

Luiza Masseno Leal, Vinicius José Braz, Prof. Dr. Thereza Aquino, Dr. Ana Carolina Chaves und Maurício Moszkowicz, Rio de Janeiro*

Die Entwicklung des Marktes für grünen Wasserstoff in Brasilien und Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit

Hier kommt noch das Abstract.

I. Einleitung

Der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft zielt darauf ab, die Entwicklung sauberer und erneuerbarer Technologien, wie grüner Wasserstoff (H₂V) und seine Derivate, zu fördern. Ziel dieses Artikels ist es, die wichtigsten Fortschritte und Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit, insbesondere zwischen Brasilien und Deutschland, zu analysieren und zu systematisieren. Dafür wird der aktuelle Stand der Entwicklung des H₂V-Marktes in Brasilien dargestellt, einschließlich der wichtigsten politischen Maßnahmen und Vorschriften zu diesem Thema.

II. Entwicklung des Marktes für grünen Wasserstoff in Brasilien

Im brasilianischen Kontext ist das Potenzial für die Entwicklung des Marktes für H₂V und seine Derivate – Ammoniak, Methanol und nachhaltiger Flugzeugtreibstoff (SAF) – angesichts des Reichtums an erneuerbaren Ressourcen, der zuverlässigen Infrastruktur, der wettbewerbsfähigen Kosten und der wachsenden Nachfrage nach grüner Energie und Produkten erheblich.

Brasilien ist aufgrund einer einzigartigen Kombination von günstigen Faktoren eines der am besten positionierten Länder für die Produktion und den Export von Wasserstoff (H₂) und seinen Derivaten. Infolge von Programmen zur Förderung der Solar- und Windenergie wurde in den letzten Jahren das Angebot an diesen Energiequellen deutlich ausgeweitet. Zwischen 2015 und 2022 führte Brasilien die Rangliste der wichtigsten Ziele für ausländische Investitionen in Entwicklungsländern an und erhielt insgesamt 114,8 Milliarden Dollar, was 11 % der weltweiten Investitionen in nachhaltige Energie in diesen Schwellenländern entspricht.¹

Derzeit stammen 92 % des brasilianischen Stroms aus erneuerbaren Quellen. Nach Schätzungen der Energieforschungsgesellschaft (EPE) für den Nationalen Energieplan 2050 gibt es außerdem ein beträchtliches Potenzial für Windenergie mit 700 GW in Meeresgebieten und 353 GW in Landgebieten, während die Kapazität der Solarenergie auf 307 GW geschätzt wird.

Erneuerbare Ressourcen spielen bei der Herstellung von H₂ eine entscheidende Rolle, da sie einen erheblichen Teil der anfänglichen Kosten ausmachen und sich direkt auf die Gesamtkosten der Produktion auswirken. Die Senkung der Kosten für erneuerbare Energien ist daher der Schlüssel zur Erreichung wettbewerbsfähiger Ziele für die H₂-Produktion, die auf 1 bis 2 USD pro Kilogramm geschätzt werden. Ungefähr 60-70 % der H₂-Kosten entfallen auf Strom. In diesem Zusammenhang gehören die Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien in Brasilien zu den wettbewerbsfähigsten der Welt.

Die aktuellen Stromgestehungskosten (LCOE) für Windenergie im Nordosten Brasiliens liegen bei ca. 24-28 USD/MWh und werden bis 2040 voraussichtlich um ca. 27 % sinken. Die Stromgestehungskosten für Solarenergie liegen im Süd-

osten bei 29-37 USD/MWh und im Nordosten bei 26-34 USD/MWh, mit einem Abwärtstrend von 46 % bis 2040. Bis 2030 könnten die LCOE für Windenergie 20-24 USD/MWh erreichen und bis 2040 auf 17-21 USD sinken. Die Stromgestehungskosten für Solarenergie könnten dagegen bis 2030 17-21 USD/MWh und bis 2040 13-17 USD erreichen, also immer noch kostengünstiger als Windenergie. In Brasilien können Wind- und Solarenergie an ein und demselben Standort kombiniert werden (zB im Landesinneren der Bundesstaaten Ceará, Piauí und Bahia), wodurch Projekte zur Wasserstoffherzeugung optimiert werden können.²

Der Vorteil Brasiliens liegt in seinem ausgedehnten und konsolidierten Energieübertragungsnetz (National Interconnected System – SIN). Das SIN verfügt über ein Basisübertragungsnetz mit einer Ausdehnung von 179.311 Kilometern und soll bis 2027 auf 216.759 Kilometer erweitert werden, wobei Leitungen von 230 kV bis 800 kV berücksichtigt werden.

Die hohe Wettbewerbsfähigkeit der brasilianischen Stromerzeugung ist auf vier Hauptfaktoren zurückzuführen:

- gute Wind- und Sonneneinstrahlungswerte in einigen Regionen des Landes, die sich in Kapazitäts- bzw. Wirkungsgradfaktoren niederschlagen, die zu den höchsten in der gesamten Stichprobe gehören, mit niedrigen nivellierten Kosten für die Erzeugung von PV- und Windenergie;
- Komplementarität von hybriden Solar- und Windenergiequellen, die den Betrieb von Elektrolyseuren mit einem hohen Kapazitätsfaktor in netzunabhängigen Systemen ermöglichen (76 % bis 82 %);
- die lokale Verdichtung der Produktionskette, die ein Umfeld mit mehreren alternativen Anbietern von Ausrüstungen und Ingenieur- und Montagedienstleistungen für die Branche der erneuerbaren Energien schafft, was CapEx- und OpEx-Werte ermöglicht, die unter denen in Vergleichsländern liegen; und
- die im Vergleich zu Schwellenländern relativ niedrigen Kapitalkosten, die auf 6,5 % pro Jahr geschätzt werden.³

Damit hat Brasilien die idealen Bedingungen, um eine wichtige Rolle bei der Energiewende zu spielen, insbesondere auf dem aufstrebenden H₂-Markt. Laut McKinsey & Company ist Brasilien eines der wettbewerbsfähigsten Länder der Welt für die H₂-Produktion, da seine nivellierten Kosten bis 2030 unter 1,5 USD/kg liegen werden und bis 2040 auf 1,25 USD/kg fallen könnten. Dadurch wird Brasilien zu einem der konkurrenzfähigsten Akteure in der H₂-Produktion und rückt

* Die Autor*innen sind Mitarbeitende verschiedener Positionen bei GSEL, Rio de Janeiro, Brasilien. Die Übersetzung des Beitrags erfolgte durch die Redaktion der KlimR.

1 UNCTAD- World Investment Report 2023: Investing in sustainable energy for all, 2023. https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023_en.pdf.

2 McKinsey & Company. Green Hydrogen: an opportunity to create sustainable wealth in Brazil and the world, 2021. <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>.

3 Siffert/Rocha, Hidrogênio verde: oportunidades e desafios para o Brasil. Radar Nr. 74, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 14.12.2023. <https://www.ipea.gov.br/porta/radar/temas/radar/ciencia-tecnologia-2/14812-hidrogenio-verde-oportunidades-e-desafios-para-o-brasil>

näher an andere Länder wie die USA, Australien, Spanien und Saudi-Arabien heran.⁴

Derzeit werden bei der brasilianischen Wasserstoffproduktion Prozesse mit hohen CO₂-Emissionen durch die Umwandlung von Erdgas, so genannter grauer Wasserstoff, eingesetzt. Raffinerien, Industriegasunternehmen und die Chloralkaliindustrie sind die Wirtschaftsakteure, die für die Wasserstoffproduktion verantwortlich⁵. Auf dem heimischen Markt werden zwischen 2015 und 2021 durchschnittlich 492.400 Tonnen Wasserstoff pro Jahr produziert, von denen etwa 78 % von den Raffinerien selbst verbraucht werden.

In Brasilien erfolgt die Lieferung und der Handel mit grauem Wasserstoff hauptsächlich durch vier große Industriegasunternehmen: Linde, Air Products, Air Liquide und Messer. Das brasilianische Straßennetz soll im Jahr 2022⁶ eine Länge von 1.720.909 km haben und könnte für den Transport des Kraftstoffs genutzt werden. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der Transport per Lkw nur für kleine Mengen und kurze Strecken rentabel ist, da die Kapazität von Fahrzeugen begrenzt ist und die Kosten für die Komprimierung/Verflüssigung mit dem Volumen steigen.⁷ Bei größeren Distanzen und Mengen sind daher neue Technologien und Entwicklungen erforderlich, was weltweit eine allgemeine Herausforderung darstellt.

Derzeit verbindet das Gastransportnetz hauptsächlich die Regionen Nordost, Südost und Süd über die Küste, einen Teil der Region Zentrum-West und das Landesinnere von Minas Gerais, wobei eine Erweiterung zu erwarten ist. Wenn sich Brasilien dafür entscheidet, den Transport über Gaspipelines zum Haupttransportmittel für H₂ im Inland zu etablieren, muss es daher verstärkt in sein Netz investieren, sowohl in den Ausbau als auch in die Nachrüstung, um die Fälle der Vermischung von H₂ und Erdgas zu berücksichtigen. Ammoniak wird hauptsächlich in der Düngemittelindustrie verwendet, die schlecht in das nationale Verteilungsnetz integriert ist.

Neben den direkten Anwendungen von H₂ für Zwecke, die in der Regel bereits auf graues H₂ ausgerichtet sind (wie zB die Raffinerie), gibt es im Land ein großes Potenzial, die Einfuhren von Ammoniak und Methanol durch die lokale Produktion zu ersetzen. Dies stellt eine Chance für die Entwicklung der einheimischen H₂-Industrie sowie für die Herstellung grüner Produkte mit höherem Mehrwert dar. Methanol und Ammoniak gelten als vielversprechende H₂-Träger für den Export und als geeignete Kraftstoffe für die Dekarbonisierung von Sektoren wie Luft- und Seeverkehr.

Für den Export dieser H₂-Derivate sind das Vorhandensein von Häfen und eine leistungsfähige logistische Infrastruktur unerlässlich. Zusammenfassend zeigt Abbildung 1 die im Land angekündigten grünen Wasserstoffprojekte und einige Merkmale der regionalen Kraftstoffketten.

In diesem Sinne ist die Planung von H₂-Produktionszentren in Hafenkomplexen hervorzuheben, in denen sich auch Industriezentren befinden, wie der Hafen von Pecém, der Industrie- und Hafenkomplex von Suape, der Hafen von Camaçari, der Hafen von Açú und der Hafen von Rio Grande, die im Folgenden beschrieben werden.

Der Hafen von Pecém ist ein Offshore-Hafen, der aus zwei Piers mit je zwei Liegeplätzen und einem Mehrzweck-Terminal (TMUT) besteht. Zu seinem Gebiet gehört der Hafenkomplex Porto do Pecém mit mehr als 20 ansässigen Unternehmen, darunter White Martins, EDP, Gerdau Silat, Arcelor Mittal, Açú Cearense und Votorantim Cimentos, Mizu

Cimentos und andere, die über ein großes Potenzial in der grünen Wasserstoffwirtschaft verfügen.

Darüber hinaus findet das von EDP geförderte Roadmap-Entwicklungs- und H₂-Pilotprojekt im Pecém-Komplex im Rahmen des Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprojekts (RD&I) der Nationalen Agentur für elektrische Energie (ANEEL) statt. Das Projekt besteht aus der großtechnischen Umsetzung eines lebenden Labors, das alle Elemente der elektrolytischen Wasserstoffproduktionskette enthält, einschließlich einer Solarenergieanlage zur Deckung des Strombedarfs der Wasserstoffanlage. Die Anlage wurde auf dem Gelände des Wärmekraftwerks Pecém (UTE Pecém) errichtet und im Januar 2023 in Betrieb genommen. Neben der Pilotanlage wurde auch die notwendige Infrastruktur für die Bewertung und Überwachung der Projektleistung eingerichtet, die Informationen für die Entwicklungsphase des Fahrplans liefert.

Der Industrie- und Hafenkomplex Suape liegt 40 Kilometer von der Hauptstadt Recife entfernt und verfügt über Verbindungen zu mehr als 250 Häfen in der ganzen Welt, die die Möglichkeit bieten, Projekte für erneuerbaren Wasserstoff durchzuführen. Die Unternehmen in diesem Gebiet sind in elf Geschäftszentren tätig: Logistik, Flüssigmasse und Gase, Marine und Offshore, Petrochemie, Kunststoffvorformlinge, Windkraftkomponenten, Energieerzeugung, Lebensmittel und Getränke, Baumaterialien, Metallmechanik und seit kurzem auch Pharmazeutika.

Der Hafen von Camaçari liegt zwar nicht in der FEZ von Bahia, ist aber Teil des größten integrierten Industriekomplexes des Landes mit mehr als 90 Chemie-, Petrochemie-, Metallurgie-, Textil- und Düngemittelfirmen und hätte Zugang zu Infrastruktur und erneuerbaren Energien für den Betrieb sowie die Nähe zu einem der einzigen Ammoniak-Terminals in Brasilien, das sich im Hafen von Aratu in Bahia befindet.

Der Hafen von Açú hingegen liegt in São João da Barra, im Norden des Bundesstaates Rio de Janeiro, und ist der einzige vollständig private Hafenkomplex des Landes und der größte in Lateinamerika. Er verfügt über 21 installierte Unternehmen, 10 Terminals von Weltrang, 2,4 GW Solar- und Windenergie in der Entwicklung, bietet Wasserstoff aus verschiedenen Quellen und Qualitäten, einen Anschluss an das SIN und entwickelt einen Anschluss an das nationale Gasnetz.

Schließlich ist der Hafen von Rio Grande im Süden des Bundesstaates Rio Grande do Sul ein wichtiges Element in der Wasserstoff-Wertschöpfungskette, die in diesem Bundesstaat entwickelt wird. Portos RS, der Verwalter des Hafens, und andere Unternehmen haben 2023 eine Vereinbarung mit dem Hafen von Rotterdam unterzeichnet, die den Hafen von Rio Grande in das Programm "Green Ports Partnership" einbezieht, zu dem auch die Häfen von Açú, Pecém und Paranaguá sowie Antonina gehören, und die Aktivitäten zur

4 McKinsey & Company. The green hidden gem – Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse, 2022. <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/all-insights/the-green-hidden-gem-brazils-opportunity-to-become-a-sustainability-powerhouse>

5 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ. Mapeamento do setor de hidrogênio brasileiro, 2021. https://www.energy-partnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf

6 CNT. Anuário CNT do Transporte: Estatísticas Consolidadas – 2022. <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/File/PrincipaisDados.pdf>

7 IRENA. Innovation Outlook: Renewable Methanol, 2021. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf

Erzeugung von H₂ und erneuerbarer Energie aus Onshore- und Offshore-Windkraft fördert.

III. Kurze politisch-rechtliche Geschichte

Die Entwicklung und Konsolidierung von H₂ als Teil der brasilianischen Energiepolitik hat mit den Resolutionen Nr. 2 und 6/2021 des Nationalen Rates für Energiepolitik (CNPE) einen wichtigen Meilenstein erreicht. In der Entscheidung 2/2021 wurde Wasserstoff als eines der vorrangigen Themen für Investitionen und Entwicklung aufgeführt und der ANEEL und der Nationalen Agentur für Erdöl, Erdgas und Biokraftstoffe (ANP) die Anweisung gegeben, die Zuweisung von Ressourcen für Forschung, Entwicklung und Innovation auf dieses Thema zu konzentrieren.

Seitdem engagieren sich verschiedene Forschergruppen von Universitäten und staatlichen Einrichtungen zunehmend in Wissenschaft, Technologie und der Entwicklung der grünen oder kohlenstoffarmen Wasserstoffindustrie. Mit der Entscheidung 6/2021 wurde die Ausarbeitung einer Studie über Leitlinien und die Einrichtung des Nationalen Wasserstoffprogramms (PNH2) beschlossen. Das PNH2 schlägt Leitlinien und Ziele für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in Brasilien vor, die sich auf drei Säulen stützen: öffentliche Politik, Technologie und Markt.

Als nächsten Schritt veröffentlichte das Ministerium für Bergbau und Energie (MME) im August 2023 den PNH2-Dreijahresarbeitsplan (2023-2025). Die in diesem Plan beschriebenen Aktivitäten und Maßnahmen sollen die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft auf nationaler Ebene in den kommenden Jahren steuern. Diese Maßnahmen sind in fünf thematische Kammern gegliedert:

- Stärkung der technologischen Grundlagen;
- Ausbildung der Humanressourcen;
- Energieplanung;
- Rechts- und Regulierungsrahmen;
- Neo-Industrialisierung, Markt und Wettbewerbsfähigkeit.

Außerdem werden drei wichtige Meilensteine festgelegt:

- 2025: Verbreitung von Pilotanlagen für kohlenstoffarmen Wasserstoff;
- 2030: Konsolidierung Brasiliens als wettbewerbsfähigster Produzent; und
- 2035: Konsolidierung von Knotenpunkten für kohlenstoffarmen Wasserstoff.

Darüber hinaus legt der Plan fest, dass PNH2 und die brasilianischen Bemühungen sich auf "emissionsarmen Wasserstoff" konzentrieren werden, also auf Wasserstoff, der auf der Grundlage einer Vielzahl von Verfahren, Technologien und Energiequellen mit geringen Treibhausgasemissionen während des gesamten Lebenszyklus oder mit der Einführung von Technologien zur Kohlenstoffentfernung (CCS), einschließlich Kohlenstoffnegativen (erneuerbarer Wasserstoff biologischen Ursprungs mit CCS), hergestellt wird. Es ist anzumerken, dass dieser breitere Anwendungsbereich auf der Grundlage verschiedener Wasserstoffrouten auf die große Vielfalt der Energiematrix und das Potenzial für Erdöl und Erdgas in Brasilien zurückzuführen ist.⁸

Auch gemäß den in PNH2 und dem Dreijahresplan vorgestellten Leitlinien besteht Interesse an der Nutzung von Erdgaspipelines für den Transport von H₂, einschließlich der Vermischung von H₂ mit Erdgas. In Brasilien hat die ANP innerhalb des Zentrums für technologische Forschung und

Analyse (CPT) eine Untergruppe eingerichtet, die eine technische Mitteilung über die Möglichkeit der Beimischung von Wasserstoff zu Erdgaspipelines erstellen soll.

Derzeit verfügt Brasilien bereits über Projekte im Wert von rund 30 Milliarden USD, die sich in verschiedenen Stadien der Umsetzung befinden, und der Dreijahresplan schlägt außerdem vor, die jährlichen F&E-Investitionen bis 2025 auf rund 40 Millionen USD zu erhöhen. Im Jahr 2024 wurde im Rahmen des F&E&I-Programms der ANEEL der strategische Aufruf Nr. 23/2024 verabschiedet, um Investoren aus dem Elektrizitätssektor und anderen Sektoren für die Nutzung der nicht rückzahlbaren Mittel des Programms zur Entwicklung von H₂-Projekten zu gewinnen. Auf diese Weise soll der Aufruf neue Geschäftsmodelle anregen und die Entwicklung nationaler Technologien und Lösungen für diese aufstrebende Branche in Brasilien fördern.⁹

Ebenfalls im Jahr 2024 wurde eine Initiative der brasilianischen Bundesregierung, namentlich Aktionsplan für die Neoindustrialisierung 2024-2026, veröffentlicht, in dem die bedeutende Rolle des Wasserstoffs in Mission 5 hervorgehoben wird, die sich auf die Bioökonomie, die Dekarbonisierung, den Übergang und die Energiesicherheit konzentriert. Infolgedessen gehört die kohlenstoffarme H₂-Technologie zu den Prioritäten der Innovationsfinanzierung, die durch nicht rückzahlbare Linien unterstützt wird.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass Brasilien sich in einem entscheidenden Moment befindet, wenn es darum geht, den regulatorischen Rahmen für kohlenstoffarmes H₂ zu definieren, da verschiedene Gesetzesentwürfe in der Bundesgesetzgebung bearbeitet werden, wobei drei Initiativen hervorstechen:

- Gesetzesentwurf Nr. 2.308/2023, der von der Abgeordnetenversammlung verabschiedet wurde und derzeit vom Senat bearbeitet wird;
- Gesetzesentwurf Nr. 5.816/2023, der vom Bundessenat gebilligt wurde und derzeit in der Abgeordnetenversammlung behandelt wird; und
- der Gesetzesentwurf des Ministeriums für Bergbau und Energie unter der Verantwortung des Verwaltungsausschusses für den Nationalen Wasserstoffplan (Coges-PNH2).

Die Regulierung eines Kohlenstoffmarktes ist ebenfalls Gegenstand von zwei Gesetzesentwürfen: einer in der Abgeordnetenversammlung (PL 2148/2015) und der andere im Senat (PL 412/2022). Nachdem der Gesetzesentwurf 412/2022 den Unterausschuss (CMA) passiert hatte, wurde er in den Gesetzesentwurf 2148/2015 aufgenommen, der im Dezember 2023 von der Abgeordnetenversammlung angenommen wurde.

Die Festlegung von Zielen und Vorgaben, die in kurz-, mittel- und langfristige nationale Strategien integriert sind, sind daher wichtige Orientierungspunkte und Mobilisierungsfaktoren für die Ausweitung von Gesetzgebung und Regulierung, öffentlichen und privaten Investitionen, Forschung und Entwicklung sowie internationaler Zusammenarbeit.¹⁰

8 Castro/Leal/Costa, Análise do Plano de Trabalho Trienal do Programa Nacional do Hidrogênio, 2023. <https://www.h2verdebrasil.com.br/noticia/analise-do-plano-de-trabalho-trienal-do-programa-nacional-do-hidrogenio/>.

9 Castro/Leal/Costa, Perspectivas Para a Economia de Hidrogênio Verde no Brasil, 2024. https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2024/03/Castro_2024_03_21.pdf.

10 Castro/Leal/Elizeu, Bases do desenvolvimento da economia do hidrogênio sustentável na União Europeia e no Brasil, 2023. <https://www.h2verdebrasil.com.br/noticia/bases-do-desenvolvimento-da-economia-do-hidrogenio-sustentavel-na-uniao-europeia-e-no-brasil/>.

IV. Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für Brasilien Chancen im Bereich der internationalen Zusammenarbeit auf dem Markt für erneuerbaren Wasserstoff, insbesondere bei der Finanzierung und Durchführung von F&E&I-Projekten. Initiativen und Programme von multilateralen und nicht-multilateralen internationalen Institutionen zielen darauf ab, das enorme Entwicklungspotenzial der H₂-Produktionskette in Ländern, die wie Brasilien für die Produktion von H₂ prädestiniert sind, zu unterstützen und zu fördern.

Eine der größten Herausforderungen, denen sich der H₂-Markt derzeit gegenüber sieht, ist jedoch der höhere Preis im Vergleich zu traditionellen Technologien. Ohne kompensatorische Lösungen für diesen Kostenunterschied bei der "grünen Prämie" entstehen Schwierigkeiten bei der Sicherstellung der Nachfrage nach Projekten, der finanziellen Kapazität und des Investitionstempos in dem Land.

Der im Jahr 2021 auf Initiative der deutschen Regierung gegründete H2Global Fund soll dieses Problem lösen. Über das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) soll das Angebot an H₂ in der europäischen Gemeinschaft erhöht und die globale Industrie zur Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen gefördert werden, ohne dass dabei Treibhausgase ausgestoßen werden. Der Fonds arbeitet wie ein Händler, der einerseits Kaufverträge mit einer Laufzeit von 10 Jahren in Form von Hydrogen Power Agreements (HPA) und andererseits kurzfristige Verträge (ein Jahr) wie Hydrogen Supply Agreements (HSA) abschließt. Das Vertragsmodell wurde auf der Grundlage einer doppelten Auktion bekannt gegeben, und es wurde ein Betrag in Höhe von 300 Millionen Euro festgelegt, der für die Angleichung der Preise für jedes Produkt vorgesehen ist. Darüber hinaus wurden drei H₂-Derivate als Gegenstand der Auktion definiert: Ammoniak, Methanol und Flugzeugparaffin. Das gewählte Wettbewerbsmodell zielt darauf ab, die Länder mit Wettbewerbsvorteilen, wie im Falle Brasiliens, aufzuzeigen, die in der Lage sind, die Diversifizierung der Energieversorgungsquellen für den europäischen Markt zu fördern – ein strategisches Ziel, insbesondere nach dem Krieg in der Ukraine.

Auch die Weltbank spielte eine wichtige Rolle bei der Finanzierung und den Investitionen in die Wasserstoffkette. Im September 2023 genehmigte die Kommission für Auslandsfinanzierungen (Cofix), die zum Ministerium für Entwicklung, Industrie, Handel und Dienstleistungen gehört, eine Finanzierung der Weltbank in Höhe von 90 Millionen USD für die Companhia de Desenvolvimento do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP S.A.). Die Mittel werden für die Durchführung der Infrastrukturarbeiten verwendet, die für die Einrichtung des Green Hydrogen Hub erforderlich sind. CIPP wird einen Gegenwert von 10 Millionen USD bereitstellen.

Die KfW, die deutsche Entwicklungsbank, fördert die Nutzung erneuerbarer Energiequellen und PtX-Technologien. Im Jahr 2022 hat die Bank die weltweit erste Plattform (PtX-Plattform) für maßgeschneiderte Infrastrukturfinanzierung für H₂ und seine Derivate ins Leben gerufen.¹¹ Die Finanzierung deckt die gesamte H₂-Wertschöpfungskette ab, einschließlich der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen und Derivaten wie Ammoniak. Die KfW hat das Land bei der Diversifizierung seiner Energiematrix unterstützt. Während ein Großteil des brasilianischen Stroms durch Wasserkraftwerke erzeugt wird, hilft die KfW Brasilien dabei, den

Anteil der Energieerzeugung aus neuen erneuerbaren Quellen wie Wind und Sonne zu erhöhen.¹²

Am 30. Juni 2023 hatte der Verwaltungsrat des Klimainvestitionsfonds (CIF) bereits einen Plan in Höhe von 70 Millionen USD zur Unterstützung der Netzflexibilität für die Integration sauberer Energien in Brasilien genehmigt, davon 35 Millionen USD für Projekte im Pecém-Komplex. Diese Mittel werden jedoch noch von Cofix geprüft. Mit der Investition sollen gemeinsame Infrastrukturen und ein Ausbildungs- und Innovationszentrum für die H₂-Kette in der Region Pecém eingerichtet werden, um die Ausbildung zu stärken und die Innovation in diesem Bereich zu fördern.

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit ist die deutsch-brasilianische Kooperation für nachhaltige Entwicklung hervorzuheben, die seit Jahrzehnten in den Bereichen nachhaltige Energie und Energieeffizienz tätig ist und den Ausbau des Angebots an erneuerbaren Energien fördert. In diesem Zusammenhang wurde 2021 das Projekt H2Brasil von der GIZ gestartet, um die Ausweitung des H₂-Marktes im Land als Schlüsselement für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre zu unterstützen und zur Dekarbonisierung der brasilianischen Wirtschaft beizutragen. Um die rechtlichen, institutionellen und technologischen Bedingungen für die Entwicklung des H₂-Marktes zu verbessern, wurde H2Brasil in fünf Komponenten¹³ gegliedert:

1. Ausarbeitung von Szenarien zur Verbesserung des derzeitigen Rechtsrahmens, Bewertung der Einführung eines Zertifizierungssystems für H₂ im Land;
2. Durchführung von Studien und Kampagnen über die Bedeutung von H₂;
3. Integration des Themas H₂ in den Lehrplan von Bildungseinrichtungen, insbesondere von Universitäten, begleitet vom Aufbau und der Verbesserung der H₂-Laborinfrastruktur und der Berufsausbildung in neuen Technologien, mit dem Schwerpunkt auf der Einbeziehung der Geschlechter;
4. die Förderung innovativer Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich Austauschprogrammen zwischen Universitäten und Forschungseinrichtungen in Brasilien und Deutschland; und
5. Unterstützung bei der wirtschaftlichen Bewertung verschiedener industrieller Anwendungen von H₂, mit Plänen zur Entwicklung von Finanzierungsinstrumenten für Großprojekte, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit dieser Initiativen zu erhöhen.

Im Rahmen des H2Brasil-Programms wurde eine Reihe von Projekten entwickelt, die unter die Ziele des letzten Programmschwerpunkts fallen. In Abbildung 2 sind Beispiele für diese Projekte zusammengefasst.

Eine der Initiativen, die aus dem H2Brasil-Projekt hervorgingen, war die Gründung von iH2Brasil, das innovative Ideen von Start-ups, Enthusiasten und gemeinnützigen Einrichtungen für die Entwicklung von H₂ in Brasilien unterstützen und nutzen soll. In diesem Zusammenhang unterstützte das

¹¹ KfW, Mobilising private capital: KfW launches the world's first promotional platform for financing green hydrogen, 2022. https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/Pressemitteilungen-Details_735744.html

¹² KfW, SDG 7 – Affordable and clean energy, 2023. <https://www.kfw-entwicklungsbank.de/SDG-portal/SDG-7/>

¹³ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ, Expansão do hidrogênio verde (H2Brasil), 2022. <https://www.giz.de/en/worldwide/106151.html>

Programm iH2 Brasil im Zeitraum 2022-2023 F&E-Projekte, Start-ups und Enthusiasten durch die Veröffentlichung von drei Aufrufen zur Einreichung von Projekten, die darauf abzielen, neue Technologien und Lösungen auf dem Weg der Innovation und Nachhaltigkeit zu schaffen und eine positive Wahrnehmung der Dekarbonisierung in der brasilianischen Gesellschaft zu erreichen.¹⁴

Schließlich bestätigten Brasilien und Deutschland im Dezember 2023 die Gründung der brasilianisch-deutschen Partnerschaft für eine sozial und ökologisch gerechte Transformation, die im Anschluss an das zweite Treffen der hochrangigen Regierungskonsultationen stattfand, an dem Minister beider Länder teilnahmen. Zu den Zielen der Partnerschaft gehört die Förderung von kohlenstoffarmem Wasserstoff, insbesondere von grünem Wasserstoff.¹⁵

Dies zeigt eine Reihe von positiven Ansätzen im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Brasilien zur Förderung von H₂, einschließlich Finanzierung, Ausbildung und Wissensaustausch. Erwähnenswert ist auch die Beteiligung Brasiliens an wichtigen internationalen Foren zu diesem Thema, wie zB der Beitritt zur Wasserstoffinitiative, den Marine Clean Energy Hubs und dem International Hydrogen Trade Forum (IHTF), die alle im Rahmen des Clean Energy Ministerial (CEM) stattfinden.

V. Fazit

Brasilien hat sich als vielversprechender Produzent von H₂ mit Möglichkeiten für die Inlandsnachfrage und den Export

von Derivaten etabliert. Die größte Herausforderung bei der Ausweitung der Nachfrage nach H₂ sind jedoch die hohen Produktionskosten, die für junge Industrien typisch sind. Daher ermöglicht die Zusammenarbeit zwischen Ländern wie Brasilien und Deutschland den Aufbau von Partnerschaften, den Zugang zu fortschrittlichen Technologien, den Austausch von Ressourcen und Wissen, die Aufstockung von Finanzmitteln sowie die Reduktion von Kosten und Risiken.

Die Zusammenarbeit wird somit nicht nur für die Gewährleistung eines nachhaltigen Marktwachstums, sondern auch für die Förderung von technologischen Fortschritten und Innovationen entscheidend sein. In diesem Sinne bieten sich Möglichkeiten für Partnerschaften im Rahmen des Wasserstoff-Innovationsnetzes für den Elektrizitätssektor (RISE), das von der ANEEL in ihrer Aufforderung zur Einreichung von Wasserstoffprojekten Nr. 23/2024 gefördert wird, an. Es sei darauf hingewiesen, dass die Projekte nach dem Ermessen des Antragstellers und gemäß den spezifischen Regeln der jeweiligen Einrichtung, aus der die Mittel stammen, Ressourcen außerhalb des Programms (national oder international) nutzen können, um den Umfang der Projekte, das Volumen der verfügbaren Mittel und die Möglichkeiten für Partnerschaften mit Herstellern und technologiebasierten Unternehmen zu erweitern. ■

14 Portal H2 Brasil, Aliança Brasil-Alemanha para o Hidrogênio Verde lança Programa de Inovação, 2023. <https://www.h2verdebrasil.com.br/noticia/alianca-brasil-alemanha-para-o-hidrogenio-verde-lanca-programa-de-inovacao/>

15 Chiappini, Acordo Brasil-Alemanha inclui renováveis e hidrogênio verde: Declaração conjunta cita o trabalho de Brasil e Alemanha para transformar as suas indústrias e criar mercados verdes, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/acordo-brasil-alemanha-firmado-entre-lula-e-olaf-scholz-inclui-renovaveis-e-hidrogenio-verde/>.