

Sozial-ökologische Risiken der Wasserstoffproduktion

# Wasserstoffzukünfte: Gerecht oder riskant?

Die Produktion von grünem Wasserstoff im Globalen Süden ist mit sozial-ökologischen Risiken verknüpft. Zwei Bereiche – Energiesysteme und Wasserversorgung – sind besonders vulnerabel. Eine gerechte Wasserstoff-Governance muss hierauf Antworten entwickeln.

Von Franziska Müller, Tobias Kalt, Jenny Simon und Johanna Tunn

**G**rüner Wasserstoff aus dem Globalen Süden soll für die Dekarbonisierung energieintensiver Industriezweige eine Schlüsselrolle spielen. Es wird erwartet, dass der globale Markt für die Wasserstoffproduktion bis 2030 jährlich um bis zu 9,2% wächst. Gemäß der deutschen Wasserstoffstrategie sollen 50 bis 70% des für eine Wasserstoffökonomie anvisierten Bedarfs von 95 bis 130 TWh importiert werden. Damit gehen zahlreiche Risiken einher. Aufgrund des enormen Land-, Wasser- und Energiebedarfs ist eine durch Großprojekte strukturierte globale Wasserstoffökonomie anfällig für eine Reproduktion extraktivistischer Muster (Kalt et al. 2023). Darunter fallen *enclosures*, die Einhegung von Ressourcen, *externalization*, die Auslagerung von sozial-ökologischen Kosten und Klimaverantwortung in periphere Gebiete sowie *exclusion*, der Ausschluss zivilgesellschaftlicher Akteure aus Entscheidungsprozessen (Peek/Prinsloo 2019). All diese Muster verschärfen Umweltungerechtigkeiten (Bullard 1996).

Unsere sozial-ökologische Risikoanalyse zeigt für 28 Länder, mit denen unterschiedlich intensive Wasserstoffkooperationen

bestehen, inwieweit mit der Grünwasserstoffproduktion Umweltungerechtigkeiten verbunden sein können. Für den Globalen Süden sind solche sozial-ökologischen Risiken bisher kaum untersucht. Unsere Analyse beruht auf einem aggregierten Datensatz, der geophysische, sozio-ökonomische, politische und zivilgesellschaftliche Daten (International Energy Agency, Weltbank, Aid Atlas, EJ Atlas) verknüpft (Tunn et al. 2024).

## Energiesysteme

Die Produktion von grünem Wasserstoff basiert auf erneuerbaren Energiequellen. Für die bis 2050 bilanzierte jährliche Herstellung von etwa 500 Millionen Tonnen grünem Wasserstoff wären rund 22.000 TWh Ökostrom erforderlich – fünfmal mehr als der jährliche Stromverbrauch der Vereinigten Staaten (Kane/Gil 2022; Reuters 2022).

Die Kreuztabelle zeigt: Wenn erneuerbare Energien der Bevölkerung nur begrenzt zur Verfügung stehen, weil Energiearmut herrscht, kann die Grünwasserstoffproduktion Konkurrenz zwischen privaten und industriellen Verbraucher/innen über die Energienutzung forcieren. Eine exportorientierte Produktion von grünem Wasserstoff würde dann bedeuten, dass Investitionen in Energieinfrastrukturen vorrangig der Wasserstoffproduktion dienen und nicht einem verbesserten Zugang zu moderner sauberer Energie für die breite Bevölkerung. Dies würde fossile (Import-)Abhängigkeiten aufrechterhalten. Solche *lock-ins* würden das Ziel, den Zugang zu sauberer Energie zu verbessern (SDG 7.1), konterkarieren.

Nur wenn ein grüner Energiemix und eigene Energieerzeugung hinreichend vorliegen, lässt sich dies verhindern – zumindest, wenn wirksame Erneuerbare-Energien-Politiken vorhanden sind.

## Wasserversorgung

Für die H<sub>2</sub>-Produktion sind erhebliche Mengen an Trinkwasser – 9 l pro kg H<sub>2</sub> – erforderlich. In Ländern wie Namibia, Angola, Saudi-Arabien und den Emiraten liegt jedoch oft Wasserknappheit vor. Gemäß Falkenmark-Wasserstress-Indikator leidet ein Land unter Wasserknappheit, wenn die jährlichen Wasserressourcen unter 1.700 m<sup>3</sup> pro Person

	Anteil erneuerbarer Energien im Energiemix < 40%		Anteil erneuerbarer Energien im Energiemix > 40%
Nationale Energieerzeugung > 50%	Algerien	Niger	Angola
	Benin	Nigeria	Brasilien
	Burkina Faso	Oman	Ghana
	Côte d'Ivoire	Saudi-Arabien	Guinea
	Demokratische Republik Kongo	Sierra Leone	Kenia
	Ägypten	Südafrika	Liberia
	Guinea-Bissau	Togo	Mali
Nationale Energieerzeugung < 50%	Mauretanien		Kapverden
	Marokko		Gambia
	Tunesien		Namibia
			Senegal

Abbildung 1: Mögliche fossile Lock-ins in der Grünwasserstoffproduktion.

Quelle: Tunn et al. 2024

und Jahr fallen. Algerien, Ghana, Namibia, Niger und Senegal erleben bereits periodische oder räumlich begrenzte Wasserknappheit, während Ägypten, Burkina Faso, Kenia, Marokko und Südafrika von ganzjähriger Wasserknappheit betroffen sind. Wassernotstand, die absolute Unfähigkeit, die menschliche und ökologische Nachfrage nach Wasser zu befriedigen, tritt ein, wenn die Menge unter 500 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr fällt, was in Oman, Saudi-Arabien, Angola und Tunesien der Fall ist.

In Ländern wie Namibia, Saudi-Arabien, Südafrika, Australien und den Emiraten muss Wasser für H<sub>2</sub>-Produktion durch Meerwasserentsalzung gewonnen werden. Für jeden Liter Wasser, der durch Entsalzung gewonnen wird, fallen etwa 1,5 Liter mit Chlor, Kupfer und Anti-Schaumbildnern kontaminierte Flüssigkeit an (Jones et al. 2019); weltweit beläuft sich dies auf 51,8 Milliarden Kubikmeter Sole pro Jahr. Ohne effiziente und umfassende Abwasserbehandlungspläne besteht das Risiko, dass toxische Rückstände und Salzlake ins Meer gelangen und die Meeresökosysteme belasten (Omerspahic et al. 2022). Dies zeigt nicht nur, dass der Zugang zu sicher aufbereitetem Wasser begrenzt ist, sondern auch, wie groß die Gefahr von Wasserkonflikten ist, wenn Entsalzungsanlagen wie geplant ausgebaut werden.

## Wasserstoffgerechtigkeit und Wasserstoffgovernance

Das Konzept der Wasserstoffgerechtigkeit (*hydrogen justice*) adressiert sechs Dimensionen, entlang denen sich eine gerechte und sozial-ökologisch nachhaltige Wasserstoffproduktion verwirklichen lässt (Müller et al. 2022). Es weist Parallelen zu anderen sozial-ökologischen Indikatorensystemen auf, erweitert diese aber um den Blick auf historische und postkoloniale Aspekte.

Eine gerechte und nachhaltige Wasserstoffgovernance muss auf die benannten Risiken reagieren. Es gilt, Wasserstoffgerechtigkeit entlang der gesamten Lieferkette sicherzustellen und den deutschen und europäischen Anlagenbau auf das Lieferkettengesetz zu verpflichten. Multilaterale Kooperationen und Standards, etwa vereint unter dem Dach der International Renewable Energy Agency, könnten den Weg weisen.

### Literatur

- Bullard, R. D. (1996): Environmental Justice: It's More Than Waste Facility Siting. In: Social Science Quarterly 77: 493–499.
- Jones, E./Qadir, M./Van Vliet, T. H./Smakhtin, V./Kang, S. (2019): The state of desalination and brine production: A global outlook. In: Science of the Total Environment 657: 1343–1356. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.076
- Kalt, T./Simon, J./Tunn, J./Hennig, J. (2023): Between green extractivism and energy justice: competing strategies in South Africa's hydrogen transition

### Hydrogen Justice

**Prozedurale Gerechtigkeit:** Wer gestaltet die neuen Wasserstoffpartnerschaften, wie partizipativ und transparent sind sie? Welche Akteure sind (nicht) beteiligt?

**Verteilungsgerechtigkeit:** Wie sind Kosten und Nutzen entlang der Wertschöpfungskette verteilt? Entsteht ein neuer Wettbewerb um grüne Ressourcen?

**Anerkennungsgerechtigkeit:** Wessen Interessen und Bedürfnisse werden in Wasserstoffstrategien/-governance/-projekten mitbedacht?

**Rationale Gerechtigkeit:** Inwieweit interveniert die Grünwasserstoffproduktion in Mensch-Wasser-Beziehungen?

**Restorative Gerechtigkeit:** Inwieweit könnten Wasserstoffökonomien existierende Ungleichheiten vertiefen, z. B. Landkonflikte oder unfaire Arbeitsbedingungen?

**Epistemische Gerechtigkeit:** Wie wird mit Energiewissen umgegangen? Finden Wissenstransfers statt?

Abbildung 2: Dimensionen der Wasserstoffgerechtigkeit.

Quelle: Müller et al. 2022.

- in the context of climate crisis. In: Review of African Political Economy 50: 302–321. DOI: 10.1080/03056244.2023.2260206
- Kane, M. K./Gil, S. (2022): Green Hydrogen: A key investment for the energy transition, World Bank. <https://blogs.worldbank.org/ppps/green-hydrogen-key-investment-energy-transition>.
- Müller, F./Tunn, J./Kalt, T. (2022): Hydrogen justice. In: Environmental Research Letters 17/11: 115 006. DOI: 10.1088/1748-9326/ac991a
- Omerspahic, M./Al-Jabri, H./Siddiqui, S. A./Saadaoui, I. (2022): Characteristics of desalination brine and its impacts on marine chemistry and health, with emphasis on the Persian/Arabian gulf: a review. In: Frontiers in Marine Science 9/2022: 845113. DOI: 10.3389/fmars.2022.845113
- Peek, B./Prinsloo, J. (2019): Learning and teaching: reflections on an environmental justice school for activists in South Africa. In: Environmental Justice, Popular Struggle and Community Development: 135–152. DOI: 10.1332/policypress/9781447350835.003.0009
- Reuters (2023): U.S. power use to rise in 2022 as economy keeps growing – EIA, Reuters, 2022. [www.reuters.com/business/energy/us-power-use-rise-2022-economy-keeps-growing-eia-2022-06-07](https://www.reuters.com/business/energy/us-power-use-rise-2022-economy-keeps-growing-eia-2022-06-07)
- Tunn, J. et al. (2024, i.V.): Mapping hydrogen risks: a justice-centred analysis of socio-ecological impacts and extractivist patterns in the Global South. Working Paper, Universität Hamburg.

### AUTOR/INNEN + KONTAKT

**Prof. Dr. Franziska Müller** ist Juniorprofessorin für Globalisierung und Governance der Klimapolitik an der Universität Hamburg.

Universität Hamburg, Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Politikwissenschaft, Allende-Platz 1, 20146 Hamburg.  
E-Mail: [franziska.mueller@uni-hamburg.de](mailto:franziska.mueller@uni-hamburg.de)

Der Artikel ist unter Mitarbeit von **Tobias Kalt**, **Jenny Simon** und **Johanna Tunn** entstanden, die an der Universität Hamburg zu Wasserstoffzukünften, Klima- und Energiegerechtigkeit, Politischer Ökonomie und Energiekolonialismus forschen.

