Wasserstoff wird als Schlüsselelement für die Energiewende angepriesen. Ein großer Teil soll durch die H2-Produktion in Südamerika und Afrika ermöglicht werden. In Afrika und Südamerika sind aktuell große Projekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff geplant. Im Kongo soll ein Mega-Staudamm „Grand Inga"gebaut werden, der erhebliche Umweltprobleme verursacht. In Uruguay plant eine deutsche Firma ein Werk für grünen H2 mit Wasser aus einem unterirdischen Süßwassersystem. Von **Beate Taufer**.

Ein internationales Konsortium chilenischen Ursprungs will ganz in der Nähe synthetischen Treibstoff aus grünem Wasserstoff und Biomasse produzieren – auf der Basis von Süßwasser aus dem Rio Uruguay. Auch in Argentinien plant man eine H2-Produktion, in Kolumbien und Chile beginnen Pilotprojekte für Megatonnen an Wasserstoff – alle mit großem Süßwasserverbrauch.

Doch die Dürreperioden der letzten Jahre haben die Wasserreserven des Kontinents dramatisch reduziert, in Argentinien und Uruguay bestand ein mehrmonatiger Versorgungsnotstand für Großstädte. Auch die komplexen unterirdischen Süßwassersysteme Südamerikas, „Acuiferos" genannt, sind klimaabhängig und kein automatisch erneuerbarer Rohstoff.

Aufgrund dieser industriellen Aktivitäten stellen sich Fragen zu den Klimafolgen des verkündeten globalen Energiesystems auf der Grundlage von Wasserstoff, denn er würde zu einem großen Teil durch die H2-Produktion in Südamerika ermöglicht. Doch eine gesicherte wissenschaftliche Grundlage hinsichtlich des Klimanutzens und der möglichen Risiken einer solchen weltweiten Energie-Umstellung ist offenbar nicht vorhanden. Selbst der Klimarat IPCC der UNO erkennt an, dass sichere Klimavorhersagen nicht möglich sind und dass man Berechnungen auf der Grundlage von Modellen erstellt.

Zahlreiche Studien unterscheiden sich sowohl in den Berechnungsmodellen und den gewonnenen Daten als auch in den Interpretationen der Mechanismen, welche die Klimaschäden verursachen.

Als vorläufiges Ergebnis dieser Arbeit sei verdeutlicht: Eine globale Wasserstoff-Energieversorgung erfordert nicht nur „im Hinblick auf H2-Emissionen abgassichere, hermetisch dichte Technologien, sondern auch im Bezug auf andere Treibhausgase wie Kohlenmonoxid CO, Stickoxide NOx und flüchtige organische Komponenten VOC". Sie müssen weitgehend reduziert werden, ebenso wie Methan, denn die flüchtigen, schwer kontrollierbaren H2-Gase können in der Stratosphäre und Atmosphäre die Wirkung der Treibhausgase verstärken.

Ein Energiesystem mit Wasserstoff erfordert weltweite Veränderungen und Anpassungen. Werden sie vernachlässigt, können sich die Klimawirkungen verschlechtern statt verbessern. Die Warnungen zahlreicher Experten hinsichtlich der Wasserstoff-Emissionen müssen ernst genommen werden.

Gleichzeitig muss es um den Schutz der Lebensinteressen im Bereich der Trinkwasser- und Ernährungssicherheit (Landwirtschaft, Bewässerung) gehen.

Die Zertifizierung der Wasserherkunft und des festgelegten Verbrauchs

Vorgeschlagen wird an erster Stelle eine Zertifizierung der Wasserherkunft und des Wasserverbrauchs für H2-Produktionsanlagen durch eine unabhängige internationale Institution, als Voraussetzung für Genehmigungen. Gleichzeitig müsste gereinigtes Salzwasser zum vorrangigen (und dauerhaften) Rohstoff des H2 eingesetzt werden.

Die gegenwärtig noch bestehenden kritischen Umweltfolgen von Entsalzungsanlagen könnten mithilfe von bereits entwickelten elektrochemischen Verfahren stark reduziert werden.

Dafür gibt es in der Forschung Südamerikas (z.B. in Uruguay) hochentwickelte Technologien und neuartige Konzepte (kombinierte elektrokinetische Prozesse).

In anderen Teilen der Welt begannen Wissenschaftler ebenso einen intensiven Forschungswettlauf in Bezug auf diese Technologien. Auch in Projekten in Uruguay muss der Standard „beste verfügbare Technologie" umgesetzt werden. Die Qualität des gereinigten Wassers beeinflusst die Qualität des Wasserstoffs selbst – beide müssen gleichermaßen zertifiziert sein.

Die Zertifizierung und Wartung der verwendeten Technologien

Auch eine Zertifizierung der Klimasicherheit von neuen technischen Verfahrensweisen sowie die Anpassungen und Wartungen der bisherigen Energie-Infrastruktur sind insbesondere für die Übergangsphase hin zu dem geplanten globalen H2-Energiesystem wichtig. Denn verschiedene Energiequellen werden nebeneinander existieren, deren Technologien oder Materialien modernisiert werden müssen – und können. Wahrscheinlich wird sich jahrzehntelang ein gemischtes Energiemodell durchsetzen. Dafür ist der Einsatz aller technischen Möglichkeiten zur multifaktoriellen Klimaverbesserung notwendig.

Neue Forschungsergebnisse in Südamerika

Gerade auch bei der Verbesserung der Emissionssicherheit von Technologien, die traditionell bei fossilem Brennstoff (Naturgas) verwendet wurden, gibt es große Fortschritte – auch in der elektrochemischen Forschung in Lateinamerika.

Im „Globalen Süden" entwickelte Technologien, die darauf spezialisiert sind, Treibhausgasemissionen deutlich zu neutralisieren, sollten gleichberechtigt zum Einsatz kommen. Beispielsweise könnten in der chemischen und metallurgischen Industrie CO/CO2-Abgase durch Metall-Katalysatoren absorbiert und elektrochemisch in weniger schädliche und wiederverwertbare Verbindungen umgewandelt werden und vieles mehr.

Warum werden diese ungenutzten Verfahren nicht ebenfalls subventioniert und flächendeckend eingesetzt, um auf diese Weise den CO2-Gehalt der Atmosphäre zu reduzieren? Müssten sie nicht genauso vorrangig behandelt werden wie die Wasserstofftechnologie?

Das Recht des Globalen Südens auf die eigene Entwicklung

Das Recht der Länder des Globalen Südens auf Beteiligung an industriellen Entwicklungen im eigenen Land steht in dieser Umbauphase erneut im Vordergrund. Die Forschungsergebnisse und das technische Know-how von Experten der betroffenen Schwellenländer sind gleichberechtigt in die H2-Energieprojekte zu integrieren – anstatt sie durch die europäischen und US-amerikanischen Verfahren zu marginalisieren. Milliarden an Subventionsgeldern machen sie konkurrenzlos, obwohl die Forschungsergebnisse der Gastländer sie zum Teil an Qualität übertreffen können.

> „Sie sprechen von Milliardeninvestitionen in unserem Land – und bringen sogar ihre eigenen Windmühlen und Solarzellen mit."

Entsprechend müssten Forschung und Ausbildung im Bereich von Klimawissenschaften in den Gastgeber-Ländern durch die Wasserstoff-Investitionsprojekte finanziell gefördert werden – anstatt sie zu verdrängen. Die Arbeitskräfte der Länder des Globalen Südens sind vorrangig einzustellen, wenn sie das erforderliche technische Niveau mitbringen. Alles in allem kann und darf sich keine neuerliche Welle der Aneignung fremder strategischer Reserven unter dem Vorwand der Klimarettung durchsetzen.

Ist Wasserstoff ein Gas ohne Klimawirkung, also umweltneutral?

Euphorische (oder oberflächliche) Narrative über Wasserstoff als Allheilmittel können dazu

verführen, dass die technischen Voraussetzungen für eine Umweltsicherheit nicht konsequent genug umgesetzt werden. Wir hören oft: „Bei der Verbrennung von Wasserstoffgas entstehen keine Treibhausgase." Oder auch: „H2 ist ein klimaneutrales Gas." Durch solche tendenziösen Aussagen werden zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen außer Acht gelassen, die das Gegenteil bestätigen. Einige davon werden in diesem Text zitiert, um einen Eindruck von der Komplexität des Themas zu vermitteln.

Die Wechselwirkung von Wasserstoff mit Methan in der Atmosphäre

Eine Studie in der Fachzeitschrift Communications earth&environment berichtet: „Wasserstoff ist ein indirektes Klimagas, das Störungen von Methan, Ozon und stratosphärischem Wasserdampf und so drei starken Treibhausgasen hervorruft." Die Ozonschicht wird ungleichmäßig verteilt, der Wasserdampf verstärkt, Methan und Kohlenstoffe werden nicht abgebaut.

In einer ausführlichen Untersuchung im Auftrag der britischen Regierung (2022) mit dem Titel „Atmosphärische Auswirkungen von erhöhtem Wasserstoffverbrauch" findet man Erklärungen für die Schädlichkeit der Wasserstoffemissionen. Demnach verlängere Wasserstoff indirekt die Lebensdauer von Methangas in der Troposphäre, das als extrem starkes Treibhausgas gilt. Denn chemische Substanzen (Hydroxylradikale-OH) müssten sich dort oben mit dem Methan in einem natürlichen Reinigungsprozess verbinden, um es „unschädlich" zu machen. Doch sie reagieren stattdessen im Falle von wachsenden Mengen an Wasserstoffgasen mit den H2-Emissionen und verbrauchen sich selbst dabei. Das Methan verbleibt dadurch länger „ungestört" in der Erdumhüllung, die Methankonzentration steigt linear mit der Wasserstoffkonzentration an.

Ein Bericht von *National Geographic* (März 2023) bestätigt: „Wenn mehr als neun Prozent des erzeugten grünen Wasserstoffs in die Atmosphäre gelangen, würde die Methankonzentration in der Atmosphäre in den kommenden Jahrzehnten zunehmen und einige der Klimavorteile durch den Verzicht auf fossile Brennstoffe zunichte machen."

Laut einer Studie der Stanford University in „Environmental Research Letters" hat Methan über einen Zeitraum von 100 Jahren eine 28-mal stärkere Treibhauswirkung als Kohlendioxid (CO2), über 20 Jahre gerechnet ist die Wirkung sogar 86-mal stärker. Auch der Klimarat der UNO bestätigt, dass Methan 84-mal so schädlich wie CO2 sei. Auch diese Ergebnisse entsprechen einem theoretischen Modell, um nachzuweisen, dass die Eigenschaften von Methan weit klimaschädlicher sind als die von CO/CO2, unabhängig von den in der Atmosphäre vorhandenen jeweiligen Mengen.

Ist der Umfang der jeweiligen Klimagase im Rahmen des Gesamtvolumens der oberen Erdumhüllungen also nicht zumindest der zweite, entscheidende Faktor, der eine Wirkung als Treibhausgas definiert? Gibt es darüber einen Konsens?

Wenn Methan eine so weit stärkere Erwärmungswirkung als CO/CO2 vorweist, steht das dann nicht im Widerspruch zu dem bisher vom UN-Klimarat IPCC proklamierten, wissenschaftlichen Eckpfeiler über die zentrale Klimarolle von CO/CO2? Auch hierüber gibt es unterschiedliche Meinungen.

Die Wechselwirkung von Wasserstoffabgasen mit Kohlenstoffen (CO/CO2) in der Atmosphäre

CO ist ein Treibhausgas, das 300-mal schädlicher ist als CO2. Im Fall von unkontrollierten Entweichungen kann es tödlich wirken. Es stammt z. B. aus Industrie- und Verkehrsabgasen oder entsteht bei Waldbränden, die in den letzten Jahren CO-Emissionen in Rekordhöhe verursachten (eine Tatsache, die kaum erwähnt wird).

Die chemische Reaktion mit OH-Radikalen in der Atmosphäre verwandelt CO auf natürlichem Weg in CO2. Bei steigenden Wasserstoffemissionen in einem globalen H2-Energiesystem würde dieser Prozess jedoch gebremst – ähnlich wie bei Methan. Das Kohlenmonoxid würde mit seinem starken Treibhauseffekt in der Atmosphäre verbleiben, wo die Akkumulation „frischer" CO-Gase die Klimawirkung dominiere.

Die Bedeutung von Senken, die mehr als 80 Prozent des globalen CO/CO2 eliminieren

Das Kohlendioxid kann in der Atmosphäre nicht durch die OH-Radikale zersetzt werden. Es verschwindet von dort nur noch mittels der Absorbtionsprozesse der Ozeane und durch die Pflanzenwelt und Bakterien der Erdoberfläche (Senken).

Deshalb reicht die Umstellung auf eine H2-Wirtschaft nicht aus, solange riesige Waldflächen verbrannt, die Ozeane verseucht oder Bakterien auf produktiven Böden durch Agrochemikalien abgetötet werden. Wenn weiterhin Senken zerstört werden, wird die natürliche Aufnahme der globalen CO2-Massen abnehmen. Das kann die gewünschten Auswirkungen einer H2-Energiewirtschaft zunichte machen. Folglich gibt es einen starken wissenschaftlichen Trend zur Erforschung von Verfahren zur Erneuerung und Verbesserung der weltweiten CO/CO2-Senken und Techniken zur Entfernung von CO2 aus der Luft.

Vergleich der Schädlichkeit von H2-Emissionen mit der von CO2-Emissionen

Offenbar besteht eine der ungelösten Fragen der Wissenschaft im Vergleich des Erwärmungspotenzials (GWP) von Wasserstoff-Abgasen und Kohlenstoff-Abgasen. Eine sichere Datengrundlage wäre notwendig, um die Erfolge oder Misserfolge der Energiewende überhaupt messen zu können. Dabei spielen Berechnungsmodelle eine wichtige Rolle.

„Die Umrechnung der vollen atmosphärischen Strahlungswirkung von Wasserstoff in Maßeinheiten, und der Vergleich mit der Strahlungswirkung von Kohlenstoffdioxid (CO2) und Methan zeigt, dass die indirekte (atmosphärische) Erwärmungskraft von Wasserstoff pro Maßeinheit etwa 200-mal so hoch ist wie die von Kohlenstoffdioxid, und größer als die von Methan" (Forster et al., 2021).

Andrea Lübcke von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) sagt: „Über einen Zeitraum von 20 Jahren ist die indirekte Klimawirkung von Wasserstoff 33-mal größer als die Klimawirkung von Kohlendioxid."

Zahlreiche wissenschaftliche Teams legen solche alarmierenden Zahlen vor. Wie können wir sie interpretieren, ohne eine extreme Zunahme der Erderwärmung bei vermehrten H2-Abgasen zu befürchten? Doch unterschiedliche Modelle führen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Gibt es eine standardisierte Berechnungsformel?

Das Ausmaß von CO2 und Wasserdampf in der Gesamtmenge der Treibhausgase

In vielen Berechnungsmodellen wird CO2 als Referenz verwendet, um die Auswirkungen anderer Gase zu messen. Es gilt als das wichtigste Treibhausgas, da es mit mehr als 70 Prozent an Wärmeaufnahme wie eine Barriere gegen die Wärmeentweichung ins Weltall wirke. Manche Wissenschaftler:innen ordnen jedoch dem Wasserdampf und den Wolken zu ungefähr 70 Prozent den Treibhauseffekt zu, während CO2 einen Anteil von ungefähr 20 bis 30 Prozent habe. Jedes Gas hat unterschiedliche Absorptionseigenschaften. Welches Modell kommt der Realität am nächsten?

Einige Experten konzentrieren sich vorrangig auf die chemischen und geologischen Prozesse der Erde. Sie führten aufgrund häufigerer Erdbeben und Vulkanausbrüche zu einem wachsenden Ausstoß von natürlichem Wasserstoff in die Atmosphäre. Ursache seien die wechselnden Gravitationskräfte von Mond und Sonne, die verstärkt Spannungen der Erdkruste auslösten. Insbesondere der Ausbruch des Vulkans Hunga Tonga – Hunga Ha'apai im Januar 2022 im Südpazifik ist ein Beispiel dafür, bei dem Megatonnen von Wasserdampf in die Stratosphäre geschleudert wurden. Man berechnete, dass diese Katastrophe zu einem Anstieg der Erdtemperatur in den nächsten fünf Jahren beiträgt.

Auch die H2-Entweichungen verwandeln sich durch die Reaktion mit den OH-Radikalen in der Atmosphäre in Wasserdampf. Auf der Erdoberfläche kann mit manchen H2-Technologien ebenfalls Wasserdampf entstehen. So zum Beispiel bei der Vervielfachung von Festoxid-Brennstoffzellen zur Energieerzeugung im großem Maßstab bei einer dynamischen, weltweiten H2-Nutzung. Der Einfluss auf das Klimageschehen hängt vom Umfang dieser Emissionen ab. Laut einer Studie über die Klimawirkung der von Menschen verursachten Dampfentweichungen verbleiben sie allerdings weit unterhalb des natürlich produzierten Volumens, wie z. B. durch die Verdampfungsprozesse der Ozeane. Wobei die künftige H2-Dynamik einen noch unbekannten Faktor darstellt.

Verschiedene wissenschaftliche Modelle und unterschiedliche Ergebnisse

Offenbar hat man sich in der Wissenschaft noch nicht darauf geeinigt, welchen Prozentanteil die einzelnen Treibhausgase in der gesamten Atmosphäre einnehmen, unabhängig davon, ob sie natürlichen oder künstlichen Ursprungs sind, also vom Menschen verursacht. Das betrifft besonders die Konzentrationsmengen von CO/CO2, deretwegen die Energiewirtschaft der Erde tiefgreifend verändert werden soll.

Die Klimaeffekte von H2 sind indirekt und daher mit größerer Unsicherheit behaftet. In der Schlussbemerkung einer Studie warnen die Autoren: „Wir schätzen, dass die Unsicherheiten bei den Messungen etwa 40 Prozent für GWP100, 60 Prozent für GTP100 und 70 Prozent für GTP100 betragen. Diese typischen Unsicherheiten in den Berechnungsmodellen übertragen sich direkt auf eine ebenso unsichere Kohlenstoffberechnung. Aus diesem Grund sind Atmosphärenmodelle mit eingegrenzten Standardkriterien und ein zuverlässiges Beobachtungsnetzwerk erforderlich, um sichere Schätzungen des Klimanutzens von Wasserstoff zu erhalten."

Welches der verschiedenen Modelle dient als Grundlage für weitreichende umweltpolitische Entscheidungen in der Energiefrage?

Der Beitrag soll als Arbeits- und Diskussionsdokument dienen und richtet sich deshalb auch an Experten, die sich mit dem Thema beschäftigen. An sie geht die Bitte um Mithilfe bei der Klärung der offenen Fragen.

Dieser Artikel erschien zuerst auf Amerika21.

Titelbild: Shutterstock / GN.Studio

Mehr zum Thema:

Stimmen aus Lateinamerika: Grüner Wasserstoff, die neue falsche Lösung

Lateinamerika und die Galeeren des grünen Kapitalismus

Chile: Die neokoloniale Seite der Energiewende