

TEXTE

140/2026

Kurzpapier

Kriterienentwicklung für die nachhaltige Bereitstellung von PtGLS-Produkten

Zum Forschungsvorhaben: Kriterien für eine nachhaltige Bereitstellung und klimagerechte Integration von strombasierten Energieträgern

von:

Leonie Beaucamp, Simon Schreck, Rosa Stubenberg
Germanwatch e.V., Berlin

Maximilian Pagel, Jan Seven

Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 140/2026

KLIFOPLAN des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3722 43 506 0

Kurzpapier

Kriterienentwicklung für die nachhaltige Bereitstellung von PtGLS-Produkten

Zum Forschungsvorhaben: Kriterien für eine nachhaltige
Bereitstellung und klimagerechte Integration von
strombasierten Energieträgern

von

Leonie Beaucamp, Simon Schreck, Rosa Stubenberg
Germanwatch e.V., Berlin

Maximilian Pagel, Jan Seven
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Germanwatch e.V.
Stresemannstr. 72
10963 Berlin

Abschlussdatum:

Oktober 2025

Redaktion:

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie
Maximilian Pagel
Fachgebiet V 1.3 Erneuerbare Energien
Jan Seven

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8248>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Kriterienentwicklung für die nachhaltige Bereitstellung von PtGLS-Produkten

Dieses Kurzpapier behandelt die nachhaltige Bereitstellung von PtGLS-Produkten aus Ländern außerhalb Europas. Hierbei wurde ein erweitertes Verständnis von Nachhaltigkeit, in Anlehnung an die SDG's der Agenda 2030, herangezogen. Um in einem ersten Schritt die Chancen und Risiken für mögliche Exportländer abzuwägen, wurde ein Kriterienkatalog entwickelt, welcher neben technischen Kriterien besonders soziale, ökonomische und ökologische, sowie die Regierungsführung im jeweiligen Land auf Basis internationaler Indizes vergleichend darstellt.

Für die Zusammenarbeit mit Ländern, die in einzelnen Kriterien weniger gut abschneiden, kann es hilfreich sein, sich der ggf. aufgezeigten Schwachstellen bewusst zu werden. So kann bei der Zusammenarbeit im Kontext der Produktion und des Handels mit Wasserstoff und Wasserstoffderivaten auch darauf geachtet werden, dass sich der Status bezüglich der jeweiligen Kriterien nicht verschlechtert, sondern Verbesserungen idealerweise aktiv eingeplant, ermöglicht und gefördert werden.

In einem zweiten Schritt wurde durch eine Instrumentenanalyse untersucht, inwiefern die hier im Katalog enthaltenen Kriterien durch die analysierten Instrumente berücksichtigt werden und damit in der Lage sein können, positive Effekte zu fördern, sowie negative Effekte auf nationaler, internationaler und Projektebene zu verhindern. Zuletzt werden die dabei identifizierten Lücken der Nachhaltigkeitssicherung aufgezeigt.

Abstract: Criteria development for sustainable supply of PtGLS products

This paper looks at the sustainable supply of PtGLS products from countries outside Europe. It draws on a broader understanding of sustainability, based on the SDGs of Agenda 2030. As a first step in order to assess the opportunities and risks for potential export countries, a catalogue of criteria was developed which, in addition to technical criteria, takes a comparative look at social, economic and ecological factors as well as governance in the respective country on the basis of international indices.

When it comes to cooperation with countries that perform less well in certain criteria, it could be useful to be aware of any weaknesses that may have been identified. In the context of cooperation in the production and trade of hydrogen and hydrogen derivatives, for example, care must be taken to ensure that the status of the respective criteria does not deteriorate, but that improvements are ideally actively planned, enabled and promoted.

In a second step, an instrument analysis was used to examine the extent to which the criteria contained in this catalogue are taken into account by the analysed instruments and are thus able to promote positive effects and prevent negative effects at national, international and project level. Finally, the gaps in sustainability assurance identified in the process are highlighted.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	11
Zusammenfassung	13
Summary	15
1 Einleitung	17
2 Entwicklung des Kriterienkatalogs als Analysewerkzeug	19
2.1 Zusammenstellung des Kriterienkatalogs	19
2.1.1 Vorgehen zur Kriterienauswahl	19
2.1.1.1 Kriterien zur Dimension Soziales	19
2.1.1.2 Kriterien zur Dimension Governance	21
2.1.1.3 Kriterien zur Dimension Wirtschaft	23
2.1.1.4 Kriterien zur Dimension Umwelt	23
2.1.1.5 Kriterien zur Dimension Technisches	24
2.1.2 Einschränkungen des Kriterienkatalogs	25
2.1.3 Darstellung der Kriterien in Matrixformat	26
2.1.3.1 Beschreibung des Matrixformats	26
2.1.3.2 Umgang mit unterschiedlichen Datenformaten	26
2.1.4 Ausgangspunkt – Ländervorauswahl	27
2.2 Rote Linien	31
2.2.1 Auswahl der Roten Linien	31
2.2.2 Anwendung Roter Linien	33
2.2.3 Kritische Reflexion zum methodischen Ansatz roter Linien	35
2.3 Kriterienbewertung der Länderauswahl	36
2.3.1 Länderauswahl für den potentiellen Import von grünem Wasserstoff	37
2.3.2 Länderauswahl für den potentiellen Import von blauem Wasserstoff	49
3 Instrumentenanalyse	56
3.1 Auswahl der Instrumente	56
3.1.1 Methodik der Instrumentenanalyse	57
3.1.2 Einschränkungen der Auswahl an Instrumenten	58
3.2 Menschen-, und Umweltrechtspflichten für Unternehmen: Das Lieferkettengesetz der EU (CSDDD)	59
3.2.1 Materielle Verpflichtungen in Hinblick auf den Kriterienkatalog	59
3.2.2 Implementierung und Durchsetzung der CSDDD	60

3.3	Grenzen von Nachhaltigkeitsverpflichtungen: Die Welthandelsorganisation (WTO)	61
3.3.1	WTO-Grundprinzipien und Herausforderungen für Nachhaltigkeitsstandards.....	62
3.3.2	Bewertung von Artikel XX GATT als Nachhaltigkeitsinstrument	62
3.3.3	WTO-konforme Gestaltung eines nachhaltigen Wasserstoffhandels	64
3.4	Freiwillige Zertifikate für grüne Prämien: Wasserstoff in Kraftstoffen	64
3.4.1	Abdeckung der Nachhaltigkeitskriterien	65
3.4.2	Implementierungsmechanismen	65
3.5	H2 Global: Wasserstoff-spezifische Verträge.....	66
3.5.1	Abdeckung der Nachhaltigkeitskriterien	67
3.5.2	Implementierung der Nachhaltigkeitskriterien	69
3.6	Wirkungsspektrum der Instrumente: Lückenanalyse	70
3.6.1	Grenzen und Potenziale der Instrumente	74
3.6.2	Partizipation und lokale Einbindung	76
4	Schlussfolgerungen.....	78
5	Quellenverzeichnis	80
A	Kriterienkatalog und Ländermatrix	86
B	In der Textsuche verwendeten Begriffe	87
C	Für die Matrixdarstellung genutzte Skalen- und Farbeinteilungen einzelner Kriterien.....	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kriterienaufzählung zur Dimension Soziales	19
Tabelle 2:	Kriterienaufzählung zur Dimension Governance.....	21
Tabelle 3:	Kriterienaufzählung zur Dimension Wirtschaft	23
Tabelle 4:	Kriterienaufzählung zur Dimension Umwelt	23
Tabelle 5:	Kriterienaufzählung zur Dimension Technisches	24
Tabelle 6:	Darstellung des Matrixformats inklusive Farbskala	26
Tabelle 7:	Übersicht über die von der weiteren Betrachtung ausgeschlossenen Länder	34
Tabelle 8:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Australien.....	39
Tabelle 9:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Australien.....	40
Tabelle 10:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Australien.....	40
Tabelle 11:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Australien.....	41
Tabelle 12:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Australien.....	41
Tabelle 13:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Pakistan	41
Tabelle 14:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Pakistan	42
Tabelle 15:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Pakistan	42
Tabelle 16:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Pakistan	43
Tabelle 17:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Pakistan	43
Tabelle 18:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für die Türkei.....	43
Tabelle 19:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für die Türkei.....	44
Tabelle 20:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für die Türkei.....	44
Tabelle 21:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für die Türkei.....	45
Tabelle 22:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für die Türkei.....	45
Tabelle 23:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Uruguay	45
Tabelle 24:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Uruguay	46

Tabelle 25:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Uruguay	46
Tabelle 26:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Uruguay	47
Tabelle 27:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Uruguay	47
Tabelle 28:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für die Vereinigte Arabische Emirate	47
Tabelle 29:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für die Vereinigte Arabische Emirate	48
Tabelle 30:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für die Vereinigte Arabische Emirate	48
Tabelle 31:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für die Vereinigte Arabische Emirate	49
Tabelle 32:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für die Vereinigte Arabische Emirate	49
Tabelle 33:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für den Oman	50
Tabelle 34:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für den Oman	51
Tabelle 35:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für den Oman	52
Tabelle 36:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für den Oman	52
Tabelle 37:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für den Oman	52
Tabelle 38:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Algerien	53
Tabelle 39:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Algerien.....	53
Tabelle 40:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Algerien.....	54
Tabelle 41:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Algerien	54
Tabelle 42:	Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Algerien.....	54
Tabelle 43:	Übersicht der Instrumente	57
Tabelle 44:	Für die Darstellung der Lückenanalyse in Tabelle 45 bis Tabelle 49 verwendete Farbkodierung.	70
Tabelle 45:	Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Soziales	71
Tabelle 46:	Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Governance	72
Tabelle 47:	Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Wirtschaft.....	73
Tabelle 48:	Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Umwelt	73

Tabelle 49:	Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Technisches	74
Tabelle 50:	Liste der in der Textsuche verwendeten Begriffe	87
Tabelle 51:	Beispielhafte Unterteilung der Skala -2,5 - 2,5.....	89
Tabelle 52:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Gesundheitssystem“	89
Tabelle 53:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Bildungssystem“	89
Tabelle 54:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Vermögensungleichheit“	89
Tabelle 55:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Teilnahme am Unterricht“	90
Tabelle 56:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum der Governance Indikatoren von -2,5 bis 2,5.....	90
Tabelle 57:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Verschuldung“	90
Tabelle 58:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Investitionen in das Bildungssystem“	90
Tabelle 59:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum der Kriterien „Wasserqualität“ und „Biodiversitätsrisiko“	91
Tabelle 60:	Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Finanzierung von Forschung und Entwicklung“	91

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
bcm	Milliarden Kubikmetern
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
CBAM	CO ₂ -Grenzausgleichssystem
CSDDD	Europäische Lieferkettensorgfaltsgesetz (Corporate Sustainability Due Diligence Directive)
DRI	Direkt reduziertes Eisen
EU	Europäische Union
eSAF	Strombasierte nachhaltige Flugkraftstoffe
e. V.	eingetragener Verein
FPIC	Free, prior and informed consent
GATT	Allgemeines Zoll- und Handelsabkommen der WTO
ICP	Informed Consultation and Participation
IEA	Internationale Energieagentur
ILO	Internationale Arbeitsorganisation
IRENA	Internationale Organisation für erneuerbare Energien
JMP	Joint monitoring programme
Mio.	Millionen
PLA	Participatory Learning and Action
PRA	Participatory Rural Appraisal
PtGLS	Power to Gas/Liquid/Solid
PtX	Power to X
PV	Photovoltaik
RED	Renewable Energy Directive
RFNBO	Erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs
RSB	Round Table on Sustainable Biomaterials
SDG	Sustainable Development Goals
UN	Vereinte Nationen
UNICEF	Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen

Abkürzung	Erläuterung
UNSD	United Nations Statistics Division
USD	US Dollar
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WTO	Welthandelsorganisation
WWF	World Wide Fund For Nature
z. B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

Ziele

Ziel der in diesem Kurzpapier vorgestellten Arbeiten ist die Entwicklung eines methodischen Ansatzes, der eine auf nachhaltige Entwicklung zielende Einordnung von möglichen Exportländern für PtGLS-Produkte erlaubt. Hierdurch sollen Länder für weitere Untersuchungen ausgewählt werden können, die unterschiedliche Ausgangssituationen in Hinblick auf die gegenwärtige sozio-ökonomische Situation im Land sowie hinsichtlich der geografischen Lage aufweisen. Grundlage des methodischen Ansatzes ist die Zusammenstellung von Kriterien, die im Kontext einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft und eines nachhaltigen und fairen globalen Wasserstoffhandels relevant sind. Durch die Darstellung der Kriterienausprägung in einer 5-stufigen Farbskala werden Aspekte hervorgehoben, die im Falle einer Zusammenarbeit mehr Aufmerksamkeit in Bezug auf Nachhaltigkeit bedürften. Die Zusammenstellung von Kriterien stellt zudem einen Ausgangspunkt für die Auswahl und Bewertung von vier betrachteten Instrumenten dar, die Nachhaltigkeitsanforderungen potentiell auf unterschiedlichen Ebenen umsetzen könnten. Die anschließende Lückenanalyse zeigt zuletzt potentielle Lücken auf, die weitere regulative Schritte benötigen, um zu versichern, dass Wasserstoffpartnerschaften und -projekte mindestens keine negativen Auswirkungen, sondern idealerweise positive Auswirkungen auf die Exportländer haben. Es sei darauf hingewiesen, dass die Länderauswahl im Rahmen dieser Betrachtung exemplarisch erfolgte. Diese ist nicht als Empfehlungen zur Auswahl von Ländern für potentielle Wasserstoff- und Handelspartnerschaften oder für Projektansiedlungen zu verstehen.

Inhalt

Im Rahmen der Untersuchung wurde ein Kriterienkatalog für den Import von PtGLS-Produkten aus Ländern außerhalb der Europäischen Union (EU), mit Fokus auf Nachhaltigkeit in Anlehnung an die Agenda 2030, erstellt. Die Kriterien wurden dabei entlang der fünf Dimensionen Soziales, Governance, Wirtschaft, Umwelt und Technisches unterteilt. Es wurden innerhalb der Ausprägung ausgewählter Kriterien rote Linien festgelegt, deren Überschreiten zum Ausschluss für weitere Betrachtungen im Rahmen dieses Vorhabens führte, da sie dem übergeordneten Zielen einer gerechten Energiewende widersprechen. Die Vorauswahl an Ländern für hier durchgeführte Arbeiten ergibt sich durch die bestehenden Partnerschaften der deutschen Ministerien mit Ländern außerhalb der Europäischen Union. Nach der Prüfung der Roten Linien wurde eine Matrixdarstellung aller Kriterien für die übrigen Länder erstellt. Für die Matrixdarstellung wurde das Abschneiden in dem jeweiligen Kriterium der betrachteten Dimension in einer 5-stufigen Farbskala gewählt. Final werden aus dieser Übersicht sieben Länder exemplarisch betrachtet: Fünf für die Produktion von PtGLS-Produkten und zwei Länder für die Produktion von blauem Wasserstoff. In der Betrachtung der Kriterien können Aspekte hervorgehoben werden, die in einer möglichen Zusammenarbeit besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Der Kriterienkatalog soll die Ausgangslage der betrachteten Länder möglichst umfassend in den genannten Dimensionen darstellen. In einem zweiten Schritt wurde geprüft, inwieweit eine Verschlechterung der Ausgangslage durch die betrachteten Instrumente verhindert, bzw. sanktioniert werden kann. Die Auswahl der Instrumente wurde anhand einer Literaturrecherche getroffen. Die vier betrachteten Instrumente wurden als besonders relevant für den Nexus von Nachhaltigkeit und Wasserstoffproduktion identifiziert. Es wurde das EU-Lieferkettengesetz, der Zertifizierungsmechanismus von Kraftstoffen nicht-biogenen Ursprungs, die Prinzipien der Welthandelsorganisation und ein beispielhafter Abnehmervertrag des deutschen H2Global Mechanismus ausgewählt. Die Instrumentenanalyse wendet im ersten Schritt eine Textsuche an, durch die festgestellt wird, ob Kriterien und verwandte Schlagwörter in den jeweiligen Instrumenten vorkommen. In einem zweiten Schritt folgt eine genauere

Textanalyse der relevanten Textstellen um festzustellen inwiefern diese die Aspekte der unterschiedlichen Nachhaltigkeitskategorien betreffen und idealerweise positiv beeinflussen könnten. Eine finale Lückenanalyse des Wirkungsspektrums der Instrumente weist auf potentiell unterbeleuchtete Nachhaltigkeitskriterien hin.

Ergebnisse

Der entwickelte Kriterienkatalog umfasst 46 Kriterien verteilt auf die fünf Dimensionen Soziales, Governance, Wirtschaft, Umwelt und Technisches. Aufbauend auf den Kriterien wurden sieben rote Linien definiert. Sie beinhalten Grenzwerte in den Kriterien: Achtung der Menschenrechte, Rechtsstaatlichkeit, Korruptionskontrolle, Wasserstress und damit verbunden die Frage eines Meerzuganges, außerdem Gendergerechtigkeit und das Potential für erneuerbare Energien im Verhältnis zu einem zukünftigen, nationalen Elektrizitätsbedarf. Nach der Anwendung der roten Linien auf die ursprüngliche Länderauswahl von 77 Ländern blieben noch 35 Länder zur weiteren Analyse in allen übrigen Kriterien. Für den Export von PtGLS-Produkten wurden die Länder Australien, Pakistan, die Türkei, Uruguay und die Vereinigten Arabischen Emirate näher betrachtet und ihre Ausgangssituation hinsichtlich der Kriterien exemplarisch geschildert. Für den potentiellen Export von blauem Wasserstoff wurden der Oman und Algerien genauer betrachtet. Bei der Präsentation der sieben Länder wurde insbesondere auch auf schwächere Kriterien hingewiesen, die im Falle einer Zusammenarbeit gestärkt werden können, um eine langfristige, stabile und prosperierende bilaterale Beziehung im Kontext einer Wasserstoffpartnerschaft zu unterstützen. Der Kriterienkatalog wurde als Referenz zur Analyse der oben genannten Instrumente genutzt. Die Analyse zeigt, dass die betrachteten Instrumente Nachhaltigkeitsaspekte nur lückenhaft abdecken. Kriterien in der Dimension Soziales, wie Eigentumsrechte, Trinkwasserzugang und Ernährungssicherheit sind partiell integriert, während Fragen von Ungleichheit sowie Gesundheits- und Bildungssysteme weitgehend ausgeblendet bleiben. Governance- und ökonomische Kriterien finden nahezu keine Berücksichtigung. Umwelt Kriterien wie Wasserstress oder Biodiversität werden zwar aufgegriffen, jedoch ohne systematische Abdeckung. Technische Kriterien erscheinen außerhalb der klaren Definition von erneuerbaren, nichtbiologischen Kraftstoffen, lediglich randständig. Insgesamt manifestieren sich Lücken, die im Fall von Wasserstoffpartnerschaften besonderer Aufmerksamkeit bedürfen.

Darüber hinaus verweist die Analyse auf das strukturelle Problem divergierender Handlungsebenen. Nachhaltigkeit im Wasserstoffsektor wird durch internationale Regime, nationale Gesetzgebung und projektbasierte Verträge geprägt, wobei jede Ebene eigene Reichweiten- und Durchsetzungsgrenzen aufweist. Während internationale Abkommen wie die Welthandelsorganisation (WTO) schwache Sanktionsmechanismen besitzen, wirken nationale und projektbasierte Instrumente konkreter, bleiben jedoch begrenzt. Diese Asymmetrie und rechtliche Fragmentierung formaler Zuständigkeiten erzeugt Durchsetzungslücken zwischen normativem Anspruch und faktischer Umsetzung. Eine nachhaltige Ausgestaltung künftiger Wasserstoffpartnerschaften erfordert daher eine verstärkte und verbesserte Zusammenarbeit verschiedener Ebenen, flankiert durch regelmäßige Wirkungsanalysen sowie die institutionalisierte Beteiligung lokaler Bevölkerungsgruppen.

Summary

Objectives

The objective of the work presented in this report is to develop a methodological approach that allows for the classification of potential export countries for PtGLS products with a view to sustainable development. This should enable countries to be selected for further investigation that have different starting points in terms of their current socio-economic situation and geographical location. The methodological approach is based on a set of criteria that are relevant in the context of a sustainable hydrogen economy and sustainable and fair global hydrogen trade. By presenting the criteria on a 5-level colour scale, aspects are highlighted that would require more attention in terms of sustainability in case of cooperation. The compilation of criteria also serves as a starting point for the selection and evaluation of four instruments that could potentially implement sustainability aspects at different levels. Finally, the subsequent gap analysis identifies potential gaps that require further regulatory steps to ensure that hydrogen partnerships and projects have at least no negative impact, but ideally a positive impact, on the exporting countries in the five dimensions examined: social, governance, economic, environmental and technical. It should be noted that the selection of countries in this analysis was made on an illustrative basis. It should not be interpreted as a recommendation for the selection of countries for potential hydrogen and trade partnerships or for project locations.

Content

As part of the study, a catalogue of criteria was developed for importing PtGLS products from countries outside the EU, with a focus on sustainability in line with Agenda 2030. The criteria were divided into five dimensions: social, governance, economic, environmental and technical. Red lines were defined within the scope of selected criteria, the crossing of which led to exclusion from further consideration within the framework of this project, as they contradicted the overarching goals of a just energy transition. The pre-selection of countries for the work carried out here is based on the existing partnerships between German ministries and countries outside the European Union. After reviewing the red lines, a matrix representation of all criteria for the remaining countries was created. For the matrix representation, the performance in the respective criterion of the dimension under consideration was selected on a 5-level colour scale. Finally, seven countries are considered as examples from this overview: five for the production of PtGLS products and two countries for the production of blue hydrogen. When considering the criteria, aspects can be highlighted that require special attention in a possible cooperation. The list of criteria is intended to present the starting position of the countries under consideration as comprehensively as possible in the dimensions mentioned. In a second step, the extent to which a deterioration in the starting position can be prevented or sanctioned by the instruments under consideration was examined. The instruments were selected on the basis of a literature review. The four instruments under consideration were identified as particularly relevant to the nexus of sustainability and hydrogen production. The EU Supply Chain Act, the certification mechanism for fuels of non-biogenic origin, the principles of the World Trade Organisation and an exemplary customer contract from the German H2Global mechanism were selected. The first step in the instrument analysis is a text search to determine whether criteria and related keywords appear in the respective instruments. The second step involves a more detailed text analysis of the relevant passages to determine the extent to which they address the aspects of the various sustainability categories and, ideally, could have a positive impact on them. A final gap analysis of the instruments' range of effects highlights potentially under-emphasised sustainability criteria.

Results

The developed criteria catalogue comprises 46 criteria spread across five dimensions: social, governance, economic, environmental and technical. Based on these criteria, seven red lines were defined. They include thresholds for the following criteria: respect for human rights, rule of law, corruption control, water stress and the associated issue of access to the sea, gender equality and the potential for renewable energies in relation to future national electricity demand. After applying the red lines to the original selection of 77 countries, 35 countries remained for further analysis in all other criteria. For the export of PtGLS products, Australia, Pakistan, Turkey, Uruguay and the United Arab Emirates were examined in more detail and their initial situation with regard to the criteria was described by way of example. Oman and Algeria were examined in more detail for the potential export of blue hydrogen. In the presentation of the seven countries, particular attention was paid to weaker criteria that could be strengthened in the event of cooperation in order to support a long-term, stable and prosperous bilateral relationship in the context of a hydrogen partnership. The list of criteria was used as a benchmark for analyzing the instruments mentioned above. The analysis shows that the instruments considered only cover sustainability aspects in a piecemeal manner. Criteria in the social dimension, such as property rights, access to drinking water and food security, are partially integrated, while issues of inequality and health and education systems are largely ignored. Governance and economic criteria are hardly taken into account at all. Environmental criteria such as water stress and biodiversity are addressed, but without systematic coverage. Technical criteria appear marginal outside the clear definition of renewable, non-biological fuels. Overall, there are gaps that require particular attention in the case of hydrogen partnerships.

Furthermore, the analysis points to the structural problem of diverging levels of action. Sustainability in the hydrogen sector is shaped by international regimes, national legislation and project-based contracts, with each level having its own scope and enforcement limits. While international agreements such as the WTO have weak sanction mechanisms, national and project-based instruments are more concrete but remain limited. This asymmetry and legal fragmentation of legal competences creates enforcement gaps between normative requirements and actual implementation. The sustainable design of future hydrogen partnerships therefore requires increased and improved cooperation between different levels, accompanied by regular impact analyses and the institutionalized participation of local communities.

1 Einleitung

Strombasierter Wasserstoff und Wasserstoffderivate, auch bekannt unter dem Sammelbegriff PtGLS-Produkte (Power to Gas/Liquid/Solid), werden in absehbarer Zeit eine essentielle Rolle einnehmen um Treibhausgasneutralität in Sektoren zu erreichen, die diese nicht allein durch die Umstellung auf die direkte Nutzung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien erreichen. Hierzu gehört insbesondere die Produktion von Chemikalien, oder Stahl. Der Einsatz von grünem Wasserstoff erlaubt es, die genannten Prozesse durch indirekte Elektrifizierung treibhausgasneutral zu gestalten. Da die Kapazität, in Deutschland Wasserstoff kostengünstig zu produzieren begrenzt ist, wird davon ausgegangen, dass 60-70 % des benötigten Wasserstoffs aus Ländern mit höherer Kapazität für eine kostengünstige Wasserstoffproduktion importiert werden muss. Diese Kapazität ergibt sich durch bessere Standortbedingungen für Solar- und Windenergienutzung, außerhalb Europas vornehmlich in Ländern auf der südlichen Hemisphäre. Beispielsweise Ländern wie Namibia, Chile oder Australien werden besonders hohe Potentiale für die kostengünstige Wasserstoffproduktion zugeschrieben. Betrachtet man allerdings Handelsstrukturen, die sich in der Vergangenheit im Kontext des Ressourcenhandels zwischen Ländern des globalen Nordens und Ländern des globalen Südens ergeben haben, zeigt sich, dass diese oft von Ungleichheiten und problematischen Abhängigkeitsverhältnissen geprägt waren. Um eine gerechte und nachhaltige Wasserstoffproduktion im globalen Süden zu gewährleisten, Vorteile für die lokale Bevölkerung und die Wirtschaft zu garantieren und den zukünftigen Wasserstoffmarkt weitestgehend ohne Wettbewerbsverzerrungen auf Kosten von Arbeits-, Umweltstandards sowie Achtung von Menschenrechten aufzustellen, ist es daher entscheidend, klare Kriterien und Rahmenbedingungen für den Handel zwischen den Regionen festzulegen. Die Arbeiten im Rahmen des hier beschriebenen Forschungsvorhabens sollen hierzu einen Beitrag leisten indem die Diskussion um Nachhaltigkeitsaspekte im globalen Wasserstoffhandel erweitert und ein methodischer Ansatz dafür vorgeschlagen wird. Es sei darauf hingewiesen, dass die Länderauswahl im Rahmen dieser Betrachtung exemplarisch erfolgte. Diese ist nicht als Empfehlungen zur Auswahl von Ländern für potentielle Wasserstoff- und Handelspartnerschaften oder für Projektansiedlungen zu verstehen.

Im Rahmen dieses Vorhabens wird nicht nur der Fall grüner Wasserstoffproduktion betrachtet, sondern auch die Produktion von blauem Wasserstoff, in Erdgas fördernden Ländern. Hierbei gilt es zu beachten, dass durch die bestehenden Strukturen rund um die Gasförderung und den Handel zumeist mit von Ungleichheit geprägten Gefügen zu rechnen ist. Die Ausgangssituation und die Risiko- bzw. Chancenabschätzung ist demnach eine andere als im Falle einer neu angesiedelten grünen Wasserstoffproduktion. Zudem ist das Risiko fossiler Pfadabhängigkeiten nicht zu vernachlässigen. Ebenfalls ist Treibhausgasneutralität durch die Produktion von blauem Wasserstoff nicht zu erreichen, da es bei der Gasförderung und beim Transport zu Methan-Leckagen kommt und auch die CO₂-Abscheideraten im Reformierungsprozess für die Wasserstoffherstellung technisch bedingt nie 100 % erreichen können. Ebenfalls ist der Transport und die Speicherung von CO₂ mit Leckagen verbunden.

Grundsätzlich ist trotz der Bedenken, die mit dem Import bzw. dem globalen Handel von Wasserstoff einhergehen, festzuhalten, dass sich langfristig ausgelegte Partnerschaften positiv auf Stabilität und Entwicklung in mehreren Dimensionen auswirken können. Zudem sollte beim Aufbau entsprechender Länder-Partnerschaften oder der Förderung von Projekten in Ländern, die besondere Schwierigkeiten bei der Erreichung der SDG's haben, ein besonderes Augenmerk auf den Beitrag zu einer positiven Entwicklung gemäß eben dieser Kriterien gelegt werden. Dieser Ansatz, der auch in diesem Projekt verfolgt wird, soll dazu beitragen, dass keine Regionen oder Länder der Welt kategorisch von der Teilnahme an einem sich aktuell entwickelnden, weltweiten Wasserstoffmarkt ausgeschlossen werden. Gleichzeitig sollen

Entwicklungspotentiale und Handlungsbedarfe in technischen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten, sowie der Regierungsführung aufgezeigt werden, die gegebenenfalls wettbewerbsverzerrend wirken können und die Umgehung von Standards bezüglich Umwelt, Arbeitssicherheit oder Menschenrechten ermöglichen. Zu diesem Zweck wurde zuerst ein Kriterienkatalog (Abschnitt 2.1) zusammengestellt. In einem weiteren Schritt werden in der Ausprägung einzelner Kriterien rote Linien (Kapitel 2.2) definiert. Im Falle der Überschreitung dieser roten Linien kommt es zum Ausschluss von Ländern für die weitere Untersuchung. Im letzten Teil des Berichts (Kapitel 3) werden vier Instrumente, welche potentiell zur positiven Entwicklung der jeweiligen Kriterien beitragen können dahingehend untersucht, inwiefern sie Nachhaltigkeitsaspekte des Kriterienkatalogs widerspiegeln und effektiv auf internationaler, regionaler und Projektebene implementieren. Zuletzt werden die dabei erkannten Lücken der Nachhaltigkeitssicherung aufgezeigt.

2 Entwicklung des Kriterienkatalogs als Analysewerkzeug

2.1 Zusammenstellung des Kriterienkatalogs

Der Kriterienkatalog beschreibt 46 Kriterien, welche sich in fünf Dimensionen einordnen lassen und ermöglichen, den Status-Quo in den betrachteten Ländern umfangreich abzubilden und mögliche Chancen, Risiken und Hindernisse auf dem Weg zu, bzw. dem Ausbau von, bilateralen Beziehungen mit dem Ziel des Exports von PtGLS-Produkten nach Deutschland und in die EU vorab einzuordnen. Die Auswahl der Kriterien und die zur Einordnung der Länder herangezogenen Quellen sowie ihr Bezug und Einfluss auf den Wasserstoffsektor sind im Folgenden genauer beschrieben. Die Einordnung der Länder erfolgt in Form einer Matrix, in welcher das Abschneiden in den Kriterien mit einer 5-stufigen Farbskala, in Anlehnung an das Ampelmodell, dargestellt wird. Dieses Vorgehen wird im Abschnitt 2.1.3 genauer beschrieben.

2.1.1 Vorgehen zur Kriterienauswahl

Eine anfängliche Orientierung bei der Aufstellung einer Kriterienliste erfolgte entlang der folgenden Veröffentlichungen und Studien (in alphabetischer Reihenfolge):

- ▶ (Fekete et al. 2023)
- ▶ (Fraunhofer IEE und Universität Kassel 2023)
- ▶ (Geschäftsstelle Deutsches Global Compact Netzwerk (DGCN) 2014)
- ▶ (Hank et al. 2023)
- ▶ (Jensterle et al. 2020)
- ▶ (Villagrasa 2022)
- ▶ (World Bank Group 2024a)

Die Kriterien wurden in die fünf Dimensionen Soziales, Governance, Wirtschaft, Umwelt und Technisches gegliedert. Die folgende Kriterienliste und -beschreibung dient dem Verständnis der Ausgangssituation im jeweilig betrachteten Land. In den Tabellen sind die Kriterien und die Quellen für die darunterliegende Datenbasis vermerkt. Aus der Beschreibung im Text ist zu entnehmen, wie die Kriterien in Bezug zum Wasserstoffsektor stehen und welche Rolle sie im Entwicklungskontext spielen.

2.1.1.1 Kriterien zur Dimension Soziales

Tabelle 1: Kriterienaufzählung zur Dimension Soziales

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Anzahl an Einwohnern	Almanach, (United Nations Statistics Division 2024)
Bevölkerungsdichte	Almanach, (United Nations Statistics Division 2024)
Bildungssystem	Human Development Index, (United Nations Development Programme 2022)
Teilnahme am Unterricht	Human Development Index, (United Nations Development Programme 2022)
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Global Knowledge Index, (United Nations Development Programme 2023)

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Landrechte	Prindex, (Prindex 2024)
Besitzrechte	Teil des International Property Rights Index, (Levy-Carciente und Montanari 2023)
Gesundheitssystem	Human Development Index, (United Nations Development Programme 2022)
Zugang zu Elektrizität	Weltbank, (World Bank Group 2023a)
Energiegerechtigkeit	World Energy Trilemma Index, (World Energy Council 2022)
Ernährungssicherheit	Global Food Security Index, (Economist Impact 2022)
Sanitäre Einrichtungen	Weltbank, (World Bank Group 2023b)
Trinkwasser	Joint monitoring programme WHO und UNICEF, (WHO und UNICEF 2024)
Gini-Koeffizient	Weltbank, (World Bank Group 2024b)
Vermögensungleichheit	World inequality database, (World Inequality Database 2024)

Die **Anzahl an Einwohnern** und die **Bevölkerungsdichte** sind in der Kriterienliste enthalten, fungieren jedoch lediglich als Informationsbasis für die Darstellung der Länder, da sie nicht als Ausschlag gebend für die Partnerschaftsbewertung gelten. In der Matrixbewertung werden sie demnach nicht farblich eingeordnet.

Die Daten für das **Bildungssystem** („educational system“) und die **Teilnahme am Unterricht** („school attendance“) gehen beide aus dem Datensatz des Human Development Index hervor. Ersteres beschreibt die Anzahl an Schuljahren, die ein Kind bei der Einschulung erwarten kann. Letzteres beinhaltet die Information zur Anzahl an Schuljahren, die Personen über 24 Jahre im durchschnitt absolviert haben. Ein etabliertes Bildungssystem wird als wichtige Voraussetzung für die Möglichkeiten der lokalen Bevölkerung gesehen, sich darauf aufbauend weiterzubilden und in neuen Sektoren wie dem Wasserstoffsektor zu arbeiten. Daher sind diese beiden Kriterien in die Liste mit aufgenommen worden. Technische **Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten** wurden als Kriterium mitaufgenommen, da sie wie auch die Informationen zur Schulbildung, ein Indikator für die Chancen der lokalen Bevölkerung sind, beruflich spezialisiert vom Wasserstoffsektor zu profitieren. Zudem kann darauf aufbauend die Wahrscheinlichkeit abgeschätzt werden, ob die Regierung des jeweiligen Landes die Kapazität hat, neue Ausbildungsprogramme adäquat zu erstellen. **Landrechte und Eigentumsrechte** wurden in der Vergangenheit bei wirtschaftlich vielversprechenden Vorhaben oft missachtet. Insbesondere in Ländern, in denen das Eigentum von Land nicht durch eine offizielle Instanz festgehalten ist, kann es dazu kommen, dass Menschen von Ländereien vertrieben werden, die von ihnen seit Jahrzehnten bewohnt und bewirtschaftet werden. Demnach wird das Risiko für solche und ähnliche Enteignungen durch die Daten zu Landrechten und Besitzrechten als Indikatoren in die Länderbewertung mitaufgenommen. Ein funktionierendes **Gesundheitssystem** („health services“) wie auch **Ernährungssicherheit, sanitäre Einrichtungen** und eine gesicherte **Trinkwasserversorgung** gehören zur Grundversorgung und sind Voraussetzung für Wohlstand. Es ist demnach essentiell hier einen gewissen Standard sicherzustellen, beziehungsweise diese Kriterien mit zu bedenken, um eine positive Entwicklung zu ermöglichen. Die Daten für die Einschätzung des Gesundheitssystems basieren auf den Daten des Human Development Index zur Lebenserwartung. Ernährungssicherheit wird über den Food security index und die Trinkwasserverfügbarkeit über das Joint monitoring programme (JMP), das gemeinsam von der WHO und UNICEF verwaltet wird. Die Verfügbarkeit von Sanitären

Einrichtungen wird von der Weltbank aufgeführt, die jedoch ebenfalls auf Grundlage von den Daten des JMP arbeitet.

PtGLS-Produkte ermöglichen es erneuerbare Energie zu exportieren. Der Export von erneuerbarer Energie ist jedoch in Fällen kritisch zu bewerten und kann im jeweiligen Land zu Spannungen führen, in denen kein 100-prozentiger **Zugang zu Elektrizität** für die lokale Bevölkerung gegeben ist. Zudem dient die Zugangsrate als Orientierung, um den Eigenbedarf an Energie eines Landes abzuschätzen, sobald die gesamte Bevölkerung Zugang zu Elektrizität hat. Zugang zu Elektrizität ist eine wichtige Basis für die wirtschaftliche Entwicklung. Somit dient auch dieses Kriterium der Einschätzung, wie es um die wirtschaftlichen Möglichkeiten eines Landes steht, vor dem Export von erneuerbarer Energie in Form von Wasserstoff, den Anspruch an eine Versorgung der Bevölkerung zu priorisieren. Die Daten hierfür werden aus der Übersicht der Weltbank entnommen, die hierfür auf Basis von Daten der IRENA, IEA, WHO, der Statistikabteilung der UN und der Weltbank selbst arbeitet. **Energiegerechtigkeit** („energy equity“) beschreibt noch spezifischer die Kapazität eines Landes, Zugang zu einer zuverlässigen und erschwinglichen Energieversorgung zu garantieren. Für die Wasserstoffproduktion wird unter Umständen die technische Kapazität zur Energieproduktion ausgebaut. Wird die Energie dann jedoch nur für die Wasserstoffproduktion genutzt und mangelt es der lokalen Bevölkerung an Zugang werden die Prioritäten entgegen der lokalen Bedürfnisse gesetzt. Dieses Kriterium erweitert also die Aussagekraft der Zugangsrate zu Elektrizität.

Im Fall von großen, Gewinn versprechenden Sektoren, stellt sich die Frage, wie breit ein solcher Gewinn indirekt verteilt werden könnte. Als Indikator für die Verteilungsgerechtigkeit werden der **Gini-Koeffizient** wie auch die **Vermögensungleichheit** in einem Land zurate gezogen. Letztere wird durch die Höhe des Vermögens der obersten 10 % in den einzelnen Ländern angegeben.

2.1.1.2 Kriterien zur Dimension Governance

Tabelle 2: Kriterienaufzählung zur Dimension Governance

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Korruption	Corruption Perception Index, (Transparency International 2024)
Achtung der Menschenrechte	Human Rights Index, (Herre und Arriagada 2024)
Gendergerechtigkeit	Gender Equality Index, (World Population Review 2025)
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt und Terrorismus	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Wirksamkeit der Regierung	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Regulatorische Qualität	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Rechtstaatlichkeit	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Korruptionskontrolle	Weltbank Governance Indikatoren, (World Bank Group 2024c)
Wasserstoffstrategie	Einzelrecherche
Leistung zur Minderung des Klimawandels	Environmental Performance Index, (Block et al. 2024)
Energiesicherheit	World Energy Trilemma Index, (World Energy Council 2022)

Auf Seiten der **Achtung der Menschenrechte** wird der Wert für den Human Rights Index mitaufgenommen. Als wichtiger Bestandteil dessen wird die **Geschlechtergerechtigkeit** als gesondertes Kriterium mit betrachtet. Diese beiden Kriterien gehören in dieser Betrachtung zur Einordnung bezüglich der Achtung von Grundrechten. Auch wenn sie keinen direkten Bezug zur Wasserstoffproduktion bzw. –Handel haben, ist ein gewisses Niveau hier eine Grundvoraussetzung für eine Partnerschaft und die Zusammenarbeit.

Die Führungsstrukturen eines Landes bilden idealerweise eine solide Basis für die Ansiedlung des Wasserstoffsektors und weiterer Industrien darum herum. Genauso bieten sie die Möglichkeit für eine Aussage darüber, ob im Kontext der Industrieansiedlung beispielsweise mit einer effektiven Regulierung und Mitspracherecht der Bevölkerung zu rechnen ist. Demnach ist es von Bedeutung diese Kriterien mit in die Übersicht einfließen zu lassen. Als Quelle wurden die „World Bank Governance Indicators“ in Form von Kriterien übernommen. Diese umfassen die **Mitsprache und Rechenschaftspflicht** („voice and accountability“), **politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt und Terrorismus** („political stability and absence of violence/terrorism“), **Wirksamkeit der Regierung** („Government effectiveness“), **regulatorische Qualität** („regulatory quality“), **Rechtstaatlichkeit** („rule of law“) und die **Korruptionskontrolle** („control of corruption“). Jeder der Indikatoren umfasst weitere Quellen, die von offiziellen Indizes und Daten bis hin zu inoffiziellen Daten reichen. Die Mitsprache und Rechenschaftspflicht beschreibt hier die Möglichkeit der Bevölkerung eines Landes ihre Regierung zu wählen und beinhaltet auch das Recht auf Versammlung, auf freie Meinungsäußerung und die Pressefreiheit. Die politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt und Terrorismus misst die Wahrnehmung der Wahrscheinlichkeit für politische Instabilität beziehungsweise politisch motivierte Gewalt. Die Wirksamkeit der Regierung umfasst die Qualität öffentlicher Dienste und die Unabhängigkeit von politischer Einflussnahme sowie die Glaubwürdigkeit des Engagements der Regierung. Die regulatorische Qualität beschreibt in diesem Fall die Fähigkeit der Regierung, fundierte Richtlinien und Regulierung zu etablieren, die die Entwicklung eines Privatsektors unterstützen. Im Kontext der Weltbankindikatoren wird Rechtstaatlichkeit als der Grad an Vertrauen in und die Befolgung von gesellschaftlichen Regeln durch unterschiedliche Akteure definiert. Diese Regeln umfassen insbesondere die Qualität der Vertragsdurchsetzung, Eigentumsrechte und das Vertrauen in Institutionen wie die Polizei und Gerichte. In den Indikator Korruptionskontrolle fließt das Ausmaß ein, zu dem öffentliche Macht für private Vorteile eingesetzt wird. Dies schließt auch die Vereinnahmung des Staates durch Eliten ein („elite capture“).

Zur Erweiterung wird auch die **Wahrnehmung der Korruption** („corruption perception“) mit beachtet. Da es sich bei der Wasserstoffproduktion Schlussendlich um eine Maßnahme zum Klimaschutz handelt, ist ebenso von Interesse, was für eine Leistung die betrachteten Länder bei der Minderung von Treibhausgasemissionen erbringen. Hierfür wird die **Leistung zur Minderung des Klimawandels** („Climate change mitigation performance“) aus dem „Environmental Performance Index“ betrachtet. Das Kriterium beinhaltet Treibhausgasemissionstrends und ihr Vergleich zu gesetzten Netto-Null-Emissionszielen sowie die Einschätzung der Emissionsentwicklung und CO₂ Emissionen aus der Landnutzung, Landnutzungsänderung und aus Wäldern („land use, land use change and forestry“). Da diese Entwicklung von politischen Entscheidungen abhängt, ist auch hier die Qualität der politischen Führung beziehungsweise Governance gefragt. In Form des Kriteriums **Energiesicherheit** („Energy security“) fließt auch eine Einschätzung zur Kapazität eines Landes ein, die aktuelle und zukünftige Energieversorgung sicherzustellen, was auch als Beitrag zu Resilienz gewertet wird. Als Indikator für den Entwicklungsstand des Wasserstoffsektors im jeweiligen Land wird vermerkt, ob eine nationale Wasserstoffstrategie oder ähnliches („National Hydrogen Program“ in Brasilien, „National Green Hydrogen Mission“ in Indien, „Green Hydrogen Master Plan“ im

Oman, u.a.) ausgearbeitet wurde. Die Existenz einer Strategie wird als taktisch wichtiger Schritt eines Landes gesehen, um den Sektor in die nationale Wirtschaft zu integrieren und darauf aufbauend weitere Industriesektoren zu stärken bzw. die nationale Nutzung von Wasserstoff einzuplanen.

2.1.1.3 Kriterien zur Dimension Wirtschaft

Tabelle 3: Kriterienaufzählung zur Dimension Wirtschaft

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Bruttoinlandsprodukt	Almanach, (United Nations Statistics Division 2024)
Import von Waren	Almanach, (United Nations Statistics Division 2024)
Export von Waren	Almanach, (United Nations Statistics Division 2024)
Staatliche Verschuldung	International Monetary Fund, (International Monetary Fund 2024)
Investitionen in das Bildungssystem	Weltbank, (World Bank Group 2024d)

Das **Bruttoinlandsprodukt** wie auch die Maße für den **Import und Export von Waren** dienen wie die Einwohneranzahl als Informationsbasis zu den jeweiligen Ländern. Davon ausgehend können Rückschlüsse auf die bestehenden Handelsflüsse in und aus einem Land gezogen werden. Diese Daten lassen wiederum Schlüsse auf die bereits bestehende Wirtschaftskraft eines Landes zu. Als Kriterien sind diese Informationen von Bedeutung, da es einfacher sein könnte auf bestehende Handelsbeziehungen und die bestehende Infrastruktur zurückzugreifen. Darüber hinaus wird unter den wirtschaftsbezogenen Kriterien auch die **Verschuldung** eines Landes, angegeben in Prozent des Bruttoinlandsprodukts, aufgeführt. Insbesondere für einige Afrikanische Länder, die in einigen Fällen stark verschuldet sind und oft weniger gute Kreditbedingungen bekommen, birgt der Wasserstoffsektor das Risiko, diese Verschuldung zu erhöhen.

Nicht nur die Einschätzung zum Bildungs- und Ausbildungsangebot ist relevant als Indikator für die Qualifikation der lokalen Arbeitskräfte, auch **Investitionen in das Bildungssystem** dienen der Einschätzung über die Möglichkeiten und Vorhaben eines Landes, die nötigen Bildungsangebote für neue Wirtschaftssektoren zu schaffen.

2.1.1.4 Kriterien zur Dimension Umwelt

Tabelle 4: Kriterienaufzählung zur Dimension Umwelt

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Wasserstress	Aqueduct Länderranking, (World Resources Institute 2024)
Wasserqualität	WWF Wasserrisikofilter, (WWF 2024a)
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Environmental Performance Index, (Block et al. 2024)
Biodiversitätsrisiko	WWF Biodiversitätsfilter, (WWF 2024b)
Nachhaltigkeit des Energiesystems	World Energy Trilemma Index, (World Energy Council 2022)

Als neuer Industriesektor, der in vielen Gegenden den initialen Ausbau von Infrastruktur auslösen könnte, wird die Wasserstoffproduktion signifikanten Einfluss auf die Umwelt haben. Da grüner Wasserstoff aus Süßwasser gewonnen wird und für seine Produktion ein hoher Wasserbedarf besteht wird die Wasserverfügbarkeit durch das Kriterium **Wasserstress** abgebildet. Die Daten beziehen sich auf den sog. grundlegenden Wasserstress („baseline water stress“). Grundlegender Wasserstress misst das Verhältnis des gesamten Wasserbedarfs zu den verfügbaren erneuerbaren Oberflächen- und Grundwasservorräten. Für die Wasserversorgung der Bevölkerung wird auch die **Wasserqualität** als Kriterium mit beachtet. Diese wird unter den physischen Risiken im „Water Risk Filter“ des WWF mit aufgeführt.

Die **Leistung zum Biodiversitätsschutz**, die ein Land bzw. seine Regierung zeigt kann ein Indikator sein, wie hoch die Bestrebungen sein werden, bei der Ansiedlung eines neuen Industriesektors wie dem Wasserstoffsektor die Natur und die Biodiversität zu schützen. Für das Kriterium werden die Daten aus dem Environmental Performance Index (Kapitel 13) verwendet.

Um eine Einschätzung treffen zu können, wie groß die möglichen Biodiversitätsverluste bei der Ansiedlung des Industriesektors sein könnten, wird für das Kriterium **Biodiversitätsrisiko** der „Biodiversity Risk Filter“ des WWF konsultiert. Hier werden die Daten für Umweltfaktoren aus dem Bereich Reputationsrisiko („reputational risk“) entnommen. Zuletzt wird die **Nachhaltigkeit des Energiesystems** als Kriterium mit aufgenommen, die die Leistung des Energiesystems eines Landes bei der Vermeidung von Umweltschäden und der Eindämmung des Klimawandels misst.

2.1.1.5 Kriterien zur Dimension Technisches

Tabelle 5: Kriterienaufzählung zur Dimension Technisches

Bezeichnung des Kriteriums	Quelle
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	Weltbank, (World Bank Group 2024e)
PV Potential	Fraunhofer ISI, (Mendler et al. 2024)
Windenergiepotential	Fraunhofer ISI, (Mendler et al. 2024)
Summe an erneuerbarem Energieproduktionspotential	Summe aus PV und Windenergiepotential
Anzahl an Direktreduktionsanlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Global Energy Monitor, (Global Energy Monitor 2024)
Chemieindustrie	Weltbank, (World Bank Group 2024f)
Anteil erneuerbarer Energien am Elektrizitätsmix	IEA Länderprofile, (IEA 2024)
Gasförderung	Global Energy Monitor, (Global Energy Monitor 2024)
Plan blauen Wasserstoff zu Produzieren	Einzelrecherche

Aufbauend auf der Frage nach Finanzierung für das Bildungssystem wird für weiterführende Bildung und für die Frage nach der lokalen Wertschöpfung auch auf die **Finanzierung von Forschung und Entwicklung** geachtet. Diese Information wird aus Daten der Weltbank entnommen und in Prozent des Bruttoinlandproduktes wiedergegeben. Für viele noch wenig industrialisierte Länder ist das Thema mangelnder Fachkräfte ein Wichtiges. Dieser

Kapazitätsmangel liegt unter anderem auch am Mangel an spezialisiertem technischem Wissen und Zugang zu Patenten bzw. dem Wissen dahinter. Somit ist es von großer Bedeutung Forschung lokal zu betreiben und so selbst zu forschen.

Die **technischen Potentiale** für erneuerbare Elektrizitätsproduktion über **PV und Windenergie** sollten in erster Linie der Sicherstellung einer Deckung, gegenwärtiger und möglicher zukünftiger nationaler Bedarf inklusive solcher an Wasserstoff. Daher fließen die Daten in die Ausschlussbewertung über die Roten Linien ein (siehe Kapitel 2.2). Da es in der Länderdarstellung durch die Kriterien jedoch nicht darum gehen soll, die Länder mit besonders hohem Potential für erneuerbare Elektrizitätsproduktion hervorzuheben, werden die Kriterien in der Matrixdarstellung nur als Informationsgrundlage für eine spezifische, länderscharfe Untersuchung betrachtet. Die Einfärbung je nach Potential dient ausschließlich dem Vergleich der Länder untereinander. Die hier verwendeten Daten wurden vom Fraunhofer ISI Institut aus den Ergebnissen der Studie „Assessing worldwide future potentials of renewable electricity generation: Installable capacity, full load hours and costs“ (2024) zur Verfügung gestellt. Für Windenergie wurde für eine Aufnahme von Standorten in die technischen Potentiale die Anforderung von mindestens 1500 Vollaststunden gestellt, was hier als Standortbedingung identifiziert wurde. Als Erweiterung für die Informationsbasis werden außerdem die **Anzahl an Direktreduktionsanlagen für die Stahl- und Eisenproduktion** wie auch der nationale Umsatzanteil der **Chemieindustrie** mitangegeben. Da der nationale Klimaschutz und die Versorgung mit erneuerbaren Energien eine hohe Priorität gegenüber dem Export der sauberen Energie in Form von Wasserstoff haben soll, wird der prozentuale **Anteil an erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion** als Kriterium eingeschlossen. Hinter diesem Kriterium steht die Hoffnung bzw. Erwartung, dass im Fall eines niedrigen Anteils an erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion die Ansiedlung des Wasserstoffsektors auch zu einem Ausbau dieses Anteils führt. Zur Einschätzung der Situation für die Produktion von blauem Wasserstoff wird die **Gasförderung** der Länder in Milliarden Kubikmetern (bcm) angegeben, wie auch der **Plan** des jeweiligen Landes recherchiert, **blauen Wasserstoff zu produzieren**. Hier könnten Länder mit einer hohen Gasförderrate von Interesse sein.

2.1.2 Einschränkungen des Kriterienkatalogs

Es gilt zu beachten, dass angestrebt wurde hinsichtlich der Kriterienzusammenstellung möglichst umfassend zu arbeiten, sie jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erfüllen kann. Die Betrachtung der meist quantitativen Bewertungen der Kriterien dient einer guten Vergleichbarkeit und schafft die Möglichkeit, die Länder in den unterschiedlichen Dimensionen einzuordnen.

Während Indizes ein essentielles Werkzeug in der vergleichenden Politikwissenschaft sind, haben sie auf mehreren Ebenen methodologische Einschränkungen. So setzen sich Indizes häufig aus einer komplexen Konstruktion und Wertung verschiedener Datensätze zusammen. Indizes werden daher dahingehend kritisiert, dass Wiederholbarkeit und Nachvollziehbarkeit oft nicht gewährleistet werden können. Fehlende Reflexionen gegenüber der methodologischen Schwächen von Indizes kann in Folge zu Fehlinterpretationen politischer Realitäten führen (Pickel und Pickel 2012).

Zweitens misst der Kriterienkatalog eine rein nationalstaatliche Ebene, welche oft stark von regionalen und lokalen Realitäten abweicht. So können der Gini-Koeffizient, Bildungsniveaus oder Gendergerechtigkeit zum Beispiel stark zwischen ländlichen und urbanen Regionen, oder verschiedenen Bevölkerungsgruppen innerhalb eines Landes schwanken. In der Umsetzung von entwicklungspolitischen Maßnahmen im Rahmen von Wasserstoffprojekten, fungiert der Kriterienkatalog maximal als erster Ansatzpunkt.

Hervorzuheben ist, dass die genutzten Indizes eine stark aggregierte Momentaufnahme auf nationalstaatlicher Ebene darstellen und lässt dabei projektbezogene und prozess-orientierte Faktoren unberücksichtigt. Dabei ist die Miteinbeziehung und Möglichkeiten der Teilhabe lokaler Bevölkerungsgruppen vor und während des Projektes ein Grundlegendes Erfolgskriterium für eine gelingende nachhaltige Entwicklung. Im Kontext von indigenen Bevölkerungsgruppen spricht man hierbei vom Prinzip der freien, vorherigen und informierten Zustimmung (auf Englisch „Free, prior and informed consent“, „FPIC“). In einem zweiten Schritt geht es um die weiterführende Beteiligung der Lokalbevölkerung an Gewinnen nicht zuletzt um die Kompensation ggf. fundamentaler Änderung bestehender Lebensweisen und sozioökonomischer Sicherheitsnetze abzusichern. Während der hier genutzte Katalog sein Ziel, als erstes Analysewerkzeug zu dienen erreicht, ist es in weiteren Schritten nötig seine Limitierungen durch regelmäßige Wirkungsanalysen auf Lander- und Projektebene zu ergänzen.

2.1.3 Darstellung der Kriterien in Matrixformat

Für eine übersichtliche Darstellung des vergleichsweise umfangreichen Kriterienkatalogs und der Einordnung der betrachteten Länder in allen Kriterien wurde eine Darstellung in Matrixform gewählt, die im Folgenden genauer beschrieben wird.

2.1.3.1 Beschreibung des Matrixformats

Für eine intuitiv verständliche Darstellung wurden die Werte in der Matrixform mit einer 5-farbigem Skala in Anlehnung an die Ampel-Methode gewählt. Durch die farbliche Darstellung werden die Daten übersichtlich dargestellt und eine Vergleichbarkeit zwischen Ländern wird hergestellt. In Schriftform können Indikatoren durch die Abstufung von sehr schlecht, schlecht, mittelmäßig bis hin zu gut und sehr gut umschrieben werden (siehe Kapitel 2.3).

Tabelle 6: Darstellung des Matrixformats inklusive Farbskala

Skala in Worten	Farbskala
Beste Voraussetzungen = sehr gut	
gut	
mittelmäßig	
Schlecht	
Schwächen, die bedacht werden sollten = sehr schlecht	
Nicht bewertet – rein informativ	

2.1.3.2 Umgang mit unterschiedlichen Datenformaten

Da die Daten nicht in einem einheitlichen Format vorliegen wird im Folgenden kurz dargelegt, wie sie in die fünf Farbkategorien unterteilt wurden.

Im Fall von normierten Skalen (1-5; 0-5; -2,5-2,5; 0-100; 0-1) und Prozentsätzen wurden fünf gleichgroße Teilskalen eingeteilt (siehe Tabelle 52 in Anhang C).

In einigen Fällen lagen Daten in individuellen Größen vor (wie beispielsweise die Anzahl an Schuljahren oder Verschuldung). Hier wurden unter Betrachtung der Minima und Maxima aller Länder, die in dem Datensatz vorlagen, fünf gleichgroße Unterskalen zwischen dem jeweiligen Minimum und Maximum gebildet (siehe Tabelle 53 bis Tabelle 60 in Anhang C).

2.1.4 Ausgangspunkt – Ländervorauswahl

Zur vorläufigen Begrenzung der Länder, die in die Bewertung einfließen wurde die Liste an Ländern verwendet, mit denen die deutschen Ministerien Partnerschaften pflegen¹.

Klima-, Wasserstoff- und Energiepartnerschaften des BMWK:

- ▶ Algerien
- ▶ Äthiopien
- ▶ Ägypten
- ▶ Argentinien
- ▶ Australien
- ▶ Brasilien
- ▶ Chile
- ▶ China
- ▶ Indien
- ▶ Israel
- ▶ Japan
- ▶ Jordanien
- ▶ Kanada
- ▶ Kasachstan
- ▶ Katar
- ▶ Marokko
- ▶ Mexiko
- ▶ Namibia
- ▶ Neuseeland
- ▶ Oman
- ▶ Saudi-Arabien
- ▶ Südkorea
- ▶ Südafrika
- ▶ Tunesien
- ▶ Türkei

¹ Stand Oktober 2024.

- ▶ Ukraine
- ▶ Uruguay
- ▶ USA
- ▶ Usbekistan
- ▶ Vereinigte Arabische Emirate
- ▶ Vereinigtes Königreich
- ▶ Vietnam

Partnerländer des BMBF:

- ▶ Aserbaidtschan
- ▶ Australien
- ▶ Armenien
- ▶ Benin
- ▶ Brasilien
- ▶ Burkina Faso
- ▶ Cape Verde
- ▶ Elfenbeinküste
- ▶ Gambia
- ▶ Ghana
- ▶ Japan
- ▶ Kanada
- ▶ Kasachstan
- ▶ Kirgistan
- ▶ Mali
- ▶ Namibia
- ▶ Neuseeland
- ▶ Niger
- ▶ Senegal
- ▶ Tadschikistan
- ▶ Turkmenistan
- ▶ Togo

- ▶ Ukraine
- ▶ Usbekistan

Partnerländer des Auswärtigen Amts:

- ▶ Angola
- ▶ Marokko
- ▶ Nigeria
- ▶ Kasachstan
- ▶ Ukraine

Partnerländer des BMZ²:

- ▶ Albanien
- ▶ Algerien
- ▶ Armenien
- ▶ Ägypten
- ▶ Äthiopien
- ▶ Bangladesch
- ▶ Bolivien
- ▶ Bosnien Herzegowina
- ▶ Brasilien
- ▶ Burkina Faso
- ▶ China
- ▶ Kamerun
- ▶ Kambodscha
- ▶ Kosovo
- ▶ Kolumbien
- ▶ Ecuador
- ▶ Elfenbeinküste
- ▶ Georgien
- ▶ Ghana
- ▶ Jordanien

² Klima und Entwicklungspartnerschaften und bilaterale Entwicklungszusammenarbeit

- ▶ Indonesien
- ▶ Indien
- ▶ Kenia
- ▶ Laos
- ▶ Libanon
- ▶ Madagaskar
- ▶ Malawi
- ▶ Mali
- ▶ Marokko
- ▶ Mauretanien
- ▶ Mexiko
- ▶ Moldawien
- ▶ Mongolei
- ▶ Mozambique
- ▶ Namibia
- ▶ Nepal
- ▶ Niger
- ▶ Nigeria
- ▶ Pakistan
- ▶ Peru
- ▶ Senegal
- ▶ Serbien
- ▶ Sierra Leone
- ▶ Südafrika
- ▶ Tansania
- ▶ Togo
- ▶ Ukraine
- ▶ Uganda
- ▶ Usbekistan
- ▶ Vietnam

- Sambia
- Westbalkan

2.2 Rote Linien

Als rote Linien werden Grenzwerte in einigen der Kriterien definiert, die bei Unterschreitung zum Ausschluss für weitere Betrachtungen führen. Hierfür werden Ausprägungen von Kriterien gewählt, die den Landeskontext in einem so weitreichenden Umfang beeinflussen, dass infrage steht, ob ein positiver Effekt des Wasserstoffsektors auf das Produktionsland möglich ist. Darüber hinaus wird zur Definition der roten Linien auch die Frage gestellt, inwiefern eine Zusammenarbeit auf staatlicher oder Projektebene einen Anstoß zur Veränderung im positiven Sinne geben kann. Zuletzt folgt eine kritische Reflexion zum methodischen Ansatz der roten Linien.

2.2.1 Auswahl der Roten Linien

Was die politische Situation in einem Land angeht, so fallen die drei Kriterien, Achtung der Menschenrechte, Rechtsstaatlichkeit und Korruptionskontrolle unter die roten Linien. Trotz bereits bestehender Menschenrechtsstandards von Unternehmen, kommt es nach wie vor zu Fällen von Menschenrechtsverletzungen entlang der Produktlieferketten (Friedrich-Ebert-Stiftung e.V. 2024; Seiwert et al. 2024). Dies demonstriert die fundamentale Rolle, die Menschenrechte als Grundvoraussetzung für eine Kollaboration spielen, da nicht gesichert angenommen werden kann, dass Initiativen und Standardisierung in diesem Bereich zu signifikanten Veränderungen führen (Deutsches Institut für Menschenrechte und Fair Finance Institute 2022). Sowohl mangelnde Rechtsstaatlichkeit als auch korrupte Strukturen führen zu einer unsicheren Basis für Zusammenarbeit und Vertragsabschlüsse. Jegliche Abkommen und Fördermaßnahmen zum Aufbau von Kapazitäten vor Ort würden Gefahr laufen, durch Korruption unterwandert zu werden. Als rote Linie innerhalb der Kriterien Korruptionskontrolle und Rechtsstaatlichkeit wird die unterste Bewertungsstufe im Abstufungssystem der Europäischen Kommission (European Commission, The World Bank and National Resource Governance Institute 2024) verwendet, die von -2,5 bis -0,9 reicht. Für die Definition der Grenze für Menschenrechte werden aufgrund der kleineren Abstufungen die zweitletzte Stufe als Grenze definiert. Bei einer Skala von 0 bis 1 liegt diese also bei 0,2.³

Süßwasser ist in einigen Regionen der Welt eine äußerst knappe Ressource. Um den Süßwasserbedarf der Bevölkerung und der Landwirtschaft zu bedienen werden häufig fossile Grundwasserkörper ausgebeutet, deren Nutzung per se nicht nachhaltig ist (Kohfahl et al. 2011). Manche Länder greifen aber auch bereits auf die Entsalzung von Meerwasser zurück. Auch für die Wasserstoffproduktion ist in Ländern, die ein trockenes Klima und einen Meerwasserzugang haben die Entsalzung von Meerwasser eingeplant. Zur Festlegung eines Grenzwertes im Sinne einer roten Linie werden also der Zugang zu Meerwasser (Ja/Nein) und der Stand des Wasserstress eines Landes betrachtet. Ist das jeweilige betrachtete Land also von anderen Ländern umgeben und hat keinen Meerzugang wird im Anschluss der Stand des Wasserstress betrachtet. Liegt dieser über einem Wert von 3 (auf der Skala von 0 bis 5 beschreiben Werte von 3,01 bis 5 den Zustand hohen oder sehr hohen Wasserstress (World Resources Institute 2024)), ist die rote Linie überschritten und das jeweilige Land wird im Kontext dieses Projekts nicht weiter untersucht. Eine Ausnahme stellen hier Binnenmeere wie das Kaspische Meer, das

³ An dieser Stelle ist klarzustellen, dass dieser Wert nicht einen erträglichen Grad der Einhaltung von Menschenrechten als Entscheidungsgrundlage für Investitionen definieren will, sondern nur als Hilfestellung für die Auswahl innerhalb dieses Berichts dient.

Schwarze Meer oder der Golf von Akaba dar. Da in genannten Fällen bereits eine starke Beeinträchtigung durch den Klimawandel zu vermerken ist, wird hier von keinem Zugang zum Meer der für die Entsalzung geeignet ist ausgegangen. (Collet 2023; Stanev et al. 2019)

Aufgrund der überwiegend technisch getriebenen Entwicklung, die von der Ansiedlung des Wasserstoffsektors ausgeht, besteht das Risiko, dass sich die Geschlechtergerechtigkeit verschärfen könnte. Da wenige Ansatzpunkte auf Projekt- oder Staatsebene erkennbar sind, das zu verhindern oder gar positiv auf das grundsätzliche Niveau der Geschlechtergerechtigkeit einzuwirken, wird auch das Kriterium der Geschlechtergerechtigkeit als rote Linie mit aufgenommen. Da die Abstufung der Skala von 0,4 bis 1 in kleine Schritte unterteilt ist, wird die zweitunterste Stufe (0,5) als rote Linie festgelegt.

Da die Wasserstoffproduktion eine erhebliche Menge an erneuerbarem Strom benötigt, ist einerseits eine mögliche konkurrierende Situation zum lokalen Zugang zu bezahlbarer, erneuerbar produzierter Energie zu beachten und zudem ein steigender Bedarf an erneuerbarer Energie im jeweiligen Land im Zuge der Vermeidung von energiebedingten Emissionen zu berücksichtigen. Daher ist die Frage entscheidend, wie groß das technische Potential zur Erzeugung von erneuerbarer Energie des jeweiligen Landes ist. Zur Beantwortung dieser Frage werden Daten des Fraunhofer ISI Instituts verwendet (Franke et al. 2024), das in der Studie Berechnungen zur Bestimmung des Potentials zur Erzeugung erneuerbarer Energie angestellt hat. Die in der Studie getroffenen Annahmen sind im Folgenden erklärt. Zur Berechnung des Potentials wurde in einem ersten Schritt die verwendbare Fläche bestimmt. Hier waren insbesondere topo- und geographische Faktoren wie die aktuelle Verwendung des Landes, das Gefälle, geschützte Gebiete und die Wassertiefe entscheidend. Basierend auf der Beschaffenheit und Nutzung des jeweiligen Gebietes wurden Landnutzungsfaktoren bestimmt, die eine Aussage dazu beinhalten, zu wie viel Prozent das Gebiet für die jeweilige Technik (PV, solarthermische Kraftwerke⁴, Wind an Land und auf See) nutzbar ist. Schwimmende Windenergieanlagen wurden von der Berechnung ausgeschlossen. Meeresgebiete mit über 50m Wassertiefe wie auch Gebiete ab einer Entfernung von 370km von der Küste wurden für off-shore Windenergieanlagen ausgeschlossen. Für Wind an Land wurden Landstücke ab einem Gefälle von durchschnittlich 30 % ausgeschlossen.

Als Datengrundlage für die hier definierten Kriterien wurden zudem nur Windenergiekapazitäten mit mindestens 1500 Vollaststunden beachtet. Das Potential solarthermischer Kraftwerke wurde nicht in die Einschätzung des erneuerbaren Energiepotentials mitaufgenommen. Ausschließlich Windenergie und PV wurden hier beachtet. Um eine Einschätzung zu treffen, wie gut das jeweilige Land neben der Deckung des eigenen Bedarfs durch erneuerbare Energien zusätzlich Wasserstoff produzieren kann wird das berechnete technische Potential mit dem Elektrizitätsbedarf verglichen. Hier gilt es jedoch zu beachten, dass für Länder, in denen zum aktuellen Zeitpunkt die Elektrifizierungsrate nicht bei 100 % liegt, die Elektrizitätsnachfrage extrapoliert wird. Durch die Umstellung der bisherigen Energiebedarfsdeckung auf die Nutzung erneuerbarer Energie in Kombination mit einer Elektrifizierung kann im Zuge der Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen zukünftig von einem steigenden Elektrizitätsbedarf ausgegangen werden. Zusätzlich kann mit voranschreitender Industrialisierung⁵ in Ländern mit aktuell keinen bis wenigen angesiedelten Industriezweigen auch hier von einem steigenden Elektrizitätsbedarf ausgegangen werden. Um diese Veränderungen mit zu bedenken, wird die Elektrizitätsnachfrage für alle Länder⁶ mit dem

⁴ CSP – Concentrated Solar Power

⁵ Eine voranschreitende Industrialisierung wird als Idealfall angenommen, um eine breitere Wertschöpfung um den Wasserstoffsektor herum im produzierenden Land aufzubauen bzw. zu halten.

⁶ Nach Extrapolation der Elektrizitätsnachfrage auf eine Elektrifizierungsrate von 100 %

Faktor 2,5 multipliziert. Für die rote Linie wird anschließend als Bedingung festgelegt, dass die Länder mindestens 250 TWh überschüssiges Potential an Erneuerbaren Energien zur Verfügung haben.⁷

2.2.2 Anwendung Roter Linien

Die nach der Anwendung der roten Linien verbliebenen Länder sind im Folgenden aufgelistet:

- ▶ Algerien
- ▶ Ägypten
- ▶ Argentinien
- ▶ Äthiopien
- ▶ Australien
- ▶ Benin
- ▶ Brasilien
- ▶ Burkina Faso
- ▶ Chile
- ▶ Elfenbeinküste
- ▶ Ghana
- ▶ Indonesien
- ▶ Indien
- ▶ Kanada
- ▶ Kasachstan
- ▶ Kenia
- ▶ Kolumbien
- ▶ Malawi
- ▶ Marokko
- ▶ Mauretanien
- ▶ Namibia
- ▶ Neuseeland
- ▶ Oman
- ▶ Pakistan

⁷ Der hier beschriebene Ansatz zur Beurteilung, ob in einem Land ausreichend technisches Potential für die Erzeugung erneuerbarer Energien zur Verfügung steht, um PtGLS-Produkte für den Export zu produzieren soll als erster Anhaltspunkt verstanden werden. Für eine genauere Abschätzung bedarf es länderspezifischer Projektionen des zukünftig zu erwartenden Elektrizitätsbedarfs.

- ▶ Peru
- ▶ Sambia
- ▶ Senegal
- ▶ Südafrika
- ▶ Tansania
- ▶ Tunesien
- ▶ Türkei
- ▶ Uruguay
- ▶ USA
- ▶ Vereinigte Arabische Emirate
- ▶ Vereinigtes Königreich

Tabelle 7 bietet einen Überblick über die von den weiteren Untersuchungen ausgeschlossenen Ländern mit den jeweils übertretenen roten Linien.

Tabelle 7: Übersicht über die von der weiteren Betrachtung ausgeschlossenen Länder

Land	Ausschlusskriterium, bzw. überschrittene rote Linien
Albanien	Potential erneuerbarer Energien
Angola	Rechtstaatlichkeit
Armenien	Potential erneuerbarer Energien
Aserbaidshan	Korruptionskontrolle, Potential erneuerbarer Energien
Bangladesch	Korruptionskontrolle, Potential erneuerbarer Energien
Bolivien	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Bosnien-Herzegowina	Potential erneuerbarer Energien
Cape Verde	Potential erneuerbarer Energien
China	Menschenrechte
Ecuador	Potential erneuerbarer Energien
Gambia	Potential erneuerbarer Energien
Georgien	Potential erneuerbarer Energien
Israel	Potential erneuerbarer Energien
Japan	Potential erneuerbarer Energien
Jordanien	Wasserknappheit
Kambodscha	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle

Land	Ausschlusskriterium, bzw. überschrittene rote Linien
Kamerun	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Katar	Potential erneuerbarer Energien
Kirgistan	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle, Wasserknappheit
Kosovo	Datenverfügbarkeit ⁸
Laos	Menschenrechte, Korruptionskontrolle
Libanon	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle, Potential erneuerbarer Energien
Madagaskar	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Mali	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Mexiko	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Moldawien	Potential erneuerbarer Energien
Mongolei	Wasserknappheit
Mozambique	Rechtstaatlichkeit
Nepal	Wasserknappheit, Potential erneuerbarer Energien
Niger	Wasserknappheit
Nigeria	Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Saudi-Arabien	Menschenrechte
Serbien	Potential erneuerbarer Energien
Sierra Leone	Potential erneuerbarer Energien
Südkorea	Potential erneuerbarer Energien
Tadschikistan	Menschenrechte, Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle
Togo	Potential erneuerbarer Energien
Turkmenistan	Menschenrechte, Rechtstaatlichkeit, Korruptionskontrolle, Wasserknappheit
Uganda	Korruptionskontrolle
Ukraine	Rechtstaatlichkeit
Usbekistan	Rechtstaatlichkeit, Wasserknappheit
Vietnam	Potential erneuerbarer Energien

2.2.3 Kritische Reflexion zum methodischen Ansatz roter Linien

Die Formulierung roter Linien dient als Hilfestellung im Kontext der hier vorgestellten Untersuchungen und ist keine Empfehlung für konkrete Ausschlussmechanismen.

⁸ Für Kosovo stehen in mehr als 50 % der Kriterien keine Daten zu Verfügung, weshalb das Land für die weitere Betrachtung ausgeschlossen wurde.

Dennoch schließt die Anwendung der roten Linien einige Länder von weiteren Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes aus, die in anderen Wirtschaftszweigen wichtige Handelspartner Deutschlands sind. Es kann daher ein Widerspruch darin gesehen werden, dass in ihren Herstellungsbedingungen vergleichbare Güter potentiell unterschiedlichen Ansprüchen gerecht werden müssen.

Rote Linien könnten außerdem differenzierter angewendet werden. Ähnlich wie der restliche Kriterienkatalog, sind sie stark aggregierte Indikatoren und gehen in der Regel nicht auf möglicherweise vorhandene regionale Unterschiede in Ländern ein – beispielsweise Gini-Koeffizient, Bildungsniveaus oder Gendergerechtigkeit (siehe auch Kapitel 2.1.2). Dabei ist es fraglich, ob eine solche Differenzierung auf subnationaler Ebene in der Praxis (z.B. auf Projektebene) geprüft und Missstände adressiert werden können. Fehlendes Wissen zu lokalen Realitäten sollte allerdings keinesfalls die Korruption oder die Verletzung von Menschenrechten in Kauf nehmen müssen.

Statt als Empfehlung zum Ausschluss jeglichen Handelns und Handels können rote Linien vielmehr als konkrete Fokusaspekte interpretiert werden. So sollten diese Aspekte aus entwicklungspolitischer Sicht als deutliche Risiken und Hemmnisse interpretiert werden, die aufwendige und langwierige Mitigationsmaßnahmen implizieren. Im Rahmen dieses Projektes werden rote Linien dort gezogen, wo es unwahrscheinlich scheint, dass Missstände (u.a. Korruptionssituation) durch Wasserstoffprojekte effektive beeinflusst und verbessert werden können, beziehungsweise wo das Risiko einer Wettbewerbsverzerrung zu Lasten von Menschenrechts-, Arbeits-, Sicherheits- oder Umweltstandards als hoch eingeschätzt wird.

2.3 Kriterienbewertung der Länderauswahl

Das Ziel der Länderauswahl besteht darin, eine exemplarische Auswahl an Ländern für potentielle weitere Untersuchungen zusammen zu stellen. Diese sollen eine Varianz in ihrer geografischen Lage sowie unterschiedliche Ausgangssituationen in Hinblick auf die sozio-ökonomische Situation im Land aufweisen, welche durch den entwickelten Kriterienkatalog beschrieben ist. Darauf aufbauend wurden exemplarisch fünf Ländern für die Produktion von PtGLS-Produkten (fortan als grüner Wasserstoff beschrieben) und zwei Ländern für die Produktion blauen Wasserstoffs ausgewählt.

Bezüglich blauen Wasserstoffs gilt zu beachten, dass hier die Umstände andere sind als im Fall von grünem Wasserstoff. Unter die grundsätzlichen Risiken bei der Produktion und Förderung von blauem Wasserstoff fällt die Möglichkeit fossiler Pfadabhängigkeiten. Damit einhergehend besteht auch das Risiko, dass die Gas-fördernden Länder ihr Potential an erneuerbaren Energien nicht nutzen, da der wirtschaftliche Fokus auf einer fortgesetzten Förderung des fossilen Sektors liegt. Darüber hinaus ist auch der beträchtliche Bedarf an CO₂-Einspeisekapazitäten und Speicherstätten zu beachten, deren Verfügbarkeit und langfristige Sicherheit nicht gewährt werden kann (Umweltbundesamt 2023). Da die CO₂-Abscheidung und die anschließende Speicherung nie zu 100 % vollzogen werden kann, ist die treibhausgasneutrale Produktion von blauem Wasserstoff nicht möglich.

Die Produktion von grünem Wasserstoff bedeutet für die zukünftig produzierenden Länder die Ansiedlung eines neuen Industriesektors. In einigen Fällen wird die Wasserstoffproduktion auch eine initiale Industrieansiedlung sein. Für solche beträchtlichen Veränderungen eines länderspezifischen Ausgangszustandes wird häufig a priori eine Reihe positiver Wirkungen angenommen, für die jeweils vorhandene oder zu schaffenden Voraussetzungen allerdings nicht ohne Risiken sind.

Im Falle der Produktion von blauem Wasserstoff kann von einem geringeren Potential für die Verbesserung der Ausgangssituation gemäß der Kriterienausprägung gerechnet werden. Denn für eine Einschätzung der Entwicklungspotenziale und Wirkungen ist die vorgelagerte Gasförderung mit zu bedenken. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgt für die Produktion von blauem Wasserstoff eine Auswahl spezifisch für solche Länder, in denen die Gasförderung bereits etabliert ist. Eine neu aufzubauende Förderung von Erdgas mit dem Ziel der Herstellung von blauem Wasserstoff wurde nicht angenommen. Eine Beschränkung auf Länder mit bestehender Gasförderung beinhaltet spezifische Risiken, die in den jeweils gewachsenen Strukturen solcher Länder liegen können. So weisen viele der Erdgas-fördernden Länder heute bestimmte Dynamiken und Strukturen auf wie beispielsweise eine ungleiche Verteilung von Vermögen, was die Profite aus dem fossilen Sektor einschließt. Darüber hinaus mangelt es dieser Gruppe an Ländern oft an demokratischen Strukturen, die eine breite Beteiligung der Bevölkerung ermöglichen. Insgesamt konnte in vielen Fällen beobachtet werden, dass die Gasförderung nicht zu der Bandbreite an sozioökonomischen Vorteilen für die breite Bevölkerung beigetragen hat. Mit einer Produktion von blauem Wasserstoff würde also lediglich auf die bestehende Gasförderung aufgebaut und gingen keine vergleichbar großen Veränderungen wie bei der Ansiedlung einer grünen Wasserstoffproduktion einher.

Gleichzeitig kann auch darauf hingewiesen werden, dass das Ausbleiben einer Verbesserung der Situation im Land gemäß der Ausprägung der hier betrachteten Kriterien bzw. eine Verschlechterung, wie es die Gasförderung in einigen Ländern bewirkt hat, auch im Falle der Ansiedlung der grünen Wasserstoffproduktion möglich ist. Der Begriff „Ressourcenfluch“ beschreibt zwar aktuell ein auch in diversen Öl-exportierenden Ländern wiederkehrendes Phänomen, dass große, Export-bedingte Einnahmen zur Verschlechterung von politischer Stabilität, Rechtsstaatlichkeit und Gleichstellung führen (Auty 1993), ist aber auch als Risiko für die Etablierung von Produktionsstrukturen für grünen Wasserstoff zu nennen. Während diese Entwicklungsrichtung in gewissen Aspekten an den Eigenheiten von Öl als Exportgut hängt, wurde der Ressourcenfluch auch in neuen, für die Energiewende essentiellen Rohstoffen identifiziert (Leonard et al. 2022).

Trotz der hier beschriebenen Risiken wird die Produktion von blauem Wasserstoff im Rahmen dieses Papiers mit betrachtet, da die deutsche Bundesregierung in der Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie auch das Vorhaben festgehalten hat, blauen Wasserstoff zu importieren.

2.3.1 Länderauswahl für den potentiellen Import von grünem Wasserstoff

Zur Abbildung der Weltregionen und um unterschiedliche Ausgangssituationen in Hinblick auf die sozio-ökonomische Situation im Land wiederzugeben werden die folgenden Länder für weitere Untersuchungen im Kontext der grünen Wasserstoffproduktion und des Exports genauer betrachtet: Australien, Pakistan, Türkei, Uruguay und die Vereinigten Arabischen Emirate.

In Tabelle 8 bis Tabelle 32 (siehe Seite 39 bis 49) sind die Bewertung der Kriterien für die ausgewählten Länder dargestellt. Im Folgenden werden die wichtigsten Charakteristika der Länder mit Blick auf den hier entwickelten Kriterienkatalog beschrieben.

Australien schneidet in den meisten Kriterien gut bis sehr gut ab. Die Leistung Australiens zur Minderung des Klimawandels wird als mittelmäßig eingestuft, genauso wie die zum Schutz der Biodiversität. Demnach ist auch das Risiko für die Biodiversität im mittleren Maß erhöht (Biodiversity Risk: 3,1 auf einer Skala von 1-5). Aufgrund der Bewertung des Wasserstress im mittleren Bereich sollte für die Wasserstoffproduktion entsalztes Meerwasser eingesetzt

werden. Mit einem Anteil von 30,8 % an erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion, ist das ebenfalls eines der wenigen Kriterien, in denen Australien schlecht bewertet ist. Die tendenziell niedrigen Investitionen in Forschung und Entwicklung lassen eine Möglichkeit vermuten, hier noch nachzusteuern.

Die Grundversorgung in **Pakistan** ist gut bis sehr gut abgedeckt, was die Trinkwasserversorgung und Sanitäre Einrichtungen angeht. Die Ernährungssicherheit und das Gesundheitssystem schneiden jedoch mittelmäßig bzw. schlecht ab. Neben dem Zugang zu Elektrizität der mit 95 % vielversprechend ist, schneidet Pakistan im Kriterium Energiegerechtigkeit (umfasst die Zuverlässigkeit und Erschwinglichkeit der Energieversorgung) schlecht ab. In den Governance Indikatoren der Weltbank ist Pakistan durchweg schlecht eingestuft, bezüglich der politischen Stabilität sogar sehr schlecht. In den Kriterien Achtung der Menschenrechte und der Geschlechtergerechtigkeit liegen die Werte auf einem mittelmäßigen Level. Die Ambitionen zur Minderung des Klimawandels und zum Schutz der Biodiversität sind niedrig. Das Bildungssystem wird als sehr schlecht bewertet, die Teilnahme am Unterricht ist schlecht und das Angebot an Aus- und Weiterbildungsprogrammen ist mittelmäßig bewertet. Dies kann in Verbindung mit den sehr niedrigen Investitionen in Bildung bzw. Forschung und Entwicklung gebracht werden. Der Anteil an erneuerbaren Energien in der Elektrizitätsproduktion von Pakistan ist niedrig. Insgesamt gäbe es im Fall von Pakistan einen großen Bedarf zur Zusammenarbeit hinsichtlich Bildungsmöglichkeiten, Ausbau von erneuerbaren Energien und Governance, um eine gute sozioökonomische Basis für den Wasserstoffsektor zu schaffen.

Als an die EU angrenzendes Land hat die **Türkei** einen besonderen Vorteil was den Import von Wasserstoff in die EU betrifft. Die Herausforderungen (Auswärtiges Amt 2024), die zum Pausieren der Beitrittspläne der Türkei in die EU geführt haben, sind jedoch auch im Kontext der Wasserstoffwirtschaft hervorzuheben. Das umfasst insbesondere den Status der Governance Indikatoren des Landes. Laut der Bewertung der Weltbank schneidet die Türkei in der Mitsprache und Rechenschaftspflicht und in der politischen Stabilität schlecht ab und mittelmäßig in Rechtsstaatlichkeit, Wirksamkeit der Regierung, regulatorischer Qualität und Korruptionskontrolle. Auch was die Achtung von Menschenrechten betrifft schneidet die Türkei schlecht ab. Der Grad der Erfüllung von Grundbedürfnissen (Nahrungssicherheit, Trinkwasser, sanitäre Einrichtungen, Zugang zu Elektrizität, die Qualität des Gesundheitssystems) wird gut bis sehr gut bewertet. Die mittelmäßigen Werte für die Vermögensungleichheit und den Gini-Koeffizienten wie auch die Besitz- und Landrechte lassen in Kombination mit den Mängeln in den Governance Indikatoren Risiken vermuten. Das Bildungssystem der Türkei wird zwar als sehr gut bewertet, die tatsächliche Teilnahmerate am Unterricht ist jedoch mittelmäßig, genauso wie das Weiter- und Ausbildungsangebot. Wiederum können die weniger gut bewerteten Kriterien im Bildungsbereich mit vergleichsweise sehr niedrigen Investitionen in das Bildungssystem und vergleichsweise niedrigen Investitionen in Forschung und Entwicklung in Zusammenhang gebracht werden. Der Anteil an erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion ist mittelmäßig (40,5 %), könnte aber von der Produktion von grünem Wasserstoff profitieren. Sowohl in der Minderung des Klimawandels als auch beim Biodiversitätsschutz zeigt die Türkei keine großen Ambitionen (beide schlecht bewertet). Währenddessen wird das Risiko für die Biodiversität als mittelmäßig eingestuft und der Wasserstress als hoch, was auf den Bedarf an Meerwasserentsalzung für die Wasserstoffproduktion hindeutet.

Bezüglich einer guten Governance Basis zusammenzuarbeiten wäre ein wichtiger Fokus für eine mögliche Partnerschaft.

Uruguay wird entlang aller Kriterien, die die Grundversorgung betreffen, gut bis sehr gut bewertet (Gesundheitsversorgung, Zugang zu Elektrizität, Ernährungssicherung, Sanitäre Einrichtungen, Trinkwasser). Auch alle Governance Indikatoren der Weltbank sind gut bewertet, wie auch die Gendergerechtigkeit. Die Achtung der Menschenrechte in Uruguay wird als sehr gut eingestuft. Sowohl das Bildungssystem als auch die Teilnahme am Unterricht werden als gut beurteilt. Weiter- und Ausbildungsmöglichkeiten werden als mittelmäßig eingestuft. Die Investitionen in das Bildungssystem sind als niedrig eingestuft und die finanzielle Förderung von Forschung und Entwicklung als sehr niedrig. Für den Einsatz für die Minderung des Klimawandels und den Schutz von Biodiversität erhält Uruguay eine mittelmäßige bzw. schlechte Bewertung. Verbunden damit kann auch das mittelmäßige Risiko für die Biodiversität im Land genannt werden. Sowohl die Verfügbarkeit von Wasser als auch die Qualität sind als gut eingestuft. Mit besonders großen Anteilen von Wind- und Wasserkraft liegt der Anteil an erneuerbaren Energien in der Elektrizitätsproduktion in Uruguay bei 91,1 % und ist damit sehr gut bewertet.

Schlussendlich sollte bei einer Partnerschaft mit Uruguay der Fokus auf Umweltschutz und der Erweiterung des Ausbildungs- und Weiterbildungssystems liegen.

Die **Vereinigten Arabischen Emirate** bieten der Kriterienübersicht zufolge eine gute bis sehr gute Grundversorgung (Gesundheitsversorgung, Zugang zu Elektrizität, Ernährungssicherung, Sanitäre Einrichtungen, Trinkwasser). Die Governance Indikatoren sind für die Vereinigten Arabischen Emirate gut bewertet bis auf den Indikator Mitsprache und Rechenschaftspflicht, für den das Land eine schlechte Einstufung erhält. Auch die Achtung von Menschenrechten ist als schlecht bewertet. Die schlechte Bewertung was die Vermögensverteilung betrifft ist auffällig. Trotz niedrigerer Investitionen in das Bildungssystem und in Forschung und Entwicklung werden das Bildungssystem und auch die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten gut bewertet. Die Anstrengungen für eine Minderung des Klimawandels sind auf einem niedrigen Niveau. Der Einsatz für den Schutz der Biodiversität wie auch das Risiko für die Biodiversität werden beide als mittelmäßig eingestuft. Zu beachten ist jedoch der bereits sehr hohe Wasserstress, was wiederum für die Entsalzung zum Zweck der Wasserstoffproduktion sprechen würde. Mit 5 % liegt der Anteil an Erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion im sehr niedrigen Bereich.

Bewertung der Kriterien für Australien

Tabelle 8: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Australien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	26,12	
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km ²	3	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	83,6	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	21,1	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	12,7	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	63,7	
Landrechte	%	86,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	7,4	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	96,7	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	75,4	
Sanitäre Einrichtungen	%	100,0	
Trinkwasserversorgung	%	100,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	34,3	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,5703	

Tabelle 9: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Australien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	75	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,92	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,78	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	1,32	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	0,93	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	1,53	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	1,89	
Rechtstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	1,51	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	1,76	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	46,6	
Energiesicherheit	Skala 0-100	66,6	

Tabelle 10: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Australien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	1700	
Import von Waren	Mrd. USD	309,19	
Export von Waren	Mrd. USD	412,18	
Verschuldung	% des BIP	38,6	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	5,2	

Tabelle 11: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Australien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	2,9	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	1,9	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	3,1	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	55,4	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	64,4	

Tabelle 12: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Australien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	1,8	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	4	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz	21	
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	30,8	
Gasproduktion	Mrd. m ³ (bcm)	79,4	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	ja	
Technisches Potential für PV	TWh	30768,44	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	17685,04	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	48453,48	

Bewertung der Kriterien für Pakistan

Tabelle 13: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Pakistan

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	240,49	
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km ²	273	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	66,4	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	7,9	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	4,4	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	41,9	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Landrechte	%	82,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	4,2	
Zugang zu Elektrizität	%	95,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	35,4	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	52,2	
Sanitäre Einrichtungen	%	71,0	
Trinkwasserversorgung	%	91,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	29,6	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,5985	

Tabelle 14: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Pakistan

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	29	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,44	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,57	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	-0,86	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	-1,90	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	-0,62	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	-0,89	
Rechtsstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	-0,67	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	-0,80	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Nein	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	30,0	
Energiesicherheit	Skala 0-100	43,8	

Tabelle 15: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Pakistan

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	376,49	
Import von Waren	Mrd. USD	71,07	
Export von Waren	Mrd. USD	30,94	
Verschuldung	% des BIP	75,8	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	1,9	

Tabelle 16: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Pakistan

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	3,8	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,9	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,5	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	25,7	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	59,5	

Tabelle 17: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Pakistan

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	0,2	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	0	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz	15,1	
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	24,7	
Gasproduktion	Mrd. m3 (bcm)	29,2	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	Nein	
Technisches Potential für PV	TWh	8413,40	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	903,27	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	9316,67	

Bewertung der Kriterien für die Türkei

Tabelle 18: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für die Türkei

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	85,82	
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km2	110	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	78,5	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	19,7	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	8,8	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	57,0	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Landrechte	%	59,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	4,3	
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	76,1	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	65,3	
Sanitäre Einrichtungen	%	99,0	
Trinkwasserversorgung	%	97,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	44,4	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,6796	

Tabelle 19: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für die Türkei

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	34	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,38	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,64	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	-0,93	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	-1,04	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	-0,20	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	-0,24	
Rechtsstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	-0,46	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	-0,47	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	37,0	
Energiesicherheit	Skala 0-100	57,3	

Tabelle 20: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für die Türkei

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	905,53	
Import von Waren	Mrd. USD	363,71	
Export von Waren	Mrd. USD	254,17	
Verschuldung	% des BIP	26,9	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	2,6	

Tabelle 21: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für die Türkei

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	3,4	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	3,4	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,9	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	20,1	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	68,2	

Tabelle 22: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für die Türkei

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	1,4	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	0	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz	35,9	
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	40,5	
Gasproduktion	Mrd. m ³ (bcm)	3,5	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	Ja	
Technisches Potential für PV	TWh	2726,95	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	167,08	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	2894,03	

Bewertung der Kriterien für Uruguay

Tabelle 23: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Uruguay

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	3,42	
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km ²	19	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	78,0	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	17,4	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	9,1	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	53,4	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Landrechte	%	84,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	6,0	
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	88,1	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	71,8	
Sanitäre Einrichtungen	%	98,0	
Trinkwasserversorgung	%	100,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	40,6	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,6164	

Tabelle 24: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Uruguay

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	73	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,94	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,71	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	1,28	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	1,10	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	0,85	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	0,71	
Rechtsstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	0,77	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	1,61	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	40,6	
Energiesicherheit	Skala 0-100	63,9	

Tabelle 25: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Uruguay

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	71,89	
Import von Waren	Mrd. USD	12,97	
Export von Waren	Mrd. USD	11,24	
Verschuldung	% des BIP	51,3	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	4,5	

Tabelle 26: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Uruguay

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	1,8	Green
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	1,9	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,7	Yellow
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	29,4	Pink
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	80,1	Dark Green

Tabelle 27: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Uruguay

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	0,4	Dark Purple
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	-	Dark Grey
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz		
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	91,1	Dark Green
Gasproduktion	Mrd. m3 (bcm)		Dark Grey
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein		
Technisches Potential für PV	TWh	904,17	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	871,06	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	1775,23	

Bewertung der Kriterien für die Vereinigte Arabische Emirate

Tabelle 28: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für die Vereinigte Arabische Emirate

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	9,52	Dark Grey
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km2	114	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	79,2	Green
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	17,2	Dark Green
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	12,8	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	69,1	
Landrechte	%	69,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	7,1	
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	99,9	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	75,2	
Sanitäre Einrichtungen	%	99,0	
Trinkwasserversorgung	%	100,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	26,4	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,7640	

Tabelle 29: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für die Vereinigte Arabische Emirate

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	68	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,35	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,71	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	-1,13	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	0,70	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	1,30	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	1,03	
Rechtsstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	0,84	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	1,16	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	35,6	
Energiesicherheit	Skala 0-100	58,1	

Tabelle 30: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für die Vereinigte Arabische Emirate

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	507,54	
Import von Waren	Mrd. USD	424,52	
Export von Waren	Mrd. USD	598,51	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Verschuldung	% des BIP		
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	3,9	

Tabelle 31: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für die Vereinigte Arabische Emirate

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	5,0	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,5	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	3,1	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	59,3	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	53,4	

Tabelle 32: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für die Vereinigte Arabische Emirate

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	1,5	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	1	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz		
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	5,0	
Gasproduktion	Mrd. m3 (bcm)	0,9	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	Ja	
Technisches Potential für PV	TWh	1233,95	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	164,42	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	1398,37	

2.3.2 Länderauswahl für den potentiellen Import von blauem Wasserstoff

Für den Import von blauem Wasserstoff werden **Algerien** und **Oman** als mögliche Länder für weitere Untersuchungen betrachtet. Im Falle von Algerien könnten zum Transport nach Europa Pipelines verwendet werden. Im Fall von Oman würde auf die Möglichkeit des Schiffstransports von Wasserstoff, oder Wasserstoffderivaten zurückgegriffen werden müssen.

In Tabelle 33 bis Tabelle 42 (siehe Seite 50 bis 54) sind die Bewertung der Kriterien für die ausgewählten Länder dargestellt. Im Folgenden werden die wichtigsten Charakteristika der Länder mit Blick auf den hier entwickelten Kriterienkatalog beschrieben.

Die Grundversorgung (Ernährungssicherheit, Trinkwasser, sanitäre Einrichtungen, Zugang zu Elektrizität, Gesundheitsversorgung) ist gut bis sehr gut abgedeckt. Was die Achtung von Menschenrechten betrifft schneidet der **Oman** mäßig gut ab.

Hinsichtlich der Vermögensverteilung ist der Oman als nicht besonders gerecht einzuordnen. Korruption, die man mit einer erhöhten Ungerechtigkeit in Verbindung bringen könnte, wird im mittleren Maße wahrgenommen. Was die Governance Qualität im Oman angeht, ist das Land mäßig gut aufgestellt. Insbesondere was Mitsprache und Rechenschaftspflicht („voice and accountability“) betrifft, wird der Oman als schlecht bewertet. Darüber hinaus werden die politische Stabilität und die Rechtstaatlichkeit („rule of law“) als gut und die Wirksamkeit der Regierung („Government effectiveness“), die regulatorische Qualität („regulatory quality“), und die Korruptionskontrolle („control of corruption“) als mittelmäßig eingestuft. Die Gendergerechtigkeit im Oman wird verhältnismäßig gut bewertet, so dass davon auszugehen ist, dass Frauen im Rahmen der bestehenden Ungerechtigkeit (bspw. was die Vermögensverteilung angeht) nicht besonders stark benachteiligt werden.

Das Bildungssystem im Oman schneidet mittelmäßig bis gut ab. Die Investitionen in das Bildungssystem und auch in die Wissenschaft sind vergleichsweise gering bis sehr gering. Oman zeigt keine großen Bestrebungen in der Bekämpfung des Klimawandels (Climate change performance: schlecht). Auf nationaler Ebene spiegelt sich das im sehr niedrigen Anteil von erneuerbaren Energien an der Elektrizitätserzeugung des Landes wider, obwohl der Oman ein mehr als ausreichendes Potential für die Erzeugung erneuerbarer Energie hätte. Das Biodiversitätsrisiko für den Oman wird als mittelmäßig eingestuft, genauso wie die Bestrebungen, die Biodiversität zu schützen.

Ähnlich wie im Oman werden Menschenrechte in **Algerien** auf mittelmäßigem Level geachtet. Die Grundversorgung (Trinkwasser, Ernährungssicherheit, sanitäre Einrichtungen, Zugang zu Elektrizität und die Gesundheitsversorgung) ist größtenteils gut bzw. sehr gut gesichert. Ausschließlich Ernährungssicherheit wird als mittelmäßig eingeordnet (Food security index: 58,9). Die durchweg schlechte Bewertung des Landes in den sechs Governance Indikatoren der Weltbank deutet darauf hin, dass insbesondere dieser Bereich beachtet werden sollte, wenn es zur Zusammenarbeit im Kontext der Wasserstoffproduktion und des –Handels käme. Auch wenn das Bildungssystem gut und die Unterrichtsteilnahme als mittelmäßig bewertet sind, sind die Investitionen in Bildung und Forschung und Entwicklung vergleichsweise niedrig bis sehr niedrig. In Anbetracht des großen Potentials für erneuerbare Energien ist der Anteil der Erneuerbaren an der Elektrizitätserzeugung sehr niedrig. Dies kann mit der Leistung zur Minderung des Klimawandels, die als schlecht bewertet wird betrachtet werden. Auch was den Schutz der Biodiversität angeht schneidet das Land schlecht ab. Algerien ist hohem Wasserstress ausgesetzt. Es ist demnach damit zu rechnen, dass das erforderliche Süßwasser mittels Meerwasserentsalzung gewonnen werden muss.

Bewertung der Kriterien für den Oman

Tabelle 33: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für den Oman

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	4,64	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km ²	15	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	73,9	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	13,0	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	11,9	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100	54,9	
Landrechte	%		
Besitzrechte	Skala 0-10	6,9	
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	99,7	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	71,2	
Sanitäre Einrichtungen	%	99,0	
Trinkwasserversorgung	%	92,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)		
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,7399	

Tabelle 34: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für den Oman

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	43	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,45	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,61	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	-1,15	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	0,53	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	0,02	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	0,43	
Rechtstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	0,50	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	0,05	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	32,6	
Energiesicherheit	Skala 0-100	53,1	

Tabelle 35: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für den Oman

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	114,67	
Import von Waren	Mrd. USD	36,89	
Export von Waren	Mrd. USD	62,9	
Verschuldung	% des BIP	40,2	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	4,2	

Tabelle 36: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für den Oman

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	5,0	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,2	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,8	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	56,7	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	45,6	

Tabelle 37: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für den Oman

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	0,3	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	4	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz		
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	2,5	
Gasproduktion	Mrd. m3 (bcm)	43,7	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	Ja	
Technisches Potential für PV	TWh	5330,35	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	1014,47	
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	6344,82	

Bewertung der Kriterien für Algerien

Tabelle 38: Bewertung der Kriterien in der Dimension Soziales für Algerien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Anzahl an Einwohner:innen	Mio.	45,61	
Bevölkerungsdichte	Einwohner pro km2	19	
Gesundheitssystem	Lebenserwartung bei der Geburt	77,1	
Bildungssystem	Anzahl der Jahre	15,5	
Teilnahme am Unterricht	Anzahl der Jahre	7,0	
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Skala 0-100		
Landrechte	%	74,0	
Besitzrechte	Skala 0-10	4,8	
Zugang zu Elektrizität	%	100,0	
Energiegerechtigkeit	Skala (0-100)	81,4	
Ernährungssicherheit	Skala (0-100)	58,9	
Sanitäre Einrichtungen	%	86,0	
Trinkwasserversorgung	%	95,0	
Gini-Koeffizient	Skala 0-100 (100=sehr ungerecht)	27,6	
Vermögensungleichheit	zwischen 46 %-86 %	0,5817	

Tabelle 39: Bewertung der Kriterien in der Dimension Governance für Algerien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Korruption	Skala (0-100)	36	
Achtung der Menschenrechte	Skala 0-1	0,43	
Geschlechtergerechtigkeit	Skala 0-1	0,57	
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Skala -2,5 - 2,5	-1,00	
Politische Stabilität	Skala -2,5 - 2,5	-0,74	
Wirksamkeit der Regierung	Skala -2,5 - 2,5	-0,51	
Regulatorische Qualität	Skala -2,5 - 2,5	-1,06	
Rechtsstaatlichkeit	Skala -2,5 - 2,5	-0,83	
Korruptionskontrolle	Skala -2,5 - 2,5	-0,64	
Wasserstoffstrategie	Ja / Nein	Ja	
Minderung des Klimawandels	Skala 0-100	36,2	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Energiesicherheit	Skala 0-100	55,9	

Tabelle 40: Bewertung der Kriterien in der Dimension Wirtschaft für Algerien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. USD	195,42	
Import von Waren	Mrd. USD	39,17	
Export von Waren	Mrd. USD	61,09	
Verschuldung	% des BIP	52,4	
Investitionen in das Bildungssystem	% des BIP	5,6	

Tabelle 41: Bewertung der Kriterien in der Dimension Umwelt für Algerien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Wasserstress	Skala 0-5 (5=hoher Stress)	3,9	
Wasserqualität	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	2,3	
Biodiversitätsrisiko	Skala 1-5 (5=hohes Risiko)	1,8	
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Skala 0-100	33,0	
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Skala 0-100	55,6	

Tabelle 42: Bewertung der Kriterien in der Dimension Technisches für Algerien

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	% des BIP	0,5	
Anzahl an DRI-Anlagen für die Stahl- und Eisenproduktion	Anzahl der angekündigten, im Bau oder in Betrieb befindlichen DRI-Anlagen	5	
Umsatz der Chemieindustrie	Mrd. € Umsatz	1	
Anteil erneuerbarer Energien and der Elektrizitätsproduktion	%	0,7	
Gasproduktion	Mrd. m ³ (bcm)	85,4	
Pläne zur Produktion von BH2	Ja/Nein	ja	
Technisches Potential für PV	TWh	38072,21	
Technisches Potential für Windenergie	TWh	11649,79	

Kriterium	Einheit	Wert	Bewertung
Summe technisches PV und Windpotential	TWh	49722,00	

3 Instrumentenanalyse

Nach der Erstellung und exemplarischen Anwendung des Kriterienkatalogs, stellt sich die Frage, inwiefern die dort aufgeführten Nachhaltigkeitsaspekte bereits in der Praxis Beachtung finden, und damit zwei grundlegende Gerechtigkeitsfragen adressieren. Erstens soll global allen Akteuren Zugang zu dem entstehenden Markt ermöglicht werden und zweitens soll verhindert werden, dass geringere Achtung von Menschen-, und Umweltrecht zu besseren wirtschaftlichen Ausgangsbedingungen führen. In diesem Kapitel wird abgeglichen, inwieweit die Instrumente (siehe Tabelle 43) einer möglichen Verschlechterung in den Nachhaltigkeitskriterien, im Zusammenhang mit der Etablierung und dem Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft mit dem Ziel des Exports von PtGLS und Wasserstoff nach Europa, entgegenwirken, bzw. diese verhindern können. Die Definition von Instrumenten ist in diesem Fall weit auszulegen und umfasst „alle Möglichkeiten, das Verhalten der beteiligten Akteure so zu beeinflussen, dass die gewünschten politischen Ziele erreicht werden“ (Schubert 1991, S. 172). Instrumente sind infolge Werkzeuge ihrer jeweiligen Institutionen, welche als private und öffentliche, nationale, regionale und internationale, formelle sowie informelle Organisationen ihre jeweiligen Interessen durch diese Instrumente ausdrücken und verfolgen. Die in diesem Kapitel getroffene Auswahl an Instrumenten umfasst privat-, öffentlich-, und völkerrechtliche Instrumente, welche als essentielle Bausteine für einen fairen Wasserstoffhandel in der Zukunft aufgefasst werden.⁹ Zuletzt ermöglicht die Untersuchung der vier Instrumente eine Lückenanalyse, in der aufgezeichnet wird, welche Aspekte der Nachhaltigkeitssicherung besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Es handelt sich bei diesem Kapitel also um eine kritische Analyse exemplarisch ausgewählter Rahmensetzungen und des Einflusses auf die nachhaltige Entwicklung eines Wasserstoffsektors.

3.1 Auswahl der Instrumente

Die hier analysierten Instrumente wurden mit dem Ziel ausgewählt einerseits ein möglichst breites Spektrum an involvierten Akteuren, Institutionen und institutionellen Ebenen abzubilden, welche andererseits noch innerhalb der direkten oder indirekten Einflussmöglichkeit Deutschlands liegen. Da internationaler Handel Großteils im Kompetenzbereich der EU liegt, wurden hauptsächlich europäische und internationale Instrumente gewählt, die potenziell zu einem fairen und vorhersehbaren Wasserstoffhandel beitragen können. Die Auswahl umfasst das Europäische Lieferkettensorgfaltsgesetz (Corporate Sustainability Due Diligence Directive, im Folgenden „CSDDD“) (European Parliament and Council of the European Union 2024), die Prinzipien der Welthandelsorganisation (World Trade Organisation, zukünftig „WTO“) und dem General Agreement on Tariffs and Trade (World Trade Organization (WTO) 1947), durch die EU anerkannte freiwillige Zertifizierungsmechanismen von erneuerbaren Kraftstoffen nicht-biogenen Ursprungs (im Folgenden „RFNBO“) (European Commission 2024) und den Auktionsmechanismus H2Global (HINT.CO GmbH 2025b). Diese Instrumente haben unterschiedliche Implementierungsmechanismen und richten sich an unterschiedliche Akteure bzw. Akteursgruppen: Staaten, Unternehmen und Individuen, denen sie sowohl Rechte als auch Pflichten einräumen und auferlegen. Damit werden unterschiedliche Einflusshebel sichtbar, die Teile des europäischen Wasserstoffmarkts mitprägen werden.

⁹ Diesem Ansatz liegt die Systemtheorie zugrunde. Ihr zufolge bieten Instrumente, als operative Arme von Institutionen besonders effektive Hebel für die Steuerung komplexer Transformationsprozesse (Meadows 1999). Anstelle linearer Ursache-Wirkung-Zusammenhänge gehen systemische Ansätze davon aus, dass Wandel in Wechselwirkungen, Rückkopplungsschleifen und Pfadabhängigkeiten geschieht, die oftmals schwer durchschau-, und vor allem vorhersehbar sind. Instrumente können in komplexen Systemen als Hebelpunkte oder „leverage points“ wirken, um Änderungen herbeizuführen. Natürlich sind sie dennoch sowohl in ihrer Wirkungsmacht beschränkt, als auch von wahrheitsgemäßen Informationsquellen abhängig.

Tabelle 43: Übersicht der Instrumente

Instrument	Typ	Implementierungsstatus	Zielgruppe
CSDDD	Regulatorisch (EU)	In Umsetzung / momentan umstritten (Stand Oktober, 2025)	Unternehmen (ab einer gewissen Größe)
	Ein breites, sektorübergreifendes regulatorisches Instrument, das menschenrechtliche und ökologische Sorgfaltspflichten adressiert. Trotz seiner allgemeinen Form birgt es Potenzial, auch für Fairnessaspekte im Wasserstoffhandel relevant zu sein – steht jedoch aktuell auf politisch unsicherem Fundament. Grundlage der Analyse ist der Text der Richtlinie mit Stand vom 13.06.2024.		
WTO-Regeln	Völkerrechtlich / Handel	Etabliert	Mitgliedsstaaten
	Internationales Handelsrecht bietet einen normativen internationalen Rahmen, der Handel liberalisieren und fördern möchte und dahingehend auch dessen Regulierung mitbestimmt. Im Prinzip bietet die Welthandelsorganisation starke Durchsetzungsmechanismen, jedoch fehlen bislang Verankerungen gewisser Nachhaltigkeitsaspekte, die im Gegenteil durch internationales Handelsrecht unter Druck stehen können.		
Freiwillige Zertifizierungssysteme	Regulatorisch / förderpolitisch (EU)	Etabliert, weitere Zertifizierungsanbieter zukünftig möglich	RFNBO Produzenten
	Freiwillige Zertifizierungssysteme für erneuerbare Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs verifizieren die Einhaltung von Kriterien gemäß der EU-Definition von grünem Wasserstoff und beziehen sich somit allein auf produktionstechnische und emissionsbezogene Nachhaltigkeitsaspekte.		
H2Global	Privatrechtlich / förderpolitisch (DE)	In Umsetzung (Pilotphase)	PtX Produzenten / Vertragspartner
	Dieses dezidiert auf Wasserstoff ausgerichtete Marktentwicklungsinstrument soll explizit einen nachhaltigen Wasserstoffhochlauf in Deutschland und darüber hinaus herbeiführen. Während dieser Markthochlauf bisher nicht erreicht wurde, bietet es in Theorie finanzielle Stabilität für Unternehmen und stellt zugleich einen vergleichsweise weitreichenden Ansatz zur Nachhaltigkeit dar.		

3.1.1 Methodik der Instrumentenanalyse

Die folgende Analyse der jeweiligen Instrumente soll sowohl aufzeigen, welche Nachhaltigkeitsaspekte durch die Instrumente bereits bis zu einem gewissen Grad abgedeckt werden, als auch auf nicht oder zu wenig adressierte Nachhaltigkeitsaspekte eingehen. Die identifizierten Lücken der vier betrachteten Instrumente werden final in Kapitel 3.6 aufgegriffen. Sie verdienen infolge besonderer Aufmerksamkeit und möglicher Mitigationsmaßnahmen durch Akteure wie Politik, Projektentwickler und Finanzinstitutionen.

Für jedes Kriterium wird bei dieser Analyse der folgende Ansatz verwendet: „Kriterium X wird durch Instrument Y voraussichtlich nicht / marginal / direkt in die Wasserstoffprojektplanung außerhalb der EU miteinbezogen.“ Um den Grad der Einbeziehung von o.g. Kriterien und in erster Linie die übergeordneten Dimensionen des Katalogs (Soziales, Governance, Wirtschaft, Umwelt und Technisches) zu bewerten wurde ein mehrstufiges Vorgehen angewandt. In einem ersten Schritt erfolgte eine Schlüsselwortanalyse, bei der relevante Begriffe aus dem Kriterienkatalog in den jeweiligen Instrumenten identifiziert wurden. Dabei wurden auch semantische Variationen und synonyme Formulierungen berücksichtigt, um inhaltlich

verwandte Bezüge sichtbar zu machen. Beispielsweise wurde das Kriterium „Bildungssystem“ in erster Linie durch das Wort „Bildung“ gesucht, allerdings auch durch „Schule“. Die Liste der verwendeten Suchbegriffe befindet sich im Anhang B. In einem zweiten Schritt wurden in der Schlüsselwortanalyse identifizierte Textstellen, sowie damit in direkter Verbindung stehende Passagen, zum Beispiel Referenzen, Präambeln und übergeordnete Rechtsgrundsätze, einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. So konnten Interpretationsspielräume erfasst und bewertet werden. Darüber hinaus wurde einschlägige Sekundärliteratur zu den untersuchten Instrumenten herangezogen. Diese diente sowohl als Interpretationshilfe als auch zur Validierung der Ergebnisse. Insgesamt wurde durch dieses Vorgehen sichergestellt, dass nicht nur oberflächliche Texttreffer erfasst wurden und damit eine inhaltlich fundierte Bewertung der Relevanz der Instrumente zur Nachhaltigkeitssicherung möglich war. In der darauffolgenden Analyse der Instrumente wurde untersucht, ob das jeweilige Kriterium lediglich allgemein erwähnt, ausdrücklich benannt oder durch verbindliche Vorgaben wie konkrete Grenzwerte, Auflistung von Rechten und Pflichten oder Sanktionsmechanismen festgelegt werden. Somit konnten die Instrumente dahingehend bewertet werden, ob sie zu Verbesserungen in den jeweiligen Kriterien beitragen, oder wenigstens einer Verschlechterung vorbeugen.

Eine solche erste Grobanalyse ist anfällig, unterschiedliche Interpretationen von absichtlich vage formulierten Begriffen und Pflichten vorzunehmen sowie relevante Effekte außer Acht zu lassen, die möglicherweise erst bei der Implementierung sichtbar werden. Zudem richten sich die Instrumente an unterschiedliche Stakeholder. Das EU-Lieferkettengesetz richtet sich an europäische Unternehmen ab einer gewissen Größe, deren Lieferketten ganz oder teils im EU-Ausland liegen. Sie schafft Pflichten gegenüber betroffenen Individuen, welche zivilrechtlich durchgesetzt werden können. Freiwillige Zertifizierungssysteme bieten ein Regelwerk spezifisch für Unternehmen, die RFNBOs herstellen und diese als solche klassifiziert in die EU importieren wollen. H2Global bezieht sich auf beide vorhergehenden Instrumente und formuliert die spezifischen regulativen Rahmenbedingungen für unternehmerische Vertragspartner. Die Welthandelsorganisation richtet sich in starkem Kontrast an Staaten, und bietet internationale Rahmenbedingungen zur Nachhaltigkeitssicherung auf staatlicher Ebene.

3.1.2 Einschränkungen der Auswahl an Instrumenten

Die Analyse beschränkt sich notwendigerweise auf eine Auswahl an hauptsächlich rechtlichen Instrumenten, welche durch andere Instrumente auf politischer, ökonomischer oder projektplanerischer Ebene teils ergänzt werden (s. z.B. Klingen et al. 2024) und sie erfolgt exemplarisch. Sie beschränkt sich auf Instrumente im Einflussbereich deutscher und europäischer Akteure, und betrachten deshalb keine Instrumente die ausschließlich aus potenziellen Exportländern stammen.

Zugleich ist die Einflussmacht europäischer Entscheidungsträger*innen auf einen zukünftigen Wasserstoffmarkt nicht zu unterschätzen. Es ist davon auszugehen, dass Europa, angetrieben durch Emissionseinsparungsziele, Quoten und hiesiger Innovation in der Produktion und Nutzung von Wasserstoff eine zentrale Rolle sowohl als Absatzmarkt, als auch in der Entwicklung von Projekten spielen wird. Durch Definitionen, Standards, unternehmerischen Pflichten und Förderkriterien, die auf europäischer Ebene entstehen, dürfte Europa Einfluss darauf nehmen, wo und wie Wasserstoff produziert wird. Exportländer, die auf die längerfristige Abnahme durch den europäischen Markt setzen, können und werden vermutlich ihre Rahmenbedingungen entsprechend anpassen. Während eines Workshops im Rahmen dieses Projektes argumentierten chilenische und brasilianische zivilgesellschaftliche Stakeholder, dass nationale Gesetzgebung stark von europäischen Instrumenten beeinflusst sei. Ambitionierte

Nachhaltigkeitsstandards auf europäischer Ebene können sich also durchaus auf außereuropäische Politikinstrumente auswirken.

3.2 Menschen-, und Umweltrechtspflichten für Unternehmen: Das Lieferkettengesetz der EU (CSDDD)

Die EU-Richtlinie über die unternehmerische Sorgfaltspflicht im Bereich Nachhaltigkeit, die CSDDD, verpflichtet EU-Unternehmen zur systematischen Berücksichtigung menschenrechtlicher und umweltbezogener Risiken entlang ihrer „Aktivitätenkette“. Diese Kette beschreibt sowohl die Aktivitäten vorgelagerter Geschäftspartner, die an der Herstellung von Waren und Dienstleistungen beteiligt sind, als auch nachgelagerter Geschäftspartner die an der Verteilung, Transport und Lagerung von Produkten beteiligt sind (Definition s. Art 3 para 1(g)). Finanzakteure sind nicht von der CSDDD betroffen und auch andere Aspekte der Wertschöpfungskette, unter anderem der Verkauf, Vermarktung und Entsorgung von Produkten fallen nicht unter die Definition der Aktivitätenkette. Grundlage für die entstehenden Pflichten von Unternehmen bilden verfahrensrechtliche Anforderungen, die sich auf die im Anhang der Richtlinie aufgeführten internationale Menschenrechtsnormen und Umweltabkommen beziehen. Daneben legt die Richtlinie Anforderungen an die klimabezogene Unternehmensplanung fest, wobei diese nur teilweise mit konkreten Durchsetzungsmechanismen verknüpft sind (Buser 2024). Die Pflichten der Unternehmen umfassen Maßnahmen der Sorgfaltspflicht wie die „Ermittlung und Bewertung tatsächlicher und potenzieller negativer Auswirkungen“ (Art. 8), Verhinderung der potentiellen negativen Auswirkungen (Art. 10) sowie die darauffolgende Behebung tatsächlicher negativer Auswirkungen (Art 11). Die CSDDD richtet sich nach momentanem Stand an europäische Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten und einem weltweiten Jahresumsatz von über 450 Millionen Euro, sowie Nicht-EU-Unternehmen die mehr als 450 Millionen Euro Umsatz innerhalb der EU erzielen.¹⁰

3.2.1 Materielle Verpflichtungen in Hinblick auf den Kriterienkatalog

Die CSDDD verpflichtet Unternehmen dazu, Aspekte verschiedener internationaler Abkommen zu beachten, die – neben nationalen Vorschriften – die normative Grundlage der zivilrechtlichen Haftung bilden. Es handelt sich dabei um eine Reihe von Verboten und Pflichten die im Anhang der Richtlinie konkret aufgelistet werden. Der Anhang gliedert sich in Teil I, welcher sich auf internationale Menschenrechtsverträge sowie anerkannte Grundrechte und -freiheiten bezieht, und Teil II, der Verbote internationaler Umweltabkommen umfasst. Zahlreiche der dort verankerten Normen sind direkt auf potentielle Problembereiche der grünen Wasserstoffproduktion anwendbar wie zum Beispiel Wasserverbrauch und Arbeitsrecht (Krebs et al. 2024). Dennoch finden einige Kriterien und ganze Bereiche, die für einen nachhaltigen Wasserstoffmarkt relevant sind, keine Beachtung in der CSDDD.

Soziale Kriterien

Die CSDDD enthält eine Reihe menschenrechtlicher Verpflichtungen, mit Bezug zu den sozialen Kriterien des Katalogs. Teil 1 des Anhangs betrifft den Zugang zu Trinkwasser, sanitären Einrichtungen und Nahrungsmitteln, sowie Schutz vor gesundheitsgefährdender

¹⁰ Beispielsweise betreibt ein europäisches Energieunternehmen mit mehr als 1000 Beschäftigten eine Produktionsstätte für grünen Ammoniak in Chile. Das für die Elektrolyse notwendige Wasser kommt in diesem Fall von einer chilenisch-betriebenen Entsalzungsanlage, die im Rahmen des Entsalzungsprozesses das Ökosystem der anliegenden Bucht zerstört, wobei es bis dato kein chilenisches Gesetz gibt, welches die Entsorgung von Sole regelt. Das EU-Unternehmen muss diese Umweltrisiken entlang seiner Lieferkette erkennen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergreifen, etwa durch Auflagen an den Lieferanten. Sollte es diese Sorgfaltspflicht verletzen, kann es für den ökologischen Schaden des Geschäftspartners haftbar gemacht werden.

Beeinträchtigung von Ökosystemen (Anhang, Teil I, para. 15 (a-e)). Auch Landrechte und Eigentumsschutz können durch die CSDDD gestärkt werden, indem sie diese Rechte von Einzelpersonen, Gruppierungen und Gemeinschaften sichert und eine widerrechtliche Inbesitznahme von Land, Wäldern und Gewässern verbietet (Anhang, Teil I, para. 16). Die CSDDD schützt die Rechte indigener Gruppen nicht explizit – zum Beispiel durch eine klare Referenz zum FPIC-Prinzip (siehe Annex). Das Recht auf Bildung wird im Rahmen des internationalen Übereinkommens über die Rechte der Kinder tangiert. Die betrifft jedoch nicht die Weiterbildung von Erwachsenen insbesondere im Energiesektor. Einkommensungleichheit und Energiezugang werden nicht von der CSDDD betrachtet.

Governance Kriterien

In der Dimension Governance zeigt die Richtlinie, weniger Abdeckung des Katalogs. Während die Achtung der Menschenrechte und Pflichten der Nichtdiskriminierung, insbesondere in Bezug auf Geschlechterdiskriminierung, innerhalb der Aktivitätskette durch Unternehmen beachtet werden müssen, fallen andere Kriterien der Governance-Dimension, wie die regulatorische Qualität, oder Korruption fast gänzlich weg. Allenfalls das Kriterium der Rechtsstaatlichkeit und Mitspracherechte können durch Verweise auf die Kernarbeitsnormen der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) gestärkt werden, indem unter Anderem das Recht auf Vereinigungsfreiheit und Streikrecht ein minimales Level demokratischer Teilhabe etablieren (Anhang, Teil II, paras. 10,11, 13).

Umwelt Kriterien

Die Umweltschutzpflichten von Unternehmen werden in Teil II des Anhangs geregelt und fallen erheblich kürzer als Teil I des Anhangs aus. In Bezug auf die Kriterien in der Dimension Umwelt werden erhebliche Lücken identifiziert: Wasser wird nur im Meeresschutzkontext explizit genannt, womit weder Wasserstress noch Wasserqualität direkt adressiert werden. Auch eine Referenz zu erneuerbaren Energien oder der Nachhaltigkeit des Energiesystems fehlt. Unternehmen haben die Verpflichtung "negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu vermeiden oder zu minimieren" (Anhang, Teil II, para. 1), womit Biodiversitätsschutz in den Kompetenzbereich der CSDDD fällt. Während der Schutz der Biodiversität auch mit Wasserqualität, -quantität und Abwasseraufbereitung in Verbindung stehen kann sind entsprechende Maßnahmen alleine aber nicht ausreichend um einen Biodiversitätsschutz zu gewährleisten und es fehlt ein Verbot Biodiversität zu zerstören. Etwas besser wird der Meeresschutz eingeschätzt, da Unternehmen die Verschmutzung der Meeresumwelt verhindern, verringern und überwachen müssen (Anhang, Teil II, para. 16 nach UNCLOS 210). Das könnte potentiell die bisher unterregulierte Entsorgung von Abwässern aus Anlagen zur Meerwasserentsalzung einschließen. Die CSDDD verpflichtet Unternehmen auch zu gewissen Klimaschutzpflichten, insbesondere mit der Pflicht einen Klimaplan zu erstellen, der mit dem 1.5-Grad-Ziel des Paris Abkommens vereinbar ist. Während starke Umweltschäden manchmal auch durch Menschenrechtskonventionen indirekt adressiert werden können – beispielsweise in Bezug auf Trinkwasserzugang (Stockholm International Water Institute 2021) – gibt es hier klare regulative Lücken, die sich negativ auf die Relevanz der CSDDD als Implementierungsinstrument für Umwelt-Kriterien auf Unternehmensebene auswirken.

Ökonomische und Technische Kriterien werden von der CSDDD nicht explizit erfasst.

3.2.2 Implementierung und Durchsetzung der CSDDD

Die Richtlinie sieht zwei zentrale Durchsetzungsmechanismen vor: Zum einen die staatliche Aufsicht durch nationale Aufsichtsbehörden, die für die Überwachung der Umsetzung und Einhaltung der Sorgfaltspflichten zuständig sind (Art. 24), und zum anderen die Möglichkeit der

zivilrechtlichen Haftung, durch die außereuropäische Betroffene Zugang zu europäischen Gerichten bekommen (Art. 29). Durch die noch ausstehende Umsetzung der Richtlinie auf staatlicher Ebene, kann der Einfluss von Aufsichtsbehörden noch nicht gänzlich eingeschätzt werden. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass staatlich organisierte und finanzierte Behörden durch inner-europäischen Wettbewerb einem Interessenskonflikt unterliegen. Mitgliedstaaten haben potentiell niedriges Interesse an starken Überwachungsmechanismen, solange die Chance besteht, dass andere Mitgliedsstaaten weniger penible Aufsichtsbehörden unterhalten.

Das zivilrechtliche Haftungssystem der CSDDD soll Betroffenen oder Vertretern ermöglichen, Schadensersatz zu verlangen, wenn ihnen durch vorsätzliches oder fahrlässiges Versäumnis eines Unternehmens bei der Erfüllung seiner Sorgfaltspflichten ein Schaden entstanden ist (Art. 29). Die Haftung ist jedoch begrenzt: Sie greift nur bei Verletzungen der Pflichten zur Ermittlung, Verhinderung und Abmilderung nachteiliger Auswirkungen auf Menschenrechte oder die Umwelt gemäß den Artikeln 10 und 11. Unternehmen haften nicht für Schäden, die sie trotz der Einhaltung der Sorgfaltspflicht verursachen. Auch die Verjährungsfrist von Klagen von nur fünf Jahren ist dahingehend unzureichend, dass Gesundheits-, und Umweltschäden häufig erst über längere Zeiträume zu Tage treten. Ergänzend zu gerichtlichen Rechtsbehelfen verpflichtet die Richtlinie Unternehmen zur Einrichtung von Beschwerdemechanismen, die zugänglich, sicher und effektiv sein müssen (Art. 14). Dies bedeutet, dass beispielsweise ein Beschwerdemechanismus der Anonymität nicht bewahren kann oder von einem Akteur betrieben wird, der im Interesse des Unternehmens handelt, nicht CSDDD-konform ist. Diese Mechanismen dienen als Frühwarnsysteme und sollen außergerichtliche Abhilfe ermöglichen.

Zuletzt ist anzumerken, dass auch politische Hürden die Implementierung der CSDDD schwächen. Während den Recherchen für diesen Bericht verschob das EU-Parlament im Rahmen des Omnibus Prozesses die Implementierung der CSDDD in den Mitgliedsstaaten um ein Jahr (European Union 2025). Parallel wackelt auch das deutsche Lieferkettengesetz im Rahmen des Koalitionsvertrages zwischen CDU, CSU und SPD (2025).

3.3 Grenzen von Nachhaltigkeitsverpflichtungen: Die Welthandelsorganisation (WTO)

Die Welthandelsorganisation verfolgt seit ihrer Entstehung das Ziel, in ihren 166 Mitgliedsstaaten (98 % des globalen Handels) Handelsbarrieren abzubauen, nichtdiskriminierenden Wettbewerb global zu fördern und damit Ziele wie die Verbesserung von Lebensstandards und nachhaltige Nutzung von Ressourcen zu erreichen (World Trade Organisation 1994, Präambel). Die Regeln der WTO werden durch die Mitgliedsstaaten umgesetzt; bei möglichen Verstößen können diese Verfahren einleiten, die durch das Streitbeilegungsgremium entschieden werden¹¹ Nachhaltigkeitskriterien, die Staaten für den Wasserstoffhandel verankern wollen, stehen trotz dem übergeordneten Ziel von globalem Wohlstand im möglichen Konflikt mit WTO-konformer Handelspolitik.

Trotz, oder gerade wegen dieser Spannung sind Handelsabkommen relevant: Sie bieten die Möglichkeit ein stärkeres Nachhaltigkeitsverständnis in internationalen Produktionsketten zu verankern. Außerdem sind Handelsabkommen im Vergleich zu unilateralen europäischen oder deutschen Nachhaltigkeitsinitiativen gemeinschaftliche Übereinkommen, und können so an Akzeptanz und subsequenter Umsetzung gewinnen (Rudloff 2025, S. 22).

¹¹ Im Vergleich zu anderen internationalen Verträgen zwar wirkungsmächtig, halten sich Staaten dennoch nicht immer an dessen Entscheidungen. Das Berufungsgremium, welches als zweite Instanz finale Entscheidungen treffen soll, wird seit 2019 durch die USA blockiert.

Der Wasserstoffhochlauf ist durch die Importpläne Deutschlands eng mit bi- und multilateralen Handelsabkommen zwischen der EU und Partnerländern verknüpft. Neben bilateralen Partnerschaften und sektoralen Abkommen bilden die Regeln der Welthandelsorganisation (WTO) den übergeordneten Rahmen, um Handelsabkommen und mögliche Nachhaltigkeitskriterien zu verhandeln oder zu rechtfertigen. Während subsequeute bi-, und multilaterale Handelsabkommen wie z.B. das ITA (Interim Agreement on Trade between the European Union and the Republic of Chile) in der Regel ein Nachhaltigkeitskapitel enthalten, lassen diese konkrete Anforderungen und Verbindlichkeiten zur Einhaltung und Durchsetzung außen vor wenn es um Verbindlichkeit zur Einhaltung und Durchsetzbarkeit von aufgestellten Handelskriterien geht.¹² Stattdessen wird in Nachhaltigkeitskapiteln meist von „sollen“ und „können“ statt „müssen“ gesprochen.

3.3.1 WTO-Grundprinzipien und Herausforderungen für Nachhaltigkeitsstandards

Das WTO-Recht basiert auf zentralen Prinzipien wie Meistbegünstigung (Art. I des Allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens (im Folgenden „GATT“ von General Agreement on Tariffs and Trade)), Inländerbehandlung (Art. III GATT) und dem Verbot mengenmäßiger Handelsbeschränkungen (Art. XI GATT) (World Trade Organization (WTO) 1947).

Nachhaltigkeitsbezogene Importvorgaben von Produkten – etwa zu CO₂-Emissionen, sozialen Mindeststandards oder Governance-Kriterien – laufen daher Gefahr, als verbotene Handelshemmnisse zu gelten, wenn sie über Freiwilligkeit hinausgehen. Die WTO erlaubt zwar entwicklungspolitisch orientierte Handelsabkommen welche wirtschaftsarme Länder („least developed countrys“) bevorzugen – es scheint jedoch unwahrscheinlich Nachhaltigkeitskriterien, die den Marktzugang oft erschweren, so zu rechtfertigen. Ein zentraler Konfliktpunkt, welcher auch für die Notwendigkeit einer Reformierung der Institution spricht, ist die fehlende Bezugnahme auf andere internationale Abkommen. Das trägt nicht nur zu rechtlicher Fragmentierung und Unsicherheit bei, sondern grenzt internationales Handelsrecht auch vom Pariser Abkommen und der Realität des anthropogenen Klimawandels, sowie anderen Abkommen zum Schutz von Menschen und Ökosystemen ab.

Art. XX GATT erlaubt Konditionalisierungen für freien Handel, sofern bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Diese Ausnahmetatbestände betreffen unter anderem den Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen (Art. XX lit. b GATT 1994), den Schutz erschöpflicher natürlicher Ressourcen (Art. XX lit. g GATT 1994), sowie die öffentliche Moral (Art. XX lit. a GATT 1994). Diese Ausnahmen sind jedoch eng auszulegen und dürfen keine willkürliche oder verdeckt diskriminierende Wirkung haben (Art. XX Chapeau GATT 1994). Wichtig ist auch, dass keine anderen, weniger handels-einschränkenden Maßnahmen zur Verfügung stehen (WTO Appellate Body 1998). Ob national beschlossene Handelsbarrieren wie die CSDDD WTO-konform sind, ist im Voraus nicht ganz klar bestimmbar, und hängen u.a. auch von den real-politischen Effekten auf Handelspartner ab (Rudloff 2025, S. 22).

3.3.2 Bewertung von Artikel XX GATT als Nachhaltigkeitsinstrument

Die Frage, ob Nachhaltigkeitsanforderungen verbotene Handelsbarrieren darstellen, ist immer wieder Anlass für Aushandlungsprozesse. Unter anderem Arbeits-, Umwelt-, oder Tierrechte, wurden bereits im Schlichtungsverfahren der WTO angefochten und fallen nicht immer unter

¹² Das Interim Agreement on Trade between the European Union and the Republic of Chile etabliert beispielsweise keinerlei Pflichten in der Nachhaltigkeitssicherung mit Ausnahme von Berichtspflichten (Council of the European Union 2025).

den Schutz von Artikel XX GATT (Herdegen 2020). Ähnliches könnte auf Nachhaltigkeitsaspekte von Wasserstoff zutreffen, sofern diese Handelsbarrieren darstellen.

Soziale Kriterien

Einige Nachhaltigkeitsaspekte aus dem Kriterienkatalog, die der Dimension Soziales zugeordnet werden, lassen sich WTO-rechtlich nicht ohne Weiteres unter Art. XX lit. b GATT rechtfertigen. Diese Bestimmung ist in der Rechtsprechung sehr eng ausgelegt und schützt primär vor unmittelbaren Gefahren für Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen im Importstaat.¹³ Sozialbedingungen und deren Effekt auf die Produktion in Exportländern – etwa Trinkwasserversorgung, Hygieneinfrastruktur, Ernährungssicherheit oder Rechte am Arbeitsplatz – werden von Art. XX lit. b GATT nicht erfasst, da sie nicht in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Gesundheit im Importstaat stehen. Noch weniger lassen sich soziale Indikatoren wie Zugang zu Schulbildung, Gini-Koeffizient oder Energiearmut als legitime Handelsbeschränkung unter dem Paragraphen begründen. Eher denkbar wäre eine Argumentation über Art. XX lit. a GATT („öffentliche Moral“), etwa im Sinne menschenrechtlicher Mindeststandards, auch wenn ein solcher Ansatz WTO-rechtlich mit erheblichen Unsicherheiten verbunden bleibt (Richter 2023, S. 6).

Umwelt Kriterien

Der Schutz natürlicher Ressourcen – etwa Wasserqualität, Biodiversität oder Treibhausgasemissionen – lässt sich unter Art. XX lit. g fassen, sofern auch im Inland vergleichbare Anforderungen gelten. So könnten etwa CO₂-Grenzwerte für importierten Wasserstoff, Kriterien zur Landnutzung oder biodiversitätsschonende Produktionsstandards WTO-konform sein, sofern sie zielführend (in Bezug auf die jeweilige Ausnahme) und notwendig sind (es also keine weniger handelseinschränkenden Ansätze gibt). Die zur Messung der Einhaltung dieser Kriterien angewendeten Tests des Streitbeilegungsgremiums sind umstritten, erlauben jedoch auch relativ große Interpretationsfreiräume (Du 2016). Das europäische CO₂-Grenzausgleichssystem (CBAM von Carbon-Border-Adjustment-Mechanism) ist so zum Beispiel deshalb WTO-konform – wenn auch angefochten –, weil er inner-europäische CO₂-Bepreisung spiegelt (European Parliament 2021; Perdana und Vielle 2022, S. 2). Auch der Schutz von Biodiversität und Maßnahmen gegen Wasserstress können als Teil ressourcenschonender Handelsstrategien gelten.

Governance und Wirtschaftliche Kriterien

Weder Governance, noch wirtschaftliche Kriterien lassen sich leicht mit konkreten WTO-Ausnahmetatbeständen verknüpfen. Die Organisation verfolgt das Ziel einer globalen freien Marktwirtschaft. Handelsbarrieren, die durch ideologische Konflikte oder unterschiedliche Regierungsformen begründet werden, sind keine hinreichenden Begründungen für Handelsbeschränkungen im Hinblick auf die eng gefasste Interpretation von Artikel XX GATT. Handelsbarrieren basierend auf Menschenrechtsverletzungen sind in der Literatur hoch umstritten, was an der fehlenden Inbezugnahme von Menschenrechtsabkommen durch die WTO liegt. Handelsbarrieren können zwar zum Schutz der eigenen Bevölkerung, aber nicht derer anderer Länder errichtet werden. Vor dem Schlichtungsgremium werden Menschenrechtsverletzungen von Exporteuren bis heute nicht als Argument genutzt (Moon 2015). Eine Ausnahme bildet Artikel XXI GATT, der handelsrechtliche Maßnahmen bei

¹³ Im Fall *EC – Asbestos* (WT/DS135, 2001) bestätigte die WTO, dass das französische Importverbot für Asbestprodukte unter Art. XX lit. b GATT gerechtfertigt war. Der Schutz vor krebserregenden Stoffen wurde als „notwendig zum Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen“ anerkannt. Der Fall gilt als Leitentscheidung für die enge, aber klare Anwendbarkeit von lit. b auf unmittelbar gesundheitsgefährdende Produkte.

ernsthaften Sicherheitsinteressen erlaubt – etwa im Fall von akuten humanitären Krisen oder bewaffneten Konflikten.

Technische Kriterien

Technische Anforderungen – etwa der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung, Pläne zur Wasserstoffproduktion, Methanemissionen oder das Potenzial für Photovoltaik und Windkraft – könnten im Rahmen von Art. XX lit. g (erschöpfliche Ressourcen) relevant werden, sofern sie mit klimapolitischen Zielen verknüpft sind und auch inner-europäisch gelten. Dennoch wurden technische Kriterien, wie nachhaltige Methoden des Fischfangs auf WTO-Ebene bereits intensiv debattiert und als protektionistisch angeprangert (US – Tuna II (Mexico)). Auch deshalb werden Anforderungen zur Produktqualität von grünem Wasserstoff heute über Anforderungen der Fördermechanismen statt über verbindliche technische Vorschriften gesteuert, um Ländern mit begrenzten technischen Kapazitäten keinen WTO-widrigen Wettbewerbsnachteil aufzuerlegen.

3.3.3 WTO-konforme Gestaltung eines nachhaltigen Wasserstoffhandels

Die Prinzipien der WTO lassen sich nur bedingt mit einem umfassenden Nachhaltigkeitsansatz im Sinne der SDG's der Agenda 2030 vereinbaren. Das führt regelmäßig zu (Ziel-)Konflikten zwischen nationalen Regelungen zum Schutz von sozio-ökonomischen und ökologischen Aspekten, und dem Freihandelsabkommen (Monteiro 2021; Santarius et al. 2004). Es ist deshalb notwendig, zukünftige Handelsabkommen mit einem verbindlicheren Nachhaltigkeitsfokus auszugestalten und laufende Reformversuche des internationalen Handelsabkommens zu unterstützen. Wiederkehrende Versuche, die WTO in Bezug auf Nachhaltigkeit und Kompatibilität mit anderen internationalen Verträgen zu Umwelt- und Menschenrechten zu reformieren, veranschaulichen die bestehenden Nachhaltigkeitsdefizite der Organisation (Van Asselt 2017; World Trade Organization 1995, 2025a; b). Mit Blick auf die Nachhaltigkeitsanforderungen im Wasserstoffsektor sollten Deutschland und die EU daher Reforminitiativen wie die WTO-Plattform „Trade and Environmental Sustainability Structured Discussions“¹⁴ nachdrücklich fördern (Monteiro 2021). Bis zu einer solchen Reform, sollten Interpretationsspielräume bestmöglich genutzt werden um die Grundsätze anderer internationaler Abkommen wie Menschenrechtsabkommen, Umweltrecht und das Pariser Abkommen in WTO-Entscheidungen zu berücksichtigen (Voigt 2009).

3.4 Freiwillige Zertifikate für grüne Prämien: Wasserstoff in Kraftstoffen

Die zukünftige Erfüllung von Nachhaltigkeitsanforderungen für Wasserstoffimporte könnte unter anderem durch bestehende Möglichkeiten in der EU zur Nutzung freiwilliger Zertifizierungsmechanismen erfolgen. Möglich ist dies bereits für Wasserstoffderivate der Kategorie „erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs“ (engl.: Renewable Fuels of non-Biological Origin, in Folge „RFNBOs“) ¹⁵. Ein Zertifikat bestätigt die Einhaltung bestimmter Anforderungen der europäischen Erneuerbare-Energien Richtlinie (European Parliament and Council of the European Union 2023), die Ziele und Grenzen definiert und teilweise detailliertere Vorschriften zur Produktion von RFNBOs und Berechnungsmethodologien von Treibhausgaseinsparungen in delegierten Verordnungen spezifiziert. Im Rahmen von freiwilligen, durch private Firmen angebotene Zertifizierungssysteme, die wiederum von der EU-Kommission zugelassen werden, haben Unternehmen die Möglichkeit eines Nachweises der

¹⁴ Die „Trade and Environmental Sustainability Structured Discussions“ sind eine Initiative innerhalb der Welthandelsorganisation (WTO), in der sich Mitgliedstaaten seit 2020 über Wege zur besseren Verknüpfung von Handelspolitik und Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitszielen austauschen.

¹⁵ Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1185

Einhaltung gesetzlicher Anforderungen. Eine Zertifizierung ist Voraussetzung für den Zugang zu grünen (Leit-)Märkten und den damit verbundenen Förderungen, die mit dem Ziel eingeführt wurden, EU-Klimaziele zu erreichen. Das Important Project of Common European Interest (IPCEI) Förderinstrument der EU erlaubt Ausnahmen vom Beihilferecht, um strategisch wichtige Projekte – etwa zur Erreichung von Klimazielen durch Wasserstofftechnologien – zu unterstützen (European Commission 2021). Grüne Leitmärkte, in denen es verankerte Quoten gibt, bieten außerdem einen gesicherten zukünftigen Absatz. Besonders wichtig ist hierbei beispielsweise die ReFuelEU Aviation-Verordnung, die künftig Beimischungsquoten für RFNBOs an den in der EU vertankten Kraftstoffen im Flugverkehr vorschreibt.¹⁶

Für die Zertifizierung von RFNBO gibt es seit Januar 2025 drei, von der Kommission anerkannte Systeme (ISCC EU, CertifHy und REDCert). Derzeit durchlaufen weitere Systeme das entsprechende Anerkennungsverfahren durch die Kommission („KZR INiG System“, „CCEE Hydrogen and Derivatives Certification System“ und „Roundtable on Sustainable Biomaterials“ (RSB)) (European Commission, "Voluntary Schemes").

3.4.1 Abdeckung der Nachhaltigkeitskriterien

Gesetzliche Anforderungen der RED für RFNBO beschränken sich auf technische Kriterien wie Zusätzlichkeit des genutzten Stroms, geografische sowie zeitliche Korrelation und Treibhausgaseinsparungen. Soziale, ökonomische und Governance Kriterien sowie zentrale Umweltthemen, wie sie in der Agenda 2030 und den daraus folgenden SDGs entwickelt wurden, sind nicht als Anforderungen aufgeführt. So wird zum Beispiel auch nicht auf Wassernutzung und Entsorgung von Abwässern und Abfällen, oder Landnutzungsänderung eingegangen. Der Round Table on Sustainable Biomaterials (RSB), ein etabliertes europäisches Zertifizierungssystem und -unternehmen, befindet sich während der Recherchen zu diesem Bericht im Prozess der Anerkennung durch die EU-Kommission, um in Zukunft ein Zertifikat anzubieten, das in seinen Anforderungen über das Nachhaltigkeitsverständnis der RED hinausgehen soll und gewisse sozio-ökonomische und ökologische Kriterien miteinbezieht (The Roundtable on Sustainable Biomaterials 2022).

3.4.2 Implementierungsmechanismen

Neben einem strukturell bedingt kaum nachweisbaren Beitrages zu einer nachhaltigeren Entwicklung werden freiwillige Zertifizierungsmechanismen auch auf anderen Ebenen als nicht ausreichend kritisiert um tatsächlich eine umfassende und glaubwürdige Nachhaltigkeit sicherzustellen (Commission et al. 2020). Problematisch erscheint, dass Zertifizierer als private Unternehmen ökonomisch auf jene Akteure angewiesen sind, deren Handeln sie final bewerten sollen, was zu einem inhärenten Interessenskonflikt führen kann. Während eine Zertifizierung explizit freiwillig erfolgen kann, werden andererseits Wasserstoffproduzenten voraussichtlich von den grünen Prämien abhängig sein, die jedoch nur nach Zertifizierung der Konformität mit gesetzlichen Vorgaben erreichbar sind. Das erhöht unter Umständen den Druck auf Zertifizierer und kann zu einem Unterbietungswettbewerb („race to the bottom“) bei systemeigenen Anforderungen und/ oder Untersuchungsintensität und -tiefe führen (Marx und Wouters 2014). Mit Blick auf die Zertifizierungsmechanismen von Bioraustoffen kann ein solcher Interessenskonflikt auch zu Korruption führen (Müller-Hoff et al. 2021; Partzsch 2011). Des weiteren müssen – wieder mit Blick auf Biokraftstoffe – sowohl die europäische Kommission als auch Mitgliedsstaaten erhebliche Kapazitäten aufwenden um Zertifizierer regelmäßig zu überprüfen und damit sichere, regulative Rahmenbedingungen zu schaffen (Mauger 2025). So

¹⁶ Regulation (EU)2023/2405 of the European Parliament and the Council of 18 October 2023 on ensuring a level playing field for sustainable air transport (refuelEU aviation).

ist durch eine Vielzahl an konkurrierenden Zertifizierungssystemen und Zertifizierern ein Flickenteppich entstanden, der ein einheitliches Nachhaltigkeitsverständnis untergräbt, Intransparenz fördert und Greenwashing ermöglicht.

Außereuropäische Akteure kritisieren wiederum die hohen Anforderungen der Zertifikate, die sich aus der europäischen Definition von grünem Wasserstoff (RFNBO) ergeben. Die oft geforderte Harmonisierung der in den Zertifikaten reflektierten RED-Kriterien mit anderen Regelungen oder Standards ist dahingehend kritisch zu betrachten, als dass ihre Aufweichung ein Verfehlen der europäischen Klimaziele bedeuten würde. Aus entwicklungspolitischer Perspektive werden gewissen Anforderungen dahingehend hinterfragt, als dass von Aspekten des Energiesystems ausgegangen wird, die im EU-Ausland möglicherweise gar nicht vorliegen. Beispielsweise bieten Strompreiszonen (Bidding Zones) eine Möglichkeit, geographische Korrelation zu erfüllen. Das Konzept von Strompreiszonen wird allerdings im EU-Ausland nicht einheitlich angewandt. Während die RFNBO-Kriterien für grünen Wasserstoff auch gleichwertige Konzepte im EU-Ausland erlauben, sind diese aber noch nicht klar definiert (Piria et al. 2023).

In Bezug auf Treibhausgaseinsparungen und den Strommarkt, können RFNBO-Kriterien und darauf aufbauende Zertifizierungsmechanismen eine Einhaltung technischer Rahmenbedingungen, wie sie zur Absicherung des Klimaschutzbeitrages einer angestrebten nachhaltigen Wasserstoffproduktion wesentlich sind, unter Umständen kontrollieren. Weiterführende Ziele einer nachhaltigen Entwicklung sind durch die Regeln nicht adressiert. Diese weitergehenden Nachhaltigkeitsaspekte könnten lediglich beim Einsatz von Zertifizierungssysteme freiwillig mit geprüft werden, die aber als durchsetzungsschwach gelten und stärkere Regulierungsmechanismen nicht ersetzen können. Vor dem Hintergrund dynamischer Veränderungen während der Markthochlaufphase von Wasserstoff und seiner Derivate sowie konkurrierender, weniger regulierter Abnehmer außerhalb der EU besteht hier eine signifikante Regelungslücke für die Sicherung von Nachhaltigkeit. So können die hohe Dynamik bei unfairer Wettbewerb den Druck auf Projektentwickler und in einem zweiten Schritt auf Zertifizierer erhöhen. Dies erschwert das Einführen von zusätzlichen Nachhaltigkeitskriterien, etwa in freiwillige Zertifizierungsmechanismen. Sollten Zertifizierungsmechanismen zukünftig breiter ausgelegt sein und beispielsweise den Wasserverbrauch, die Abwasserbehandlung und Förderungen sozialer Kriterien miteinbeziehen, müssen gleichzeitig weitere Überprüfungs- und Ausgleichsmechanismen sowie marktrelevante, rechtlich-regulative Verbindlichkeiten sichergestellt werden. Nur so können die breiter aufgestellten Zertifikate auch mehr Wirksamkeit in Richtung einer nachhaltigeren Entwicklung entfalten.

3.5 H2 Global: Wasserstoff-spezifische Verträge

Die H2Global-Stiftung wurde 2020 mit dem Ziel gegründet, den Markthochlauf von grünem Wasserstoff und dessen Derivaten zu beschleunigen. Die Stiftung verfolgt einen marktbasierten Ansatz, um zentrale Herausforderungen bei der Skalierung von Produktion und Handel grüner Wasserstoffprodukte zu bewältigen. Dazu gehören insbesondere die Schließung der Lücke zwischen Produktionskosten und Zahlungsbereitschaft von Abnehmern bzw. die Senkung auch wirtschaftlicher Risiken und Verbesserung der daraus resultierenden mangelnden Planungssicherheit für Wasserstoffproduzenten und -abnehmer. Seit 2023 ist der H2Global auch formell ein integraler Bestandteil der internationalen Säule der Europäischen Wasserstoffbank (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023). Diese ist ein Finanzinstrument der EU, welches marktwirtschaftliche Anreize für Produktion und Importe von Wasserstoff setzt und

sowohl inner-, als auch außereuropäische Wasserstoffproduktion fördert. Damit sollen gemeinsame europäische Ausschreibungen für Wasserstoffimporte entwickelt werden.

Zentrales Element des H2Global-Mechanismus ist ein Doppelauktionsverfahren, welches sich sowohl an Produzenten als auch an Abnehmer von Wasserstoff(-derivaten) richtet und durch die Tochtergesellschaft Hintco GmbH durchgeführt wird. Auf der Angebotsseite schreibt Hintco langfristige Wasserstoffabnahmeverträge über 10 Jahre mit den wettbewerbsfähigsten Anbietern aus. Diese langfristigen Verträge bieten Investitionssicherheit und tragen zur Risikominderung bei Großprojekten bei. Im Februar 2025 wurde die zweite solche Auktionsphase eröffnet. Der Entwurfsvertrag dieser Auktionsphase ist Anhaltspunkt der Analyse dieses Kapitels (in Folge „Vertragsentwurf“, zitiert als (HINT.CO GmbH 2025a)). Auf der Nachfrageseite sollen jährliche Auktionen stattfinden, bei denen einjährige Verkaufsverträge mit den Meistbietenden abgeschlossen werden. Diese Auktionen beginnen sobald Anbieter Wasserstoffprodukte exportieren können. Die Differenz zwischen Einkaufs- und Verkaufspreis – wird durch öffentliche Fördermittel, aktuell hauptsächlich vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), in der Ausschreibung 2025 auch durch die niederländische Regierung gedeckt. Ziel ist es, die erforderliche Fördersumme über die Zeit zu reduzieren, da sich Marktbedingungen und Preisrelationen verbessern (H2 Global Website 2025).

3.5.1 Abdeckung der Nachhaltigkeitskriterien

Die Fördermittelgeber definieren jeweils die Ausschreibungsparameter, darunter Produkttyp (z. B. Ammoniak, Methanol, eSAF), Nachhaltigkeitskriterien, geografische Schwerpunkte sowie technische und ökologische Anforderungen. Die H2Global-Stiftung selbst legt keine Mindeststandards für Produkte oder Nachhaltigkeit fest, sondern richtet sich in der Konzeption der jeweiligen Verträge nach den Vorgaben der entsprechenden Förderprogramme (HINT.CO GmbH 2025b; Outlaw, Imogen et al. 2025). Während diese in der Ausschreibung 2025 – in Abstimmung mit Voraussetzungen des BMWK und des BMBF (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Bildung und Forschung 2024)– über die technischen Anforderungen der EU-RFNBO Richtlinien hinausgehen und auch viele der im Katalog gelisteten Nachhaltigkeitskriterien adressieren (HINT.CO GmbH 2025a), fordern einige zivilgesellschaftliche Akteure gewisse klarer messbare und operationalisierbare Kriterien (Outlaw, Imogen et al. 2025; Wuppertal Institut 2023). Wie Nachhaltigkeitskriterien in zukünftigen Ausschreibungen auf EU-Ebene formuliert werden, bleibt damit ebenfalls unklar. Wichtig ist hier auch die Unterscheidung zwischen den „zusätzlichen Nachhaltigkeitskriterien“ (Annex 14.1a in (HINT.CO GmbH 2025a)) und den „Menschenrechten und Umweltstandards“ (Annex 14.2 in (HINT.CO GmbH 2025a)). Während letzteres auf die CSDDD, bzw. auf allgemeine unternehmerische Sorgfaltspflichten der EU verweist, geht ersteres genauer auf einige wasserstoffspezifische Nachhaltigkeitsthemen ein. Der Vertragsentwurf nimmt insbesondere auf die sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekte von Wasser Bezug.

Soziale Kriterien

Der Vertragsentwurf betrachtet eine Mehrheit der sozialen Nachhaltigkeitsaspekte des Kriterienkatalogs. Der Zugang und die Qualität von Bildungssystemen sind insofern adressiert, als dass Unternehmen die Pflicht haben, Mitarbeitenden im Umkreis von 50 km Bildungsangebote zu erneuerbaren Energien über mindestens 160 Stunden und zum Wert von mindestens 10.000 EUR zu stellen. Des Weiteren sind Unternehmen zu einer einmaligen Mindestinvestition von 100.000 EUR in die Errichtung von Kindergärten, Schulen, Spitälern oder Obdachlosenunterkünften innerhalb desselben Radius verpflichtet. Obwohl Hintco auch alternative Vorschläge erlauben kann, scheint es entwicklungspolitisch nicht ausreichend und

nachhaltig hier einzig und allein die Errichtung zu finanzieren, statt auch existierende Strukturen zu unterstützen oder Finanzierungsverpflichten für den laufenden Betrieb solcher Einrichtungen einzugehen, mindestens für die Projektlaufzeit. Die Höhe der Beträge für lokale Bildung und Infrastruktur sollte auch dahingehend hinterfragt werden, dass sie sich derzeit nicht an der Größe des Projektes orientiert und bei großen Projekten kaum in Relation zu möglichen Profiten steht. Stattdessen sollte eine langfristige Gewinnbeteiligung lokaler Stakeholder integrales Ziel sein, von welchem Investitionen und Bildungsmaßnahmen abgeleitet werden. Land-, und Besitzrechte werden insofern miteinbezogen, als dass Unternehmen die Nutzung von enteignetem Land untersagt ist, wobei das Verbot nur für 3 Jahre ab der Enteignung gilt und eine Bestätigung dieses Zeitrahmens nur durch lokale Behörden, welche in diesem Fall keine neutralen Entitäten darstellen, eingeholt werden muss. Hinzu kommt, dass der dreijährige Zeitraum als kurz angesehen werden kann im Verhältnis zu typischen Planungszeiträumen von Großprojekten im Bereich Erneuerbare Energien. Auch hier könnte die Einbindung lokaler Stakeholder vor Projektbeginn Risiken sichtbar machen und eine präventive Schutzmaßnahme bieten. Die Produktion durch Unternehmen dürfen nicht in besonders trockenen Gebieten stattfinden, wo sozioökonomische Aspekte, wie Hygiene, der Zugang zu Trinkwasser oder Wasser für landwirtschaftliche Zwecke -und damit indirekt die Ernährungssicherheit- negativ beeinträchtigt wären.

Governance Kriterien

Der Vertragsentwurf legt einen überraschend großen Fokus auf Gleichstellung der Geschlechter und schreibt Unternehmen einen „equal opportunities officer“ vor, um Genderdiskriminierung im Unternehmen aufzuzeichnen, und jährlich nicht bindende Empfehlungen auszusprechen. Des Weiteren müssen Unternehmen mindestens 10 weibliche Mitarbeiterinnen vorweisen, deren Mindestlohn und Beschäftigung indiziert, dass sie aktiv an Aufbau oder Betrieb der Installation der Wertschöpfungskette beteiligt sind. Hier wären prozentuale Vorgaben, zum Beispiel 50 Prozent, sinnvoller um Geschlechterparität in großen und kleinen Betrieben zu fördern. Ansonsten fehlen Governance-bezogene Nachhaltigkeitsaspekte in dem Vertragsentwurf. Hier könnten zukünftige Verträge die Beteiligung der lokalen Bevölkerung in die Projektplanung integrieren, um z.B. auch dort Gleichstellung und Geschlechtergerechtigkeit zu beachten (und nach Möglichkeit fördern) sowie generell durch Mitsprache-, Beschwerde- und Antikorruptionsmechanismen beizutragen. Ebenso könnten Rechtsstaatlichkeit, Regulatorische Qualität, Energiesicherheit und politische Stabilität in die Standortwahl von Projekten des Fördermechanismus miteinbezogen werden.

Ökonomische Kriterien

Ökonomische Nachhaltigkeitsaspekte in Relation zum Kriterienkatalog finden keine Beachtung in dem Vertragsentwurf.

Umwelt Kriterien

Die ökologischen Nachhaltigkeitsaspekte des Kriterienkatalogs finden mehrheitlich Erwähnung in dem Vertragsentwurf. Vertragspartner verpflichten sich die Wasserqualität und Quantität von Wasser inklusive des Grundwassers zu wahren. Auch die Abwasserentsorgung von Solen aus Entsalzungsanlagen müssen explizit innerhalb des verpflichtenden Umweltmanagementsystems beachtet werden.¹⁷ Neben wasserbezogenen Kriterien bestehen für Unternehmen bei der Standortwahl Auflagen zum Schutz von Kohlenstoffspeichern und Biodiversität im Umkreis von 1 km vor. Derselbe Mindestabstand muss zu einer Reihe an durch internationale Organisationen

¹⁷ Das Umweltmanagementsystem muss dem EN ISO 14:001:2015 entsprechen und extern zertifiziert werden. Eine Bewertung der Qualität der ISO liegt außerhalb der Ansprüche dieses Berichts.

geschützten Gebieten gehalten werden wodurch ein gewisses Maß möglicher Biodiversitätsrisiken gemindert werden können.¹⁸

Technische Kriterien

Der Vertragsentwurf nimmt klaren Bezug zu den RFNBO-Herstellungskriterien wie Zusätzlichkeit und erneuerbare Stromquellen. Damit ergibt sich ein Zusammenhang mit der EU-RED und entsprechend qualifizierten Zertifizierungssystemen (s. 3.4). Der Entwurf schreibt in notwendiger Ergänzung der RFNBO Kriterien vor, dass auch Entsalzungsanlagen erneuerbaren Strom beziehen müssen und strebt etwas ambitioniertere Mindestwerte zur Treibhausgaseinsparung an als die EU-Regulierung (73 % statt 70 %).

3.5.2 Implementierung der Nachhaltigkeitskriterien

Die Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen im Rahmen von H2Global erfolgt primär über vertragliche Verpflichtungen, deren Wirksamkeit von mehreren strukturellen Faktoren abhängt. Zwar enthält der Vertragsentwurf in Teilen operationalisierbare Kriterien – etwa Mindestzahlen an weiblichen Beschäftigten oder Anforderungen an die Unterstützung lokaler Gesundheitsinfrastruktur im Umkreis von 50 Kilometern – doch beschränkt sich die Verbindlichkeit, Durchsetzbarkeit und Überprüfbarkeit dieser Vorgaben auf den Vertragspartner Hintco. Dieser kann unter Umständen unter Druck geraten, insbesondere sobald auch Abnehmerverträge abgeschlossen werden, und diese damit den Druck erhöhen die vereinbarte Kraftstoffmenge auch fristgerecht zu liefern.

Des Weiteren räumt der Vertragsentwurf Ausnahmefugnisse auf Seiten von Hintco ein, die zu einer Verwässerung einzelner Umweltstandards führen können. So heißt es etwa im Abschnitt zum Biodiversitätsschutz (Art. 8.1), dass Hintco „auf Antrag des Verkäufers nach eigenem Ermessen andere Maßnahmen genehmigen kann“ („upon Seller’s request, Hintco may, at its sole discretion, approve the implementation of other measures...“). Solche Formulierungen sind laut Hintco der Novität der Pilotprojekte geschuldet, schaffen allerdings Unklarheit über den Durchsetzungsgrad zentraler Umweltauflagen. Ohne Transparenzauflagen könnten die Formulierungen soziale und ökologische Standards untergraben.

Ein weiteres zentrales Problem stellt die Abhängigkeit von den Förderrichtlinien der EU-Staaten dar, die den Mechanismus nutzen. Da H2Global und Hintco selbst keine einheitlichen Mindeststandards definieren, sondern die Kriterien in einzelnen Ausschreibungen variieren können, besteht das Risiko inkonsistenter Nachhaltigkeitsniveaus zwischen unterschiedlichen Förderphasen innerhalb unterschiedlicher Legislaturperioden. Die damit fehlende Vorausschaubarkeit birgt damit nicht nur Sorgen um die Nachhaltigkeit von grüner Wasserstoffproduktion und seinen Derivaten sondern erschwert auch die Planung und Finanzierung von Projekten, was dem Hochlauf eines Wasserstoffmarkts allgemein schaden kann.

H2Global ist ein innovatives Instrument, das eigens für einen nachhaltigen Wasserstoffhochlauf entwickelt ist und daraufhin explizit auf wasserstoffeigene Nachhaltigkeitsrisiken eingeht. Einige der Anforderungen könnten dennoch verschärft und vor allem gefestigt werden, um sowohl Nachhaltigkeit als auch Investitionssicherheit zu schaffen.

¹⁸ Die folgenden internationalen Indizes müssen beachtet werden: (a) IUCN Category I-IV protected areas; (b) sites recorded on the List of Ramsar Wetlands of International Importance; (c) UNESCO World Heritage Sites selected by the UNESCO World Heritage Committee; (d) core zones of sites recorded on the list of Biosphere Reserves of the UNESCO Man and the Biosphere Program; (e) areas identified as AZE Sites in the Global AZE map published by the AZE in 2018; (f) areas listed on the IUCN Red List of Ecosystems.

3.6 Wirkungsspektrum der Instrumente: Lückenanalyse

Die Etablierung eines nachhaltigen Wasserstoffmarktes benötigt ein komplexes Zusammenspiel an Instrumenten, die unterschiedliche Ebenen der Umsetzung, als auch Ebenen des Vollzuges beinhalten und in Wechselwirkung aufeinander referenzieren. Die Analyse zeigt auf, wo Nachhaltigkeitssicherung in einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft nicht gegeben ist. Die Identifikation dieser Fehlstellen in den betrachteten Regularien liefert eine Grundlage für die stärkere Beachtung durch Akteure wie Politik, Projektentwickler und Finanzinstitutionen bei der Erarbeitung und Beachtung zukünftiger Mitigationsmaßnahmen. Tabellarische Lückenanalyse

Die Tabellarische Lückenanalyse fasst die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Ergebnisse der Textanalyse zusammen und stellt in übersichtlicher Art dar, welche Nachhaltigkeitskriterien des Kriterienkatalogs in den hier betrachteten Instrumenten berücksichtigt werden. Die in den vorhergehenden Kapiteln durchgeführten qualitativen Bewertungen hinsichtlich der Wirksamkeit und Implementierung der jeweiligen Instrumente (siehe CSDDD: 3.2.2, WTO: 3.3.3, Freiwillige Zertifizierung von RFNBO: 3.4.2, H2Global: 3.5.2) wird dabei nicht einbezogen.

Im Rahmen der Lückenanalyse wurde eine drei-stufige Bewertung vorgenommen, die prüfen soll, ob die einzelnen Kriterien innerhalb der Instrumente berücksichtigt werden: Kriterien werden demnach entweder gar nicht (rot), marginal (orange) oder direkt (grün) adressiert. Kriterien, die rein informativ sind, wurden nicht bewertet.

Die Ergebnisse der Lückenanalyse sind in Tabelle 45 bis Tabelle 49 dargestellt und in den folgenden Absätzen beschrieben. Die dabei verwendete Farbkodierung ist in Tabelle 44 erläutert.

Tabelle 44: Für die Darstellung der Lückenanalyse in Tabelle 45 bis Tabelle 49 verwendete Farbkodierung.

Bewertung	Farbkodierung
Nicht bewertet	
Kriterium wird vom Instrument nicht adressiert	
Kriterium wird vom Instrument marginal adressiert	
Kriterium wird vom Instrument direkt adressiert	

Soziale Kriterien

In der Dimension Soziales sind zentrale Grundrechte teilweise berücksichtigt, jedoch mit erheblichen Lücken. Die delegierten Rechtsakte der RED zu RFNBO adressieren keine sozialen Aspekte. Die Ausnahmen des GATT der WTO führen diese nicht namentlich und betreffen soziale Kriterien mit Ausnahme eines expliziten Verbots von Sklaverei ebenfalls nicht. Anforderungen zur Achtung von Land- und Eigentumsrechten sind sowohl in der CSDDD als auch in H2Global enthalten. Einen gesicherten Zugang zu Trinkwasser und sanitären Einrichtungen sollen Kriterien der CSDDD und H2Global überprüfen. Ernährungssicherheit findet explizite Erwähnung in der CSDDD wird jedoch bei H2Global lediglich teilweise angesprochen. Elektrizitätszugang wird von keinem Instrument klar adressiert. Gesundheits- und Bildungssysteme sind ebenfalls schwach abgedeckt: CSDDD und H2Global erwähnen sie in Teilen. Berufliche Weiterbildung wird in begrenztem Maß in H2Global verankert, ansonsten aber nicht beachtet. Ungleichheiten werden weitgehend ausgeblendet: nur Gendergerechtigkeit

spielt eine Rolle in CSDDD und H2Global, während Indikatoren wie der Gini-Koeffizient oder sonstige Ungleichheitsdimensionen in allen Instrumenten unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 45: Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Soziales

Kriterium	CSDDD	RFNBO Zertifikate	WTO	H2Global
Anzahl an Einwohner:innen				
Bevölkerungsdichte				
Bildungssystem				
Teilnahme am Unterricht				
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten				
Landrechte				
Besitzrechte				
Gesundheitssystem				
Zugang zu Elektrizität				
Energiegerechtigkeit				
Ernährungssicherheit				
Sanitäre Einrichtungen				
Trinkwasserversorgung				
Gini-Koeffizient				
Vermögensungleichheit				

Governance-Kriterien

Die Abdeckung in der Dimension Governance ist noch schwächer. Korruption, politische Stabilität, Regierungswirksamkeit, Regulierungsqualität und Kontrolle von Korruption werden von keinem Instrument wirklich berücksichtigt. Einzige Ausnahme ist die Rechtsstaatlichkeit, die in der CSDDD ansatzweise erwähnt wird. Menschenrechte werden in CSDDD und H2Global zumindest teilweise erfasst, während Zertifizierungsmechanismen für RFNBOs und die untersuchten Paragraphen der WTO keine Abdeckung zeigen. Gendergleichstellung findet in

CSDDD und H2Global explizite Erwähnung, nicht aber in den anderen Instrumenten. Aspekte wie Partizipation und Rechenschaftspflicht sind lediglich in CSDDD „teilweise“ enthalten, in den übrigen Instrumenten nicht. Kriterien mit starkem politischem Bezug wie nationale Wasserstoffstrategien und Energiesicherheit tauchen in keinem der Instrumente verbindlich auf. Klimaschutzleistungen werden durch die delegierten Rechtsakte der RED zu RFNBO maßgeblich verfolgt. Die CSDDD verpflichtet Unternehmen, Klimaschutz in die Planung miteinzubeziehen.

Tabelle 46: Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Governance

Kriterium	CSDDD	RFNBO Zertifikate	WTO	H2Global
Korruption				
Achtung der Menschenrechte				
Geschlechtergerechtigkeit				
Mitsprache und Rechenschaftspflicht				
Politische Stabilität				
Wirksamkeit der Regierung				
Regulatorische Qualität				
Rechtsstaatlichkeit				
Korruptionskontrolle				
Wasserstoffstrategie				
Minderung des Klimawandels				
Energiesicherheit				

Ökonomische Kriterien

Die ökonomische Dimension bleibt in allen Instrumenten fast vollständig unberücksichtigt. Weder BIP, Handelsbilanz, Staatsverschuldung noch Investitionen in Bildung sind abgedeckt. Die einzige Ausnahme ist H2Global, das mit Blick auf Investitionen in das Bildungssystem eine vage Anknüpfung aufweist. Damit zeigt sich eine fast vollständige Leerstelle, obwohl ökonomische Rahmenbedingungen entscheidend für die Frage sind, ob eine Partnerschaft langfristig tragfähig ist und ob Nutzen fair verteilt wird.

Tabelle 47: Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Wirtschaft

Kriterium	CSDDD	RFNBO Zertifikate	WTO	H2Global
GDP				
Bruttoinlandsprodukt				
Import von Waren				
Export von Waren				
Staatliche Verschuldung				
Investitionen in das Bildungssystem				

Umwelt Kriterien

Bei den Kriterien der Dimension Umwelt ist die Abdeckung etwas stärker, wenn auch lückenhaft. Die delegierten Rechtsakte der RED zu RFNBO adressieren keine der Umwelt Kriterien. Der explizite Ausschluss von Biomasse in der Definition von RFNBO resultiert aber aus jahrelangen kritischen Diskussionen um (u.a.) Umweltprobleme der Nutzung von Bioenergie. Die in der WTO analysierten Ausnahmen für Handelsbarrieren erfassen Umwelt Kriterien, sofern diese nationale Gesetzgebung spiegeln. Wasserstress wird von CSDDD und H2Global berücksichtigt, Wasserqualität erscheint bei H2Global und teilweise bei CSDDD. Biodiversität und Biodiversitätsschutz werden von H2Global explizit angesprochen und in CSDDD durch eine Referenz zum Biodiversitätsabkommens berücksichtigt. Die Nachhaltigkeit des Energiesystems wird in den delegierten Rechtsakten der RED zu RFNBO insofern adressiert, dass grundsätzliche Anforderungen (Zusätzlichkeit, Zeitgleichheit und geographische Korrelation) bei Erreichen eines EE-Anteils von 90 % im nationalen Stromnetz bzw. der Gebotszone wegfallen und damit Investitionen in solchen Gebotszonen erleichtert werden.

Tabelle 48: Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Umwelt

Kriterium	CSDDD	RFNBO Zertifikate	WTO	H2Global
Wasserstress				
Wasserqualität				
Leistung zum Biodiversitätsschutz				
Biodiversitätsrisiko				
Nachhaltigkeit des Energiesystems				

Technische Kriterien

Technische Kriterien werden durchweg kaum aufgegriffen. Aspekte wie Forschung und Entwicklung, das Vorhandensein von relevanten Industriesektoren (Stahl, Chemie), Öl-, Gas- und Wasserstoffproduktion, oder die erneuerbaren Energie Potentiale finden sich in keinem der Instrumente. Lediglich die delegierten Rechtsakte der RED zu RFNBO verweisen auf den Anteil erneuerbarer Energien am Elektrizitätsmix. Insgesamt bleibt diese gesamte Dimension, die für die praktische Machbarkeit von Wasserstoffprojekten zentral ist, nahezu unberücksichtigt.

Insgesamt zeigt sich, dass soziale Kriterien zumindest teilweise abgedeckt sind, Governance und ökonomische Kriterien jedoch weitgehend fehlen, während ökologische und technische Aspekte fragmentarisch berücksichtigt werden.

Tabelle 49: Lückenanalyse: Kriterien der Dimension Technisches

Kriterium	CSDDD	RFNBO Zertifikate	WTO	H2Global
Finanzierung von Forschung und Entwicklung				
PV Potential				
Windenergiepotential				
Summe an erneuerbarem Energieproduktion potential				
Anzahl an Direktreduktionsanlagen für die Stahl- und Eisenproduktion				
Chemieindustrie				
Anteil erneuerbarer Energien am Elektrizitätsmix				
Gasförderung				
Plan blauen Wasserstoff zu Produzieren				

3.6.1 Grenzen und Potenziale der Instrumente

Die Lückenanalyse verweist auf große inhaltliche Fehlstellen. So fehlend in allen vier Instrumenten viele Kriterien und teils ganze Dimensionen einer nachhaltigen Bereitstellung von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten. Dabei wird angenommen, aufgrund verschiedener

Steuerungsebenen nicht alle Kriterien von einem Instrument alleine „abgedeckt“ werden können. Während der in Kapitel 2.1 entwickelte Kriterienkatalog ein Werkzeug zur Darstellung eines Ist-Zustands, der Ausprägung wesentlicher Nachhaltigkeitskriterien für Nationalstaaten darstellt, beziehen sich die analysierten Instrumente auf unterschiedliche zeitliche, räumliche oder administrative Ebenen. Neben der nationalstaatlichen Ebene werden auch die internationale und europäische Ebene bedacht sowie direkt projektspezifische (privatrechtliche) Aspekte. Die Nachhaltigkeit von zukünftiger Wasserstoffproduktion wird auf diesen unterschiedlichen Ebenen gesichert und bedarf eines Zusammenspiels von Instrumenten. H2global Verträge richten sich beispielsweise nach nationalem und EU-Recht, welches sich wiederum an internationalem Handelsrecht orientiert. Ein Fokus allein auf internationales Recht wäre hier zu grobschlächtig, und könnte möglicherweise auch Nachhaltigkeitsbestreben durch einen Mittelweg untergraben. Stattdessen ist es essentiell Nachhaltigkeitsaspekte auf verschiedenen Ebenen zu verankern um deren unterschiedliche Kompetenzen bestmöglich zu nutzen. Übergeordneten Instrumenten, die nicht nur im Wasserstoffsektor greifen, sondern, wie zum Beispiel die CSDDD, alle Unternehmen ab einer gewissen Größe im EU-Ausland betreffen, fehlen jedoch wasserstoffspezifische Nachhaltigkeitsaspekte. Das ist an sich kein Problem, da die CSDDD stattdessen einen übergeordneten Schutzmechanismus bieten kann, um Nachhaltigkeit auch in einem volatilen Markt in der Hochlaufphase zu sichern. Die fehlenden Anforderungen mit spezifischem Bezug auf Wasserstoffprojekte führen allerdings zu Unsicherheit bezüglich genauer Pflichten, welche nicht ausschließlich durch privatrechtliche Verträge definiert werden sollten. Als Beispiel kann der fehlende Bezug auf das für die Herstellung von RFNBO benötigte Wasser, dessen Qualität oder Entnahmebeschränkungen, sowie den Umgang mit möglicherweise anfallenden Abfällen und Abwässern im Rahmen der auf EU-Ebene beschlossenen Definition von RFNBO betrachtet werden. Zwar haben Unternehmen aufgrund der CSDDD die Pflicht, keine erheblichen Umweltschäden zu verursachen, ob Umweltschäden durch die Meerwasserentsalzung für die RFNBO-Produktion jedoch als erheblich gelten ist ungewiss. Eine solche Einordnung ließe sich wahrscheinlich nur retrospektiv durch Klageverfahren nach bereits verursachten Umweltschäden einfordern, ob dies präventive Maßnahmen nach sich ziehen würde ist ungewiss. Diesen essentiellen Aspekt der nachhaltigen Herstellung von PtGLS-Produkten, besonders in trockenen Ländern, rein auf Projektebene zu adressieren ist riskant. Die Projektebene kann den direkten Einfluss auf die unmittelbare Umwelt adressieren, jedoch nicht alle Aspekte der nationalen Ebene. So kann beispielsweise ein einzelnes Projekt darauf achten lokale Arbeitskräfte bevorzugt anzustellen, es kann auch Bildungsangebote für seine Angestellten und Kooperationen mit nationalen Ausbildungseinrichtungen, sowie Hochschulen und Universitäten herstellen. Es kann jedoch nicht Grundsätzlich die Bildungsbedingungen auf nationaler Ebene so reformieren, dass ein Berufsbildungsabschluss sicher erreicht werden kann, der die notwendigen Qualifikationen für die Anstellung in diesem Projekt vermittelt. Es kann zudem nicht auf Projektebene sichergestellt werden, dass andere Projekte im gleichen Land, oder einem anderen, die gleichen Maßnahmen (beispielsweise die erwähnten Kooperationen im Bildungsbereich) ergreifen, oder Umweltauflagen einhalten.

Ein zentrales Problem stellt das sogenannte „Enforcement-Gap“ (Durchsetzungslücken) dar: Während internationale Regelwerke wie WTO-Abkommen zwar normativ richtungsweisend wirken, verfügen sie nur über schwache Durchsetzungsmechanismen. Parallel greifen projektbasierte Verträge oder EU-Recht wesentlich konkreter, bleiben in ihrer Wirkung aber lokal begrenzt. Lücken zwischen normativem Anspruch und faktischer Umsetzung werden zudem durch gezielte Umgehungsstrategien verschärft. So leiden Zertifizierungssysteme an inhärenten Interessenskonflikten. Auch Abnehmerverträge können sich diesen nicht völlig entziehen. Die Gestaltungsspielräume der Vertragsparteien in der Auslegung gewisser

Nachhaltigkeitsauflagen haben schwächen die Verbindlichkeit der vereinbarten Standards und damit die Glaubwürdigkeit und Wirksamkeit der Instrumente insgesamt.

Hinzu kommt eine erhebliche Fragmentierung internationalen Rechts. Das Regelwerk der WTO berücksichtigt andere internationale Rechtsbereiche wie Menschenrechts- oder Umweltrecht bislang nur unzureichend, obwohl eine stärkere Integration prinzipiell möglich wäre (UN International Law Commission Study Group on Fragmentation of International Law 2006; Voigt 2009). Auch H2Global-Verträge verweisen zwar auf CSDDD und die delegierten Rechtsakte zu RFNBO, blenden jedoch weiterreichende Rahmenwerke wie die UN Guiding Principles on Business and Human Rights oder andere Standards aus, auf die auch die CSDDD nicht verweist. Zu den ebenfalls ausgeblendeten Aspekten zählt u.a. eine verpflichtende Einbindung der Bevölkerung in Projektplanung und Durchführung, was zu erheblichen Unsicherheiten in Bezug auf geltende gesetzliche Rahmenbedingungen führen kann (Cantú Rivera 2024). Darüber hinaus können unterschiedliche Umsetzungsweisen von EU-Richtlinien durch Mitgliedsstaaten einen Unterbietungswettbewerb zwischen Mitgliedsstaaten fördern. Dies erschwert die Kohärenz der unterschiedlichen Instrumente und schwächt die konsistente Einführung von Nachhaltigkeitszielen im globalen Wasserstoffhandel.

Damit soll die ex-ante Prüfung der Instrumente kein abschließendes und grundlegendes Urteil über die Instrumente liefern, sondern Grundlagen und Anreize für deren Entwicklung im Verlauf von Projekten und dem globalen Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft sein.

3.6.2 Partizipation und lokale Einbindung

Von besonderer Bedeutung für die Nachhaltigkeitssicherung ist die Einbindung betroffener Bevölkerungsgruppen sowohl in den Projektfindungs- und Planungsphasen, als auch bei Implementierung von Wasserstoffprojekten und über deren Laufzeit. Am Beginn von Projekten gilt das Prinzip der freien, vorherigen und informierten Zustimmung (*Free, Prior and Informed Consent*, FPIC) als unverzichtbare Grundlage, insbesondere im Umgang mit indigenen Gemeinschaften. Während FPIC ein völkerrechtlich vereinbartes Prinzip für indigene Bevölkerungsgruppen ist, spricht man bei nicht-indigenen lokalen Gruppen zum Beispiel von Informed Consultation and Participation (ICP), siehe (International Finance Corporation 2012). FPIC und ICP schaffen Legitimation und verhindern, dass Projekte gegen den erklärten Willen betroffener Gemeinschaften umgesetzt werden, oder an einem späteren Augenblick daran scheitern.

Darüber hinaus ist Partizipation auch über die Projektplanung hinaus zu denken. Methoden wie *Participatory Rural Appraisal* (PRA) oder *Participatory Learning and Action* (PLA) ermöglichen es, lokales Wissen systematisch in Standortwahl, Technikauswahl, Zeitpläne oder Entschädigungsmodelle einzubeziehen (Chambers 1994; Pretty et al. 1995). Sie tragen zur Konfliktprävention bei, erhöhen die Transparenz von Entscheidungsprozessen und ermöglichen eine gerechtere Verteilung von Vorteilen und Belastungen. PRA/PLA-Ansätze haben zudem einen kapazitätsbildenden Effekt, indem sie Gemeinschaften befähigen, ihre Interessen zu artikulieren und ihre Lebensgrundlagen langfristig selbstbestimmt zu sichern. Auch im Projektmonitoring eröffnen solche Verfahren wichtige Potenziale: Sie erlauben laufendes Feedback der lokalen Bevölkerung, fungieren als Frühwarnsystem für ökologische oder soziale Risiken und stärken lokale Rechenschaftsmechanismen.

Die praktische Bedeutung dieser partizipativen Verfahren wurde auch in einem Workshop mit Vertreter*innen aus Zivilgesellschaft und Wissenschaft aus Chile und Brasilien deutlich. Ein zentrales Ergebnis war, dass die frühzeitige Einbindung essenziell ist, da der Informationsstand vieler lokaler Gruppen so gering sein kann, dass einfache Befragungen ohne vorbereitende

Aufklärung kaum sinnvoll erscheinen. Erst wenn die potenziellen positiven wie negativen Auswirkungen von Wasserstoffprojekten transparent vermittelt sind, können betroffene Akteure informierte Entscheidungen treffen. Gleichzeitig wurde hervorgehoben, dass Partizipation nicht nur eine einmalige Konsultation sein darf, sondern während der gesamten Projektdurchführung fortgesetzt werden sollte – etwa durch projektbezogenes Benefit Sharing, transparente Monitoring- und Evaluierungsverfahren im Zusammenspiel mit institutionalisierten Beteiligungsformaten.

Die Abwesenheit solcher Verfahren in den bestehenden Instrumenten ist auffällig. Besonders gravierend ist die fehlende Verankerung von FPIC und vergleichbaren partizipativen Methoden in der CSDDD und den H2Global-Verträgen. Während FPIC im ursprünglichen Entwurf der CSDDD vorgesehen war, wurde es im finalen Text gestrichen – mit der Folge, dass Unsicherheiten für Projektplaner bestehen und das Vertrauen zivilgesellschaftlicher Akteure in Produktionsstaaten geschwächt wird (Krebs et al. 2024). Da FPIC sich auf Bedingungen und Verfahren bezieht, die zeitlich vor der Implementierung eines potentiellen Projekts liegen wäre es notwendig, ergänzende Mechanismen auf nationaler und Projektebene zu entwickeln, die FPIC sowie partizipative Monitoringansätze bereits in der Projektplanung verbindlich absichern. Zwar wird über H2Global versucht, Elemente von Benefit Sharing über Investitionen in Bildung oder Gesundheit zu integrieren; diese Maßnahmen sind jedoch nicht projektbezogen ausgestaltet und sehen keine partizipativen Prozesse vor. Entscheidungsprozesse bleiben damit weitgehend für lokale Bevölkerungsgruppen verschlossen und diese ausgeschlossen.

Partizipative Ansätze – von FPIC über PRA/PLA bis zu institutionalisiertem Benefit Sharing – stellen ein zentrales Element für die Legitimität und nachhaltige Entwicklung künftiger Wasserstoffpartnerschaften und Projekte dar. Der Kriterienkatalog kann einen möglichen Bedarf für solche Verfahren im Vorfeld ansatzweise abbilden. Die hier untersuchten rechtlichen, politischen und vertraglichen Instrumente sollten zudem genutzt werden, um derartige Prozesse verbindlich einzufordern, und je nach Wirkebene kontinuierlich zu begleiten und dynamisch abzusichern. . Perspektivisch könnten partizipative Rechte auch in bi- oder multilaterale Handelsabkommen – etwa Mercosur – aufgenommen werden, um auf internationaler Ebene institutionell gestärkt zu werden. Hier besteht erheblicher Forschungs- und vor allem Gestaltungsbedarf, um sicherzustellen, dass die Einbindung lokaler Bevölkerungsgruppen nicht nur von projektindividuellen Initiativen abhängt, sondern systematisch in transnationale Governance-Strukturen integriert wird.

4 Schlussfolgerungen

Mit dem hier entwickelten methodischen Ansatz des Kriterienkatalogs als Analysewerkzeug wurde ein wichtiger erster Schritt in Richtung einer umfassenden Betrachtung von Ländern, die für die Bereitstellung von PtGLS-Produkten in Frage kommen, gemacht. Hierbei zeigt sich, dass die Abbildung von Nachhaltigkeitsanforderungen im Sinne der SDGs und der Agenda 2030 in einem umfangreichen Katalog an Kriterien mündet. Der Ansatz einer Einordnung verschiedener Länder entlang der Kriterien auf Basis von öffentlich verfügbaren und weitestmöglich vergleichbaren Datenquellen und Indices ist vielversprechend, bedarf aber für eine größere Aussagekraft einer noch umfangreicheren Datengrundlage (siehe unten), die im Rahmen dieses Projektes nicht herangezogen bzw. analysiert werden konnte. Der Kriterienkatalog könnte nach Berücksichtigung solch einer umfassenderen Datengrundlage als Analysewerkzeug dienen, in dem Hinweise zu Defiziten in der Ausprägung von Dimensionen und Kriterien gegeben werden, die einer besonderen Beachtung bei der Etablierung von Energiepartnerschaften mit oder Entwicklung von Projekten in den entsprechenden Ländern bedürfen.

Die Instrumentenanalyse zeigt im Ergebnis, dass die untersuchten Instrumente in ihrer aktuellen Fassung Produktion und Handel von PtGLS nur teilweise positiv im Sinne der Nachhaltigkeitskriterien beeinflussen können. Lücken entstehen einerseits durch das fehlende Miteinbeziehen gewisser Nachhaltigkeitsaspekte insgesamt, und durch die begrenzte Durchsetzungskraft der Instrumente. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, weitere Instrumente einzubeziehen und insbesondere auf der Governance-Ebene nachzusteuern.

Hinzu kommt eine erhebliche Rechtsfragmentierung: WTO-Regeln berücksichtigen menschen- und umweltrechtliche Standards bislang nur unzureichend, und auch H2Global-Verträge verweisen zwar auf die CSDDD und die RFNBO-Kriterien, lassen jedoch weitergehende Rahmenwerke wie die UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte unberücksichtigt. Teils erscheinen Instrumente durch diese fehlende Inbezugnahme oder klare Hierarchisierung der Instrumente widersprüchlich. Die betrachteten Instrumente referenzieren sich teilweise gegenseitig, sind jedoch nicht aufeinander abgestimmt und erzeugen dadurch Unklarheiten über Rechte und Pflichten der Stakeholder. Besonders die Kluft zwischen der Projektebene, bi- und multilateralen Abkommen muss überbrückt werden, um Kohärenz und Verbindlichkeit im globalen Wasserstoffhandel sicherzustellen.

Zudem bestehen noch viele Unsicherheiten: Die tatsächlichen Effekte der Instrumente – wie etwa der noch nicht wirksamen CSDDD – sind nicht abschließend absehbar, ebenso wenig wie die Wirkungen von Pilotprojekten, die sich nach Technologie, Größe oder Endprodukten unterscheiden. Gerade deshalb ist es entscheidend, Pilotprojekte eng zu monitoren und von Beginn an ganzheitliche Nachhaltigkeitsansätze zu verfolgen, um Lernpotentiale zu nutzen und eine nachhaltige PtGLS Wirtschaft zu fördern.

Gleichzeitig ergibt sich ein klarer Forschungsbedarf:

1. Es sollten weitere rechtliche, politische und finanzielle Instrumente – wie die EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, Abkommen der Internationalen Arbeitsorganisation, Exportkredit- und Finanzierungsinstrumente wie Hermes, sowie Energiepartnerschaften – systematisch in Bezug auf ihre Nachhaltigkeitswirkungen untersucht werden.
2. Die Einordnung der Länder im Kriterienkatalog sollte auf eine breitere Datenbasis gestellt und durch qualitative Analysen ergänzt werden, um Schwächen einzelner Indizes auszugleichen und lokale Einflüsse besser erfassen zu können. Ebenso sollte eine laufende Wiederholung der Einordnung im Kriterienkatalog stattfinden um Entwicklungen der

Länder im Zeitverlauf abzubilden und auf potentielle negative Entwicklungen reagieren zu können.

3. Pilotprojekte sollten eng begleitet werden, um frühzeitig belastbare Erkenntnisse über die tatsächlichen Wirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und auf die Breite der Kriterien im entwickelten Katalog zu gewinnen. Hierbei erscheint die Anwendung partizipativer Monitoringkonzepte unverzichtbar.

Insgesamt verdeutlichen die Arbeiten, dass eine nachhaltige PtGLS-Wirtschaft nur entstehen kann, wenn neben bislang unzureichend adressierten Klimaschutzaspekten auch die weiteren Dimensionen der Nachhaltigkeit systematisch berücksichtigt, Fragmentierung überwunden und bestehende Governance-Lücken geschlossen werden.

5 Quellenverzeichnis

Auswärtiges Amt (2024): EU-Erweiterung: Türkei. In: Auswärtiges Amt. <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/europa/erweiterung-nachbarschaft/eu-beitrittskandidaten-node/eu-tuerkei-202106>. (16.10.2025).

Auty, R. (1993): *Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse Thesis*. Routledge, London. DOI: 10.4324/9780203422595.

Block, S.; Emerson, J. W.; Esty, D. C.; de Sherbinin, A.; Wendling, Z. A. (2024): *Environmental Performance Index 2024*. Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven. <https://epi.yale.edu/downloads/2024-epi-report-20250106.pdf> (16.10.2025).

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023): [Pressemitteilung] Bundesregierung und EU-Kommission machen H2Global zum europäischen Wasserstoff-Projekt.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Bildung und Forschung (2024): *Zweite Förderrichtlinie für internationale Wasserstoffprojekte im Rahmen der fortgeschriebenen Nationalen Wasserstoffstrategie*. Bundesanzeiger.

Buser, A. (2024): Protecting the climate through EU supply chain legislation? Two critiques and a compromise. In: *European Law Open*. Vol. 3, No. 3, S. 617–632. DOI: 10.1017/elo.2024.35.

Cantú Rivera, H. (2024): The Corporate Sustainability Due Diligence Directive beyond Europe. In: *Verfassungsblog*. DOI: 10.59704/af0cf573b1220c5c.

CDU; CSU; SPD (2025): *Verantwortung für Deutschland – Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 21. Legislaturperiode*. Berlin.

Chambers, R. (1994): Participatory Rural Appraisal (PRA): Analysis of Experience. In: *World Development*. Vol. 22, No. 9, S. 1253–1268. DOI: 10.1016/0305-750X(94)90003-5.

Collet, E. (2023): *Das Kaspische Meer im Ausnahmezustand*. In: Novastan Deutsch.

Commission, E.; Justice, D.-G. for; Consumers; International, B. I. of; Law, C.; Consulting, C.; LSE; Torres-Cortés, F.; Salinier, C.; Deringer, H.; Bright, C.; Baeza-Breinbauer, D.; Smit, L.; Tejero Tobed, H.; Bauer, M.; Kara, S.; Alleweldt, F.; McCorquodale, R. (2020): *Study on due diligence requirements through the supply chain – Final report*. Publications Office. DOI: doi/10.2838/39830.

Council of the European Union (2025): *Interim Agreement on Trade between the European Union and the Republic of Chile*.

Deutsches Institut für Menschenrechte; Fair Finance Institute (2022): *Ausgewählte Menschenrechtsindikatoren - im Kontext aktueller EU-Regulierung: Für mehr soziale Nachhaltigkeit in Finanzsystem und Wirtschaft*.

Du, M. (2016): *The Necessity Test in World Trade Law: What Now?* SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY.

Economist Impact (2022): *Global Food Security Index (GFSI)*. In: *Global Food Security Index (GFSI)*. <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index>. (16.10.2025).

European Commission, The World Bank and National Resource Governance Institute (2024): *Worldwide Governance Indicators | Indice profile | JRC Indicators Explorer*. In: *Worldwide Governance Indicators | Indice profile | JRC Indicators Explorer*. <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/indices/wgi/worldwide-governance-indicators>. (16.10.2025).

European Commission (2021): Communication from the Commission Criteria for the analysis of the compatibility with the internal market of State aid to promote the execution of important projects of common European interest 2021/C 528/02. In: 2021/C 528/02.

European Commission (2024): Voluntary schemes. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/voluntary-schemes_en. (13.08.2025).

European Parliament (2021): A WTO-Compatible EU Carbon Border Adjustment Mechanism.

European Parliament and Council of the European Union (2023): Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001 as regards accelerating the deployment of renewable energy.

European Parliament and Council of the European Union (2024): Directive (EU) 2024/1760 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on corporate sustainability due diligence and amending Directive (EU) 2019/1937 and Regulation (EU) 2023/2859. In: Directive (EU) 2024/1760. S. 1–15.

European Union (2025): Directive (EU) 2025/794 of the European Parliament and of the Council of 14 April 2025 amending Directives (EU) 2022/2464 and (EU) 2024/1760 as regards the dates from which Member States are to apply certain corporate sustainability reporting and due diligence requirements.

Fekete, H.; Outlaw, I.; Kumar, C. H. (2023): The role of green hydrogen in a just, Paris-compatible transition. NewClimate Institute. https://newclimate.org/sites/default/files/2023-11/The%20role%20of%20green%20hydrogen%20in%20a%20just%2C%20Paris-compatible%20transition_nov2023.pdf (16.10.2025).

Franke, K.; Garcia, J. F.; Kleinschmitt, C.; Sensfuß, F. (2024): Assessing worldwide future potentials of renewable electricity generation: Installable capacity, full load hours and costs. In: Renewable Energy. Vol. 226, S. 120376. DOI: 10.1016/j.renene.2024.120376.

Fraunhofer IEE und Universität Kassel (2023): Global PtX Atlas 1.3. <https://maps.iese.fraunhofer.de/ptx-atlas/>. (03.05.2024).

Friedrich-Ebert-Stiftung e.V. (2024): Menschenrechte und globale Lieferketten. <https://www.fes.de/themenportal-die-welt-gerecht-gestalten/weltwirtschaft-und-unternehmensverantwortung/menschenrechte-und-globale-lieferketten>. (16.10.2025).

Geschäftsstelle Deutsches Global Compact Netzwerk (DGCN) (2014): LEITPRINZIPIEN FÜR WIRTSCHAFT UND MENSCHENRECHTE. Geschäftsstelle Deutsches Global Compact Netzwerk (DGCN), Berlin. <https://www.auswaertiges-amt.de/resource/blob/266624/b51c16faf1b3424d7efa060e8aaa8130/un-leitprinzipien-de-data.pdf> (16.10.2025).

Global Energy Monitor (2024): Global Iron and Steel Tracker. In: Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-iron-and-steel-tracker/>. (16.10.2025).

H2 Global Website (2025): The H2Global mechanism. <https://www.h2-global.org/the-h2global-instrument>. (16.06.2025).

Hank, C.; Holst, M.; Thelen, C.; Kost, C.; Längle, S.; Schaadt, A.; Smolinka, T. (2023): Power-to-X Country Analyses - Site-specific, comparative analysis for suitable Power-to-X pathways and products in developing and emerging countries - A cost analysis study on behalf of H2Global. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg im Breisgau. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-H2Global-Study-Power-to-X-Country%20Analysis.pdf>.

Herdegen, M. (2020): International Economic Law. In: Max Planck Encyclopedia of International Law [MPIL].

Herre, B.; Arriagada, P. (2024): Human Rights. In: Our World in Data. <https://ourworldindata.org/human-rights>. (16.10.2025).

HINT.CO GmbH (2025a): Draft Hydrogen Purchase Agreement. Verfügbar auf Anfrage. Siehe: <https://hintco.eu/hpa-auctions/>. (01.03.2025).

HINT.CO GmbH (2025b): H2Global, Tender 2. In: Tender 2. <https://www.hintco.eu/tender-2>. (16.06.2025).

IEA (2024): Countries & Regions. In: IEA. <https://www.iea.org/countries>. (16.10.2025).

International Finance Corporation (2012): Performance Standard 1: Assessment and Management of Environmental and Social Risks and Impacts. World Bank Group.

International Monetary Fund (2024): Central Government Debt. In: IMF Datamapper. https://www.imf.org/external/datamapper/CG_DEBT_GDP@GDD. (16.10.2025).

Jensterle, M.; Narita, J.; Piria, R.; Schröder, J.; Steinbacher, K.; Wahabzada, F.; Zeller, T.; Crone, K.; Löchle, S. (2020): Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenziale für Deutschland - Kurzanalyse zu ausgewählten Aspekten potenzieller Nicht-EU Partnerländer. adelphi consult GmbH, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Navigant, A Guidehouse Company.

https://adelphi.de/system/files/mediathek/bilder/Gr%C3%BCner%20Wasserstoff_Internationale%20Kooperationspotenziale%20f%C3%BCr%20Deutschland_finale%20Version.pdf (16.10.2025).

Klingen, J.; Ersoy, S. R.; Leuthold, A.; Schojan, F.; Terrapon-Pfaff, J. C.; Wehnert, T. (2024): Politische Instrumente zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit von Wasserstoffimporten. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH.

Kohfahl, C.; Massmann, G.; Pekdeger, A. (2011): 1.9 Fossiles und neues Grundwasser als Teil des Gesamtwassers. In: Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?. No. 3.

Krebs, D.; Benz, E.; Umweltbundesamt (2024): Internationale Abkommen in der EU-Lieferkettenrichtlinie. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/170_2024_texte_0.pdf.

Leonard, A.; Ahsan, A.; Charbonnier, F.; Hirmer, S. (2022): The resource curse in renewable energy: A framework for risk assessment. In: Energy Strategy Reviews. Vol. 41, S. 100841. DOI: 10.1016/j.esr.2022.100841.

Levy-Carciente, D. S.; Montanari, L. (2023): INTERNATIONAL PROPERTY RIGHTS INDEX 2023. https://atr-ipri.s3.amazonaws.com/ipri23_fullreport.pdf.

Marx, A.; Wouters, J. (2014): Competition and Cooperation in the Market of Voluntary Sustainability Standards. SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY. DOI: 10.2139/ssrn.2431191.

Mauger, R. (2025): Governance for a Sustainable Hydrogen Economy: Lessons from Bioenergy in the EU. Research Institute for Sustainability.

Meadows, D. (1999): Leverage Points. Places to Intervene in a System. In: Sustainability Institute.

Mendler, F.; Fragoso Garcia, J.; Kleinschmitt, C.; Voglstätter, C. (2024): Global optimization of capacity ratios between electrolyser and renewable electricity source to minimize levelized cost of green hydrogen. In: International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 82, S. 986–993. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.07.320.

Monteiro, J.-A. (2021): Trade and Environmental Sustainability: Recent Initiatives and Stakeholder Engagement. World Trade Organization. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd202110_e.htm.

Moon, G. (2015): GATT Article XX and Human Rights: What Do We Know from the First Twenty Years? SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY.

Müller-Hoff, C.; Brot für die Welt; ECCHR; Misereor (2021): Human rights fitness of the auditing and certification industry? A cross-sectoral analysis of current challenges and possible responses. European Center for Constitutional and Human Rights e.V.

https://www.ecchr.eu/fileadmin/Publikationen/ECCHR_BfdW_MIS_AUDITS_EN.pdf (16.08.2025).

Outlaw, Imogen; Hareesh Kumar, Chetna; Fekete, Hanna (2025): Nachhaltigkeit von Wasserstoff im H2Global-Mechanismus. NewClimate Institute. <https://newclimate.org/resources/publications/nachhaltigkeit-von-wasserstoff-im-h2global-mechanismus>.

Partzsch, L. (2011): The legitimacy of biofuel certification. In: Agriculture and Human Values. Vol. 28, No. 3, S. 413–425. DOI: 10.1007/s10460-009-9235-4.

Perdana, S.; Vielle, M. (2022): Making the EU Carbon Border Adjustment Mechanism acceptable and climate friendly for least developed countries. In: Energy Policy. Vol. 170, S. 113245. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.113245.

Pickel, S.; Pickel, G. (2012): Die Messung von Indizes in der Vergleichenden Politikwissenschaft – methodologische Spitzfindigkeit oder substantielle Notwendigkeit. In: Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft. Vol. 6, No. 1, S. 1–17. DOI: 10.1007/s12286-012-0131-8.

Piria, R.; Heinemann, C.; Mendelevitch, R.; Krieger, S.; Jensterle, M.; Saskia Lengning; Commissioned by German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (2023): EU requirements for renewable hydrogen and its derivatives. PtX Hub, Berlin. <https://ptx-hub.org/publication/policy-brief-on-eu-requirements-for-renewable-hydrogen-and-its-derivatives/> (13.08.2025).

Pretty, J. N.; Guijt, I.; Scoones, I.; Thompson, J. (1995): Participatory Learning and Action: A Trainer's Guide. International Institute for Environment and Development (IIED).

Prindex (2024): Explore Prindex land rights data on 140 countries. <https://prindex.net/data/>. (16.10.2025).

Richter, R. (2023): Die „public morals exception“ im WTO-Recht: Entwicklung in der Rechtsprechung und dogmatische Analyse. Beiträge zum Transnationalen Wirtschaftsrecht Institut für Wirtschaftsrecht, Forschungsstelle für Transnationales Wirtschaftsrecht, Juristische und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale).

Rudloff, B. (2025): The EU between unilateral sustainability approaches and bilateral trade agreements: Paths to better partnerships. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP). DOI: 10.18449/2025S02.

Santarius, T.; Dalkmann, H.; Steigenberger, M.; Vogelpohl, K. (2004): Balancing trade and environment : an ecological reform of the WTO as a challenge in sustainable global governance. Wuppertal papers Working Paper, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal. S. 61. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-18728>.

Schubert, K. (1991): Instrumente. In: K. Schubert: Politikfeldanalyse: Eine Einführung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. S. 172–183. DOI: 10.1007/978-3-322-85147-5_14.

Seiwert, M.; Heißler, J.; Reimann, A. (2024): Volkswagen: Ein Konzern vor der Wahl zwischen E-Autos und Menschenrechten. In: WirtschaftsWoche.

Stanev, E. V.; Peneva, E.; Chtirkova, B. (2019): Climate Change and Regional Ocean Water Mass Disappearance: Case of the Black Sea. In: Journal of Geophysical Research: Oceans. Vol. 124, No. 7, S. 4803–4819. DOI: 10.1029/2019JC015076.

Stockholm International Water Institute (2021): Human rights, water resources, and governance for a healthy and sustainable environment. In: SIWI-Blog.

The Roundtable on Sustainable Biomaterials (2022): RSB and CertifHy form Impact Alliance to accelerate the development of a sustainable hydrogen economy. In: *RSB*. <https://rsb.org/2022/11/30/rsb-and-certify-form-impact-alliance-to-accelerate-the-development-of-a-sustainable-hydrogen-economy/>. (13.08.2025).

Transparency International (Hrsg.) (2024): Corruption Perceptions Index 2023. Transparency International, Berlin.

Umweltbundesamt (2023): Technische Kohlenstoffsenken. In: Umweltbundesamt Website. Text, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/technische-kohlenstoffsenken>. (15.08.2025).

UN International Law Commission Study Group on Fragmentation of International Law (2006): Fragmentation of international law : difficulties arising from the diversification and expansion of international law. Report of the Study Group of the International Law Commission 58th Session of the ILC. <https://digitallibrary.un.org/record/579504> (22.06.2024).

United Nations Development Programme (2022): Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping Our Future in a Transforming World. Human Development Report United Nations Publications, Bloomfield.

United Nations Development Programme (2023): GLOBAL KNOWLEDGE INDEX 2023. https://knowledge4all.com/admin/2023/Methodology/GKI2023_Methodology_EN.pdf (16.10.2025).

United Nations Statistics Division (2024): UNdata. <https://data.un.org/default.aspx>. (16.10.2025).

Van Asselt, H. (2017): The Environmental Goods Agreement: A New Frontier or an Old Stumbling Block in Environmental Trade Negotiations? In: Review of European, Comparative & International Environmental Law. Vol. 26, No. 2, S. 129–140. DOI: 10.1111/reel.12208.

Villagrasa, D. (2022): Green hydrogen: Key success criteria for sustainable trade & production - A SYNTHESIS BASED ON CONSULTATIONS IN AFRICA & LATIN AMERICA. Brot für die Welt und Heinrich-Böll-Stiftung. <https://www.boell.de/sites/default/files/2022-11/green-hydrogen.pdf> (16.10.2025).

Voigt, C. (2009): Origins And Development Of The Concept Of Sustainable Development In International Law. In: Sustainable Development as a Principle of International Law. Brill Nijhoff, Leiden. S. 11–33.

WHO und UNICEF (2024): Joint monitoring programme WHO and UNICEF. In: Downloads index | JMP. <https://washdata.org/data/downloads>. (16.10.2025).

World Bank Group (2023a): Access to electricity (% of population). In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>. (16.10.2025).

World Bank Group (2023b): People using at least basic sanitation services (% of population). In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.BASS.ZS>. (16.10.2025).

World Bank Group (2024a): Institutional Quality - DataBank - Worldwide Governance Indicators. <https://databank.worldbank.org/Institutional-Quality/id/98e680fc>.

World Bank Group (2024b): Gini index. In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI>. (16.10.2025).

World Bank Group (2024c): Worldwide Governance Indicators. In: World Bank. Text/HTML, <https://www.worldbank.org/en/publication/worldwide-governance-indicators>. (16.10.2025).

World Bank Group (2024d): Government expenditure on education, total (% of GDP). In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>. (16.10.2025).

World Bank Group (2024e): Research and development expenditure (% of GDP). In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>. (16.10.2025).

World Bank Group (2024f): Chemicals (% of value added in manufacturing). In: World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.MNF.CHEM.ZS.UN>. (16.10.2025).

World Energy Council (2022): World Energy Trilemma Index 2022. World Energy Council. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World_Energy_Trilemma_Index_2022.pdf?v=1707998024.

World Inequality Database (2024): World Inequality Database. <https://wid.world/data/>. (16.10.2025).

World Population Review (2025): Gender Equality by Country 2025. In: World Population Review. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/gender-equality-by-country>. (16.10.2025).

World Resources Institute (2024): Baseline Water Stress. In: Aqueduct Country Ranking. <https://www.wri.org/applications/aqueduct/country-rankings/>. (16.10.2025).

World Trade Organisation (1994): Agreement Establishing the World Trade Organization (Marrakesh Agreement).

World Trade Organization (1995): Committee on Trade and Environment.

World Trade Organization (2025a): The Doha Round.

World Trade Organization (2025b): Environmental Goods Agreement (EGA).

World Trade Organization (WTO) (1947): General Agreement on Tariffs and Trade (GATT 1947). In: *GATT 1947*.

WTO Appellate Body (1998): United States – Import Prohibition of Certain Shrimp and Shrimp Products (US – Shrimp).

Wuppertal Institut (2023): Wasserstoffimporte: Potenziale, Strategien und Anforderungen für den europäischen Markt. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/8531/file/8531_Wasserstoffimporte.pdf.

WWF (2024a): WWF Water Risk Filter - Country Profiles. In: WWF Risk Filter Suite. <https://riskfilter.org/water/explore/countryprofiles>. (16.10.2025).

WWF (2024b): WWF Biodiversity Risk Filter - Country Profiles. In: WWF Risk Filter Suite. <https://riskfilter.org/biodiversity/explore/country-profiles>. (16.10.2025).

A Kriterienkatalog und Ländermatrix

Der Kriterienkatalog und die Einordnung aller betrachteten Länder in den Kriterien (Ländermatrix) steht als Datenanhang zum Download zur Verfügung:
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/laendermatrix>.

B In der Textsuche verwendeten Begriffe

Tabelle 50: Liste der in der Textsuche verwendeten Begriffe

Kriterium	Verwendete Suchbegriffe
Soziales	
Bevölkerungsdichte	Bevölkerung, Einwohner
Bildungssystem	Bildung, Schule
Teilnahme am Unterricht	Unterricht, Schule
Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten	Bildung, Beruf
Landrechte / Besitzrechte	Landrecht, Eigentum, Besitz
Gesundheitssystem	Gesundheit, Versorgung, Medizin
Zugang zu Elektrizität	Elektrizität, Zugang, Strom
Energiegerechtigkeit	Energiegerechtigkeit, Zugang
Ernährungssicherheit	Ernährung, Nahrung, Versorgung
Sanitäre Einrichtungen	Sanitär, Abwasser, Hygiene
Trinkwasser	Wasser, Trinkwasser, Wasserzugang
Gini-Koeffizient / Vermögensungleichheit	Ungleichheit, Einkommen, Verteilung
Governance	
Korruption	Korruption, Bestechung
Achtung der Menschenrechte	Menschenrechte, Diskriminierung
Gendergerechtigkeit	Geschlecht, Gleichstellung, Gender
Mitsprache und Rechenschaftspflicht	Beteiligung, Transparenz, Rechenschaft
Politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt	Stabilität, Gewalt
Wirksamkeit der Regierung	Regierung, Verwaltung
Regulatorische Qualität	Regulierung, Governance
Rechtsstaatlichkeit	Recht, Justiz
Korruptionskontrolle	Kontrolle, Korruption
Wirtschaft	
Wasserstoffstrategie	Wasserstoffstrategie
Leistung zur Minderung des Klimawandels	Klima, Emission, Reduktion
Energiesicherheit	Energieversorgung, Sicherheit
Bruttoinlandsprodukt	Bruttoinlandsprodukt
Import von Waren	Import, Handel
Export von Waren	Export, Handel

Kriterium	Verwendete Suchbegriffe
Staatliche Verschuldung	Schulden, Staatshaushalt
Investitionen in das Bildungssystem	Bildung, Investition, Förderung
Umwelt	
Wasserstress	Wasser, Knappheit, Ressourcen
Wasserqualität	Wasserqualität, Verschmutzung
Leistung zum Biodiversitätsschutz	Biodiversität, Artenvielfalt, Naturschutz
Biodiversitätsrisiko	Biodiversität, Artenvielfalt, Naturschutz
Nachhaltigkeit des Energiesystems	Nachhaltigkeit, Energiesystem, Umwelt
Technisches	
Finanzierung von Forschung und Entwicklung	Forschung, Entwicklung
PV-Potential	Photovoltaik, Solar, PV
Windenergiepotential	Wind
Summe an erneuerbarem Energieproduktionspotential	Erneuerbare, Energie
Direktreduktionsanlagen (Stahl/Eisen)	Stahl, Eisen, Direktreduktion
Chemieindustrie	Chemie, Industrie
Anteil erneuerbarer Energien am Elektrizitätsmix	Erneuerbare, Elektrizität
Gasförderung	Gas, Förderung
Plan blauen Wasserstoff zu produzieren	Blauer Wasserstoff

C Für die Matrixdarstellung genutzte Skalen- und Farbeinteilungen einzelner Kriterien

Tabelle 51: Beispielhafte Unterteilung der Skala -2,5 - 2,5

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
1,5	2,5	
0,5	1,49	
-0,5	0,49	
-1,5	-0,51	
-2,5	-1,51	

Tabelle 52: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Gesundheitssystem“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
80,1	86,9	
73,3	80,02	
66,6	73,2	
59,8	66,5	
53	59,7	

Tabelle 53: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Bildungssystem“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
18	21,1	
14,9	17,9	
11,8	14,8	
8,7	11,7	
5,6	8,6	

Tabelle 54: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Vermögensungleichheit“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
46,0	54	
54,0	62,01	
62,0	70,0	
70,0	78,0	
78,0	86,0	

Tabelle 55: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Teilnahme am Unterricht“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
11,7	14,3	
9,1	11,6	
6,5	9	
3,9	6,4	
1,3	3,8	

Tabelle 56: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum der Governance Indikatoren von -2,5 bis 2,5

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
1,5	2,5	
0,5	1,49	
-0,5	0,49	
-1,5	-0,51	
-2,5	-1,51	

Tabelle 57: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Verschuldung“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
2,1	44,4	
44,5	86,8	
86,9	129,3	
129,4	171,7	
171,8	214,3	

Tabelle 58: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Investitionen in das Bildungssystem“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
11,4	14,2	
8,6	11,3	
5,8	8,5	
3,0	5,7	
0,2	2,9	

Tabelle 59: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum der Kriterien „Wasserqualität“ und „Biodiversitätsrisiko“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
4,2	5	
3,4	4,1	
2,6	3,3	
1,8	2,5	
1,0	1,7	

Tabelle 60: Individuelles Bewertungssystem basierend auf Minimum und Maximum des Kriteriums „Finanzierung von Forschung und Entwicklung“

Untere Grenze	Obere Grenze	Farbskala
4,5	5,56	
3,3	4,35	
2,2	3,2	
1,1	2,1	
0,0	1,0	