

SPOTLIGHT
WASSERSTOFF

Kristin Brockhaus

2050
Energiezukunft

Wasserstoff – ein vieldiskutierter Energieträger

Wasserstoff ist derzeit ein vieldiskutierter Energieträger. Der mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien produzierte, sogenannte grüne Wasserstoff kann einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung und damit zur Eindämmung des Klimawandels leisten. Dabei wird er anstelle fossiler Energieträger für solche Anwendungen eingesetzt, bei denen eine direkte Elektrifizierung nicht oder nur schwer möglich ist.

Mit dem Ziel, eine Wasserstoffwirtschaft aufzubauen, haben zahlreiche Länder inner- und ausserhalb der EU Strategien und Massnahmenpakete implementiert. Auch in vielen privaten Initiativen und Projekten wird grüner Wasserstoff hergestellt, transportiert oder anstelle anderer Energieträger eingesetzt. In der Schweizer Politik ist Wasserstoff mittlerweile ebenfalls auf die Agenda gerückt. Das BFE erarbeitet bis zum Frühjahr 2023 eine Wasserstoff-Roadmap, welche die Rolle und nötige Massnahmen für Wasserstoff in der Schweiz skizzieren soll. Vorgängig haben die BFE-Energieperspektiven aufgezeigt, dass Wasserstoff eine gewisse Rolle zum Erreichen des Netto-Null-Ziels bis 2050 spielen wird.

Die Ergebnisse der «Energiezukunft 2050» zu Wasserstoff zeigen, dass dieser Energieträger in der Schweiz nicht nur einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann, sondern auch zur Versorgungssicherheit im Winter. Dieses Spotlight legt daher den Fokus auf das Potenzial von Wasserstoff zur Winterversorgung mit Strom und auf die Massnahmen, die es braucht, um dieses Potenzial zu entfalten.

Annahmen und Ergebnisse der Modellierung zu Wasserstoff

Bis in die späten 2030er Jahre bleibt Wasserstoff ein eher teurer Energieträger und wird daher nur in geringen Mengen und in wenigen Anwendungen genutzt. Ab den 2040er Jahren dürfte (grüner) Wasserstoff dann wesentlich günstiger werden und folglich auch in deutlich grösseren Mengen zum Einsatz kommen.

Der in der Schweiz genutzte Wasserstoff wird dabei hauptsächlich importiert werden. Bevor ein europaweites Pipelinesystem für Wasserstoff zur Verfügung steht (ca. im Jahr 2040), werden die Importe von Wasserstoff entweder als Beimischung zum Erdgas via Erdgaspipelines oder per Bahn, Schiff oder Lastwagen stattfinden. Auf diese Art sind allerdings nur geringe Mengen an Wasserstoff und – im Fall des Bahn-, Schiffs- oder Lastwagentransports – nur über kürzere Strecken wirtschaftlich transportierbar.

Je nachdem, wie die Schweiz an das europäische Wasserstoff-Pipelinennetzwerk (*Backbone*) angeschlossen sein wird, kann sie ab den 2040er-Jahren mehr oder weniger grosse Mengen an Wasserstoff importieren. Bei einer Integration der Schweiz in die europäischen Energiemärkte wird sie annahmegemäss über einen umfassenden Anschluss an den Wasserstoff-*Backbone* verfügen. Da ab den 2040er Jahren im europäischen, später auch im aussereuropäischen Ausland genügend günstiger Wasserstoff zur Verfügung stehen wird, wird die Schweiz dank des *Backbones* Zugang zu günstigem Wasserstoff in beträchtlichem Umfang haben (siehe Abbildung 1).

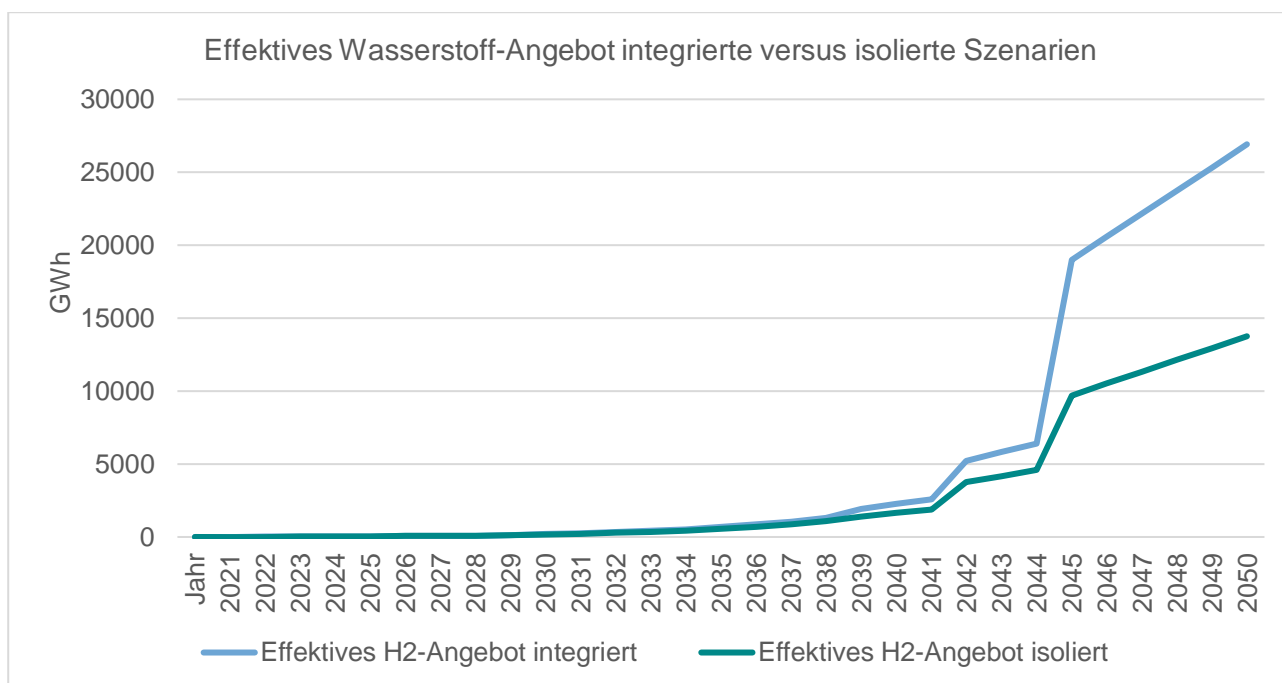


Abbildung 1: Effektiv importierbare Mengen Wasserstoff in den verschiedenen Szenarien der Energiezukunft

In der Schweiz selbst wird gemäss der Modellierungsergebnisse je nach Szenario nur sehr wenig oder gar kein Wasserstoff hergestellt werden. Grund hierfür ist die Tatsache, dass ausländisch hergestellter Wasserstoff fast jederzeit günstiger importiert werden kann und das Modell daher diese Option wählt. Allerdings ist die Entwicklung des europäischen bzw. weltweiten künftigen Wasserstoffpreises mit grossen Unsicherheiten behaftet und stark abhängig von künftigen Strompreisen. Mit anderen Preisannahmen würde sich die Importmenge und deren Verhältnis zur Menge von inländisch hergestelltem Wasserstoff ebenfalls verändern. Schweizer Wasserstoff wird v.a. in dem Fall produziert werden, dass die Importmöglichkeiten aus dem Ausland eingeschränkt sind, wenn also die Schweiz nicht oder nur mangelhaft in die europäischen Energiemärkte integriert ist. In diesem Fall wird Wasserstoff hierzulande hauptsächlich im Sommer produziert werden, wenn aufgrund der grossen angenommenen PV-Produktion Stromüberschüsse zur Verfügung stehen.

Wasserstoff als Energieträger wird aufgrund der Umwandlungsverluste bei dessen Herstellung in den meisten Fällen teurer bleiben als eine direkte Elektrifizierung.¹ Daher wird Wasserstoff 2050 auch bei beträchtlicher Kostendegression nur in jenen Anwendungen zum Einsatz kommen, welche nicht direkt elektrifiziert werden können. In der Schweiz werden dies insbesondere Teile des Verkehrs und der Industrie sein. Jedoch wird Wasserstoff in dem Fall, dass er in grossen Mengen und zu günstigen Preisen verfügbar ist, in Gas- und Dampfturbinen als Energieträger zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Auf diese Art kann eine beträchtliche Stromerzeugung stattfinden, je nach Verfügbarkeit des Wasserstoffs vorrangig im Winterhalbjahr.

¹ Da Wasserstoff in der Regel länger speicherbar ist als Strom, kann er unter Umständen günstiger sein als Strom, falls letzterer lange gespeichert werden müsste.

Tabelle 1: Kennzahlen zu Wasserstoff 2050 aus zwei Szenarien der Energiezukunft 2050

Kennzahlen für 2050	Szenario «defensiv-isoliert»	Szenario «offensiv-integriert»
Preis ausländisches H₂ [Rp./kWh]		8 ²
Preis inländisches H₂ [Rp./kWh]		15 ³
Importmengen [TWh]	13	27
eigene Herstellung [TWh]	0,9	0
installierte Elektrolyseurleistung [GW]	0,7	0
Anwendungsbereiche für H₂	Stromerzeugung Mobilität	Stromerzeugung Mobilität Industrie

Wie Wasserstoff zur Winterstromversorgung der Schweiz beitragen kann

Wasserstoff kann also neben dem erwähnten Beitrag zur Dekarbonisierung künftig eine wichtige Rolle zur Stärkung der Versorgungssicherheit im Winter spielen: Sofern er günstig und in grossen Mengen verfügbar ist, kann Wasserstoff zur Stromproduktion im Winterhalbjahr eingesetzt werden und so zur Verringerung der Versorgungslücke beim Strom im Winterhalbjahr beitragen. Voraussetzung dafür ist ein umfassender Anschluss der Schweiz an die europäische Pipelineinfrastruktur, d.h. auch eine Integration der Schweiz in die europäischen Energiemärkte sowie die Verfügbarkeit von grossen Mengen an (sehr) günstigem Wasserstoff im Ausland, dies insbesondere im Winter. Das muss allerdings nicht bedeuten, dass der Wasserstoff dann auch im Winter produziert wird – was zwar dank bspw. Offshore-Windanlagen möglich sein sollte. Denkbar wäre auch ein Import aus einem Speicher.

Das Nutzen von einheimischem PV-Strom, der im Sommer aufgrund des Überangebots an Strom nicht als solcher verwendet oder exportiert werden kann, zur Herstellung von Schweizer Wasserstoff, kann die Sommer-Winter-Problematik zusätzlich entschärfen. Einerseits würde so der überschüssige Strom genutzt und muss nicht «weggeworfen» werden, andererseits kann auch dieser Wasserstoff, sofern er nicht direkt verwendet wird, im Winter rückverstromt werden und so einen weiteren Beitrag zur Versorgungssicherheit im Winter leisten. Letzteres würde ein Einspeichern des Wasserstoffs erfordern – die Schweiz verfügt allerdings bisher über keine inländische Infrastruktur zur saisonalen Speicherung von Gasen.⁴

Folglich dürfte die Verfügbarkeit von Wasserstoffspeichern – im Aus- und auch im Inland – die Möglichkeiten des Wasserstoffeinsatzes noch einmal stark verbessern und erweitern. Insbesondere kann so sichergestellt werden, dass Wasserstoff nicht nur zu Zeiten hoher Stromproduktion aus erneuerbaren Energien verfügbar ist, sondern immer dann, wenn er tatsächlich gebraucht wird.

Die inländische Herstellung von Wasserstoff, für die hiesige Elektrolyseure eine Bedingung sind und die wohl schwerpunktmässig im Sommer stattfinden wird, wäre mit höheren Kosten verbunden als Importe von im Ausland hergestelltem Wasserstoff. Ein wesentlicher Hebel für die Kosten von in der Schweiz hergestelltem Wasserstoff ist – neben dem Strompreis – die Auslastung der Elektrolyseure: Je höher diese ist, desto tiefer liegen die Herstellungskosten des Wasserstoffs. Bei einer Auslastung von 4'000-5'000

² Annahme: Strompreis 2 Rp./kWh

³ Annahmen: Strompreis: 6 Rp./kWh, ca. 1'300 Vollaststunden Elektrolyse

⁴ BFE 2022: [Thesen zur künftigen Bedeutung von Wasserstoff in der Schweizer Energieversorgung](#)

Stunden pro Jahr sind die Herstellungskosten bereits so tief, dass sie bei noch höherer Stundenzahl nicht mehr wesentlich sinken würden. Daher wäre es aus Kostensicht vorteilhaft, wenn Wasserstoff in der Schweiz nicht nur mit Sommer-Überschussstrom hergestellt würde, sondern zu deutlich mehr Zeiten – sofern günstiger Strom für die Elektrolyse vorhanden ist – um auf 4'000 bis 5'000 Volllaststunden zu kommen. Unabhängig davon gilt es eine gute Balance zu finden zwischen kostengünstigem ausländischem Wasserstoff, der eine Abhängigkeit vom Ausland bedeutet, auf der einen Seite, und einer nicht zu hohen Auslandsabhängigkeit, die eine angemessene, jedoch etwas kostenintensivere inländische Herstellung bedingt, auf der anderen.

Für den Fall, dass günstiger Wasserstoff aus dem Ausland nicht oder nur sehr teuer zur Verfügung steht, wäre Stromerzeugung mittels Wasserstoffs in der Schweiz aus Kostengründen nicht mehr attraktiv – der Beitrag von Wasserstoff zur Winterstromversorgung würde dann wegfallen und müsste anderweitig erzeugt werden. Gemäss Modellrechnung würde entweder sehr viel mehr inländische Photovoltaik zugebaut – bei mangelnder Integration der Schweiz in die europäischen Energiemärkte –, oder es müsste massiv mehr Strom importiert werden, nämlich bis zu etwa 20 TWh. Beide Fälle wären problematisch. Im ersten Fall, bei stärkerem PV-Zubau, würden die Stromüberschüsse im Sommer noch grösser und das Defizit im Winter ebenso – die Nachfrage könnte nicht mehr gedeckt werden. Im zweiten Fall würden die Stromimporte die von der ECom empfohlene jährliche Importhöchstmenge von 10 TWh Strom deutlich überschreiten und die Schweiz somit in eine nicht vertretbare Auslandsabhängigkeit befördern.

Dass Wasserstoff aus dem Ausland sehr teuer bleiben wird, also keine nennenswerte Kostendegression stattfinden wird, dürfte nicht sehr wahrscheinlich sein: Die in vielen Ländern stattfindenden Aktivitäten zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft dürften die Kosten des Energieträgers über die nächsten Jahre deutlich verringern. Dass der Wasserstoff nicht zur Verfügung steht, weil er beispielsweise aufgrund von Importbeschränkungen nicht importiert werden kann, dürfte hingegen wahrscheinlicher sein – das Risiko einer mangelnden Integration der Schweiz mit dem Ausland erscheint aus heutiger Sicht hoch.

Handlungsbedarf für die Politik: Was braucht es für Wasserstoff in der Schweiz?

Die Ergebnisse der «Energiezukunft 2050» zeigen, dass Wasserstoff in der Schweiz eine wichtige Rolle, insbesondere bei der Stärkung der Versorgungssicherheit im Winter, spielen kann. Damit dieses Potenzial bestmöglich ausgeschöpft wird, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- **Möglichst ungehinderter Zugang zu ausländischen Wasserstoffmärkten und -infrastruktur** ist entscheidend dafür, grosse Mengen Wasserstoff möglichst günstig einkaufen zu können. Voraussetzung dafür ist, dass die Schweiz umfassend in die europäischen Energiemärkte eingebunden ist. Derzeit ist dies nur unzureichend erfüllt – hier muss folglich nachgebessert werden.
- **Ein rascher und signifikanter Ausbau der inländischen erneuerbaren Energien** ermöglicht erst, auch inländischen Wasserstoff herstellen zu können und somit die Auslandsabhängigkeit beim Wasserstoff zu reduzieren. Will man nicht vollständig vom Ausland abhängig sein, wird man die höheren Kosten inländischer Wasserstoffherstellung in Kauf nehmen müssen.
- **Aus- und inländische Speichermöglichkeiten für Wasserstoff** können nicht nur für eine zeitlich gleichmässigeren Verwendung von voraussichtlich im Sommer inländisch hergestelltem Wasserstoff sorgen, sondern auch wiederum die Auslandsabhängigkeit verringern, indem der Zeitpunkt des

Imports von der Verwendung des Wasserstoffs entkoppelt wird. Zudem könnte dann noch stärker zu Zeiten importiert werden, in denen der Wasserstoff sehr günstig ist. Folglich sollte die Schaffung von Speichermöglichkeiten für Wasserstoff im Inland geprüft und allenfalls mit entsprechenden Massnahmen lanciert werden.⁵

- **Ein Herkunftsnachweissystem schafft Transparenz** bzgl. der Herkunft und der Qualität des Wasserstoffs, gibt also Auskunft darüber, ob dieser mittels Stroms aus erneuerbaren oder fossilen Energieträgern hergestellt wurde. Insofern ist ein solches System eine wichtige Voraussetzung für den (grenzüberschreitenden) Handel mit und insbesondere den Import von Wasserstoff.

⁵ Die Klärung der nötigen Rahmenbedingungen für saisonale Gasspeicher, u.a. auch für Wasserstoff, in der Schweiz wird auch in einem im Oktober 2022 fertiggestellten [Bericht](#) zuhanden des Bundesrats verlangt.