

FAKTOREN FÜR DIE ENTSTEHUNG EINES INTERNATIONALEN WASSERSTOFFMARKTES

Barbara Dröschel (Autorin), Eva Hauser, Henrik Mantke, Benjamin Zeck (Co-Autor*innen)

IZES gGmbH, Altenkesseler Str. 17, D-66115 Saarbrücken, Phon: +49 681 - 844 972 52,

Fax: +49 681 761 799 9, droeschel@izes.de, <https://www.izes.de/>

Kurzfassung: Die EU will bis 2030 10 Mio t „erneuerbaren“ Wasserstoff selbst produzieren und nochmals so viel importieren. [1] Doch woher sollen solch bedeutende Mengen „grünen“ Wasserstoffs in so kurzer Zeit kommen? Laut IEA betrug der weltweite H₂-Verbrauch 2022 lediglich 95 Mt. Davon waren gerade einmal 0,7 % „emissionsarmer“ Wasserstoff. [2]

Um mögliche H₂-Exportländer zu identifizieren und herauszufinden, wie ein nachhaltiger Ausbau der H₂-Produktion durch ein effektives Zusammenspiel endogener Entwicklung und passender Rahmenbedingungen vorangebracht werden kann, hat das IZES in Saarbrücken (DE) vom deutschen Ministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ein Forschungsprojekt („Global H₂-Upscaling“, FKZ 03E11046) erhalten. Dieses wird zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), bis Ende 2024 umgesetzt.

Im Projekt „Global H₂-Upscaling“ haben wir weltweit Länder identifiziert, die bereits Wasserstoffstrategien verabschiedet haben, entsprechende Projekte voranbringen und als Beispiel für andere Länder dienen können. Zur Bewertung der Erfolgsaussichten der Länderstrategien und ihrer jeweiligen H₂-Produktionskerne bedienen wir uns sozioökonomischer Ansätze der Innovationsforschung zur Erarbeitung eines Kriteriensets zur Bewertung der Erfolgsaussichten der H₂-Projekte. Diese analysieren wir anhand zweier vertiefter Länderanalysen (teils vor Ort) und anhand weiterer Gespräche mit Akteur*innen aus Regierung, Industrie, Forschung und NGOs zu den von ihnen wahrgenommenen Erfolgsfaktoren. Wir konnten im Rahmen des Projekts auch zwei internationale Workshops mit Vertreter*innen aus der Wasserstoffwirtschaft weltweit durchführen, deren Grundlage die von uns zur Marktentstehung entwickelten Forschungshypothesen bildeten

Keywords: „grüner“ Wasserstoff, Indikatorenansatz, Kriterienset, Forschungshypothesen für Marktentwicklung

1 TIS-Analyse als methodischer Ansatz

Zur Analyse der Erfolgsfaktoren für den H₂-Ausbau verwenden wir die Technical-Innovation-System (TIS) – Analyse. Diese bietet einen Evaluierungsansatz für sozio-technische Systeme, die auf den Erfolg verschiedenster Innovationen angewiesen ist, um ein übergreifendes Ziel erreichen zu können. Anhand der Analyse sog. Funktionen und funktionaler Dynamiken wird eruiert, ob die hierfür wesentlichen Voraussetzungen gegeben sind. Im Fokus stehen dabei sieben Funktionen, die wiederum von (gesellschaftlichen) Akteuren, Netzwerken und Institutionen beeinflusst und geprägt werden. [3] Im Rahmen dieses Symposiums beschäftigt sich ein weiterer Beitrag des IZES aus dem gleichen Projekt (Kasper/ Hauser 2024) mit dem TIS im Feld Wasserstoff am Beispiel der Südafrikanisch-Deutschen Energiepartnerschaft, auf den für die detaillierte Beschreibung der TIS-Methode verwiesen wird.

2 Die Auswahl der detailliert zu untersuchenden Länder

Zu Beginn des Projekts wurden per Desktop-Recherche und mit Unterstützung der GIZ Informationen über bereits bestehende und geplante Wasserstoffprojekte (wir nennen sie Produktionskerne) und -strategien in Ländern des globalen Südens sowie Asiens zusammengetragen. Die recherchierten Daten flossen in ein indikatorbasiertes Bewertungsschema ein, auf dessen Grundlage zwei Länder mit vielversprechenden Entwicklungen hinsichtlich der Skalierung von Wasserstoffkernen innerhalb der Projektlaufzeit ausgewählt wurden. Dort wurden auch vertiefte Gespräche vor Ort geführt. Zu den untersuchten Ländern zählten in Afrika Äthiopien, Kenia, Marokko, Namibia, Südafrika und Tunesien, in Asien China, Indien, Thailand und Vietnam und in Lateinamerika Argentinien, Brasilien, Chile, Kolumbien, Costa Rica und Mexiko. Im Nahen Osten wurde außerdem Jordanien betrachtet.

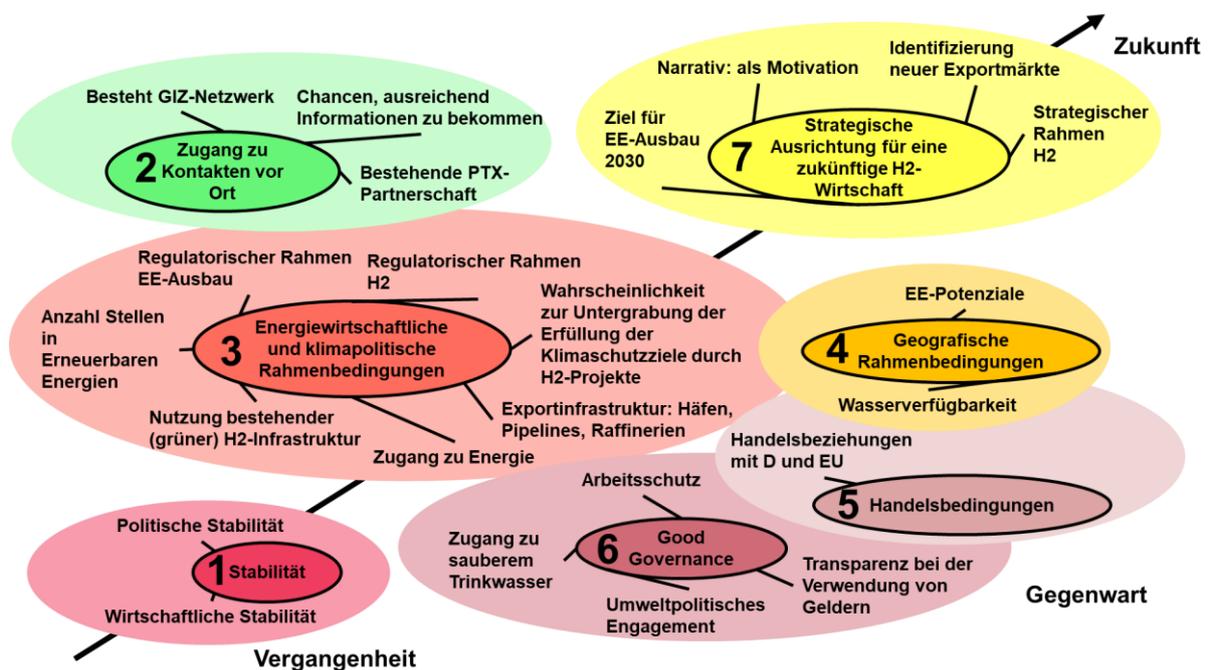


Abbildung 1: Indikatoren und Unterindikatoren, die zur Bewertung der Länderaktivitäten im Bereich H2 angewendet wurden (Quelle: eigene Darstellung)

Für das Bewertungsschema wurden 7 Hauptindikatoren mit insgesamt 23 Unterindikatoren erarbeitet (s. Abbildung 1). Dazu gehörten Indikatoren, die sich auf die Vergangenheit, die Gegenwart und die mögliche zukünftige Entwicklung bezogen. Die langfristige politische und wirtschaftliche Stabilität (1) erschien bedeutend, da für eine verlässliche Wasserstoffpartnerschaft stabile Rahmenbedingungen als ein wichtiger Faktor für deren Erfolg angesehen wurde.

Für die Analyse der gegenwärtigen Situation, die von Januar bis Juli 2022 durchgeführt wurde, wurden eine Reihe weiterer Indikatoren herangezogen. Dazu gehörte der Zugang zu Kontakten vor Ort (2), der durch unseren Projektpartner GIZ gewährleistet wurde, u.a. über die sog. PTX-Partnerschaften der GIZ. Als weiterer Indikator wurden die energiewirtschaftlichen und klimapolitischen Rahmenbedingungen (3) berücksichtigt. Dazu zählten etwa die aktuellen Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien (EE), die sich z.B. über die Anzahl der Stellen im Bereich EE und das regulatorische Umfeld für EE und „grünen“ Wasserstoff abschätzen ließen. Wichtig erschien hier auch, ob es bereits Infrastrukturen für Erzeugung und Export von

(grünem) Wasserstoff gab. Der Zugang der Bevölkerung zu Energie (SDG 7) sowie die Möglichkeit, dass die geplanten H₂-Aktivitäten die eigenen klimapolitischen Ziele durch eine stark auf Export ausgelegte Wasserstoffwirtschaft schwächen könnten, flossen ebenfalls in die Wertung ein. Ein weiterer Indikator waren die geographischen Rahmenbedingungen (4) mit den EE-Potenzialen für die Stromerzeugung und der Wasserverfügbarkeit für die Wasserstoffherstellung. Die aktuellen Handelsbedingungen (5) der untersuchten Länder mit Deutschland und der EU sollten zeigen, wie stark die betroffenen Länder bereits heute in den Handel mit Deutschland und der EU eingebunden sind. Sie könnten damit Anhaltspunkte für den künftigen Ausbau und Erfolg eines internationalen H₂-Handels bieten. Auch die Governance-Strukturen der Länder (6) erschienen als wichtige Basis für den Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft. Hierunter wurden der Arbeitsschutz, die transparente Verwendung von Geldern und das umweltpolitische Engagement der Länder sowie der Zugang der Bevölkerung zu sauberem Trinkwasser (SDG 6) gefasst.

Für die zukünftige Entwicklung wurde die strategische Ausrichtung bezogen auf eine Wasserstoffwirtschaft (7) berücksichtigt. Die meisten untersuchten Länder hatten bereits sog. H₂-Roadmaps oder -Strategien verabschiedet. Einige hatten bereits Pläne für die Konkretisierung ihrer Narrative erarbeitet. Ein weiterer Unterindikator war die Identifikation von Wasserstoff und dessen Derivaten als neuer Exportmarkt, auch zur Belieferung Deutschlands und der EU. Da im Sinne der EU und Deutschlands vorrangig auf den Import von „grünem“ H₂ abgezielt wird, wurde auch das Ausbauziel für erneuerbare Energien bis 2030 als relevanter Unterindikator eingeführt.

Wir haben in unserem Indikatorenset bewusst H₂-spezifische Indikatoren und solche zusammengebracht, die allgemeine Rahmenbedingungen abbilden. Zu den H₂-spezifischen zählen die „strategische Ausrichtung für eine zukünftige H₂-Wirtschaft“, die „geographischen“ sowie die „energiewirtschaftlichen und klimapolitischen Rahmenbedingungen“. Die „Handelsbeziehungen“, die „Good Governance“ sowie die „Stabilität“ stellen hingegen allgemeinere Aspekte dar.

Die vertieft zu analysierenden Länder mit vielversprechenden H₂-Produktionskernen greift auf globale Indizes wie z.B. RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy), Aqueduct Baseline Water Stress oder den Fragile States Index zurück. Aus dem Bereich der internationalen Studien diente z.B. der Bericht von Irena zu Arbeitsplätzen im Erneuerbaren-Sektor als Datengrundlage.

Jeder Unterindikator wurde mit einer fünfstufigen Skala von 0-4 versehen. Nach dieser Skalierung wurden und werden die Indikatoren aller Produktionskerne und Länder einem individuellen Ranking unterzogen. In allen Fällen stellt Stufe 0 der Skala die schlechteste und Stufe 4 die beste Bewertung dar. Einzig die Indikatoren, die unter den Hauptindikator „Zugang zu Kontakten vor Ort“ fielen, wurden als Ausschlusskriterium bestimmt, da ohne verlässliche Informationen keinerlei Wissen bzgl. des Modellcharakters der H₂-Kerne generiert werden kann.

Die Skalenstufen sind damit dergestalt konzipiert, dass sie zugleich als Punktwertung für das jeweilige Land dienen. Zum Vergleich der Länder wurde für jedes Land einzeln die Summe der Bewertungen auf der Skala über die 23 Indikatoren hinweg gebildet. Eine Ausnahme bildeten die Hauptindikatoren „Strategische Ausrichtung für eine zukünftige H₂-Wirtschaft“ und „Geografische Rahmenbedingungen“, die als besonders wichtig erachtet und deshalb doppelt gewichtet wurden. So konnte maximal eine Punktezahl von 104 erreicht werden.

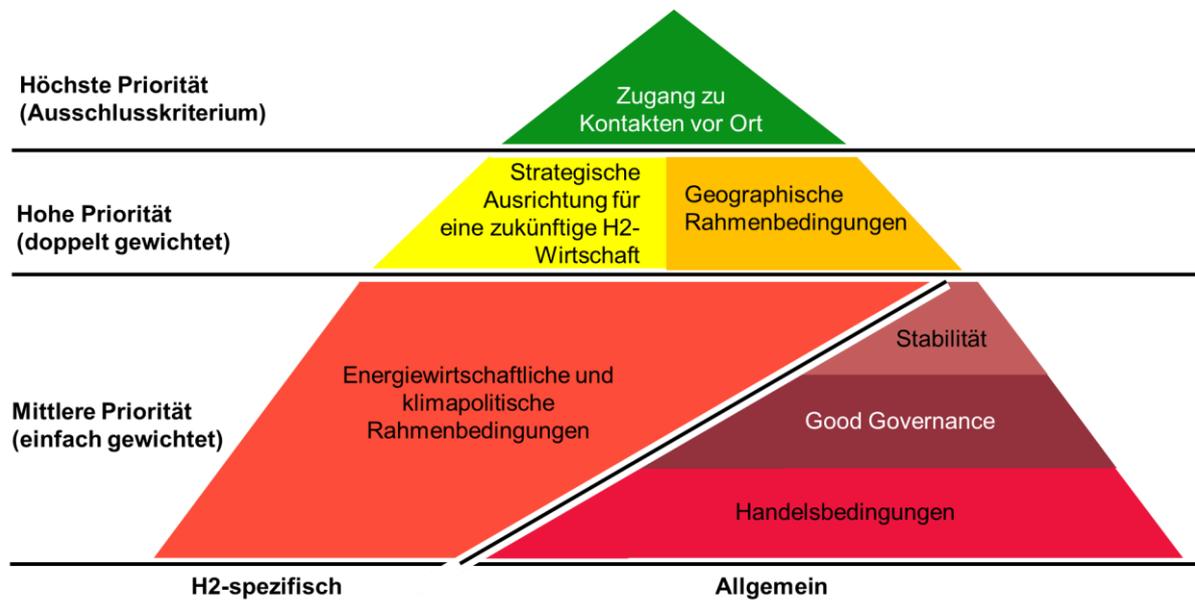


Abbildung 2: Priorisierung und Gewichtung der Indikatoren für Länder und Produktionskerne (Quelle: eigene Darstellung)

Die Wasserstoffaktivitäten der am höchsten bewerteten Länder wurden und werden im weiteren Projektverlauf näher untersucht. Im Ergebnis schnitten mit Chile, Kolumbien, Brasilien, Costa Rica und Argentinien besonders die lateinamerikanischen Länder im Ranking gut ab und lagen oberhalb des Mittelwertes (s. Abbildung 3 Balkengrafik oberer Teil). Dabei ragte Chile mit einem Wert von über 70 noch einmal heraus und wurde mit der höchsten Priorität für weitere Untersuchungen ausgewählt. Neben den o.g. Ländern lagen nur China, Südafrika und Marokko oberhalb des Mittelwertes und Indien beim Mittelwert.

Die Ergebnisse waren maßgeblich durch die wasserstoffspezifischen Indikatoren bestimmt, bei denen Chile und Kolumbien einen Wert oberhalb von 50 erreichten (s. Punktegrafik rechts in der u. g. Abbildung 3). Bei den allgemeinen Indikatoren fällt auf, dass Kolumbien, Südafrika, Marokko und Indien insgesamt eine hohe Bewertung erhielten, aber bei den allgemeinen Indikatoren bei einem Wert unterhalb von 10 lagen. Wegen mangelnder Kontakte vor Ort mussten trotz guter Bewertung China und Argentinien ausgeschlossen werden. Thailand und Mexiko lagen bei der allgemeinen Bewertung zwar oberhalb von 10, wiesen aber bei den wasserstoffspezifischen Indikatoren nur einen geringen Wert unterhalb von 30 auf. Diese beiden Länder kommen damit für Untersuchungen vor Ort ebenso wenig in Frage wie Äthiopien. Letzteres erzielte trotz einer schon bestehenden Versorgung zu 100% aus erneuerbarem Strom sowohl bei den allgemeinen wie auch bei den H₂-spezifischen Indikatoren geringe Werte.

Diese Indikatoren basierte Bewertung wurde als Basis für die Entscheidung zu weiteren Detailanalysen genommen. Insgesamt sollten zwei Länder ausgewählt werden, die im Rahmen einer Studienreise besucht werden sollten. Die Wahl fiel auf Chile als das absolut am besten bewertete Land. Da mit Kolumbien das zweitbeste Land ebenfalls in Lateinamerika lag, jedoch ein anderer Kontinent gleichfalls betrachtet werden sollte, fiel die Auswahl für eine weitere Studienreise auf Südafrika. Zu anderen, höher bewerteten Ländern außerhalb Lateinamerikas bestanden keine Kontakte vor Ort oder sie blieben im Ranking deutlich zurück, so dass diese nicht für einen Besuch in Frage kamen.

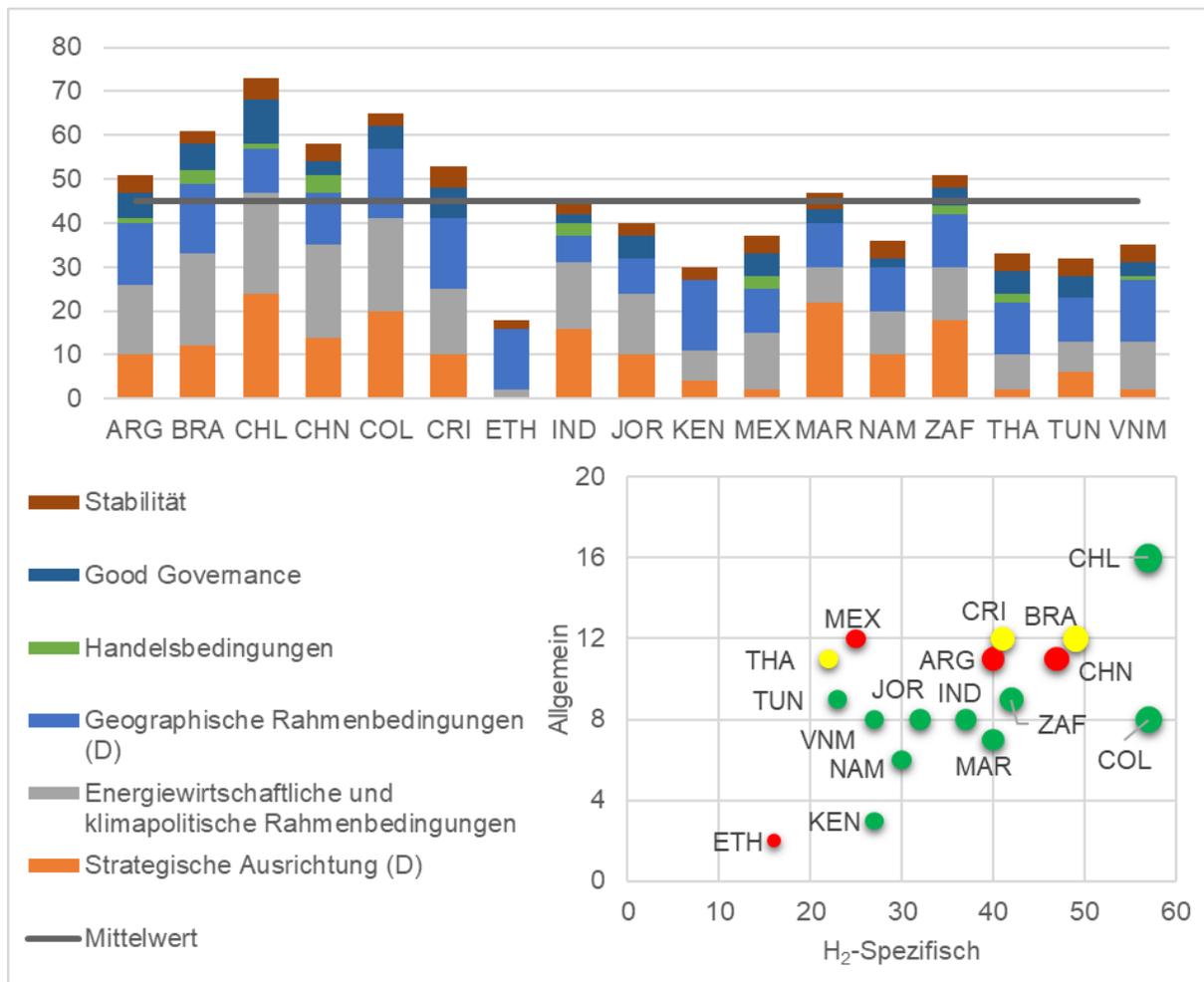


Abbildung 3: Näher zu untersuchende Länder nach Wichtung aller Haupt- und Unterindikatoren (alle oberhalb des Mittelwerts). Im unteren Diagramm sind alle Länder mit bestehenden Kontakten vor Ort mit grünem Kreis, alle mit geringen Chancen auf Informationen mit gelbem Kreis und gänzlich ohne Kontakte bzw. Chancen, Information zu erhalten, mit rotem Kreis versehen. (Quelle: eigene Darstellung)

3 Workshops zur Marktentwicklung von Wasserstoff

Um das o.g. beschriebene Indikatorenset und die anhand der Recherchen extrahierten Hypothesen zum H₂-Upscaling zur Auswahl von Ländern weiter zu verifizieren, wurden zwei internationale online-Workshops mit dem Titel „Success factors for the development of an international hydrogen market and global trade“ mit Expert*innen aus möglichst vielen Ländern unserer Longlist und aus internationalen Organisationen durchgeführt. Die Expert*innen wurden seitens der GIZ und mittels deren Kontakten über die PtX Hubs¹ in den betreffenden Ländern angesprochen. Am 7.11.2023 fand ein Workshop mit 16 Teilnehmenden aus Asien, dem Mittleren Osten und Afrika und am 8.11.2023 mit 11 Teilnehmenden aus Südamerika statt. Aus internationalen Organisationen nahmen Vertreter*innen von IRENA, IEA, UNIDO, GIZ und der Green H₂ Organisation teil. Die Workshops erstreckten sich über jeweils 2,5 Stunden. Dort wurden vom IZES entwickelte Hypothesen zur Entstehung eines Marktes für Wasserstoff und seiner Derivate in Form einer Umfrage unter den Teilnehmenden und anschließend mittels einer einstündigen, moderierten Diskussion erörtert. Insgesamt wurden die vier am höchsten

¹ <https://ptx-hub.org/de/> Abruf 10.1.24

gewichteten Hypothesen und diejenigen mit der größten Varianz in den Antworten vertieft. Wegen der geringen Anzahl an Teilnehmenden und deren selektiver Auswahl erheben die Ergebnisse der Umfragen und Diskussionen keinen Anspruch auf Repräsentativität. Sie vermitteln jedoch interessante Ein- und Ansichten zur Entwicklung eines zukünftigen Wasserstoffmarktes aus der Sicht von Expert*innen aus möglichen Exportländern des globalen Südens und aus internationalen Organisationen.

Tabelle 2 weiter unten zeigt die 12 Hypothesen der Umfrage, zu denen die Teilnehmenden eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten hatten und diese unterschiedlich gewichten konnten. Zwei der Hypothesen (Nr. 2, 7) waren nochmals in mehrere Fragen unterteilt, da sie aus unserer Sicht nicht adäquat mit den sechs Wichtungsmöglichkeiten beantwortet werden konnten.

3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse des Südamerika-Workshops

In diesem Workshop, der am 8.11.2023 stattfand, waren 11 Teilnehmende aus Uruguay, Kolumbien, Chile und Argentinien sowie von GIZ, IRENA, Green H₂ Organisation und UNIDO vertreten. Die folgende Tabelle zeigt die vier Hypothesen, die aufgrund hoher Zustimmungswerte bzw. hoher Varianz der Antworten in der Diskussion weiterverfolgt wurden. Allerdings beantworteten nicht alle Teilnehmenden alle Fragen der Umfrage.

Tabelle 1: Diskutierte Hypothesen im Südamerika-Workshop (Quelle: eigene Darstellung)

	Hypothese Nr.	Hypothese
Hypothesen mit hoher Zustimmung	7	Länder mit geringer H ₂ -Nachfrage benötigen Finanzierung und F&E zur Entwicklung von Exportangeboten
	12	Weltweit einheitliche Normung ist erforderlich
Hypothesen mit hoher Varianz	5	Von Anfang an soll nur grüner H ₂ aus EE (ohne Biomasse) erzeugt und gehandelt werden.
	10	Unbürokratischer Zugang zum Stromsektor wird eine H ₂ Wirtschaft fördern

Die Diskussion zum „grünen“ Wasserstoff als Exportprodukt (H 5) lief sehr kontrovers. Vor allem Vertreter*innen aus Ministerien und Unternehmensverbänden plädierten zwar grundsätzlich für die Herstellung von grünem H₂, jedoch nicht unter Verzicht auf Biomasse. Denn schließlich gäbe es bereits etablierte Zertifizierungssysteme für „grüne“ Biomasse, die dann auch auf die H₂-Erzeugung angewendet werden könnten. Es wurde auch die Ansicht vertreten, dass die Fixierung auf grünes H₂ nicht für alle Länder passend sei. Denn Entwicklungsländer bauen gerade EE für ihre eigenen Bedarfe aus. In diesem Rahmen sei ein zusätzlicher EE-Ausbau für die H₂-Erzeugung und dessen Export evtl. nicht mehr finanzierbar. Vorstellbar sei auch die Weiternutzung von Kohlenwasserstoffen, wenn dies mit akzeptablen CO₂-Emissionen z.B. unter Einsatz von CC(U)S möglich sei. Bei der H₂-Herstellung solle eher auf Technikneutralität geachtet und beobachtet werden, wie sich der Markt dann entwickele. Denn mit dem Export von ausschließlich grünem H₂ mache sich ein Land zu abhängig von nur einem Produkt. Und es sei auch noch offen, was grüner H₂ eigentlich bedeute.

Es gab jedoch auch eine sehr klare Position für den Handel mit grünem H₂ von Anfang an. Denn dies sei die beste Art, Investitionen in Infrastruktur z.B. für blauen oder grauen H₂ zu vermeiden, die später nicht mehr gebraucht würden. Langfristig müsse aus Gründen des Umweltschutzes auf jeden Fall grüner H₂ favorisiert werden.

Tabelle 2: 12 Hypothesen zur Marktentwicklung von H₂ und die jeweiligen Antwortmöglichkeiten (Quelle: eigene Darstellung)

Hypothese		Antwortmöglichkeiten					
1	The demand will significantly be influenced by the degree of electrification and implementation of efficiency measures	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
2a	The application areas of H ₂ and its derivatives have an influence on the development of local and export structures	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
2b	We have identified the following possible use cases. Which of these is / are in the focus of your country's / organisation's strategy?						
	Maritime shipping	Mehrfachnennung möglich					
	Long haul transport	Mehrfachnennung möglich					
	Aviation	Mehrfachnennung möglich					
	Passenger cars	Mehrfachnennung möglich					
	Industry	Mehrfachnennung möglich					
	Buildings	Mehrfachnennung möglich					
	Fertilisers	Mehrfachnennung möglich					
	Mining	Mehrfachnennung möglich					
2c	Do you see other prior demand areas for H ₂ ?	Freie Antwort					
3	The demand of EU countries will be sufficiently high enough for building export markets	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
4	The willingness to pay of EU countries will be sufficiently high enough for building export markets	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
5	Right from the beginning, only green H ₂ from RE (without biomass) should be produced and traded	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
6	Providing local populations with energy (SDG 7), water (SDG 6) and other basic goods is a priority	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
7a	Countries without a large domestic demand for H ₂ need access to financing and co-operation to develop an export offer	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
7b	Which other resources are necessary for exporting countries?	Freie Antwort					
8	Compliance with the funding pledged under the COP 16 (100 billion USD/y to developing countries) is crucial to build export capacities	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
9	The willingness to build export capacities for sustainable H ₂ depends on a simultaneous coverage of the domestic demand	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
10	Unbureaucratic access to the electricity sector (especially to the grid) for investors and users will promote the development of a H ₂ economy	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
11	The current national regulatory framework hampers the rapid development of RE and sustainable H ₂ infrastructures	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know
12	Rapid development of a global H ₂ market is only possible by globally uniform standardisation and certification, including independent monitoring	strongly agree	agree	neutral	disagree	strongly disagree	do not know

Auch die Hypothese eines möglichst unbürokratischen Zugangs zum Stromsektor (H 10) als förderliches Element für die Entwicklung einer H₂-Wirtschaft, war umstritten. Insb. ein Vertreter einer internationalen Organisation plädierte für einen liberalisierten Strommarkt mit vielen privaten Akteuren, andere Teilnehmende hielten vehement dagegen. Denn der Netzanschluss von EE-Anlagen sei ohnehin problematisch. Und eine Erhöhung der Anzahl von einspeisenden EE-Anlagen könne die Stabilität des Systems zusätzlich gefährden.

Große Zustimmung erfuhr hingegen die Hypothese 7. Der Fokus lag hier vor allem auf der Finanzierung von Dekarbonisierungsstrategien in den möglichen Exportländern selbst, aber auch darauf, eigene Unternehmen aufzubauen, die diese voranbringen. Die Expertin eines südamerikanischen Staates machte das am Beispiel des Umstiegs auf Elektroautos deutlich, der zunächst in den entwickelten Ländern Fahrt aufnehme, während der eigene Verkehrssektor noch lange von Verbrennerfahrzeugen geprägt sein werde. Eben auch, weil es an Kapazitäten für den Ausbau von E-Fahrzeugen fehle. Auch beim Ausbau von EE werde Fremdkapital benötigt, um vorhandene Ressourcen wie z.B. Arbeitskräfte adäquat erschließen zu können.

Die Diskussion der Hypothese 12 wurde vom Vertreter einer internationalen Organisation dominiert. Dieser hielt weltweit einheitliche Standards zwar für wünschenswert, aber für unrealistisch. Wichtig sei, dass die unterschiedlichen Standards dennoch in allen Weltregionen anerkannt würden. Dabei sei ein wichtiges Element, wie THG-Emissionen gemessen und bewertet werden. Hier arbeite man mit der Internationalen Organisation für Normung zusammen, um für diese Frage Ergebnisse zu erzielen, die nahe am „one standard fits all“ liegen sollten.

3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse des Workshops „Asien, Afrika, Naher Osten“

Dieser Workshop fand am 7.11.2023 mit insgesamt 16 Teilnehmenden aus Saudi-Arabien, Jordanien, Kenia, Vietnam und mit Vertreter*innen von IRENA, GIZ, IEA und der Green H₂ Organisation statt. Aus den Ländern nahmen Personen aus Energieministerien, Regulierungsbehörden und Universitäten teil. Die Auswertung der Umfrageergebnisse zeigt Tabelle 3. Es muss aber angemerkt werden, dass von den 16 Teilnehmenden nur wenige an der Umfrage und auch an der folgenden Diskussion teilnahmen.

Tabelle 3: Diskutierte Hypothesen im Asien-Afrika-Naher Osten-Workshop (Quelle: eigene Darstellung)

	Hypothese Nr.	Hypothese
Hypothesen mit hoher Zustimmung	3	Die Nachfrage der EU ist hoch genug, um Exportmärkte aufzubauen
	7	Länder mit geringer H ₂ -Nachfrage benötigen Finanzierung und F&E zur Entwicklung von Exportangeboten
Hypothesen mit hoher Varianz	10	Unbürokratischer Zugang zum Stromsektor wird eine H ₂ Wirtschaft fördern
	9	Exportstrukturen hängen auch von der Inlandsnachfrage ab.

Auch in diesem Workshop wurde die Hypothese des möglichst unbürokratischen Zugangs zum Stromsektor als förderlich für die Entwicklung einer H₂-Wirtschaft (H 10) kontrovers diskutiert.

Es gab Teilnehmende, die stark für den Ausbau zusätzlicher EE-Kapazität als Stand-Alone-Systeme ohne Anschluss an das allgemeine Stromnetz für die Erzeugung von H₂ plädierten. Das könne evtl. den für den Netzanschluss erforderlichen bürokratischen Aufwand auch für andere EE-Projekte senken. Denn eine Überschneidung unterschiedlicher Genehmigungsverfahren wäre in diesem Fall vermeidbar. Dies könne jedoch das Ziel einer 100 % Stromversorgung für die Bevölkerung konterkarieren, im Idealfall auch parallel dazu verlaufen. Ein Gegenargument war, dass grüne Inselösungen für H₂ die Stromerzeugung insgesamt nicht grüner machen. Es sei denn, die Erlöse aus dem H₂-Export fließen in Investitionen in die heimische (grüne) Stromversorgung, einschließlich des Netzausbaus.

Bzgl. der Hypothese 9 stimmten hier einige Teilnehmende zu, die Mehrheit jedoch teilte diese These nicht. Vielmehr gab es Plädoyers für einen anfänglichen Aufbau eines Exportmarktes, der Sekundäreffekte für Exportländer haben könne wie z.B. die Installation von Entsalzungs- oder EE-Anlagen. Auch könnten durch die Einnahmen aus dem Export später eigene inländische Projekte zur Dekarbonisierung von Industrie und Landwirtschaft finanziert werden. In einem ersten Schritt sei aber entscheidender, die eigene Energiesicherheit zu erhöhen. Doch auch, wenn zunächst nicht auf den Aufbau einer Inlandsnachfrage nach H₂ gesetzt werde, solle ein Rahmen hierfür geschaffen werden. So dürfe z.B. nicht die gesamte erzeugte H₂-Menge für den Export reserviert werden.

Für die Hypothese 3 gab es einige Zustimmung, etwas Ablehnung, aber vor allem eine eher neutrale Haltung. Begründet wurde diese z.B. durch Aussagen wie, dass es viele unterschiedliche exportwillige Länder mit langen Projektpipelines gebe, die aktuell auf eine geringe Nachfrage nach H₂ und seinen Derivaten treffe. Lt. IEA stehen einer geplanten Nachfrage von 2 Mt H₂ geplante Erzeugungskapazitäten für 26 Mt gegenüber, die auf 38 Mt erweiterbar seien. Durch staatliche Preisgarantien und die Priorisierung von Sektoren zum Einsatz von H₂ könne die Nachfrage getrieben werden. Es müsse Abnehmer geben, die willens seien, einen „Premiumpreis“ für H₂ zu zahlen. Bei grünem Ammoniak z.B. zur Düngemittelherstellung, sei dies eher nicht wünschenswert. Denn so könne in einigen Ländern die Ernährungssicherheit gefährdet werden.

Zur Hypothese 7 hingegen gab es insgesamt eine sehr hohe Zustimmung. Viele mögliche Exportländer liegen in Afrika. Und diese brauchen vor allem Unterstützung in anderen Bereichen als dem Aufbau von H₂-Erzeugungskapazität. Genannt wurden z.B. der Aufbau von Wissen, erneuerbaren Energien, die Wasserversorgung sowie der Bürokratieabbau oder die Ausbildung eigener Fachkräfte.

4 Fazit

Während der bisherigen Projektlaufzeit konnten wir schon einige Erkenntnisse bzgl. des weltweiten Upscalings von Wasserstoffproduktionskernen sammeln.

4.1 Auswahl von Ländern für vertiefte Analysen des Upscalingprozesses

Die Länder in Südamerika erscheinen hinsichtlich der Weiterentwicklung von Wasserstoffkernen im Vergleich zu anderen Ländern des globalen Südens und Asiens bezogen auf die betrachteten Indikatoren gut aufgestellt. Unter diesen ragte Chile nochmals hervor und wurde zur weiteren Vertiefung und für eine Studienreise ausgewählt. Von den anderen Ländern lagen

nur China, Südafrika und Marokko sowie Indien oberhalb oder beim Mittelwert. Am Ende wurde aufgrund fehlender Kontakte vor Ort China ausgeschlossen und, um ein Land außerhalb des amerikanischen Kontinents zu berücksichtigen, Südafrika als zweites Land für eine tiefergehende Analyse inklusive Studienreise ausgewählt.

4.2 Workshops zur Marktentwicklung von Wasserstoff

Ogleich die Hypothesen 7 (Finanzbedarf für das Upscaling) und 10 (Zugang zum Stromsektor) in beiden Workshops als wichtig für den Aufbau von Exportkapazitäten für H₂ angesehen wurden, waren die gesetzten Schwerpunkte doch deutlich andere. Während die Expert*innen aus Südamerika bei der Hypothese 7 vor allem die Unterstützung für den Aufbau eigener Dekarbonisierungsstrategien im Vordergrund sahen, lag für die Expert*innen aus Afrika, Asien und dem Nahen Osten ein deutlicher Schwerpunkt auf der Unterstützung bei der Deckung von Grundbedürfnissen und der Ausbildung von Fachkräften. Die wenigleich konträren Meinungen zu Hypothese 10 hingegen wiesen in beiden Workshops in die gleiche Richtung: Der jeweils eigene Stromsektor wurde als fragil angesehen. Lösungsvorschläge von Stand-Alone-Anlagen zur Erzeugung von H₂ zum Export über die Finanzierung der Stärkung des eigenen Stromsystems aus Exporteinnahmen bis hin zum Bürokratieabbau beim Zugang zum Stromsystem adressierten dessen Schwächen.

Dass die Hypothesen 5 und 12 mehr Interesse unter den südamerikanischen Expert*innen hervorriefen, lässt sich womöglich daraus erklären, dass viele Länder Südamerikas bereits Erfahrungen mit biologischen Kraftstoffen und Zertifizierungssystemen aufweisen. In diesem Kontext erscheint es nachvollziehbar, dass Biomasse zur Erzeugung von grünem H₂ einen Fokus darstellt.

In der Region Afrika, Asien, Naher Osten wurden hingegen die Hypothesen 3 und 9 als wichtig eingeschätzt. Zu dieser Wahl kam es sicher auch, weil die Diskussion von Teilnehmenden aus internationalen Organisationen und Afrika dominiert wurde. Für diese erschien die EU als naheliegender Handelspartner, wobei der Aufbau einer Inlandsnachfrage zunächst vernachlässigbar erscheint.

5 Referenzen

- [1] EU, „Hydrogen,“ [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en. [Zugriff am 06 12 2023].
- [2] IEA, „Global Hydrogen Review 2023, Executive Summary,“ [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023/executive-summary>. [Zugriff am 06 12 2023].
- [3] A. Bergek, S. Jacobsson, B. Carlsson, S. Lindmark, A. Rickne, „Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems. A scheme of analysis,“ *Research Policy*, (37), 3, pp. 407-429, 2008.