

## Herstellungsverfahren von Wasserstoff

# Wasserstoff ohne Wasser?!

Die Herstellung von grünem Wasserstoff erfolgt gemäß den meisten Szenarien mittels Elektrolyse und mit reinstem Wasser. Da die Ressource Wasser bereits heute regionale Knappheiten aufweist, Wasserstoff aber dezentral benötigt werden wird, könnten alternative Rohstoffe und Verfahren helfen, das regionale Verfügbarkeitsproblem zu mindern.

Von Bernd Hirschl

**D**er zukünftige Wasserstoff soll laut Farbenlehre grün sein und damit den heute primär aus Erdgas produzierten grauen Wasserstoff ersetzen. Dieser grüne Wasserstoff wird mittels Strom aus erneuerbaren Energien und Wasser per Elektrolyse gewonnen. Da für die Produktion hochreines, vollentmineralisiertes Wasser benötigt wird, rückt neben dem erforderlichen grünen Strom die Verfügbarkeit dieser immer knapper werdenden Ressource in den Vordergrund. In Verbindung damit rücken alternative, dezentrale Produktionsverfahren und Rohstoffe in den Blick.

## Absoluter Wasserbedarf überschaubar ...

Der Reinstwasserbedarf für die Herstellung von einem kg Wasserstoff wird, je nach Elektrolyse-Technologie, mit etwa neun bis 20 Litern angegeben, ohne weitere Verbräuche etwa für die Kühlung (Jentsch et al. 2021). Berücksichtigt man die Wasseraufbereitung, dann erhöht sich der Wasserbedarf nochmals um 20 bis 30 % (Saravia et al. 2023). Hochrechnungen der Wasserbedarfe für die geplanten Elektrolyseanlagen für 2030 oder 2045 variieren in verschiedenen Studien beträchtlich, maßgeblich in Abhängigkeit von den Volllaststunden der Anlagen. Werden die Anlagen beispielsweise nur mit Überschuss- oder Windstrom betrieben, dann können die Volllaststunden bei einem Drittel oder Viertel eines Ganzjahreswertes liegen. Welche Ausprägungen dieser entscheidende Parameter in der Zukunft haben wird, hängt dabei von den Strompreisentwicklungen im Tagesverlauf ab, die wiederum stark durch die politischen Rahmenbedingungen geprägt sein werden. Dementsprechend können sich jedoch auch die im Inland erzeugten Wasserstoffmengen und mit ihnen die Wasserbedarfe um den Faktor 3 bis 4 unterscheiden. In Summe jedoch, so resümie-

ren beispielsweise Saravia et al. (2023), erscheint der absolute Wasserbedarf beherrschbar, insbesondere wenn dieser mit den weitaus größeren Verbräuchen der Energiewirtschaft (für die Kühlung fossiler Kraftwerke) und der Landwirtschaft (für die Bewässerung) verglichen werde.

## ... aber regionale Wasserdefizite kritisch

Dieses Resümee vernachlässigt jedoch, dass sich die Wasserverfügbarkeit durch den Klimawandel bereits heute in vielen Regionen in der Welt sowie auch in Deutschland kritisch darstellt. Weiter steigende Temperaturen und häufigere Dürren werden daher zu einer „wachsenden Konkurrenz zwischen Trinkwasserversorgung, Industrie und Landwirtschaft“ führen, wie Jentsch et al. in einer Untersuchung für Mitteldeutschland feststellen (2021: 79). Auch hier gilt: In absoluten Zahlen ist die Wasserversorgung von neuen Industrien wie „Power to Gas“-Anlagen oder Batteriefabriken in Summe zwar kein Problem – auch weil in den mitteldeutschen Bundesländern die grundwasserintensive Kohleindustrie runtergefahren wird. In „regionalen Wasserdefizitregionen“ gilt dies jedoch explizit nicht – und „dies sind oft industrielle und urbane Ballungszentren“ (ebd.: 86). Nun wollen und sollen aber genau solche Ballungszentren auch derartige neue Anlagen und Fabriken ansiedeln. Denn aus Sicht der Energieeffizienz ergibt es durchaus Sinn, Wasserstoff, der sich nur schwer und verlustreich transportieren lässt, möglichst nah am Verbrauch zu erzeugen – auch um die dabei entstehende Abwärme in der Fernwärme und den Sauerstoff etwa in Kläranlagen zu nutzen (Hirschl et al. 2021).

Die perspektivische Wasserverfügbarkeit findet jedoch derzeit in den meisten regionalen Wasserstoffanalysen methodisch noch keine Beachtung (beispielhaft für das Land Brandenburg in Spillmann et al. 2023). Dabei sollte auch berücksichtigt werden, ob am Ende der energetischen oder stofflichen Nutzung des Wasserstoffs wieder ein lokal nutzbarer Wasserkreislauf entsteht, wie beispielsweise bei Brennstoffzellen. Vor dem Hintergrund einer möglichen regionalen Wasserversorgungsproblematik und angesichts der generellen Unsicherheiten und Risiken, die mit einer vergleichsweise neuen Technologie wie der (lastflexiblen) Elektrolyse und mit ihrem Upscaling und dezentralen Roll-out verbunden ist, sollte aus Gründen der Resilienz der Frage nachgegangen werden, auf welche Weise der Hoffnungsenergieträger Wasserstoff noch hergestellt werden kann.

## Wasserstoffgewinnung ohne Wasser

Wasserstoff kann alternativ aus anderen wasserstoffhaltigen Rohstoffen hergestellt werden, so wie dies heutzutage überwiegend bereits aus Erdgas erfolgt. Um den Anspruch der Klimaneutralität zu erfüllen, müsste das im Prozess freigesetzte CO<sub>2</sub> entweder aufgefangen und gespeichert (CCS) oder aber vollständig genutzt werden (CCU). Würde man als Rohstoff jedoch biogene Quellen nutzen, könnte der Wasserstoff entweder bilanziell neutral gewonnen werden (unter der vereinfachten Annahme eines Emissionsfaktors von 0 für Biomasse) – oder sogar netto-negativ, wenn CCS (hier: BECCS) oder CCU-Technologien zum Einsatz kommen. Damit keine Nutzungskonkurrenzen entstehen, sollten sich die organischen Biomassequellen auf Rest- und Abfallstoffe fokussieren, wie sie etwa bei Entsorgern, Landwirt/innen und in der Lebensmittel-, Verpackungs- oder Möbelindustrie anfallen. Auch aus Abwasser und Klärschlamm kann Wasserstoff gewonnen werden. Aber auch Kunststoffe, die heute überwiegend fossilen Ursprungs sind und verbrannt werden, kommen dafür infrage. All diese Quellen sind in größerem Umfang und dezentral verteilt vorhanden.

## Oranger Wasserstoff – mit Zusatznutzen

Wasserstoff, der aus Abfallstoffen gewonnen wird, wird auch als „orange“ bezeichnet [1]. Die technischen Verfahren unterscheiden sich in Bezug auf die verwendbaren Rohstoffe (zum Beispiel gasförmig, nass, trocken, homogen/heterogen), die Temperaturen (von einigen Hundert bis weit über 1.000 Grad) und das Spektrum der Produkte. Es handelt sich um thermochemische Verfahren wie Pyrolyse, Vergasung und Plasmalyse sowie biotechnologische Fermentation (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2021; Dögnitz et al. 2022). Werden durch entsprechende Verfahren und Prozessparameter neben Wasserstoff beispielsweise fester Kohlenstoff oder Pflanzenkohle und Bioöl produziert, so können diese Koppelprodukte nicht nur eine CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung bei gleichzeitigen Zusatznutzen wie zum Beispiel einer Bodenverbesserung bewirken, sondern auch die Wirtschaftlichkeit insgesamt verbessern. Derzeit gibt es bereits mehrere Anlagen zu allen oben genannten Verfahren im Forschungs- und Pilotstadium. Für die vollständige Marktreife fehlt es aktuell unter anderem noch an Skaleneffekten der Anlagen sowie an geeigneten Rahmenbedingungen, beispielsweise für die CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung, um eine marktgetriebene Wirtschaftlichkeit sicherzustellen.

## Fazit

Derzeit wird primär auf die Produktion von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse und Wasser gesetzt. Die perspektivisch für die Klimaneutralität benötigten Wassermengen erscheinen zwar absolut gesehen unkritisch, regional betrachtet in Ländern und Regionen mit heute bereits vorherrschendem

Wassermangel jedoch durchaus problematisch. Diesbezüglich ist der Parameter der lokal-regionalen Wasserverfügbarkeit stärker als bisher in die Wasserstoffplanungen und auch die Nachhaltigkeitskriterien einzubeziehen. Vor diesem Hintergrund sollten auch alternative Produktionsverfahren und Rohstoffe in den Vordergrund rücken. Die Produktion von orangem Wasserstoff auf der Basis biogener, aber auch fossiler Rest- und Abfallstoffe als ergänzendes Verfahren könnte nebenbei auch weitere Co-Benefits wie eine CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung, Bodenverbesserung und Emissionsminderung ermöglichen. Daher sollten diese Technologien eine stärkere Aufmerksamkeit und Förderung in der Forschung und im Kontext der Wasserstoff- und Carbon-Management-Strategien auf EU- und Bundesebene erhalten.

## Anmerkung

- [1] Als „orange“ wird Wasserstoff auch dann bezeichnet, wenn er (z. B. mittels Elektrolyse) mit Strom aus Müllheizkraftwerken hergestellt wurde. In der Literatur wird auch von „Biomasserstoff“ gesprochen (Dögnitz et al. 2022).

## Literatur

- Dögnitz, N. et al. (2022): Wasserstoff aus Biomasse. Leipzig, Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.
- Hirschl, B. et al. (2021): Berlin Paris-konform machen. Eine Aktualisierung der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“ mit Blick auf die Anforderungen aus dem UN-Abkommen von Paris. Berlin, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Jentsch, S. (2021): Wasser als kritische Ressource für die Wasserstoffherzeugung. In: Gas Wasserfach Wasser Abwasser 2021: 73–88. DOI: 10.17560/gwfwa.v162i09.2574
- Saravia, F./Graf, F./Schwarz, S./Gröschl, F. (2023): Genügend Wasser für die Elektrolyse. Wie viel Wasser wird für die Erzeugung von grünem Wasserstoff benötigt und gibt es ausreichende Ressourcen? Bonn, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches.
- Spillmann, T. (2023): Machbarkeitsstudie: Auf- und Ausbau eines leistungsfähigen Wasserstofftransportnetzes in Brandenburg. DOI: 10.24406/publica-2171
- Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2021): Oranger Wasserstoff: Herstellung von Wasserstoff aus Abfall – Sachstand. WD 8-3000-075/21. <https://kurzelinks.de/fplk>

## AUTOR + KONTAKT

**Prof. Dr. Bernd Hirschl** ist Leiter des Forschungsfelds „Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz“ am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) sowie Fachgebietsleiter „Management regionaler Energieversorgungssysteme“ an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg.

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW),  
Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin.  
E-Mail: [bernd.hirschl@ioew.de](mailto:bernd.hirschl@ioew.de)

