 % bezogen auf den unteren Heizwert des H<sub>2</sub> können die CAPEX dann spezifisch auf die H<sub>2</sub>-Mengen bezogen werden.

Grundsätzlich sorgt neben niedrigen Strompreisen eine hohe Anzahl an Volllaststunden für Anreize, grünes H<sub>2</sub> zu produzieren. Aufgrund der sehr niedrigen Grenzkosten erneuerbarer Energien (EE) bedeutet hohe EE-Verfügbarkeit i.d.R. niedrige Stromkosten. Aufgrund der aktuell angespannten geopolitischen Lage sowie dem Ausfall von Kraftwerken sind die Strom-, Gas- und CO<sub>2</sub>-Preise im Jahr 2022 stark gestiegen. Dadurch liegt auch der Hydex für alle Technologien und insbesondere der «Hydex Grün» auf einem erheblich höheren Niveau und ist sehr volatil.

Durchschnittswerte im Vergleich [in CHF/kg]	2. Halbjahr 2021	1. Halbjahr 2022	100-Tage- Durchschnitt
Hydex Grün	11.22	14.72	18.82
Hydex Grau	5.31	7.15	9.05

Die Volatilität der Erzeugungskosten von grünem H<sub>2</sub> kann über eine strukturierte Strombeschaffung oder «Power purchasing agreements» (PPAs) gesenkt werden. Ein solches Hedging wäre in Anbetracht der aktuellen Spotpreisentwicklung retrospektiv sehr vorteilhaft gewesen.

## Hydex Schweiz



Datenquellen:  
EPEX Spot CH; EEX-THE-Day-Ahead; EEX European Carbon Futures

Der H<sub>2</sub>-Vollkostenindex Hydex ist 2022 deutlich volatil als 2021. Grüner H<sub>2</sub> ist durch die stark gestiegenen Strompreise gegenüber grauem H<sub>2</sub> derzeit nicht konkurrenzfähig.

# H<sub>2</sub> an der Tankstelle

Auf Basis des Hydex (s. Folie 5) kann ein synthetischer Index der H<sub>2</sub>-Bereitstellungskosten an der Tankstelle berechnet werden. Die H<sub>2</sub>-Bereitstellungskosten umfassen neben den Vollkosten der H<sub>2</sub>-Produktion (Hydex 1/2022) die Infrastrukturkosten sowie die Kosten für den Tankstellenbetrieb. Die Infrastrukturkosten bestehen aus Transmissions- und Distributionskosten via Lkw sowie der LH<sub>2</sub>-Tankspeicherung.

Einfache Aussagen zur Wettbewerbsfähigkeit von H<sub>2</sub> gegenüber anderen Treibstoffen lassen sich durch einen Vergleich der Kosten pro 100 km ableiten. Dabei werden die effektiven Tankstellenpreise von Diesel und Elektrizität den berechneten H<sub>2</sub>-Bereitstellungskosten gegenüber gestellt. Die Abgaben auf Diesel und Elektrizität sind separat ausgewiesen. Im Vergleich rechts ist die Mehrwertsteuer nicht enthalten.

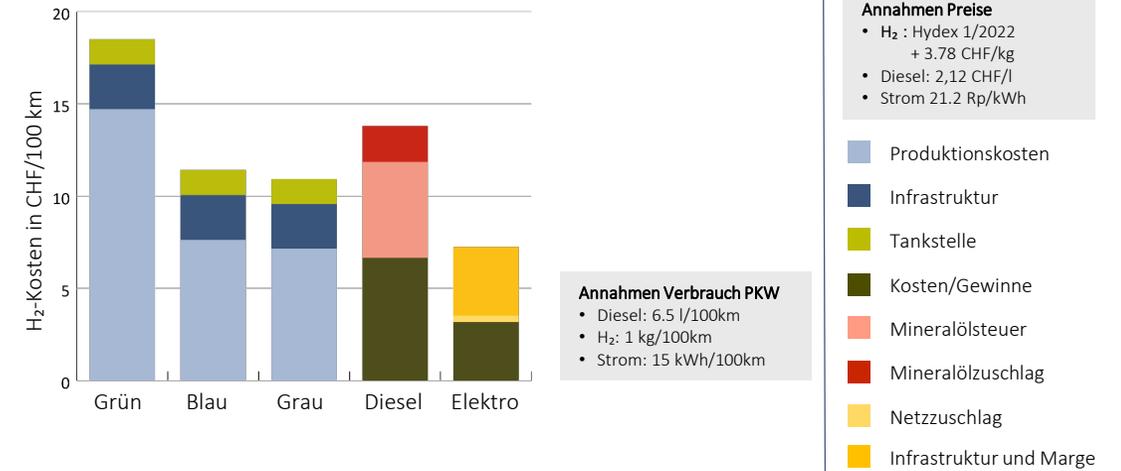
Sowohl für PKWs als auch für den Schwerlastverkehr liegen aktuell nur die Bereitstellungskosten für blauen und grauen H<sub>2</sub> unter denen des Referenzwerts für Diesel. Die Wettbewerbsfähigkeit von grünem H<sub>2</sub> für PKWs wäre aktuell bei einem Dieselpreis von 2.85 CHF/l oder einem Strompreis von 1.23 CHF/kWh gegeben.

Im Schwerlastverkehr wäre die Wettbewerbsfähigkeit ab einem Dieselpreis von 3.29 CHF/l gegeben, wenn beim Vergleich die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) nicht einbezogen wird. Die Befreiung von H<sub>2</sub>-LKWs von der LSVA steigert die Wettbewerbsfähigkeit dieser gegenüber dieselbetriebenen LKWs.

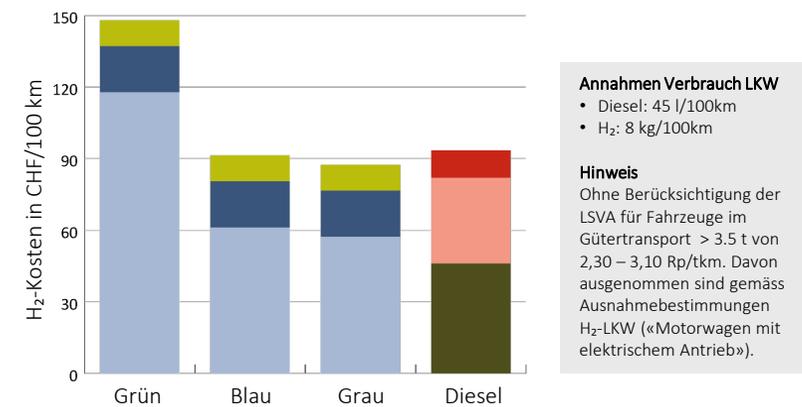
Zu beachten ist, dass für genauere Aussagen zur Wettbewerbsfähigkeit aus Kundensicht weitere Kosten wie Anschaffungs- und Unterhaltskosten der Fahrzeuge sowie Komfortaspekte zu berücksichtigen sind.

Der Preis von lokal erzeugtem grünem H<sub>2</sub> ist derzeit so hoch, dass er aktuell gegenüber Diesel und Strom keine wettbewerbsfähige Option an schweizerischen Tankstellen ist.

PKW an der Tankstelle:  
H<sub>2</sub>-Bereitstellungs- im Vergleich zu Diesel- und Stromkosten

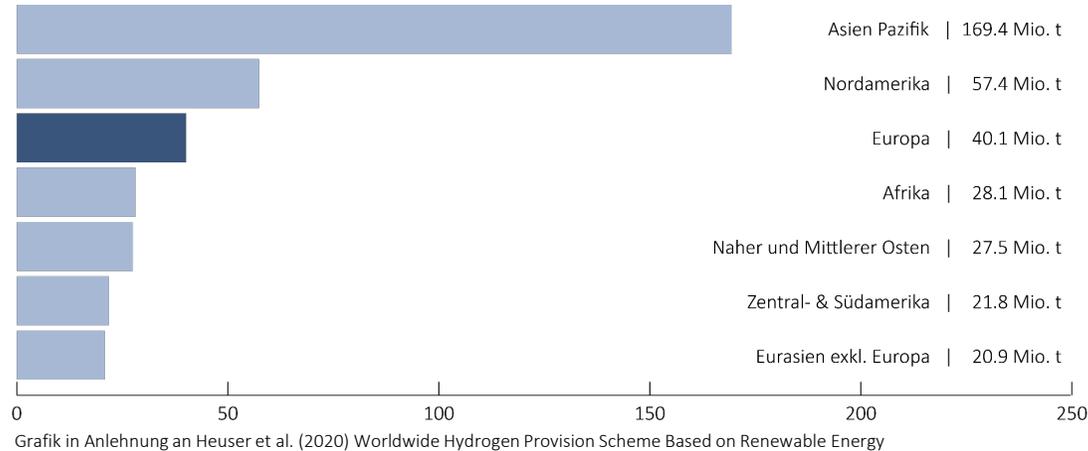


Schwerlastverkehr an der Tankstelle:  
H<sub>2</sub>-Bereitstellungs- im Vergleich zu Dieselpreisen



# Struktur des weltweiten H<sub>2</sub>-Bedarfs und der Importe im Jahr 2050

Prognostizierter globaler H<sub>2</sub>-Bedarf: 365.2 Mio. t

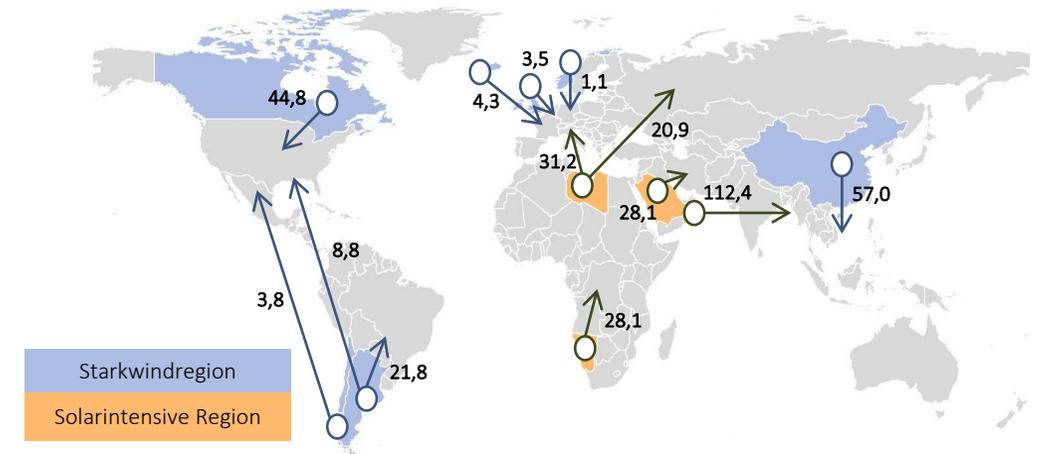


Der voraussichtliche langfristige weltweite Importbedarf an H<sub>2</sub> beläuft sich 2050 auf mehr als 365 Mio. t H<sub>2</sub> pro Jahr. Europa benötigt mit 40 Mio. t H<sub>2</sub> pro Jahr ca. 1/9 des weltweiten Bedarfs, der asiatisch-pazifischen Raum benötigt rund viermal soviel.

H<sub>2</sub> aus Ländern mit hohem Wind- oder hohem Solarangebot kann aufgrund der hohen Volllaststunden der Stromerzeugung zu sehr geringen Kosten produziert werden.

Das weltweite H<sub>2</sub>-Angebotspotenzial übersteigt den prognostizierten Bedarf um den Faktor 4. Der Transport des H<sub>2</sub> über weite Strecken ist jedoch mit hohen Kosten verbunden. Während bei der Optimierung der Importinfrastruktur auch H<sub>2</sub>-Derivate berücksichtigt werden, wird bei der Endanwendung von H<sub>2</sub> ausgegangen.

## Langfristige kostenoptimale H<sub>2</sub>-Flüsse zur Deckung der erwarteten Nachfrage



Quelle: Heuser et al. (2020) Worldwide Hydrogen Provision Scheme Based on Renewable Energy

Aufgrund der substantiellen Kostenanteile für den H<sub>2</sub>-Transport ist im globalen und eingeschwungenen H<sub>2</sub>-Markt in der langen Frist mit einer regionalisierten Versorgungsstruktur zu rechnen.

Die aktuellen Absichtserklärungen europäischer Staaten der Zusammenarbeit in Sachen H<sub>2</sub> mit z. T. weit entfernten Ländern zeigen, dass in der mittleren Frist durchaus andere Importmuster möglich sein können. Die Ausprägung der Importströme hängt letztlich nicht nur von der Entwicklung der Umwandlungs- und Transportkosten sondern auch von geopolitischen Überlegungen und Abhängigkeiten ab.

In der längeren Frist ist im globalen H<sub>2</sub>-Markt eine regionalisierte Versorgungsstruktur mit nicht zu langen Transportwegen wahrscheinlich.

# Künftige Importpotenziale für grünen H<sub>2</sub>

Der geschätzte europäische Gesamtimportbedarf von rund 40 Millionen Tonnen im Jahr 2050 wird voraussichtlich zu etwa 75 % aus Nordafrika gedeckt. Die restliche Menge stammt aus der Eigenversorgung vor allem aus nordeuropäischen Ländern.

Aufgrund einer angenommenen Senkung der Investitionskosten für die Elektrolyse (2050: 500 CHF/kW<sub>el</sub>) belaufen sich die durchschnittlichen Importkosten für Europa auf etwa 3.80 CHF/kg im Jahr 2050. Diese Kosten beinhalten keine inländischen Transport- und Finanzierungskosten oder Margen und sind eine Projektion bis 2050.

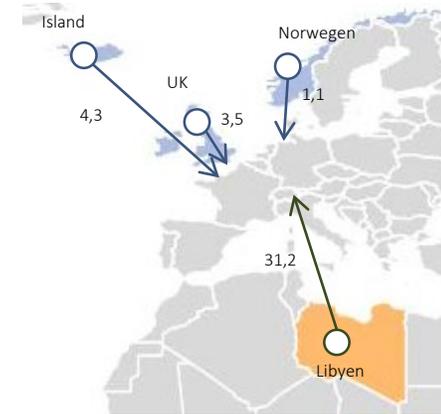
Geht man von den heutigen Elektrolyse-Investitionskosten (1'200 CHF/kW<sub>el</sub>) aus, lägen die Vollkosten um 1.40 CHF/kg höher, d. h. bei 5.20 CHF/kg. Hohe Volllaststunden der Stromerzeugung in klimatisch günstigen Regionen bewirken über zwei Kanäle tiefe H<sub>2</sub>-Erzeugungskosten: Einerseits über niedrige Strompreise und andererseits über eine hohe Anzahl Volllaststunden bei der Elektrolyse.

Unter Berücksichtigung der heutigen Investitionskostenprognose für das Jahr 2050 für die periphere Infrastruktur wie Umwandlung, Lagerung und Transport, bleiben die Vollkosten des H<sub>2</sub>-Imports unter den aktuellen Kosten einer schweizerischen Produktion (11.22 und 14.72 CHF/kg, s. Folie 5).

Damit europäischer mit importiertem grünem H<sub>2</sub> kostenmässig konkurrenzfähig sein kann, müsste der Strompreis auch im Vergleich zum 2. Halbjahr 2021 deutlich sinken. Die Kosten für den Transport und die Lagerung in Europa wären zusätzlich zu berücksichtigen. Klimatisch günstigere Regionen hätten jedoch weiterhin den Vorteil höherer Volllaststunden.

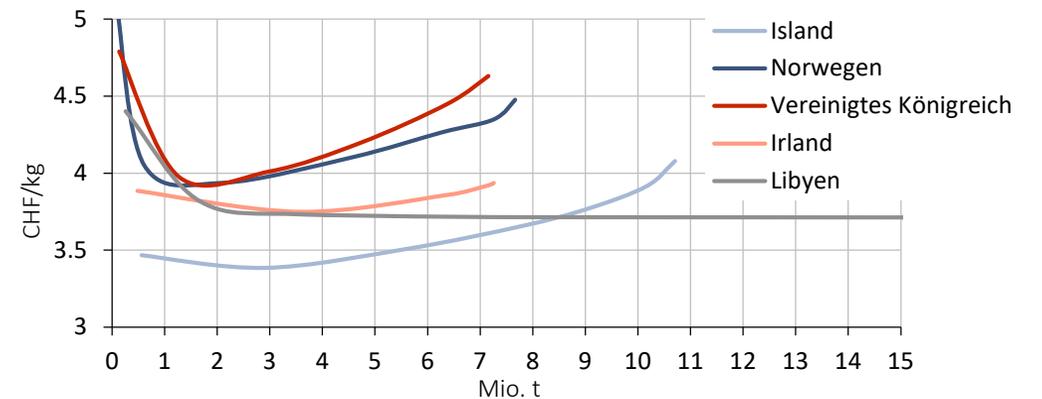
! Künftig wird importierter H<sub>2</sub> günstiger sein als inländisch produzierter H<sub>2</sub>. Der Kostenvorteil ergibt sich vor allem aus den deutlich höheren Volllaststunden der Stromerzeugung in klimatisch begünstigten Regionen.

Importrouten für Europa (H<sub>2</sub>-Flüsse in Mio. t)



Quelle: Heuser et al. (2020) Worldwide Hydrogen Provision Scheme Based on Renewable Energy

Versorgungspotenziale und Kostenkurven für ausgewählte klimatisch günstige Regionen, H<sub>2</sub> Bereitstellungskosten an EU Grenze

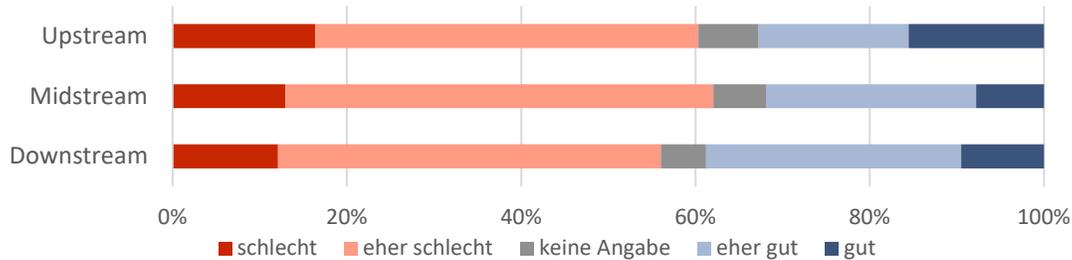


Quelle: Heuser et al. (2020) Worldwide Hydrogen Provision Scheme Based on Renewable Energy

# Umfrage – Stimmungsbild in der Schweizer H<sub>2</sub>-Wirtschaft

## Aktuelles Investitionsklima

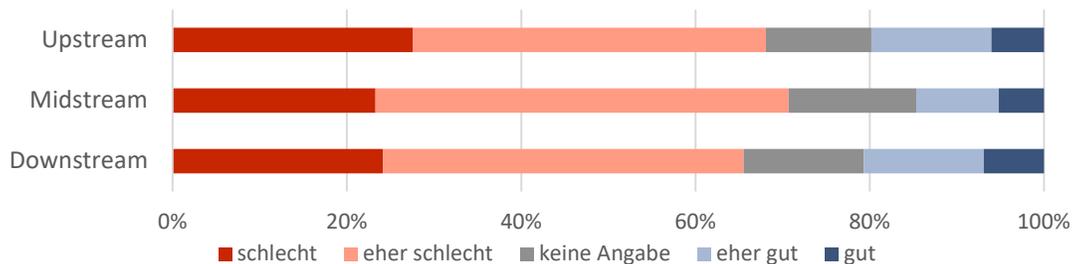
Das aktuelle Investitionsklima wird von 60 % der 116 Befragten als «eher schlecht» oder «schlecht» eingeschätzt. Dies gilt für jede Wertschöpfungsstufe. Im Bereich Upstream ist der Anteil der klaren Einschätzungen als «gut» oder «schlecht» am Grössten.



## Einschätzung zu staatlichen Rahmenbedingungen

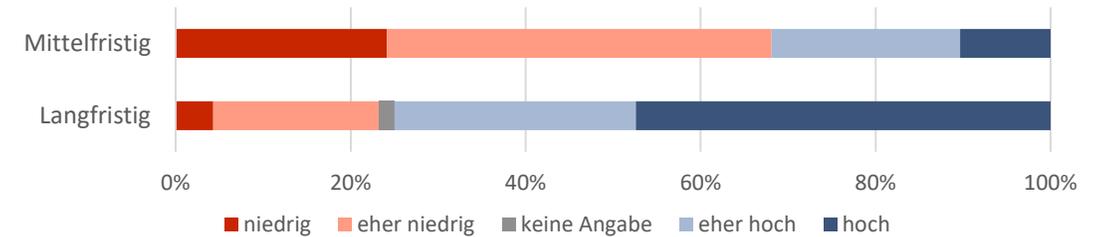
Die staatlichen Rahmenbedingungen werden durchwegs schlechter als das Investitionsklima wahrgenommen: Für jede Wertschöpfungsstufe sind mindestens 2/3 der Befragten der Meinung, dass diese «eher schlecht» oder «schlecht» sind.

Rahmenbedingungen wurden in den offenen Fragen zu den Wertschöpfungsstufen häufig direkt oder indirekt als wesentlicher Faktor für die zukünftige Entwicklung erwähnt. Genannte Stichworte sind fehlende Rahmenbedingungen, fehlende Gesamtsicht auf den Energiesektor, fehlender Förderrahmen, Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom, CO<sub>2</sub>-Kosten, sowie Herkunftsnachweise.



## Blick in die Zukunft: Beitrag der H<sub>2</sub>-Wirtschaft zur Energieversorgung

Für die mittlere Frist, d. h. in den nächsten 5-10 Jahren, denkt nur jeder Dritte, dass die H<sub>2</sub>-Wirtschaft einen «hohen» oder «eher hohen» Beitrag zur Energieversorgung in der Schweiz leisten wird. Für die lange Frist, d. h. bis 2050, geben dagegen 3/4 der Befragten an, dass die H<sub>2</sub>-Wirtschaft einen «hohen» oder «eher hohen» Beitrag leisten wird.



## Details zur Umfrage

Die Onlineumfrage wurde im August und September 2022 durchgeführt. Anonym befragt wurden Mitglieder des VSG, des VSE, Industrieunternehmen sowie Produzenten. Die Auswertung berücksichtigt 116 vollständig ausgefüllte Fragebögen. Rund 80 % davon kommen von Energieversorgungsunternehmen. Über die Hälfte der Teilnehmer gab an, in der Geschäftsführung oder Produktion (einschliesslich techn. Betrieb) tätig zu sein. Ein Viertel der Befragten beantwortete die französischsprachige Version, alle anderen die deutschsprachige.

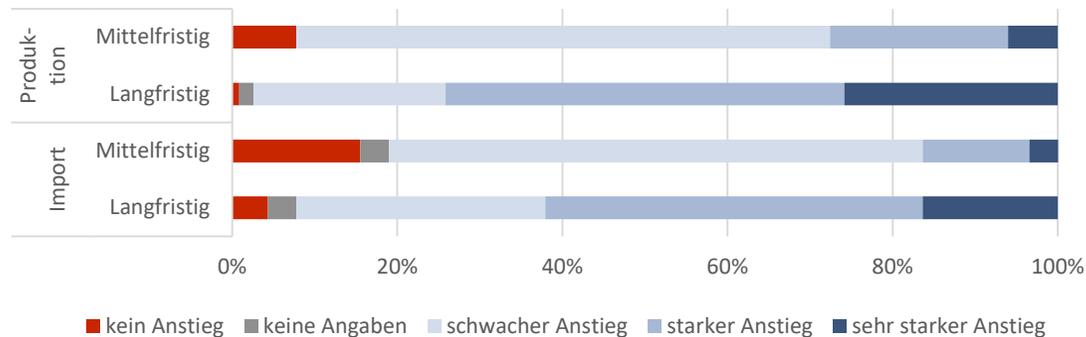
Rund 60 % der Befragten – überwiegend Energieversorger – schätzen das Investitionsklima in der Schweizer H<sub>2</sub>-Wirtschaft negativ ein. Die staatlichen Rahmenbedingungen werden durchwegs als noch ungünstiger wahrgenommen.

# Umfrage – Upstream

## Allgemeine Einschätzung Produktion und Import

Die 116 Befragten schätzen die Zukunft der H<sub>2</sub>-Produktion in der Schweiz als zunehmend positiv ein: Während nur rund jeder Vierte angibt, dass diese mittelfristig (in den nächsten 5-10 Jahren) zumindest stark ansteigt, gehen 3/4 der Befragten von einem «starken» oder «sehr starken» Anstieg bis 2050 aus.

Beim Import sind die Erwartungen verhaltener: Vier von fünf Befragten gehen hier in den nächsten 5-10 Jahren höchstens von einem «schwachen Anstieg» aus. Und jeder Dritte glaubt, dass die Importmengen auch bis 2050 höchstens schwach steigen werden.



Künftig wird Upstream mit steigenden H<sub>2</sub> Volumina gerechnet, sowohl bei der inländischen Produktion als auch etwas verhaltener bei den Importen. Im Vordergrund steht dabei klar grüner H<sub>2</sub>.

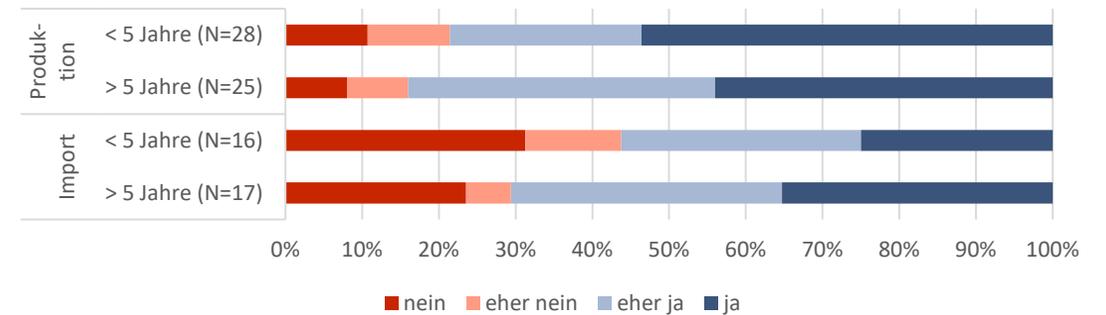
## Fokus auf die Akteure im Bereich Upstream

28 Befragte haben ihr Unternehmen dem Bereich Upstream zugeordnet. Die weit überwiegende Mehrheit plant einen (weiteren) Ausbau der Produktions- oder Importkapazitäten.

Besonders in die H<sub>2</sub>-Produktion möchten rund vier von fünf Unternehmen bereits in den nächsten fünf Jahren investieren.

Auch hier hält der positive Zeittrend an. So steigt im Bereich Import der Anteil Unternehmen, die die Importmenge für H<sub>2</sub> erhöhen möchten, von rund 55 % auf über 70 % an.

### (Weiterer) Ausbau bei Upstream-Akteuren?



## Grüner H<sub>2</sub>

Mehr als 90 % der Befragten mit Produktionsanlagen (N=21), produzieren grünes H<sub>2</sub> mittels Wasserelektrolyse mit grünem Strom. Vereinzelt wird noch grauer H<sub>2</sub> produziert.

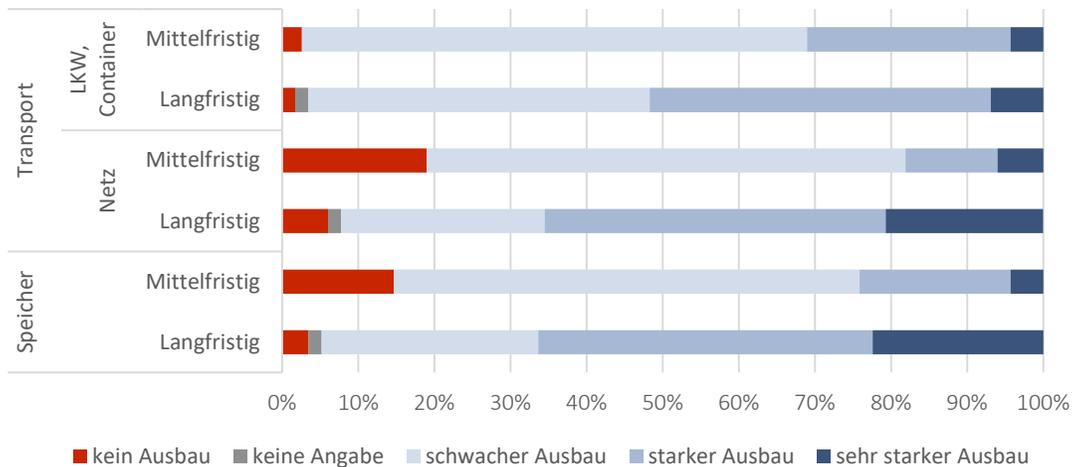
Ebenfalls 90 % der Befragten, die neue Importmöglichkeiten (N=18) und Produktionskapazitäten (N=26) schaffen wollen, gehen davon aus, dass es sich in mehr als fünf Jahren mehrheitlich um grünes H<sub>2</sub> handelt. In den nächsten fünf Jahren liegt der Anteil von grünem H<sub>2</sub> an den Importen noch für ein Drittel dieser Befragten unter 50 %.

# Umfrage – Midstream

## Allgemeine Einschätzung Transport und Speicherung

Die grosse Mehrheit der 116 Befragten ist von einem mindestens schwachen Ausbau der Transport- und Speicherkapazitäten überzeugt. Für die mittlere Frist (nächste 5 bis 10 Jahre) sind jedoch nur 20 bis 30 % der Befragten der Meinung, dass der Ausbau «stark» oder «sehr stark» sein wird.

Mit einem Ausbau des containerbasierten und des netzgebundenen Transports sowie der Speicher von H<sub>2</sub> wird allgemein gerechnet. Während mittelfristig mehr Befragte von einem mindestens starken Ausbau des containerbasierten Transports ausgehen (30 %), erwarten mehr Befragte (65%) langfristig einen mindestens starken netzbasierten Ausbau sowie der Speicher.



Mittelfristig sehen die Befragten eine grössere Rolle für den containerbasierten Transport. Langfristig wird jedoch eher beim netzbasierten Transport und der Speicherung mit einem mindestens starken Ausbau gerechnet.

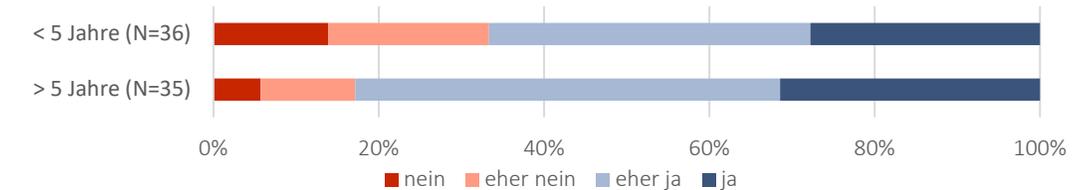
## Fokus auf die Akteure im Bereich Midstream

36 Befragte haben ihr Unternehmen einem oder mehreren Midstream-Bereichen zugeordnet.

Tätigkeitsbereiche Midstream (N=36, Mehrfachantwort möglich)	
Netzgebundener Gastransport mit Beimischung von H <sub>2</sub>	20
Exklusiver H <sub>2</sub> -Netztransport	10
H <sub>2</sub> -Speicherung	10
H <sub>2</sub> -Transportlogistik (Strasse oder Schiene)	8

Rund 30 % der befragten Midstream-Akteure haben (weitere) Investitionen im Bereich des H<sub>2</sub>-Transports bzw. der H<sub>2</sub>-Speicherung bereits geplant. Längerfristig halten 80 % weitere Investitionen für möglich. Rund jeder Dritte gibt an, in den nächsten fünf Jahren keine weitere Investitionen zu beabsichtigen.

(Weitere) Investitionen bei Midstream-Akteuren?



## Gasnetzbetreiber als H<sub>2</sub>-Midstream-Akteure

78 % der befragten Midstream-Akteure betreiben ein Gasnetz.

Mehr als die Hälfte der Gasnetzbetreiber investiert bereits teilweise «H<sub>2</sub>-ready». Gut die Hälfte (ein Drittel) gibt an, dass in mehr als fünf Jahren mehr als 50 % (100 %) der Ersatzinvestitionen «H<sub>2</sub>-ready» sein werden.

Knapp die Hälfte kann sich den Betrieb reiner H<sub>2</sub>-Leitungen in mehr als fünf Jahren vorstellen.

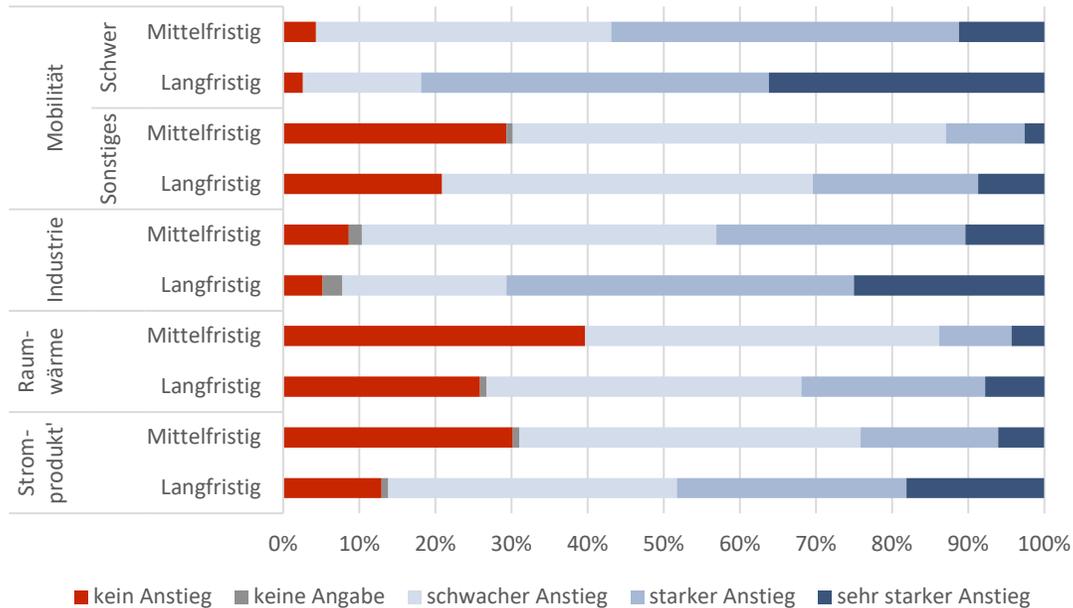
# Umfrage – Downstream

## Allgemeine Einschätzung H<sub>2</sub>-Verwendung

Die 116 Befragten haben unterschiedliche Erwartungen je nach Verwendungszweck des H<sub>2</sub>. Für jeden der abgefragten Verwendungen ist eine Mehrheit überzeugt, dass die H<sub>2</sub>-Nutzung ansteigt.

Eine deutliche Mehrheit der Befragten erwartet einen (sehr) starken Anstieg im Schwer-, Langstrecken- und Luftverkehr («Mobilität, schwer»). Etwas weniger ausgeprägt ist dies in langfristiger Optik auch für die H<sub>2</sub>-Verwendung in der Industrie der Fall. Der Anteil der Befragten, der gar keinen Anstieg in diesen Bereichen erwartet, liegt im einstelligen Prozentbereich.

Am skeptischsten sind die Teilnehmer bezüglich der Verwendung von H<sub>2</sub> im Bereich Raumwärme. Für sonstige Mobilität und etwas mehr noch für die Stromproduktion können sich im Vergleich dazu mehr Befragte einen Anstieg vorstellen. Bei der Stromproduktion rechnen langfristig 50 % der Befragten mit mindestens einem starken Anstieg der H<sub>2</sub>-Verwendung.

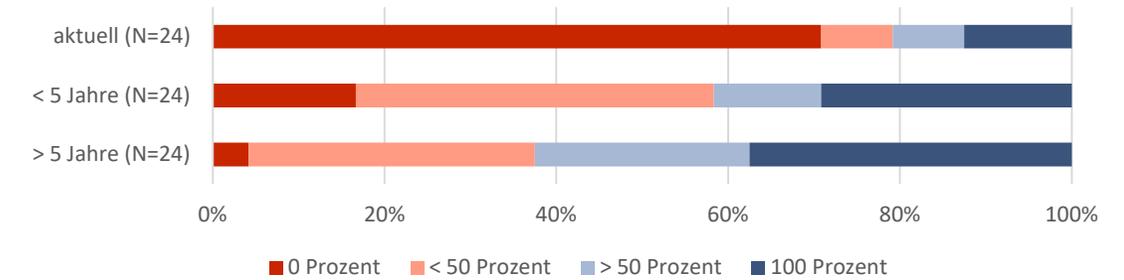


## Fokus auf die Akteure im Bereich Downstream

29 Befragte haben ihr Unternehmen dem Bereich Downstream zugeordnet, wobei nur 17 davon H<sub>2</sub> bereits nutzen oder die Nutzung konkret planen. Vier von fünf Befragten denken, die Nutzung von H<sub>2</sub> in mehr als 5 Jahren (weiter) auszuweiten. Innerhalb der nächsten 5 Jahren plant dies nur jeder Zweite.

### Anteil grüner H<sub>2</sub> bei neuen Aktivitäten von Downstream-Akteuren

Aktuell verwenden noch rund 70 % der Befragten H<sub>2</sub>-Verbraucher keinen grünen H<sub>2</sub>. Drei von vier davon rechnen damit, bei neuen Projekten in den nächsten 5 Jahren zumindest auch grünen H<sub>2</sub> einzusetzen. Langfristig gehen fast zwei Drittel davon aus, für neue Projekte mehrheitlich grünen H<sub>2</sub> zu verwenden.



Mittel- und langfristig rechnet eine deutliche Mehrheit der Befragten mit einem (sehr) starken Anstieg von H<sub>2</sub> Anwendungen im Schwerverkehr. Langfristig wird eine grössere Rolle von H<sub>2</sub> bei der industriellen Produktion sowie der Stromproduktion erwartet.

# Glossar

## Elektrolyse

Die Elektrolyse ist ein chemischer Prozess, bei dem durch elektrischen Strom (Elektronenfluss) die Aufspaltung einer chemischen Verbindung – zum Beispiel von Wasser in  $H_2$  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.  $H_2$  – 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  $H_2$ , bei dem ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff – meist Erdgas – mit Wasserdampf reagiert. Aktuell entstehen noch rund 96 % des weltweit hergestellten  $H_2$  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 $H_2$

Aus fossilen Brennstoffen (vornehmlich Erdgas) gewonnener  $H_2$ . In der Regel wird bei der Herstellung Erdgas unter Hitze in  $H_2$  und  $CO_2$  umgewandelt (Dampfreformierung).

## Blauer $H_2$

Blauer  $H_2$  ist grauer  $H_2$ , bei dessen Erzeugung ein Grossteil des anfallenden  $CO_2$  abgeschieden und gespeichert wird (engl. Carbon Capture and Storage, CCS).

## Türkiser $H_2$

Türkiser  $H_2$  ist  $H_2$ , der über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt wurde. Anstelle von  $CO_2$  entsteht dabei fester Kohlenstoff. Voraussetzungen für die  $CO_2$ -Neutralität des Verfahrens sind die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus Erneuerbaren Energiequellen sowie die dauerhafte Bindung des Kohlenstoffs.

## Grüner $H_2$

Grüner  $H_2$  wird durch Wasser-Elektrolyse mittels erneuerbarem Strom hergestellt. Unabhängig von der gewählten Elektrolysetechnologie erfolgt die Produktion von  $H_2$   $CO_2$ -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  $H_2$  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 Wasserdampfes von einem Kilogramm Brennstoff entsteht. Es handelt sich dabei um die chemisch im flüssigen, gasförmigen oder festen Brennstoff enthaltene Energie. Der Brennwert von  $H_2$  liegt bei etwa 39.4 kWh/kg bzw. 142 MJ/kg.

# Impressum

Polynomics AG  
Baslerstrsse 44  
CH-4600 Olten  
[www.polynomics.ch](http://www.polynomics.ch)  
Tel. +41 62 205 15 70



Dr. Heike Worm  
[heike.worm@polynomics.ch](mailto:heike.worm@polynomics.ch)



Dr. Janick Mollet  
[janick.mollet@polynomics.ch](mailto:janick.mollet@polynomics.ch)



Dr. Florian Kuhlmeiy  
[florian.kuhlmeiy@polynomics.ch](mailto:florian.kuhlmeiy@polynomics.ch)

E-Bridge Consulting GmbH  
Baumschulallee 15  
D-53115 Bonn  
[www.e-bridge.de](http://www.e-bridge.de)  
Tel. +49 228 90 90 65 0



Dr. Philipp Heuser  
[pheuser@e-bridge.com](mailto:pheuser@e-bridge.com)



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