



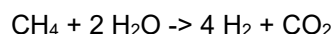
Bericht vom 16. Juni 2022

Gemeinsame Stellungnahme des Bundesamtes für Energie und des Bundesamtes für Umwelt zu den Klima- und Umweltauswirkungen von blauem Wasserstoff

Im Zusammenhang mit der Erreichung des Ziels von netto null Treibhausgasemissionen bis 2050 wird derzeit darüber diskutiert, welche Rolle Wasserstoff in der Klima- und Energiepolitik der Schweiz spielen könnte. In Erfüllung des Postulats 20.4709 Candinas erarbeitet das Bundesamt für Energie (BFE) gegenwärtig eine «Wasserstoff-Roadmap» für den Zeithorizont 2050. Diese soll aufzeigen, welche Bereiche sich für den Einsatz von Wasserstoff eignen, und die regulatorischen Voraussetzungen für die gezielte Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in der Schweiz definieren. Weitere aktuelle parlamentarische Vorstösse fordern die Erarbeitung einer Wasserstoffstrategie für die Schweiz (Motion 20.4406 Suter, Motion 22.3376 UREK-SR). Im Rahmen dieser Arbeiten erschien es notwendig, dass das BFE und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) gemeinsam zu den Klima- und Umweltauswirkungen von blauem Wasserstoff Stellung nehmen.

1 Was ist blauer Wasserstoff?

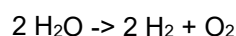
Wasserstoff (H₂ – molekularer Wasserstoff) kann durch sogenannte Reformierung aus Erdgas (CH₄ – Methan) und Wasser (H₂O) hergestellt werden, wobei als Abfallprodukt Kohlendioxid (CO₂) entsteht. Aus einem Mol Methan (CH₄) werden vier Mol Wasserstoff und ein Mol CO₂ gewonnen:



(16 g Methan + 36 g Wasser -> 8 g molekularer Wasserstoff + 44 g Kohlendioxid)

Der auf diese Weise erzeugte Wasserstoff wird als «**grau**» bezeichnet, wenn das CO₂ in die Atmosphäre abgegeben wird, und als «**blau**», wenn der Grossteil des CO₂ abgetrennt und dauerhaft gespeichert wird, um dadurch die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Derzeit macht blauer Wasserstoff nur einen kleinen Bruchteil der weltweiten Wasserstoffproduktion aus.

Alternativ dazu kann Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser hergestellt werden. Wird dabei Strom aus erneuerbaren Energiequellen eingesetzt, spricht man von **grünem**¹ Wasserstoff. Bei dieser Produktionsmethode wird Sauerstoff als Nebenprodukt freigesetzt.



(36 g Wasser -> 4 g molekularer Wasserstoff + 32 g molekularer Sauerstoff)

¹Je nach Herstellungsart werden Wasserstoff noch weitere Farben zugeschrieben. So werden beispielsweise bei rosafarbenem Wasserstoff die Elektrolyseure aus Atomkraft gespeist, während türkisfarbener Wasserstoff das Produkt einer Methanpyrolyse ist. In der Wasserstoff-Roadmap wird auf die vielen verschiedenen Möglichkeiten der Wasserstoffherzeugung eingegangen.



2 Warum ist blauer Wasserstoff ein Thema?

In der Schweiz kommt heute fast ausschliesslich grauer Wasserstoff zum Einsatz. Dieser wird zu 85 Prozent für die Raffination von Erdölprodukten verwendet und damit nicht energetisch genutzt. Andere Verwendungszwecke sind derzeit noch von marginaler Bedeutung. Darüber hinaus werden hierzulande zahlreiche Projekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff lanciert, der vorwiegend für den Mobilitätssektor bestimmt ist.

Die Entwicklung einer auf erneuerbaren Ressourcen beruhenden und damit kohlenstoffarmen Wasserstofftechnik in der Schweiz könnte zur Verringerung der Treibhausgasemissionen des Energiesystems beitragen, wenn dadurch insbesondere fossile Energieträger in Bereichen wie dem Schwerverkehr oder bei bestimmten industriellen Prozessen substituiert werden. Ausserdem könnte Wasserstoff auch eine Rolle bei der Energiespeicherung spielen und so dazu beitragen, jahres- und tageszeitlich bedingte Schwankungen bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen auszugleichen. Demgegenüber ist es in Anbetracht der Energieverluste bei der Wasserstoffherstellung wenig sinnvoll, Wasserstoff als Energieträger in Verbrennungsprozessen zu verwenden.

Aus ökologischer Sicht scheint grüner Wasserstoff eine vielversprechende Lösung zu sein, doch wird er angesichts seiner derzeit hohen Kosten nur begrenzt eingesetzt. Kurzfristig stehen die Chancen jedoch gut, dass diese gesenkt werden können. Blauer Wasserstoff als Alternative wird gegenwärtig als wirtschaftlich wettbewerbsfähiger erachtet. Allerdings ist umstritten, ob sein Potenzial zur Verminderung der Umweltauswirkungen tatsächlich grösser ist als dasjenige anderer Formen der Energiebewirtschaftung oder von grünem Wasserstoff. Ein verstärkter Einsatz von blauem Wasserstoff könnte sich daher im Hinblick auf die Klimaziele als kontraproduktiv erweisen. Darüber hinaus hängen die Kosten zur Herstellung von grünem Wasserstoff vom Strompreis ab, während sie bei blauem Wasserstoff an den Erdgaspreis gekoppelt sind. Die Entwicklung der Preise dieser beiden Energieträger wirkt sich deshalb unmittelbar auf die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit von grünem und blauem Wasserstoff aus.

- ⇒ Vor diesem Hintergrund muss im Hinblick auf die Nutzung von blauem Wasserstoff zwischen seinem Potenzial, die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft in der Schweiz zu beschleunigen, und seinen Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt abgewogen werden.

3 Welche Auswirkungen auf Klima und Umwelt hat blauer Wasserstoff?

Die Auswirkungen von grünem und blauem Wasserstoff auf das Klima und die Umwelt hängen von ihrer jeweiligen Produktionskette (Lebenszyklus) ab. Umweltauswirkungen können anhand einer Lebenszyklusanalyse beurteilt und danach in Ökobilanzen festgehalten werden, die eine wissenschaftlich robuste Vergleichsgrundlage bieten. Ökobilanzen zu *grünem Wasserstoff* zeigen, dass die Umweltauswirkungen hauptsächlich mit der Effizienz des Prozesses (gemessen am Stromverbrauch pro Einheit erzeugten Wasserstoffs) sowie den Umweltauswirkungen des verwendeten Stroms zusammenhängen. Aus Ökobilanzen zu *blauem Wasserstoff* geht wiederum hervor, dass mehrere Faktoren berücksichtigt werden müssen, um die Umweltauswirkungen zu bestimmen:

- Es muss den flüchtigen Methanemissionen (Lecks) bei der Förderung und beim Transport von Erdgas sowie bei der Reformierung Rechnung getragen werden.
- Berücksichtigt werden müssen zudem die CO₂-Emissionen, die durch die Extraktion von Methan und den Energieverbrauch für dessen Reformierung entstehen.
- Ebenfalls miteinbezogen werden müssen die Abscheideeffizienz (% des abgeschiedenen CO₂) sowie die Emissionen aus dem Transport und der Sequestrierung von CO₂ einschliesslich



der Emissionen aus dem damit verbundenen Energieverbrauch. Auch Lecks in Lagerstätten können einen erheblichen Einfluss haben.

Blauer Wasserstoff wird von einigen wissenschaftlichen Autorinnen und Autoren als Risiko und von anderen wiederum als Chance erachtet. Diese unterschiedlichen Sichtweisen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass zu den oben genannten Punkten Annahmen getroffen werden müssen, da Erfahrungswerte fehlen oder es noch keine solche Anlagen gibt. Dies betrifft insbesondere den Anteil an flüchtigen Methanemissionen im Zusammenhang mit der Förderung und dem Transport von Erdgas sowie die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der CO₂-Abscheidung und -Sequestrierung. Von allen Aspekten, die bei der Beurteilung der Klimawirkung von blauem Wasserstoff eine Rolle spielen, sind diese beiden mit der grössten Unsicherheit behaftet. So sind die in der Studie von Bauer et al. (2021)² berechneten Treibhausgasemissionen von blauem Wasserstoff zum Beispiel deutlich geringer als in anderen kürzlich veröffentlichten Untersuchungen (z. B. Howarth und Jacobson 2021³). Selbst unter den optimistischsten Bedingungen wird blauer Wasserstoff auch in Zukunft einen grösseren ökologischen Fussabdruck aufweisen als grüner Wasserstoff, der heute im Rahmen bereits vorhandener Kapazitäten zur Erzeugung von erneuerbarem Strom hergestellt wird.

4 Welche anderen Faktoren müssen bei der Beurteilung der Nutzung von blauem Wasserstoff berücksichtigt werden?

Neben den in Kapitel 3 genannten Faktoren gibt es weitere Punkte, die bei systemischen Vergleichen zwischen Energieträgern unbedingt zu beachten sind:

- **Lebenszyklusanalyse und Umweltauswirkungen:** Die Klimawirkung ist nicht die einzige Umweltauswirkung, die es zu berücksichtigen gilt. Der Bedarf an Rohstoffen, der damit verbundene Energieverbrauch und andere ökologische und gesellschaftliche Indikatoren sollten ebenfalls in die Beurteilung der Folgen der Förderung und Nutzung von blauem Wasserstoff einfließen.
- **Globales Erwärmungspotenzial:** Beim blauen Wasserstoff haben vor allem die CO₂- und Methanemissionen einen Einfluss auf das Klima. Diese beiden Gase weisen einen unterschiedlichen Strahlungsantrieb und eine unterschiedliche Verweildauer in der Atmosphäre auf⁴.
- **Beobachtungszeitraum und Technologiereife:** Um einen aussagekräftigen Vergleich zwischen grünem und blauem Wasserstoff anzustellen, müssen Systeme betrachtet werden, in denen insbesondere in Bezug auf den Beobachtungszeitraum und die Technologiereife vergleichbare Annahmen getroffen wurden. Ist dies der Fall, weist grüner Wasserstoff geringere Umweltauswirkungen auf als blauer.
- **Versorgungssicherheit:** Blauer Wasserstoff wird aus Methan gewonnen. Wird mehr davon hergestellt, ist weniger Erdgas für andere Zwecke verfügbar und die Schweiz im Energiebereich weniger autonom. Darüber hinaus liegt der Wirkungsgrad des Erdgasreformierungsverfahrens bei 60 bis 70 Prozent. Der Krieg in der Ukraine macht deutlich, dass dieses Produkt keine unerschöpfliche Ressource und die Versorgung in Europa nicht uneingeschränkt gewährleistet ist. Grüner Wasserstoff hingegen, dessen Produktion mit überschüssigem Strom erfolgt, welcher durch den Ausbau nicht ständig verfügbarer erneuerbarer Energien anfällt, steht nicht in

² Bauer et al. (2021): On the climate impacts of blue hydrogen production, Sustainable Energy Fuels, 2022, 6, 66–75, DOI: 10.1039/d1se01508g.

³ Howarth and Jacobson (2021): How green is blue hydrogen?, Energy Science & Engineering, 2021, 00:1–12, DOI: 10.1002/ese3.956.

⁴ Neu (2022): Klimawirkung und CO₂-Äquivalent-Emissionen von kurzlebigen Substanzen. Swiss Academies Communications 17 (5).



Konkurrenz zu anderen Verwendungszwecken für die erzeugte Energie, sondern ermöglicht vielmehr deren Verwertung.

- **Substitution und Alternativen:** Die ökologischen Auswirkungen von blauem Wasserstoff sollten unter Berücksichtigung der Endnutzung und der bestehenden Alternativen betrachtet werden. So sollte sein Einsatz im Mobilitätssektor beispielsweise mit der Elektromobilität verglichen werden, wobei andere Verkehrsmittel (Verkehrsverlagerung) und der Vergleich mit einem Verbrennungsmotor nur zu Informationszwecken und nicht als Entscheidungskriterium herangezogen werden sollten. Ob blauer Wasserstoff einen komparativen Vorteil gegenüber konkurrierenden technischen Lösungen hat, muss von Fall zu Fall beurteilt werden.

5 Welchen Standpunkt nehmen die Akteure im Bereich Wasserstoff ein und welche Strategien verfolgen sie?

Auf internationaler Ebene unterstützen vor allem Erdgas fördernde Länder den vermehrten Einsatz von blauem Wasserstoff. Dazu gehören Grossbritannien und die Niederlande (in diesen beiden Ländern werden 19 der 35 Projekte zur Erzeugung von Wasserstoff durchgeführt, die von der Internationalen Energieagentur (IEA) bis Ende 2021 erfasst wurden⁵) sowie Norwegen, das blauen Wasserstoff in seine nationale Wasserstoffstrategie⁶ aufgenommen hat. Demgegenüber sprechen sich Länder, die kein Erdgas fördern, gegen blauen Wasserstoff aus. Die deutsche Regierung beispielsweise schliesst ausdrücklich nur grünen Wasserstoff in ihre Klimastrategie ein und gewährt keine Unterstützungen für blauen Wasserstoff.⁷

In der Schweiz engagieren sich verschiedene Verbände und Unternehmen in der Entwicklung der Wasserstofftechnik. Die meisten dieser Akteure fordern eine ausschliesslich auf grünem Wasserstoff beruhende Strategie, so z. B. der Förderverein H2 Mobilität Schweiz, die Swiss H2 Generation AG oder der Hydrosiper AG. Nur die Gasbranche, vertreten durch den Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG, setzt mittelfristig auf blauen Wasserstoff.

6 Welche Rolle kann / soll blauer Wasserstoff in der Klima- und Energiepolitik der Schweiz spielen?

Wasserstoff ist ein Produkt, das in der Schweiz bereits heute bei gewissen industriellen Prozessen, namentlich bei der Raffination von Erdölprodukten und in der chemischen Industrie zum Einsatz kommt. Allerdings wird hierzulande fast ausschliesslich grauer Wasserstoff genutzt, der Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄) verursacht und daher nicht mit den Klimazielen der Schweiz vereinbar ist. Die Herstellung von blauem Wasserstoff im Inland oder dessen Import, um den derzeitigen Verbrauch an grauem Wasserstoff zu substituieren, ist ein erster Schritt zur Dekarbonisierung dieses Verwendungszwecks. Dies sollte jedoch nur als Übergangslösung in Betracht gezogen werden und für den Fall, dass der Ausbau der Kapazitäten zur Erzeugung von grünem Wasserstoff nicht ausreicht, um die Nachfrage zu decken.

Die Entwicklung der Wasserstofftechnik für neue Verwendungszwecke, insbesondere im Schwerverkehr und in der Industrie, ist Teil der nationalen Energiestrategie. Priorität sollte dabei dem grünen Wasserstoff eingeräumt werden, der aus überschüssigem Strom hergestellt wird oder mit Elektrizität, die aus eigens zu diesem Zweck errichteten zusätzlichen Kapazitäten für die erneuerbare Stromerzeugung stammt (keine Konkurrenz der Verwendungszwecke). Dieser strategische Entscheid stützt sich auf die Erkenntnis, dass der heute erzeugte grüne Wasserstoff geringere Auswirkungen auf Umwelt und Klima hat als blauer Wasserstoff, selbst wenn für dessen künftige Produktion die optimistischsten Annahmen

⁵ [Global Hydrogen REVIEW 2021 \(windows.net\)](#)

⁶ [The Norwegian Government's hydrogen strategy \(regjeringen.no\)](#)

⁷ [Eröffnungsbilanz Klimaschutz \(bmwi.de\)](#)



getroffen werden. Falls in der Schweiz blauer Wasserstoff verwendet werden sollte, um beispielsweise die Einführung dieses Energieträgers zu beschleunigen, müssen zusätzlich zu den in Kapitel 4 aufgelisteten Punkten unbedingt die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Seine Nutzung muss im Einklang mit den nationalen und internationalen Klima- und Umweltzielen stehen. Dazu muss die gesamte Produktionskette beurteilt und mit den bestehenden Alternativen für den jeweiligen Verwendungszweck verglichen werden.
- Die ökologischen Anforderungen, die bei der Verwendung von blauem Wasserstoff zu erfüllen sind, müssen genau festgelegt werden.
- Die Annahmen, die in der wissenschaftlichen Literatur im Hinblick auf die Klimawirkung von blauem Wasserstoff getroffen wurden, müssen in der Praxis überprüft werden. Dies betrifft insbesondere den Anteil an flüchtigen Methanemissionen im Zusammenhang mit der Förderung und dem Transport von Erdgas sowie die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der CO₂-Abscheidung und -Sequestrierung. Von allen Aspekten, die bei der Beurteilung der Klimawirkung von blauem Wasserstoff eine Rolle spielen, sind diese beiden mit der grössten Unsicherheit behaftet und somit massgebend für die Beantwortung der Frage, ob dieser in der Schweiz sinnvoll eingesetzt werden kann.
- Derzeit gibt es weder Anlagen, die in grossem Massstab CO₂ abscheiden können, noch die entsprechende Transportinfrastruktur und ausreichende Lagerkapazitäten für das so abgeschiedene CO₂. Die Entwicklung in diesem Bereich ist ungewiss. Zu bedenken ist darüber hinaus die Konkurrenz zu den Verwendungszwecken dieser Infrastruktur, die zur Kompensation der schwer zu reduzierenden Treibhausgasemissionen nötig sind.
- Im Weiteren kann die Nutzung einer fossilen Ressource für die Herstellung von Wasserstoff nur als Übergangslösung in Betracht gezogen werden, da eine vollständige Abkehr von fossilen Brennstoffen zur Einhaltung der Ziele des Übereinkommens von Paris zwingend erforderlich ist. Bei einer solchen Praxis wäre die Schweiz im Energiebereich weiterhin von einer nicht einheimischen Ressource abhängig. Ausserdem käme dadurch verstärkt ein fossiler Energieträger zum Einsatz, dessen Verfügbarkeit zeitlich begrenzt ist und der somit irgendwann substituiert werden muss.
- Die Nutzung von blauem Wasserstoff darf somit nicht zu einem Lock-in-Effekt beitragen, indem Infrastrukturen, die auf fossilen Technologien beruhen, noch länger aufrechterhalten werden.
- Da blauer Wasserstoff mithilfe von fossilen Energieträgern hergestellt wird, ist er langfristig nicht mit dem Ziel von netto null Emissionen vereinbar.