



WARUM WASSERSTOFF AUS BIOENERGIE DIE KLIMAKRISE BEFEUERT

biofuelwatch

Sept 2022



Zusammenfassung:

Wasserstoff wird von Regierungen, insbesondere in Europa und Nordamerika, als Teil ihrer "Netto-Null"-Klimastrategien stark gefördert. Und das, obwohl bisher 98 % des Wasserstoffs aus fossilen Brennstoffen hergestellt wird, was zu noch mehr CO₂-Emissionen führt als die direkte Verbrennung derselben fossilen Brennstoffe zur Energiegewinnung. Dies gilt sogar für die wenigen Fälle, in denen CO₂ aus der Wasserstoffproduktion abgeschieden wird. Der Ausbau des so genannten „grünen Wasserstoffs“, der aus erneuerbarem Strom hergestellt wird, gewinnt jedoch zunehmend an Dynamik.

Der direkte Treibhausgas-Fußabdruck von Wasserstoff, der aus Wind- und Sonnenenergie hergestellt

wird, ist zwar gering, aber durch die Verwendung dieser Energie für die Wasserstoffherstellung werden Wind- und Sonnenenergie von anderen Verwendungszwecken abgezogen, wo sie weitaus mehr zur Verringerung der Kohlenstoffemissionen beitragen würden. Dies gilt so lange, wie der Großteil der Energie noch aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird. Außerdem sind Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge wesentlich effizienter als die Umstellung auf Wasserstoff.

Wenn sinnvolle Maßnahmen ergriffen werden, um die Abhängigkeit von der Verbrennung von Kohlenstoff zur Energiegewinnung zu verringern, könnte die Verwendung von Wasserstoff aus erneuerbarer

Elektrizität in bestimmten Industriezweigen durchaus sinnvoll sein. Wie in diesem Briefing ausführlich dargelegt, wird es jedoch nie einen Grund geben, Biomasse zur Herstellung von Wasserstoff zu verwenden, unabhängig davon, woher und wie die Biomasse beschafft wird. Bioenergie hat bereits jetzt den größten Flächenverbrauch aller Energiearten, da die Umwandlung von Sonnenstrahlung in nutzbare Energie durch Photosynthese äußerst ineffizient ist. Der größte Teil der in der Biomasse enthaltenen Energie geht dann bei

der Umwandlung in Elektrizität oder bei dem dreistufigen Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus Biogas verloren. Darüber hinaus ist die Bioenergie in großem Maßstab entweder auf das Abholzen von Bäumen oder auf die Umwandlung von Flächen für den Anbau von Energiepflanzen angewiesen, was beides insgesamt zu sehr hohen Treibhausgasemissionen führt. Wasserstoff-aus-Bioenergie-Vorschläge, wie der von Onyx in Wilhelmshaven, Deutschland, sollten daher abgelehnt werden.

Was ist Wasserstoff und welche Rolle kann er in der Energieversorgung spielen?

Wasserstoff ist ein Element, das in Wasser und vielen anderen Stoffen enthalten ist. Reines Wasserstoffgas (H₂) kommt in der Atmosphäre nur in sehr geringen Mengen vor. Wenn reiner Wasserstoff verbrannt wird, reagiert er mit Sauerstoff und es entsteht Wasser - eine Reaktion, die Energie freisetzt. Wasserstoff wird deshalb als Energieträger genutzt. Vor allem zur Stromerzeugung wird Wasserstoff normalerweise in [Brennstoffzellen](#) gespeichert. Zur Wärmeversorgung kann er durch [Pipelines mit wasserstoffresistenten Eigenschaften](#) transportiert werden.

Einem [Bericht der Internationalen Energieagentur](#) aus dem Jahr 2019 zufolge werden 76 % des gesamten Wasserstoffs aus fossilem Gas und 23 % aus Kohle hergestellt, wobei der größte Teil des Wasserstoffs durch ein Verfahren namens Dampfreformierung gewonnen wird. 2 % werden durch die Spaltung von Wasser zu Wasserstoff und

Sauerstoff mit Hilfe von Strom (Elektrolyse) hergestellt.

Vor allem in der EU und den USA werden die Wasserstoffinfrastruktur und -produktion durch staatliche Subventionen und Anreize ausgebaut. Ein [Bericht von Corporate Europe Observatory](#) aus dem Jahr 2019 zeigt, dass fossile Gasunternehmen bis zu diesem Zeitpunkt mindestens 58,6 Millionen Euro für Lobbyarbeit bei politischen Entscheidungsträgern in der EU ausgegeben haben, um eine groß angelegte Wasserstoffproduktion und -nutzung zu unterstützen. In den USA haben Gasunternehmen erfolgreich Lobbyarbeit bei der Biden-Regierung betrieben und im Rahmen des Infrastrukturgesetzes von 2021 [9,5 Milliarden Dollar zur Förderung von Wasserstoff bereitgestellt](#). Ein Großteil davon wird aus fossilem Gas, welches durch Fracking gewonnen wurde, produziert.

Kann Wasserstoff eine Rolle bei der Verringerung der Treibhausgasemissionen spielen?



Wasserstoffproduktion aus fossilem Gas, Indien

Für Wasserstoff der aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird, lautet die einfache Antwort: Nein. Nach [Angaben der Internationalen Energieagentur](#) werden bei der heutigen Wasserstoffproduktion jährlich rund 900 Million Tonnen CO₂ in die Atmosphäre ausgestoßen. Die Lebenszyklusemissionen, die bei der Erzeugung einer Energieeinheit entstehen, sind bei der Verbrennung von Wasserstoff, der aus Erdgas oder Kohle gewonnen wurde, [noch höher als bei der direkten Verbrennung der fossilen Energieträger](#). Dabei sind die Emissionen die durch Vergasung von Kohle zur Wasserstoffproduktion anfallen am höchsten. Die Möglichkeit der Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS)- wird oft als Lösung für aus fossilen Brennstoffen gewonnenen Wasserstoff angepriesen. Bisher gibt es jedoch wenig Umsetzung dieser Technologie: Das [Global CCS Institute](#) listet weltweit nur drei operative Projekte dieser Art auf, von denen zwei die kanadische Teersandindustrie betreffen. Einer

[aktuellen Studie](#) zufolge sind die Lebenszyklusemissionen von Wasserstoff aus fossilem Erdgas mit Kohlenstoffabscheidung immer noch um 20 % höher als bei der direkten Verbrennung von Erdgas zur Wärmeerzeugung.

Es gibt nur eine Option wenn Wasserstoff zur Reduktion von Treibhausgasen beitragen soll: Er muss aus wirklich kohlenstoffarmen erneuerbaren Energiequellen¹ hergestellt werden. Wasserstoff, der durch die Elektrolyse von Wasser unter Verwendung von erneuerbarem Strom erzeugt wird, wird als „grüner Wasserstoff“ bezeichnet. Es gibt auch Vorschläge zur Herstellung von Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse oder der Dampfreformierung von Biomethan. Auf diese wird am Ende dieses Briefings eingegangen.

Damit "grüner Wasserstoff" jedoch tatsächlich zu einer Emissionsreduzierung führt, müssen zwei zusätzliche Bedingungen erfüllt sein:

- 1) Wasserstoff darf nicht eine ebenso kohlenstoffarme, aber effizientere Art der Energieerzeugung ersetzen, UND
- 2) Kohlenstoffarme erneuerbare Energie darf nicht von einem anderen Verwendungszweck abgezogen werden, wo sie zu größeren Emissionseinsparungen führen würde.

1 Wir beziehen uns hier auf „kohlenstoffarme erneuerbare Energie“ da nicht alle Energiequellen, die als erneuerbar gelten tatsächlich kohlenstoffarm sind. Bioenergie

und auch viele Wasserkraftwerke können mit hohen Treibhausgas-Emissionen verbunden sein.

Gibt es Sektoren, in denen grüner Wasserstoff Treibhausgasemissionen effektiver mindern kann als die direkte Nutzung von Strom?

Wie in einem [Bericht der Internationalen Agentur für erneuerbare Energien \(IRENA\)](#) aus dem Jahr 2019 bestätigt wird, erfordert "grüner Wasserstoff" für die Raumheizung oder -kühlung bzw. für die meisten Straßenverkehrsmittel deutlich mehr erneuerbare Energie als Wärmepumpen bzw. Elektrofahrzeuge. Obwohl IRENA die Verwendung von "grünem Wasserstoff" für Busse und Lkw befürwortet, hat [eine spätere Studie](#) gezeigt, dass batteriebetriebene Elektrobusse wesentlich effizienter sind als wasserstoffbetriebene Busse.² Und laut Daten, die von der europäischen NGO [Transport & Environment](#) ermittelten und veröffentlicht wurden, sind auch elektrische Lastwagen effizienter als Lastwagen, die mit Wasserstoff betrieben werden.

Auch das Umweltbundesamt hebt hervor, dass Wasserstoff auf keinen Fall die direkte Nutzung von Strom aus regenerativen Energiequellen ersetzen sollte:

Trägt Wasserstoffgas direkt zur globalen Erwärmung bei?

Wasserstoff selbst ist kein Treibhausgas. Allerdings reagieren schätzungsweise 20-30 % des Wasserstoffs, der in die Atmosphäre entweicht, mit einem Molekül namens Hydroxidion (OH). Auf diese Weise wird die Menge an Hydroxidion in der Atmosphäre verringert. Dies ist höchst problematisch, da Methan durch Reaktion mit OH aus der Atmosphäre entfernt wird. Wenn anderen Moleküle, wie auch pures Wasserstoffgas, in der Atmosphäre mit OH reagieren, führt das dazu, dass Methan länger in der Atmosphäre verbleibt und die Erderwärmung verstärkt. Es ist ungewiss, wie groß der indirekte Erwärmungseffekt von ausgetretenem Wasserstoff ist, aber er könnte durchaus groß sein.

(<https://acp.copernicus.org/articles/22/9349/2022/acp-22-9349-2022.pdf>)

2 Es ist hierbei zu beachten, dass unter bestimmten Bedingungen, vor allem in hügeligen Stadtgebieten mit einem feuchtwarmen Klima, das Gegenteil der Fall sein kann, dass dort also Busse, die mit

Wasserstoff betrieben sind effizienter sein können als welche, die mit Batterien betrieben werden: [wired.co.uk/article/future-buses-hydrogen-electric](https://www.wired.co.uk/article/future-buses-hydrogen-electric)

Nutzung regenerativer Strom			Substitution fossiler Bereitstellung			Substitutions-verhältnis Energie	Vermiedene THG-Emissionen in CO ₂ Äq
regenerative Bereitstellung			fossile Einsparung				
Input	Technik	bereitgestellte Energie / Nutzen	Technik	Input			
1 kWh reg. Strom	PtH Wärmepumpe	3,3 kWh Wärme	3,3 kWh Wärme	Brennwertkessel (105%)	3,14 kWh Erdgas	3,14	~ 640
1 kWh reg. Strom	E-Auto (80%)	4,6 km	4,6 km	Verbrennungsmotor (28%)	2,6 kWh fl. Kraftstoff	2,6	~ 690
1 kWh reg. Strom	PtH direktelektrisch	0,95 kWh Wärme	0,95 kWh Wärme	Brennwertkessel (105%)	0,91 kWh Erdgas	0,91	~ 185
1 kWh reg. Strom	PtG – H ₂ stofflich	0,74 kWh Wasserstoff	0,74 kWh Wasserstoff	Dampfreforming (85,2%)	0,87 kWh Erdgas	0,87	~ 180
1 kWh reg. Strom	PtG – CH ₄	0,58 kWh Methan	0,58 kWh Methan		0,58 kWh Erdgas	0,58	~ 120
1 kWh reg. Strom	PtL	0,5 kWh fl. Kraftstoff	0,5 kWh fl. Kraftstoff		0,5 kWh fl. Kraftstoff	0,5	~ 135

umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle

Es bleibt dabei zu beachten, dass der Umstieg von Kraftstoff- auf Elektrofahrzeugen nicht die wirkungsvollste Maßnahme zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Transportsektor ist. Im Gütertransportverkehr sind - wo immer dies möglich ist - der Einsatz von Elektro-Trolleybussen und die Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene viel wirksamer. Im Personenverkehr sind eine Förderung der aktiven Fortbewegung und der öffentliche Verkehrsmittel und Maßnahmen, die den Reisebedarf verringern (z. B. durch Planungsmaßnahmen und die Unterstützung von Hybrid- oder Heimarbeit) effektiver.

Auch viele industrielle Prozesse können effizienter durch elektrische Prozesse, als durch den Einsatz von Wasserstoff ersetzt werden.

Die einzigen potenziellen Verwendungszwecke, für die es keine effizientere elektrische Option gibt, sind die Luftfahrt, die Schifffahrt, und bestimmte

industrielle Prozesse. In der Luftfahrt wird Wasserstoff jedoch frühestens ab 2050 eine praktikable Option sein, außer vielleicht für Kurzstrecken- und Regionalflüge. Dem Klima würde es allerdings wesentlich mehr helfen, Kurzstreckenflüge durch Zugfahrten zu ersetzen. Auch in der Schifffahrt müssen noch große Hindernisse überwunden werden, bevor Wasserstoff eingesetzt werden kann.

Eine Ausweitung der Produktion von grünem Wasserstoff für z.B. industrielle Prozesse würde in der nahen Zukunft jedoch wahrscheinlich zur Folge haben, dass weniger Wind- und Solarenergie an den Stellen, an denen sie am meisten zur Senkung der Kohlenstoffemissionen beitragen würden, eingesetzt werden können. In Deutschland machen zum Beispiel die Treibhausgasemissionen des Industriesektors – der größte Industriesektor aller EU-Länder – nur 9 % der Emissionen des Energiesektors aus. Im deutschen Energiesektor hingegen wurde 2021 44 % des Stroms und 76 % der

Wärme durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt.

In einer Zeit, in der Wind- und Sonnenenergie zusammen nur 4,1 % der Gesamtenergie in Europa, 2,6 % in den USA und 2,2 % weltweit

ausmachen, ist es schwierig, eine kommerzielle Produktion von "grünem Wasserstoff" zu rechtfertigen.

"Grüner Wasserstoff" aus Biomassestrom?



Rodung in Estland, die im direkten Zusammenhang mit der Pelletproduktion steht. Foto: Karl Adami

Weitere Informationen über die Auswirkungen der Biomasse-Energie aus Wäldern im Besonderen finden

Die Verbrennung von Biomasse zur Stromerzeugung verursacht pro Energieeinheit nicht weniger CO₂-Emissionen als die Verbrennung von Kohle. In der EU stammt die meiste Energie aus Biomasse aus der Verbrennung von Waldholz. 500 Wissenschaftler warnten Anfang 2021 in einem offenen Brief: "Wie zahlreiche Studien gezeigt haben, wird diese Holzverbrennung die Erderwärmung über Jahrzehnte bis Jahrhunderte verstärken. Das gilt selbst dann, wenn das Holz Kohle, Öl oder Erdgas ersetzt."

Sie hier:

environmentalpaper.org/biomass-faq/ .

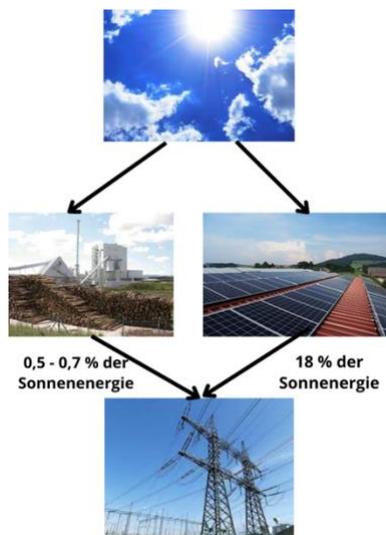
Eine außergewöhnlich verschwenderische Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung:

Zum einen schadet die großtechnische energetische Nutzung von Biomasse, insbesondere von Biomasse aus Wäldern und Energieanpflanzungen prinzipiell dem Klima. Hinzu kommt, dass die Kopplung der Wasserstoffherzeugung mit der Stromerzeugung aus Biomasse eine besonders verschwenderische Form der Energieumwandlung darstellt:

- 1) ***Die Stromerzeugung aus Biomasse hat zusammen mit der Herstellung von Biokraftstoffen (für den Verkehr) den größten Flächenverbrauch aller Formen der***

Stromerzeugung.

Photosynthese ist nämlich eine sehr ineffiziente Art, Sonnenstrahlung in Energie in der Form von Biomasse umzuwandeln. Auch bei der Umwandlung von Biomasse in Elektrizität gehen im Durchschnitt **zwischen 62 und 72 % der Energie verloren – und das sogar ohne den Energieverlust, der durch die Ernte, Verarbeitung und Transport von Biomasse erfolgt zu berechnen.** Ein Wärmekraftwerk oder eine effiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlage haben



deutlich weniger Energieverluste bei der Umwandlung. Die Optimierung des Wirkungsgrads erfordert jedoch eine Maximierung der Wärmeerzeugung auf Kosten der Stromerzeugung. Bei der Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff wird jedoch nur Strom benötigt, so dass es im Interesse der Unternehmen läge, die Wärmeerzeugung und dadurch auch die Gesamteffizienz zu minimieren.

- 2) Der IRENA-Bericht hebt hervor: "Derzeit entstehen erhebliche Energieverluste bei der Herstellung, dem Transport und der Umwandlung von Wasserstoff". Der [Britische Ausschuss für Klimawandel](#) – ein unabhängiges Gremium, das die britische Regierung berät – schätzt, dass bei der Umwandlung in Wasserstoff 26 % der Elektrizität verloren gehen. Wird der Wasserstoff in Brennstoffzellen gespeichert, gehen bei der Umwandlung in Strom weitere 40 % verloren. Auch bei der Umwandlung in Wärme kommt es zu Energieverlusten, wenn auch zu geringeren. Und schließlich muss der Wasserstoff in für die meisten Anwendungen verflüssigt oder in Ammoniak, Methanol oder flüssigen organischen Wasserstoff umgewandelt werden, was ebenfalls mit erheblichen Energieverlusten verbunden ist.

Vergleich von Waldbiomasse und Solarstrom in Deutschland

Die deutschen Wälder wandeln jedes Jahr etwa 1,85 % der einfallenden Sonnenstrahlung in chemische Energie um. Würde der gesamte jährliche Zuwachs eines Waldes zur Stromerzeugung geerntet, so entspräche der Stromertrag zwischen 0,52 und 0,7 % der Sonneneinstrahlung, also der ursprünglichen Energiequelle. Effiziente Wärmekraftwerke oder Kraft-Wärme-Kopplung würden diesen Wert auf maximal 1,48 % anheben.

Zu beachten ist, dass die Entfernung von 100 % des jährlichen Wachstums eines Waldes bedeutet, dass der Wald keinen Kohlenstoff mehr bindet, d. h., dass mehr Kohlendioxid aus der Verbrennung von z. B. Kohle in der Atmosphäre verbleibt und eine zusätzliche Erwärmung verursacht.

Im Vergleich dazu wandelt eine durchschnittliche Photovoltaikanlage in Deutschland etwa 18,5 % der Sonnenstrahlung in Strom um. In diesen Zahlen sind weder die Lebenszyklusemissionen enthalten, wie z. B. die Herstellung von Solarmodulen, die Ernte, die Verarbeitung und der Transport von Holz, noch die für den Bau eines Biomassekraftwerks erforderliche Energie.

Die Daten und die Methodik, auf denen diese Zahlen beruhen, sind im Anhang zu finden.

Am Ende der Umwandlungskette Biomasse - Elektrizität - Wasserstoff - Brennstoffzelle - Elektrizitätsendverbrauch gehen

also zwischen 83,1 und 87,6 % der in der Biomasse enthaltenen Energie auf diesem Weg verloren.

Auch das [Umweltbundesamt](#) schreibt zum Thema grüner Wasserstoff „Der

Einsatz von Strom aus Biomasse ist aus Effizienzgründen nicht sinnvoll“.

Gibt es konkrete Pläne, Biomasse für die Produktion von Wasserstoff zu verbrennen?

Biofuelwatch sind drei, möglicherweise vier solcher Vorschläge bekannt, vielleicht gibt es aber auch noch andere:

- **Wilhelmshaven, Deutschland:** Das Energieunternehmen [Onyx](#) prüft seit 2020 die Möglichkeit, sein Kohlekraftwerk in Wilhelmshaven auf Biomasse umzustellen. Onyx ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von Riverstone Holdings, dem [größten Aktionär von Enviva](#), dem weltweit größten Holzpellet-Hersteller. Umwelt-NGOs und Reporter dokumentieren seit Jahren, dass Enviva routinemäßig Holz aus abgeholzten, sehr artenreichen Küstenwäldern für die Herstellung von Pellets bezieht. Im Dezember 2021 legte der [Wilhelmshavener Hafen einen Entwurf für eine "Vision"](#) vor, wonach Biomassestrom aus einem umgebauten Onyx-Kohlekraftwerk zur Herstellung von "grünem Wasserstoff" verwendet werden soll. Dieser Vorschlag scheint im Zusammenhang mit dem Projekt "Grünes Wilhelmshaven" von Uniper zu stehen, dass ein ["Energy Hub"](#)

für den Import und die Produktion von grünem Wasserstoff in großem Maßstab" schaffen soll. Wilhelmshaven ist ein Nordseehafen mit einem Potential für bedeutenden Offshore-Wind. Es gibt keinen ersichtlichen Grund, ein Kohlekraftwerk auf Biomasse umzustellen, um mehr Wasserstoff zu produzieren – außer natürlich, um die Vermögenswerte und Geschäftsinteressen von Riverstone Holdings zu sichern.

- **Tasmanien:** Ein Start-up-Unternehmen namens HIF Global hat sich [erhebliche private Investitionen gesichert](#), um "grünen Wasserstoff" für den Verkehr zu produzieren. Das Unternehmen setzt vor allem auf die Windenergie für seine Wasserstoffproduktion – außer in Tasmanien. Dort hat HIF Global eine [Umweltgenehmigung für einen Elektrolyseur beantragt](#), der Strom aus einer in [Verbindung mit "biogenen Quelle", d.h. aus einem Biomassekraftwerk](#) beziehen soll. Wie oben dargelegt, ist die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff für

den Verkehr weit weniger effizient und damit verschwenderischer als die Umstellung auf Elektrofahrzeuge. Außerdem [erzeugt Tasmanien seinen gesamten Strom aus Wasserkraft und Windenergie](#). Es gibt deshalb keinen Grund, warum ein zusätzlicher Strombedarf nicht mit Wind- und Sonnenenergie statt mit Biomasse gedeckt werden könnte.

- **Estland:** Das estnische Energieunternehmen [Utilitas Group hat staatliche Unterstützung für den Bau eines Elektrolyseurs zur Versorgung neuer Wasserstoffbusse erhalten](#). Der Strom soll aus einem bestehenden Holzheizkraftwerk in Tallinn bezogen werden. Zumindest in der jetzigen Phase ist das Projekt klein und wird keine zusätzliche Holzverbrennung erfordern. Dennoch wird es Strom nutzen, der sonst ins Netz eingespeist werden würde. Das Ziel des Projekts – zu zeigen, dass Utilitas mittels Elektrolyse Wasserstoff für Busse erzeugen kann – ist jedoch äußerst fragwürdig, da Wasserstoffbusse weit weniger effizient sind als Elektrobusse (s.o). Die Verwendung von Strom aus Biomasse für diesen Zweck ist besonders verschwenderisch.

- **Gardanne, Frankreich:** In Gardanne wurde ein Kohlekraftwerksblock zu einem 150-MW-Holzbiomassekraftwerk umgebaut. Nach einem zunächst erfolglosen Versuch von E.ON und dann Uniper, diesen Kraftwerksblock mit Holz zu betreiben, haben die neuen Eigentümer, die EPH-Tochter GazelEnergie, ihn nach erheblichen Investitionen im [April 2022 erfolgreich in Betrieb genommen](#). [Satellitenbilder in Google Earth](#) zeigen große Mengen an Rundholz auf dem Gelände. Direkt neben dem Kraftwerk plant das deutsche Wasserstoff Start-up-Unternehmen [Hy2Gen](#) in Zusammenarbeit mit GazelEnergie die Entwicklung eines Wasserstoff-Elektrolyseurs, eines industriellen Holzvergasers und einer Produktionsanlage für alternative Flug- und Schiffskraftstoffe ("E-Kerosin" und "E-Methanol"). Die Holzvergasungsanlage soll zusätzlich 83.000 Tonnen Holz pro Jahr zur Herstellung von synthetischem Methan für Kraftstoffe, also nicht für Wasserstoff, verwenden. Der Elektrolyseur hingegen wird "lokalen erneuerbaren Strom" verwenden. Ob dieser aus dem Biomassekraftwerk Gardanne stammt, ist bislang nicht bekannt.

Wasserstofferzeugung aus Biomasse-Synthesegas und aus Biomethan:

Es werden zwei weitere Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse vorgeschlagen:

Dampfreformierung von Biomethan und Wasserstoffabscheidung aus Synthesegas.

Dampfreformierung von Biomethan (SMR):

Dieser Prozess umfasst drei verschiedene Schritte:

- a) *Anaerobe Behandlung (Vergärung) von Biomasse zur Erzeugung von Biogas:* Biogas wird in großem Umfang zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt. In der EU sind die wichtigsten Biogas-Einsatzstoffe Gülle, landwirtschaftliche Rückstände (vor allem Stroh) und Feldfrüchte, insbesondere Mais, aber auch andere Getreidearten, Grass (für Silage) und Zuckerrüben. Ein weiteres geeignetes Ausgangsmaterial sind Lebensmittelabfälle. Ein Nebenprodukt der Biogaserzeugung ist "Gärrest", ein nährstoff- und insbesondere stickstoffreicher Boden-Verbesserer.
- b) *Aufbereitung von Biogas zu Biomethan:* Biogas besteht hauptsächlich aus Methan und Kohlendioxid, enthält aber auch Stickstoff und geringe Mengen anderer Chemikalien sowie Wasserdampf. Daher eignet es sich beispielsweise nicht für Gasmotoren, LPG-Fahrzeuge oder zur Vermischung mit fossilem Gas in einem gemeinsamen Gasnetz. Für solche Anwendungen, muss das Biogas zu Biomethan aufbereitet werden. Dafür wird es von Spuren verschiedener Chemikalien bereinigt, und anschließend werden CO₂ und Methan getrennt. Einer Studie zufolge werden 44 % der im Biogas

enthaltenen Energie für die Aufbereitung zu Biomethan benötigt. Demnach ist für die Aufbereitung von mehr als 56 % der Biogasmenge ein externer Energieeinsatz erforderlich. Allerdings kann Biomethan dann effizienter in Nutzenergie umgewandelt werden als dies bei Biogas meist der Fall ist.

- c) *Dampfreformierung von Biomethan:* Schätzungsweise 80-85 % der weltweiten Wasserstoffherstellung erfolgt durch die Methan-Dampfreformierung. Das Verfahren wäre bei Biomethan dasselbe wie bei fossilem Gas: Wasser wird auf eine sehr hohe Temperatur erhitzt, und das Biomethan reagiert dann unter Verwendung eines chemischen Katalysators mit dem Wasserdampf. Dadurch wird das Biomethan zu Wasserstoff, Kohlenmonoxid (CO) und etwas CO₂ gespalten. Anschließend reagiert das verbleibende CO mit Wasserdampf mit Hilfe von Niedertemperaturwärme

und eines weiteren chemischen Katalysators um noch mehr Wasserstoff sowie CO₂ zu erzeugen. Am Ende werden CO₂ und Spuren anderer Chemikalien entfernt. Während dieses Prozess gehen weitere 74 % der Energie bei der Umwandlung verloren. Theoretisch könnte in diesem Stadium auch CO₂

abgeschieden und gespeichert werden, doch dies verschlechtert die Energiebilanz noch weiter. Außerdem könnten weniger als 15 % der CO₂-Emissionen während des gesamten Biomasse-Wasserstoff-Umwandlungszyklus tatsächlich gespeichert werden.

Es liegt auf der Hand, dass Wasserstoffproduktion aus Biogas eine weitere äußerst ineffiziente und



100 % der Energie im Biogas



56 % der Energie im Biogas



15 % der Energie im Biogasy



verschwenderische Art der Energiegewinnung aus Biomasse darstellt. Im Jahr 2020 veröffentlichte die britische Non-

Profit-Organisation Feedback Global einen Bericht, der auf einer gemeinsam mit Forschern der Universität Bangor durchgeführten Lebenszyklusanalyse basiert. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass nur eine sehr begrenzte Menge an Biogas und Biomethan mit den "Netto-Null"-Zielen der Regierungen vereinbar wäre, wenn man die indirekten Emissionen, z. B. aus der veränderten Landnutzung für Energiepflanzen, berücksichtigt. Es wäre deshalb wenig sinnvoll, einen erheblichen Teil der Energie aus der anaeroben Vergärung zur Erzeugung von Wasserstoff zu verwenden.

Wie die Autoren einer kürzlich durchgeführten Studie zeigen, entweicht aus der anaeroben Vergärung häufig erhebliche Mengen Methan. Weitere Methan-Leckagen treten auch bei der Aufbereitung zu Biomethan und bei der Lagerung von Gärresten auf. Technisch gesehen könnte das Austreten von Methan auf ein Minimum beschränkt werden. Allerdings sind in der EU und unseres Wissens auch anderswo keine Kontrollen oder Minderungsmaßnahmen vorgeschrieben.

Wasserstoffabtrennung aus Biomasse-Synthesegas:

Im Gegensatz zu den beiden oben genannten Technologien die aus

Biomasse Wasserstoff gewinnen befindet sich die

Wasserstoffabtrennung aus Biomasse-Synthesegas [laut dem Britischen Ausschuss für Klimawandel](#) noch in der „Forschungs- und Demonstrationsphase“. Bei der Vergasung wird ein Ausgangsmaterial wie etwa Holz hohen Temperaturen und einem kontrollierten Sauerstoffstrom ausgesetzt. Dabei entsteht ein "Synthesegas", das aus Wasserstoff, CO₂, Kohlenmonoxid, aber auch aus verschiedenen Verunreinigungen besteht, darunter Kohlenwasserstoffpartikeln, die Teer genannt werden. Die [Teerbildung](#) ist vielleicht die größte technische Herausforderung bei der Biomassevergasung. Wenn die Teerpartikel nicht aus dem Synthesegas entfernt werden, verstopfen oder korrodieren sie Kessel und Rohre.

Zudem muss das gesamte Synthesegas muss gekühlt und gereinigt werden, bevor es in Gasmotoren oder Turbinen

verwendet werden kann. Zur Erzeugung von Wasserstoff müsste das Synthesegas jedoch besonders hochgradig gereinigt werden, bevor der Wasserstoff von anderen Molekülen abgespalten und Kohlenmonoxid in CO₂ und zusätzlichen Wasserstoff umgewandelt werden kann. Der Britische Ausschuss für Klimawandel stellt fest: *"Es besteht weiterhin eine gewisse Unsicherheit darüber, ob die Biomassevergasung in großem Maßstab auf wirtschaftlich rentable Weise eingesetzt werden kann."* Er weist außerdem darauf hin, dass die Verwendung von nicht homogenen Rohstoffen eine zusätzliche Herausforderung darstellen würde. Saubere Holzpellets aus Baummonokulturen wären deshalb wohl ein "perfekter" Rohstoff, obwohl das Abholzen von Bäumen zur Energiegewinnung besonders klimaschädlich ist und das Ersetzen von Wäldern und anderen Ökosystemen durch Monokulturen auch der Artenvielfalt schadet.

Anhang:

Um den Fußabdruck von Strom aus Waldbiomasse mit dem von Solarstrom am Beispiel Deutschlands zu vergleichen, gehen wir vom derzeitigen jährlichen Zuwachs (d. h. dem jährlichen Holzzuwachs) in den Wäldern aus. Dieser wird [auf 9,3 m³ pro Hektar geschätzt](#), was [umgerechnet 7,61 grünen Tonnen Holz inklusive Rinde](#) entspricht, also dem Gewicht des frisch geschlagenen, noch nicht getrockneten Holzes. Wenn man davon ausgeht, dass [50 % des Gewichts dieses Holzes Wasser](#) sind, produziert ein Hektar Wald 3,805 trockene Tonnen Holz pro Jahr. Der durchschnittliche [untere Heizwert \(d. h. der Energiegehalt\) einer](#)

[Trockentonne Holz beträgt 5,3 MWh oder 19 GJ](#). Ein Hektar Wald erzeugt also 20,17 MWh Energie pro Jahr. Bei einem [Umwandlungswirkungsgrad von 28-38 %](#) liefert dieser Hektar zwischen 5,65 und 7,66 MWh Strom.

Zum Vergleich: Die durchschnittliche Sonneneinstrahlung (direkte Normalbestrahlung) in Deutschland liegt bei [1.088 MWh pro Hektar](#). Der Umwandlungswirkungsgrad von solarer Strahlungsenergie in Strom aus Biomasse liegt also zwischen 0,52 und 0,7. In der Realität ist er sogar noch niedriger, da bei diesen Zahlen der Energieaufwand für die Ernte, die Verarbeitung und den

Transport des Holzes nicht berücksichtigt wird.

Im Vergleich dazu erzeugt eine [durchschnittliche Photovoltaikanlage mindestens 200 MWh pro Hektar](#). Dies entspricht etwa 18,4 % der einfallenden Sonnenstrahlung. Diese Zahl liegt in dem [vom National Renewable Energy Laboratory in den USA angegebenen Bereich von 16-22 %](#).

Der wesentliche Grund für den extrem hohen Flächenbedarf von Biomasse-Energie ist die Tatsache, dass die gesamte Bioenergie auf der Umwandlung von Sonnenenergie durch Photosynthese beruht. Bei der

Photosynthese wird Sonnenenergie in chemische Energie (in Form von Kohlenhydraten) umgewandelt, damit Pflanzen und Blaualgen wachsen können. Allerdings wird fast die gesamte Energie und damit auch der Kohlenstoff, der bei der Photosynthese gebunden wird, bei der Atmung der Pflanzen wieder freigesetzt. Laut einer wissenschaftlichen Studie aus dem Jahr 2008 kann eine Pflanze (mit Ausnahme bestimmter C4-Pflanzen) theoretisch maximal 4,6 % der Sonnenenergie in Biomasse umwandeln, unter realen Bedingungen liegt der tatsächliche Wert jedoch weit darunter.

Dieser Bericht ist unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike-Lizenz lizenziert. Weitere Informationen finden Sie unter <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Biofuelwatch recherchiert und informiert über die Auswirkungen der großindustriellen Nutzung von Bioenergie Klima, Umwelt, Menschenrechte und Gesundheit.