

Positionspapier des Forums Energiespeicher Schweiz

Bern im Januar 2025

Welchen Beitrag kann Power-to-X für eine sichere Energieversorgung in der Schweiz in einem Netto-Null-Szenario bis 2050 leisten?

Synthetische Energieträger, also durch Power-to-X-Technologien erzeugte chemische Energieträger in gasförmiger, flüssiger oder fester Form, ermöglichen die saisonale Speicherung von überschüssigem erneuerbarem Strom. Aber welches Potenzial ergibt sich daraus tatsächlich für die Optimierung des Gesamtenergiesystems, wie sie die Roadmap Energiespeicher des Forums Energiespeicher Schweiz beschreibt, und welche Rahmenbedingungen sind dafür erforderlich?

1. Ausgangslage

Die Umsetzung der Energiestrategie 2050 und der Energieperspektiven 2050+ des Bundes bedingen den Ausbau von erneuerbaren Energieträgern um ein Vielfaches. Der Solar- und der Windenergie werden hierfür hohe Potenziale attestiert. Diese fallen jedoch nicht kontinuierlich an, sondern sind vom Wetter und von den Tages- und Jahreszeiten abhängig. Die daraus resultierende fluktuierende Produktion von Energie muss durch geeignete Energiespeicher kurzfristig (Tag/Nacht, Flauten/Böen) und bei höheren Anteilen an der Gesamtenergieproduktion auch längerfristig über die Jahreszeiten hinweg ausgeglichen werden. Saisonale Energiespeicher in der Schweiz, welche die Stromüberschüsse im Sommer für den Winter nutzbar machen, gewinnen daher an Bedeutung bei der Transformation des Energiesystems und stellen auch eine Versicherungslösung dar.

Dieses Positionspapier beschreibt die Einschätzung des Forum Energiespeicher Schweiz zum Potenzial der Power-to-X-Technologien als saisonale Speichermöglichkeit für eine sichere Energieversorgung der Schweiz in einem Netto-Null-Szenario bis 2050. Daraus werden politische Forderungen abgeleitet.

2. Definition, Vor- und Nachteile von Power-to-X als saisonaler Speicher

Die Produktion chemischer Energieträger (X) mittels (erneuerbarem) Strom wird als Power-to-X bezeichnet. Diese Produktion beginnt in den meisten Fällen mit der Zerlegung von Wasser in Wasserstoff (H₂)¹ und Sauerstoff (O₂) mittels Elektrolyse. Weil H₂ eine geringe volumetrische Energiedichte aufweist,² wird für die saisonale Speicherung teilweise eine zusätzliche Umwandlung in Kohlenwasserstoffe wie Methan (CH₄) oder Methanol (CH₃OH) angestrebt. Auch Ammoniak (NH₃) als Produkt aus H₂ und Stickstoff (N₂) kommt für die längerfristige Speicherung in Frage. Weitere Möglichkeiten für chemische Energieträger X sind sogenannte

¹ Mit dem Begriff «H₂» ist in diesem Papier mit erneuerbarem Strom hergestelltes H₂ gemeint.

² Rund dreimal weniger als Methan

Renewable Metal Fuels: elementare Metalle (M), welche aus ihren Oxiden über eine CO₂-neutrale Elektrolyse oder über Wasserstoff-Reduktion gewonnen werden. Ein Vorteil von H₂, NH₃ und M ist, dass diese im Gegensatz zu den Kohlenwasserstoffen keine Kohlenstoffquelle benötigen und somit beim Verbrauch kein CO₂ emittieren.

Anhand des Aggregatzustandes von X unterscheidet man Power-to-Gas (X = H₂, CH₄), Power-to-Liquid (X = CH₃OH, NH₃) und Power-to-Solid (X = M). Mit Power-to-X ist nachfolgend zusätzlich zur Umwandlung von erneuerbarem (Überschuss-)Strom in X auch die Speicherung von X sowie die Ausspeicherung, also X-to-Energy, gemeint. Jeder Umwandelungsschritt bringt einen gewissen Wirkungsgradverlust mit sich.

Alle heute bekannten Power-to-X-Langzeitspeicher weisen Verluste bis zur gespeicherten und in den Winter verlagerten Energie im Bereich von 40–60 % auf. Von den verbleibenden 40–60 % kann in der Regel maximal die Hälfte in Strom rückverwandelt werden, so dass eine elektrische Effizienz von 20–30 % resultiert. Die Umwandlungsverluste fallen als Abwärme an, welche ebenfalls genutzt werden kann und zu einer Erhöhung des energetischen Gesamtwirkungsgrades führen. Den Nachteil der geringen Effizienz kompensieren diese Techniken durch eine fast unbegrenzte Zubaufähigkeit, und im Vergleich zu thermischen Speichern (wie bspw. Warmwasserspeicher) oder Batteriespeichern einem geringen Lagervolumen. Power-to-X-Technologien stellen, wie alle elektrisch geladenen Speicher, durch die Aufnahme von Überschussstrom eine Möglichkeit dar, die Flexibilität des Energiesystems zu erhöhen sowie das Stromnetz zu stabilisieren³.

3. Die Rolle von Power-to-X im zukünftigen Energiesystem

Die Schweiz produzierte 67 TWh Strom im Jahr 2023. Altersbedingt werden 23 TWh aus Kernkraftwerken wegfallen. Gleichzeitig wird der Schweizer Strombedarf laut Schätzungen des VSE und der Empa aufgrund der Elektrifizierung bis 2050 auf 80 bis 90 TWh ansteigen⁴. Geplant ist ein Ausbau der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) auf 45 TWh sowie ein Ausbau der Wasserkraft von 37 auf 39.2 TWh, also total rund 84 TWh. Die Gesamtjahresbilanz wäre damit ausgeglichen, allerdings fallen Produktion und Verbrauch nicht zeitgleich an. So wird je nach Quelle und Szenario für das Jahr 2050 eine elektrische Unterversorgung im Winter von 6 bis 9 TWh prognostiziert^{5,6}. Es stellt sich die Frage, ob diese Mengen vollständig importiert werden sollen bzw. können. Gleichzeitig wird in den Sommermonaten ein Überschuss an Strom produziert werden. Power-to-X kann hier einen Beitrag leisten, indem Überschussstrom aus dem Sommer in einen speicherbaren Energieträger umgewandelt (z. B. Wasserstoff, synthetisches Methan, Methanol, Ammoniak, Renewable Metal Fuels), gespeichert und im Winter nutzbar gemacht wird (X-to-Energy).

Der Betrieb von Power-to-X-Anlagen ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Strompreise tief sind. Dem stehen die momentan noch hohen Anschaffungskosten gegenüber. Die Investitions- und Betriebskosten müssen auf wenige Betriebsstunden pro Jahr verteilt werden, weswegen die Wirtschaftlichkeit derzeit noch eine Herausforderung ist³.

Weil die Produkte von Power-to-X – das «X» – gut lager- und transportierbar sind, kann die Schweiz auch aus Power-to-X-Anlagen im Ausland versorgt werden, die mit elektrischen Leistungen von 100 MW und mehr deutlich grösser sein können als Anlagen in der Schweiz. An den ausländischen Standorten – beispielsweise Südeuropa mit viel PV-Produktion oder

³ Vgl. auch [Whitepaper SCCER \(2019\): 13, 18, 23](#).

⁴ VSE / Empa (2022): [Energiezukunft 2050: 7](#).

⁵ BFE (2020): [Energieperspektiven 2050+, Szenario ZERO Basis: 22](#).

⁶ VSE / Empa (2022): [Energiezukunft 2050: 7](#).

Nordeuropa mit viel Wind- oder Wasserkraft – ist erneuerbare Überschusselektrizität in grösseren Mengen und über längere Zeiträume als in der Schweiz verfügbar. Damit können die Kosten des Elektrolyseurs auf deutlich mehr Betriebsstunden verteilt werden, was zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führt.

Power-to-X-Produkte werden entweder für schwer elektrifizierbare Anwendungen eingesetzt, oder dort wo im Vergleich mit rein elektrischen Lösungen die Vorteile der Lager- und Transportfähigkeit grösser sind als die Nachteile der Umwandlungsverluste, oder wo Resilienz und Versorgungssicherheit zentral sind. Dies sind industrielle Hochtemperaturanwendungen sowie Notstromaggregate, Spitzenlastdeckungen von Energieverbänden und die Bewältigung von Strommangellagen. Auch für die Mobilität ist ein Einsatz evtl. in LKWs und Fernbussen, insbesondere aber in Schiffen und Flugzeugen möglich und sinnvoll.

4. Wie viel Energie soll mithilfe von Power-to-X gespeichert werden?

Nebst dem Import von Strom, sind nach heutigem Kenntnisstand grosse thermische Speicher in Wärmenetzen (Erdbecken-, Aquiferspeicher) und chemische Speicher aus Power-to-X gangbare Wege, um die fürs Jahr 2050 prognostizierte elektrische Unterversorgung im Winter von 6 bis 9 TWh zumindest teilweise zu decken. Unter der Annahme, dass Power-to-X mit 1/3 zur Deckung der Unterversorgung beiträgt, und unter Berücksichtigung eines Umwandlungswirkungsgrades von X zu Strom von 50 % in Brennstoffzellen, resultieren 4-6 TWh, die in Energieträgern X gespeichert und gelagert werden müssten. Beispielsweise würde für die Speicherung von 6 TWh in X als Methanol ein Volumen von 1.25 Mio. m³ benötigt⁷, was rund 30 % des Umfangs der heutigen Öl-Pflichtlager entspricht⁸.

Wird nun im vorangehenden Power-to-X Prozess inkl. Einspeicherung von einem Umwandlungsverlust von 50 % ausgegangen, resultiert ein kalkulatorischer Strombedarf von 8 bis 12 TWh im Sommer, um nach einer Rückverstromung im Winter die gewünschten 2 bis 3 TWh Winterstrom zu erhalten. Die Energieperspektiven 2050+ des Bundes weisen für das Jahr 2050 einen Sommerüberschuss an erneuerbarem Strom von rund 10 TWh aus⁹. Ausgehend davon wäre ein solches Szenario zwar denkbar, jedoch unrealistisch, da auch andere Technologien den Sommerüberschuss für sich nutzen dürften. Power-t-X könnte aber zum Beispiel die Hälfte des prognostizierten Sommerüberschusses für sich nutzen. Das heisst, wir sprechen von 5 TWh Strom welche mithilfe von Power-to-X gespeichert werden könnten.

5. Braucht die Schweiz eigene chemische saisonale Speicher?

Zentrale Fragen von strategischer Bedeutung sind,

- ob saisonale chemische Speicher in der Schweiz liegen müssen oder ob Vereinbarungen mit unseren Nachbarländern zur Nutzung ihrer Speicherkapazitäten genügen (z. B. wie heute für fossile Gasspeicher);
- ob Power-to-X in der Schweiz erfolgen muss oder nur die Anlagen in der Schweiz stehen müssen, welche aus X wieder Strom (und allenfalls Wärme) produzieren.

Die höchste Resilienz und grösste Unabhängigkeit werden erreicht, indem sowohl die Produktion (Power-to-X) als auch die Speicherung und die Umwandlung (X-to-Energy) in der

⁷ Berechnet mit Heizwert von 4.8 MWh/m³

⁸ Die heutigen Mineralölpflichtlager (Heizöl, Benzin, Diesel, Kerosin) weisen ein Volumen von 4.07 Mio. m³ auf, vgl. [BWL, Bericht zur Vorratshaltung \(2023\): 24.](#)

⁹ [BFE \(2020\): Energieperspektiven 2050+, Szenario ZERO Basis: 22.](#)

Schweiz erfolgen. Dies dürfte jedoch vor allem bei inländischen Power-to-X-Produktionsanlagen aufgrund der geringen Auslastung zu deutlich höheren Kosten führen, als wenn der Energieträger X in Anlagen im Ausland erzeugt wird, welche besser ausgelastet sind. Resilienz und Unabhängigkeit können jedoch bereits verbessert werden, indem vor dem Winter Lager in der Schweiz oder in unseren Nachbarländern gefüllt werden, so dass die Abhängigkeit von kurzfristigen Lieferungen im Winter wegfällt.

Wichtig ist, dass bei der Verbesserung der Versorgungssicherheit auch die ökologischen und ökonomischen Aspekte berücksichtigt werden. Kurzfristig (Zeithorizont von wenigen Jahren) erachten wir es als sinnvoll, wenn mittels Gas-Solidaritätsabkommen¹⁰ auf die Speicherkapazitäten in unseren Nachbarländern zugegriffen werden kann. In einer längerfristigen Betrachtung sollte die Machbarkeit von saisonalen chemischen Speichern in der Schweiz bereits heute geprüft werden, weil deren allfällige Realisierung viel Zeit beanspruchen wird.

6. Wie viel dürfen inländische saisonale Speicher kosten?

Die Kosten lassen sich nur schwer abschätzen. Einerseits weil es in der Schweiz heute keine chemischen saisonalen Speicher gibt. Andererseits auch, weil es vielmehr eine Frage der Zahlungsbereitschaft ist. Je höher das Risiko einer Unterversorgung im Winter geschätzt wird, desto höher ist der akzeptierte Preis für einen inländischen saisonalen Speicher. Der finanzielle Schaden einer mehrwöchigen Unterversorgung der Schweiz mit Strom wird von Seiten Behörden auf mehrere Milliarden geschätzt¹¹. Im Vergleich dazu fällt der geplante Kavernenspeicher von Gaznat im Wallis nicht ins Gewicht. Die kalkulatorischen Speicherkosten liegen bei 1.5 Rp./kWh_{CH4} bei Investitionskosten für die Kaverne von rund CHF 400 Mio. und einer nutzbaren Speicherkapazität von 1'256 GWh¹². Hinzu kommen die Kosten für die Beschaffung des synthetischen Methans, welche schwierig zu beziffern sind. Ein im Rahmen des Förderprogramms SCCER entstandenes Whitepaper schätzt diese auf 17–25 Rp./kWh_{CH4}¹³. Entsprechend dürfte sich der kalkulatorische Preis von erneuerbarem Methan aus dem Speicher im Bereich von **<27 Rp./kWh_{CH4}** bewegen. Eine Rückverstromung ist hier nur eine der Optionen, tatsächlich kann eine direkte Nutzung des synthetischen Methans beispielsweise in der Mobilität, zur Spitzenlastdeckung in Energieverbänden oder für industrielle Prozesswärme sinnvoller sein.

¹⁰ vgl. Medienmitteilung Bundesrat, 15.05.2024 zum neuen Gas-Solidaritätsabkommen mit DE und IT

¹¹ BABS Gefährdungsdossier Strommangellage, 2020: 12

¹² schriftliche Auskunft Gaznat, 17.06.2024

¹³ [Whitepaper SCCER](#), 2019: 16

7. Welche politischen Forderungen lassen sich ableiten?

Nachfolgend werden Forderungen an Politik und Verwaltung abgeleitet, um das Potenzial von Power-to-X als Teil der Lösung zu nutzen:

1. Um eine längerfristige Lösung zur Überbrückung der Winterstromlücke zu erreichen, sollte der Bund gemeinsam mit der Energiewirtschaft prüfen, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um saisonale chemische Speicher in der Schweiz zu realisieren¹⁴. Dazu gehört auch eine technische und ökonomische Abschätzung, welche Mengen (volumetrisch und anzahlmässig) durch zukünftige Anlagen für Power-to-X, die Speicherung von X und X-to-Energy erbracht werden sollten.
2. Um das Potential von erneuerbar befüllten Gasspeichern in unseren Nachbarländern nutzen zu können, sollte der Bund die Anerkennung von ausländischen erneuerbaren Gasen in der Schweiz anstreben. Zudem gilt es sicherzustellen, dass die Schweiz ins europäische Wasserstoffnetz integriert wird.
3. Gesetze und Verordnungen sollten so formuliert werden, dass sie genügend Raum lassen für die Entwicklung und/oder die Anwendung neuer Technologien und diese nicht durch die Regulierung ausgebremst werden:
 - a. Methanol wird (noch) als Chemikalie betrachtet und nicht als Energieträger. Deswegen sind im Vergleich zu den Pflichtlagern von Benzin, Diesel und Kerosin nur sehr kleine Speicher erlaubt, obwohl die Risiken vergleichbar sind¹⁵.
 - b. Das bei der energetischen Verwertung anfallende CO₂ wird (noch) als Abfall betrachtet, könnte aber auch als Ausgangsstoff für weitere chemische Prozesse behandelt werden.
 - c. Die Diskussion um Power-to-X wird häufig reduziert auf Power-to-Gas und Power-to-Liquid. Dies greift zu kurz. Auch Power-to-Solid sollte mitgedacht werden.
4. Das neue Stromversorgungsgesetz sieht ab 2025 eine teilweise Reduktion des Netznutzungsentgeltes für Power-to-X-Anlagen vor¹⁶. Dies ist für einen wirtschaftlichen Betrieb jedoch nicht ausreichend. Die Power-to-X-Technologie ermöglicht uns, Energie saisonal zu speichern und unsere Abhängigkeit vom Ausland im Winter zu reduzieren. Insbesondere in geopolitisch schwierigen Zeiten stellt die aktuelle Importstrategie ein Hauptrisiko für die Schweiz dar¹⁷. Der Staat ist entsprechend in der Pflicht, die Rahmenbedingungen und finanziellen Mittel für den Hochlauf zu schaffen¹⁸.
5. Gemäss Klima- und Innovationsgesetz, Art. 7 sichert der Bund Investitionen in öffentliche Infrastrukturbauten ab, die für die Erreichung des Netto-Null-Ziels notwendig sind. Der dazugehörige Verordnungsentwurf konkretisiert, dass dieses Instrument für thermische Netze und thermische Langzeitspeicher eingesetzt werden soll. Es bedarf einer analogen Absicherungsmöglichkeit für grosse Infrastrukturprojekte (Bsp. Kavernenspeicher von Gaznat), welche im Rahmen von Power-to-X benötigt werden.
6. Hilfreich für das Gesamtenergiesystem wären dynamische Netz- und Stromtarife, welche dem Beitrag zur Versorgungssicherheit, der System- und Klimadienlichkeit der jeweiligen Anlage gerecht werden¹⁹.

¹⁴ siehe auch an BR überwiesenes [Postulat 23.3023](#) der UREK-N

¹⁵ vgl. [Motion 23.4269 «Lagerung und Handhabung von erneuerbaren Energieträgern erleichtern»](#).

¹⁶ vgl. StromVG, Art. 14a, Abs. 4

¹⁷ vgl. BAFU [Medienmitteilung](#) zu Risikoanalyse «Katastrophen und Notlagen Schweiz», 26.11.2020

¹⁸ siehe auch an BR überwiesene Motion 21.4606 von R. Cattaneo und Postulat 23.3023 der UREK-N

¹⁹ vgl. hierzu die [Roadmap Energiespeicher 3.0 des Forums Energiespeicher Schweiz](#)

Autorinnen und Autoren

Astrid Benz

Forum Energiespeicher Schweiz | Leiterin der AG
«Power-to-X/Chemische saisonale Speicher»
Energie 360° | Fachexpertin Energie- & Umweltpolitik
astrid.benz@energie360.ch

Stefan Brändle

Forum Energiespeicher Schweiz | Mitglied des
Kernteams und der AG «Power-to-X/Chemische
saisonale Speicher»
SOLTOP Energie AG | Leiter Business Line PV & WP
Deutschschweiz / Mitglied GL
s.braendle@soltop-energie.ch

Dr. Gianfranco Guidati

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
aeesuisse | Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats
ETH Zürich | Energy Science Center
gianfranco.guidati@esc.ethz.ch

Anne Wolf

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
Swisspower AG | Leiterin Public Affairs und
Kommunikation
anne.wolf@swisspower.ch

Dr. Cristina Antonini

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG
| Spezialistin Erneuerbare Gase
cristina.antonini@gazenergie.ch

Prof. Dr. Markus Friedl

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
OST – Ostschweizer Fachhochschule | Institutsleiter
IET Institut für Energietechnik
markus.friedl@ost.ch

Dr. Michel Haller

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
OST – Ostschweizer Fachhochschule | SPF Institut für
Solartechnik, Leiter SPF Research
michel.haller@ost.ch

Dr. Oliver Wimmer

Forum Energiespeicher Schweiz | AG «Power-to-
X/Chemische saisonale Speicher»
oliver.wimmer@aeesuisse.ch

Über das Forum Energiespeicher Schweiz

Das Forum Energiespeicher Schweiz ist eine Fachgruppe der aeesuisse. Das Forum und dessen Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft unterstützen die Umsetzung der klimapolitischen Ziele der Schweiz und der Energiestrategie 2050 und damit ein kosteneffizientes, CO₂-neutrales und erneuerbares Gesamtenergiesystem. Das Forum fungiert als Think Tank und Dialogplattform der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Politik. Aufgabe ist es, fundiertes Wissen zur Vielfalt der Speicheroptionen und Einsatzmöglichkeiten, zum system- und klimadientlichen Einsatz von Energiespeichern sowie zu Rahmenbedingungen und Geschäftsmodellen, die einen solchen Speichereinsatz ermöglichen, zugänglich zu machen. Das Forum Energiespeicher Schweiz versteht Speicher nicht als Selbstzweck. Es ist sektorübergreifend – Wärme, Strom, Mobilität – und technologieneutral organisiert und tauscht sich offen mit anderen Organisationen aus.

speicher.aeesuisse.ch