



MITTELSTAND
GLOBAL
MARKTERSCHLIESSUNGS-
PROGRAMM FÜR KMU

Grüner Wasserstoff in Indien



Handout zum Zielmarktwebinar
Markterkundungsreise 09.-13.12.2024

Durchführer

IMPRESSUM

Herausgeber

DERBERIS GmbH
Heinrich-Zille-Str. 2
01219 Dresden
www.dreberis.com

Text und Redaktion

DERBERIS GmbH
Heinrich-Zille-Str. 2
01219 Dresden
www.dreberis.com

Stand

01.11.2024

Gestaltung und Produktion

Katharina Herrmann
Oksana Kharyshyn
Natalia Węgrzyn
Christian Leupold

Bildnachweis

CC0 Public Domain/Pixabay

Mit der Durchführung dieses Projekts im Rahmen des Bundesförderprogramms Mittelstand Global/ Markterschließungsprogramm beauftragt:



Das Markterschließungsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen ist ein Förderprogramm des:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz**



**MITTELSTAND
GLOBAL**
MARKTERSCHLIESSUNGS-
PROGRAMM FÜR KMU

Die Studie wurde im Rahmen des Markterschließungsprogramms für das Projekt Markterkundungsreise für deutsche Anbieter von Technologien und Anlagen zur Integration von grünem Wasserstoff in Industrieanlagen inkl. Speicher- und Transportlösungen nach Indien erstellt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.

Die Zielmarktanalyse steht der Germany Trade & Invest GmbH sowie geeigneten Dritten zur unentgeltlichen Verwertung zur Verfügung. Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Inhalt

1	Abstract	2
2	Wirtschaftsdaten kompakt	3
3	Grüner Wasserstoff in Indien	10
3.1	Die aktuelle Energie- und Wasserstoffwirtschaft in Indien	10
3.2	Marktsegmente, künftige Entwicklung in den relevanten Segmenten und Marktchancen für deutsche Unternehmen in Indien.....	13
3.2.1	Herstellung von grünem Wasserstoff	13
3.2.2	Einsatz von grünem Wasserstoff in energieintensiven Industrien	15
3.2.3	Wasserstoffspeicherung und -transport	19
3.2.4	Weitere Marktsegmente für grünen Wasserstoff in Indien	20
3.3	Aktuelle Vorhaben und Entwicklungen	22
3.4	Informationen zur Wettbewerbssituation	25
3.5	Darstellung der Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der Wasserstoffwirtschaft in Indien	29
4	Kontaktadressen	31
	Literaturverzeichnis	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anstieg des Primärenergieverbrauches in Indien von 2000 bis 2023, in Exajoule	10
Abbildung 2:	Energiemix in Indien basierend auf der installierten Kapazität 2024	10
Abbildung 3:	Struktur der CO ₂ -Emissionen nach verursachenden Sektoren im Jahr 2018 in Indien.....	11
Abbildung 4:	Übersicht der Top 5 indischen Bundes-staaten mit Kapazitäten für den Ausbau erneuerbarer Energien 2024	11
Abbildung 5:	Anstieg des Wasserstoffbedarfes in der APAC-Region bis 2050 (in Mio. Tonnen).....	12
Abbildung 6:	Entwicklung der Kostenreduzierung für Alkalische Elektrolyseure und PEM-Elektrolyseure bis 2050 (in USD/kW).....	14
Abbildung 7:	Überblick der Einsatzmöglichkeiten von grünem Wasserstoff	16
Abbildung 8:	Weltweiter Wasserstoffverbrauch nach Industriesektoren (in Mio. Tonnen)	16
Abbildung 9:	Übersicht der möglichen Methoden zur Speicherung und zum Transport von (grünem) Wasserstoff	19
Abbildung 10:	Überblick der angestrebten Ergebnisse der National Green Hydrogen Mission	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufgliederung der Investitionssummen der National Green Hydrogen Mission nach Investitionsbereichen und Maßnahmen (2023, in EUR).....	22
Tabelle 2:	Übersicht ausgewählter privatwirtschaftlicher Investitionen und Projekte im Bereich Grüner Wasserstoff in Indien	23
Tabelle 3:	Ausgewählte Internationale Wettbewerber der Wasserstoffwirtschaft (alphabetische Reihenfolge).....	26
Tabelle 4:	Ausgewählte nationale Wettbewerber der Wasserstoffwirtschaft in Indien (alphabetische Reihenfolge)	27

1 Abstract

Im Bereich der Energiewende gibt es seit Jahren eine enge Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Indien. Im Mai 2022 wurde durch das Bundesentwicklungsministerium (BMZ) eine „Partnerschaft für erneuerbare Energien“ auf den Weg gebracht und Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck unterzeichnete eine gemeinsame Absichtserklärung für deutsch-indische Wasserstoffkooperation.¹ Der Fokus der Zusammenarbeit liegt im Ausbau von erneuerbaren Energien, insb. der Solarenergie, sowie der Schaffung von „grünen Energiekorridoren“. Im Oktober 2024 wurde zudem die „Indo-German Green Hydrogen Roadmap“ beschlossen, welche den weiteren Ausbau der deutsch-indischen Kooperation im Bereich grüner Wasserstoff forciert.²

„Deutschland unterstützt Indien dabei, seine Energieversorgung technisch und wirtschaftlich effizient sowie sozial und ökologisch nachhaltig zu gestalten.“³

Die aktuellen Entwicklungen rund um „grünen Wasserstoff“ in Indien müssen dabei im Kontext der ambitionierten Wirtschaftsentwicklung, Bestrebungen zur Energiesicherheit sowie grünen Transformationen der Industrie gesehen werden. Das übergeordnete Ziel ist die Erreichung einer unabhängigen und sicheren Energieversorgung gemeinsam mit Klimaneutralität bis 2070. Indiens Vorstoß in Richtung einer kohlenstoffarmen Wirtschaft hängt dabei stark von einem schnellen Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien im Stromnetz sowie der Elektrifizierung beim Endverbraucher ab.

Es zeigt sich jedoch, dass einige für die Industrialisierung und Modernisierung des Landes entscheidende Materialien wie Stahl, Ammoniak, Zement und Kunststoff nicht substituierbar sind und in ihrer Herstellung nicht allein durch Elektrizität dekarbonisiert werden können. Um eine wirklich kohlenstoffarme Wirtschaft zu erreichen, ist grüner Wasserstoff unabdingbar.⁴

Im Januar 2023 veröffentlichte die indische Regierung die *National Green Hydrogen Mission*, welche vorsieht, dass Indien sich zum weltweiten Vorreiter für die Herstellung, den Einsatz und Transport von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten entwickelt. Mittels öffentlicher und privater Investitionen entwickelt sich derzeit im Rahmen einer Vielzahl von Projekten ein aussichtsreiches Wirtschaftsumfeld für grünen Wasserstoff in Indien.⁵

Die Chancen für deutsche Unternehmen auf dem indischen Markt lassen sich in die folgenden Bereich kategorisieren:

- Technologien und Lösungen zur Herstellung von grünem Wasserstoff, inkl. kosteneffizienter Elektrolyseure,
- Technologien und Anlagen für die Integration von Wasserstoff in schwer-dekarbonisierbaren Industriesektoren wie der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie,
- Auf- und Ausbau der notwendigen Infrastruktur für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff, sowie
- Technologien und innovative Lösungen für den Einsatz von grünem Wasserstoff beim Endverbraucher, u.a. im Energie- und Wärmesektor sowie im Transportwesen.

Die nachfolgende kompakte Marktstudie legt einen Schwerpunkt in der Identifizierung von Marktchancen für deutsche Unternehmen. Es werden zudem zukünftige Trends und Entwicklungen, öffentliche Investitionen und Programme, Referenzprojekte sowie die Wettbewerbssituation auf dem Markt analysiert.

Zusammengefasst bietet die indische Wasserstoffindustrie zukünftig großes Potenzial für die gemeinsame Entwicklung und den Einsatz von Technologien und Lösungen deutscher KMU. Dabei steht die Bewertung des Marktpotenziales unter der Annahme, dass die Herstellung von grünem Wasserstoff in den kommenden Jahren kostengünstiger wird und grüner Wasserstoff in den Endverbrauchssektoren stärker akzeptiert ist. Herausforderungen sind dabei die derzeit begrenzten Speichermöglichkeiten und hohen Transportkosten für Wasserstoff, womit sich die Marktentwicklung zunächst auf die Identifizierung der industriellen Nachfragesektoren konzentriert, welche insb. durch die lokale Erzeugung von Wasserstoff direkt in lokalen Industrieanlagen bedient werden kann.

¹ (BMWK, 2022)

² (IGEF, 2024)

³ (BMZ, 2024)

⁴ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁵ (MNRE, 2023)

2 Wirtschaftsdaten kompakt⁶

WIRTSCHAFTSDATEN KOMPAKT		GTAI GERMANY TRADE & INVEST
Indien		
Mai 2024		
Basisdaten		
Fläche (km ²)		3.287.260
Einwohner (Mio.)		2023: 1.428,6; 2028: 1.491,7*
Bevölkerungswachstum (%)		2023: 0,9; 2028: 0,8*
Bevölkerungsdichte (Einwohner/km ²)		2023: 480,5
Fertilitätsrate (Geburten/Frau)		2023: 2,0
Geburtenrate (Geburten/1.000 Einwohner)		2023: 16,1
Altersstruktur		2023: 0-14 Jahre: 24,9%; 15-24 Jahre: 17,8%; 25-64 Jahre: 50,2%; 65 Jahre und darüber: 7,1%
Analphabetenquote (%)		2018: 25,6
Geschäftssprachen		Englisch, Hindi
Rohstoffe	agrарisch	Zuckerrohr, Reis, Weizen, Milch, Kartoffeln, Gemüse, Früchte, Mais
	mineralisch	Kohle, Antimon, Eisenerz, Blei, Mangan, Glimmerschiefer, Bauxit, Seltene Erden, Titanerz, Chromit, Diamanten, Kalkstein
Gas - Produktion (Mrd. cbm)		2020: 23,8; 2021: 28,5; 2022: 29,8
Gas - Reserven (Billionen cbm)		2020: 1,3
Erdöl - Produktion (Tsd. bpd)		2020: 794,3; 2021: 766,0; 2022: 737,2
Erdöl - Reserven (Mrd. Barrel)		2020: 4,5
Währung	Bezeichnung	Indische Rupie (iR.); 1 iR. = 100 Paise
	Kurs (März 2024)	1 Euro = 90,2 iR.; 1 US\$ = 83,4 iR.
	Jahresdurchschnitt	2023: 1 Euro = 89,5 iR.; 1 US\$ = 82,6 iR. 2022: 1 Euro = 82,9 iR.; 1 US\$ = 78,7 iR. 2021: 1 Euro = 87,3 iR.; 1 US\$ = 73,9 iR.
Wirtschaftslage		
Bruttoinlandsprodukt (BIP, nominal)		
- Billionen iR.		2023: 295,8; 2024: 326,9*; 2025: 362,5*
- Mrd. US\$		2023: 3.572; 2024: 3.937*; 2025: 4.340*
BIP/Kopf (nominal)		
- iR.		2023: 207.029*; 2024: 226.766*; 2025: 249.174*
- US\$		2023: 2.500*; 2024: 2.731*; 2025: 2.984*

* vorläufige Angabe, Schätzung bzw. Prognose

-1-

© Germany Trade & Invest 2024 - Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

⁶ (Germany Trade and Invest, 2024)

BIP-Entstehung (Anteil an nominaler Bruttowertschöpfung in %)

2022: Bergbau/Industrie 20,1; Land-/Forst-/Fischereiwirtschaft 18,4; Handel/Gaststätten/Hotels 9,1; Transport/Logistik/ Kommunikation 8,9; Bau 8,2; Sonstige 35,3

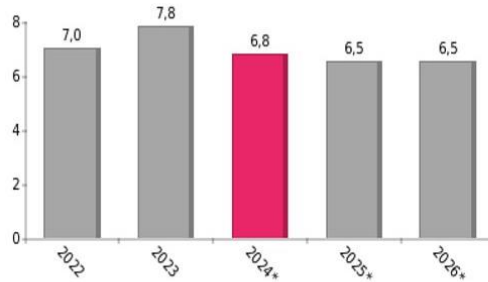
BIP-Verwendung (Anteil an BIP in %)

2022: Privatverbrauch 60,6; Bruttoanlageinvestitionen 30,4; Staatsverbrauch 10,3; Bestandsveränderungen 0,7; Außenbeitrag -3,7

Wirtschaftswachstum

Bruttoinlandsprodukt

Veränderung in %, real



Wirtschaftswachstum nach Sektoren (% real)

2022: Transport/Logistik/Kommunikation 15,3; Handel/Gaststätten/Hotels 12,8; Bau 10,0; Land-/Forst-/Fischereiwirtschaft 4,0; Bergbau/Industrie 2,4

Inflationsrate (%)

2023: 5,4; 2024: 4,6*; 2025: 4,2*

Durchschnittslohn (US\$, brutto, Monatslohn, Jahresdurchschnitt)

2023: 240

Haushaltssaldo (% des BIP)

2023: -8,6*; 2024: -7,8*; 2025: -7,6*

Leistungsbilanzsaldo (% des BIP)

2023: -1,2; 2024: -1,4*; 2025: -1,6*

Investitionen (% des BIP, brutto, öffentlich und privat)

2023: 33,0; 2024: 33,3*; 2025: 33,2*

Ausgaben für F&E (% des BIP)

2018: 0,7; 2019: 0,7; 2020: 0,6

Staatsverschuldung (% des BIP, brutto)

2023: 82,7*; 2024: 82,5*; 2025: 81,8*

Ausländische Direktinvestitionen

- Nettotransfer (Mio. US\$)

2020: 64.072; 2021: 44.763; 2022: 49.355

- Bestand (Mio. US\$)

2020: 480.127; 2021: 514.112; 2022: 510.719

- Hauptländer (Anteil in %, Bruttozufluss)

Zwischen April 2000 und Dez. 2023: Mauritius 26; Singapur 23; USA 9; Niederlande 7; Japan 6; Vereinigtes Königreich 5; VAE 3

- Hauptbranchen (Anteil in %, Bruttozufluss)

Zwischen April 2000 und Dez. 2023: div. Dienstleistungen (Finanzdienstl., Versicherungen, Kurierdienste etc.) 16; Computersoft- und Hardware 15; Bau 9; Handel 6; Telekommunikation 6; Automobilindustrie 5; Pharma 3; Chemie 3; alternative Energien 3

Währungsreserven (Mrd. US\$, zum 31.12.)

2021: 569,9; 2022: 498,0; 2023: 551,2

* vorläufige Angabe, Schätzung bzw. Prognose

-2-

Auslandsverschuldung (Mrd. US\$, zum 31.12.) 2020: 565,0; 2021: 612,0; 2022: 616,9

Außenhandel

Warenhandel (Mrd. US\$, Veränderung zum Vorjahr in %, Abweichungen durch Rundungen)

	2020	%	2021	%	2022	%
Einfuhr	368,0	-23,2	570,4	55,0	732,6	28,4
Ausfuhr	275,5	-14,8	394,8	43,3	452,7	14,7
Saldo	-92,5		-175,6		-279,9	

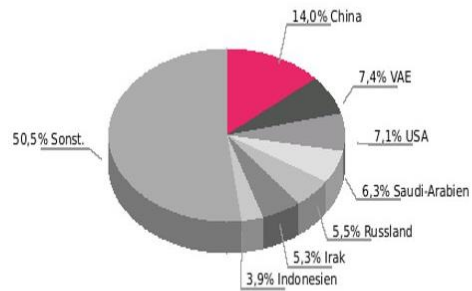
Außenhandelsquote (Ex- + Importe/BIP in %) 2020: 24,1; 2021: 30,5; 2022: 35,3

Exportquote (Exporte/BIP in %) 2020: 10,3; 2021: 12,5; 2022: 13,5

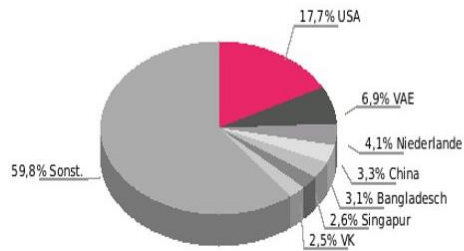
Einfuhrgüter nach SITC (% der Gesamteinfuhr) 2022: Erdöl 23,7; Chem. Erzeugnisse 13,2; Elektronik 8,3; Kohle 6,9; Maschinen 5,7; Rohstoffe (ohne Brennstoffe) 5,0; Gold 5,0; Baustoffe/Glas/Keramik 4,9; Gas 4,4; natürliche Öle, Fette, Wachse 2,9; Sonstige 20,0

Ausfuhrgüter nach SITC (% der Gesamtausfuhr) 2022: Petrochemie 20,9; Chem. Erzeugnisse 14,5; Nahrungsmittel 9,9; Textilien/Bekleidung 8,2; Baustoffe/Glas/Keramik 7,1; Maschinen 6,8; Kfz und -Teile 4,4; Eisen und Stahl 4,1; Elektronik 3,1; Rohstoffe (ohne Brennstoffe) 2,5; Sonstige 18,5

Hauptlieferländer **Hauptlieferländer**
2022; Anteil in %



Hauptabnehmerländer **Hauptabnehmerländer**
2022; Anteil in %



* vorläufige Angabe, Schätzung bzw. Prognose

Dienstleistungshandel (Mrd. US\$,
Veränderung zum Vorjahr in %,
Abweichungen durch Rundungen)

	2021	%	2022	%	2023*	%
Ausgaben	196,0	27,4	249,4	27,3	248,4	-0,4
Einnahmen	240,7	18,3	309,4	28,6	344,5	11,4
Saldo	44,7		60,0		96,1	

WTO-Mitgliedschaft

Ja, seit 01.01.1995

Freihandelsabkommen

In Verhandlungen über ein Abkommen mit der EU; Indien-EFTA Freihandelsabkommen (TEPA), unterzeichnet am 10.03.2024; ASEAN-India Free Trade Agreement; South Asian Free Trade Agreement (SAFTA); Asia Pacific Trade Agreement (APTA); Global System of Trade Preferences among Developing Countries (GSTP); zu bilateralen Abkommen siehe www.wto.org -> Trade Topics, Regional Trade Agreements, RTA Database, By country/territory

Mitgliedschaft in Zollunion

Nein

Beziehung der EU zu Indien

Warenhandel EU-27 (Mrd. Euro,
Veränderung zum Vorjahr in %,
Abweichungen durch Rundungen)

	2021	%	2022	%	2023	%
Einfuhr der EU	46,2	40,1	67,7	46,6	65,1	-3,9
Ausfuhr der EU	41,8	30,1	47,4	13,5	48,4	1,9
Saldo	-4,4		-20,3		-16,7	

Dienstleistungshandel EU-27 (Mrd.
Euro, Veränderung zum Vorjahr in %,
Abweichungen durch Rundungen)

	2020	%	2021	%	2022	%
Ausgaben der EU	18,1	-0,5	21,3	17,7	26,9	26,3
Einnahmen der EU	14,0	-10,9	19,8	40,8	23,9	20,9
Saldo	-4,1		-1,5		-3,0	

Einseitige EU-Zollpräferenzen

Zollpräferenzen für bestimmte Waren, Verordnung (EU) Nr. 978/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25.10.2012 über ein Schema allgemeiner Zollpräferenzen; weitere Informationen unter <https://wup.zoll.de>

Beziehung Deutschlands zu Indien

Warenhandel (Mrd. Euro, Veränderung
zum Vorjahr in %, Abweichungen durch
Rundungen)

	2021	%	2022	%	2023*	%
dt. Einf.	10,9	22,1	15,1	38,6	14,2	-6,2
dt. Ausf.	12,4	16,6	14,9	19,7	16,5	10,8
Saldo	1,5		-0,2		2,3	

Deutsche Einfuhrgüter nach SITC
(% der Gesamteinfuhr)

2023*: Chem. Erzeugnisse 20,7; Textilien/Bekleidung 14,1; Maschinen 12,3; Petrochemie 5,4; Elektrotechnik 5,1; Elektronik 4,3; Nahrungsmittel 3,9; Metallwaren 3,9; Kfz und -Teile 3,6; Schuhe 3,5; Sonstige 23,2

* vorläufige Angabe, Schätzung bzw. Prognose

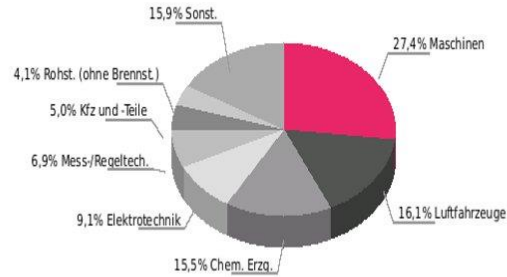
-4-

© Germany Trade & Invest 2024 - Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Deutsche Ausfuhrgüter

Deutsche Ausfuhrgüter nach SITC

2023*; % der Gesamtausfuhr



Rangstelle bei deutschen Einfuhren

2023: 23 von 239 Handelspartnern*

Rangstelle bei deutschen Ausfuhren

2023: 22 von 239 Handelspartnern*

Dienstleistungshandel (ohne Reiseverkehr) (Mrd. Euro, Veränderung zum Vorjahr in %, Abweichungen durch Rundungen)

	2021	%	2022	%	2023	%
Ausgaben	5,1	11,4	6,8	32,5	7,9	16,5
Einnahmen	4,0	44,6	5,5	35,0	4,8	-12,3
Saldo	-1,1		-1,3		-3,1	

Deutsche Direktinvestitionen (Mio. Euro)

- Bestand

2020: 19.237; 2021: 21.369; 2022: 23.869

- Nettotransfer

2021: +1.557; 2022: +1.675; 2023: +2.519*

Direktinvestitionen Indiens in Deutschland (Mio. Euro)

- Bestand

2020: 518; 2021: 474; 2022: 501

- Nettotransfer

2021: +133; 2022: +82; 2023: +184*

Doppelbesteuerungsabkommen

Abkommen vom 19.06.1995; in Kraft seit 19.12.1996

Investitionsschutzabkommen

Außer Kraft seit 01.06.2017

Bilaterale öffentliche Entwicklungszusammenarbeit (Mio. Euro)

2020: 579,1; 2021: 570,6; 2022: 444,6

- Technische Zusammenarbeit (Mio. Euro)

2020: 31,5; 2021: 33,7; 2022: 29,5

Anzahl wichtiger vom Bund geförderter Auslandsmessen

2024: 15

Weitere Informationen unter:

www.auma.de/de/ausstellen/messen-finden --> Erweiterte Suche

Auslandshandelskammer

Verbindungsbüro Düsseldorf, duesseldorf@indo-german.com;
Büros in Indien: Mumbai, Delhi, Kolkata, Chennai, Bengaluru, Pune, <https://indien.ahk.de>

Deutsche Auslandsvertretung

New Delhi, <https://india.diplo.de/in-de>

Auslandsvertretung Indiens in Deutschland

Berlin, <https://indianembassyberlin.gov.in/>

* vorläufige Angabe, Schätzung bzw. Prognose

Klimaindikatoren

Treibhausgasemissionen (tCO ₂ eq. pro Kopf)	2010: 2,1; 2020: 2,3
Treibhausgasemissionen (Anteil weltweit in %)	2010: 5,7; 2020: 6,7
Emissionsintensität (tCO ₂ eq. pro Mio. US\$ BIP)	2010: 1.540,5; 2020: 1.187,2
Erneuerbare Energien (Anteil am Primärenergieangebot in %)	2010: 24,6; 2020: 25,4
Emissionsstärkste Sektoren (2020, nur national, Anteil in %)	Elektrizität/Wärme: 35,1; Landwirtschaft: 23,2; Verarbeitende Industrie/Bau: 15,9

Infrastruktur

Straßennetz (km, befestigt)	2023: 6,3 Mio.
Schiennetz (km, alle Spurbreiten)	2022: 68.103
Mobiltelefonanschlüsse	2022: 806 pro 1.000 Einwohner
Internetnutzer	2021: 463 pro 1.000 Einwohner
Stromverbrauch/Kopf (kWh)	2021: 956

Einschätzung des Geschäftsumfeldes

Hermes Länderkategorie	3 (0 = niedrigste Risikokategorie, 7 = höchste)
Corruption Perceptions Index 2023	Rang 93 von 180 Ländern
Sustainable Development Goals Index 2023	Rang 112 von 193 Ländern

Weitere Informationen zu Wirtschaftslage, Branchen, Geschäftspraxis, Recht, Zoll, Ausschreibungen und Entwicklungsprojekten können Sie unter www.gtai.de/indien abrufen.

Für die Reihe Wirtschaftsdaten kompakt werden die folgenden Standardquellen verwendet: ADB, AUMA, BMF, BMWK, BMZ, BP, Bundesbank, CIA, Climatewatch, Destatis, Euler Hermes, Europäische Kommission, Eurostat, FAO, IEA, IWF, OECD, SDSN, United Nations, UN Comtrade, UNCTAD, UN-Stats, Transparency International, Weltbank. Zum Teil wird zudem auf nationale und weitere internationale Quellen zurückgegriffen.

Quellen: *Germany Trade & Invest* bemüht sich, in allen Datenblättern einheitliche Quellen zu nutzen, so dass die Daten für unterschiedliche Länder möglichst vergleichbar sind. Die **kursiv gedruckten Daten** stammen aus nationalen Quellen oder sind für das jeweilige Land in unserer Standardquelle nicht verfügbar. Dies ist bei einem Vergleich dieser Daten mit den Angaben in Datenblättern zu anderen Ländern zu berücksichtigen.

Germany Trade & Invest ist die Wirtschaftsförderungsgesellschaft der Bundesrepublik Deutschland. Die Gesellschaft sichert und schafft Arbeitsplätze und stärkt damit den Wirtschaftsstandort Deutschland. Mit über 50 Standorten weltweit und dem Partnernetzwerk unterstützt *Germany Trade & Invest* deutsche Unternehmen bei ihrem Weg ins Ausland, wirbt für den Standort Deutschland und begleitet ausländische Unternehmen bei der Ansiedlung in Deutschland.

Ihre Ansprechpartnerin
bei Germany Trade & Invest:

Mareen Haring
T +49 (0)30 200 099-129
mareen.haring@gtai.de

**Germany Trade & Invest
Standort Bonn**

Villemombler Straße 76
53123 Bonn
Deutschland
T +49 (0)228 249 93-0
trade@gtai.de
www.gtai.de

**Germany Trade & Invest
Hauptsitz**

Friedrichstraße 60
10117 Berlin
Deutschland
T +49 (0)30 200 099-0
invest@gtai.com
www.gtai.com

GTAI-Informationen zu Indien	Link
Wirtschaftsausblick: Indiens Wirtschaft bleibt in guter Verfassung	Wirtschaftsausblick von GTAI
Wirtschaftsumfeld Indien: Perspektiven für ausländische Direktinvestitionen	Link zur Wirtschaftsumfeld
Verhandlungspraxis kompakt: Kulturelle Hintergründe und Regeln für den Geschäftskontakt in Indien	Link zu Verhandlungspraxis kompakt
Branche kompakt: Förderprogramm für grünen Wasserstoff läuft an	Link zur Branche kompakt
Länderspezifische Basisinformationen zu relevanten Rechtsthemen in Indien	Link zu Recht kompakt
Zoll und Einfuhr kompakt: Überblick rund um die Wareneinfuhr in Indien	Link zu Zoll und Einfuhr kompakt

3 Grüner Wasserstoff in Indien

3.1 Die aktuelle Energie- und Wasserstoffwirtschaft in Indien

Energiewirtschaft

Als die am schnellsten wachsende Volkswirtschaft der Welt steht Indien vor der Herausforderung, den steigenden Energiebedarf von Unternehmen und privaten Haushalten zu decken.⁷ Im globalen Vergleich steht Indien beim Primärenergieverbrauch auf Platz 3 hinter China und den USA und verbraucht ca. 6 Prozent der weltweiten Primärenergie.⁸ In der Zeit von 2012 bis 2022 stieg der Energieverbrauch Indiens jährlich um etwa 3,8 Prozent und auch für die kommenden Jahre wird ein jährlicher Anstieg um 3 Prozent erwartet (vgl. Abbildung 1).

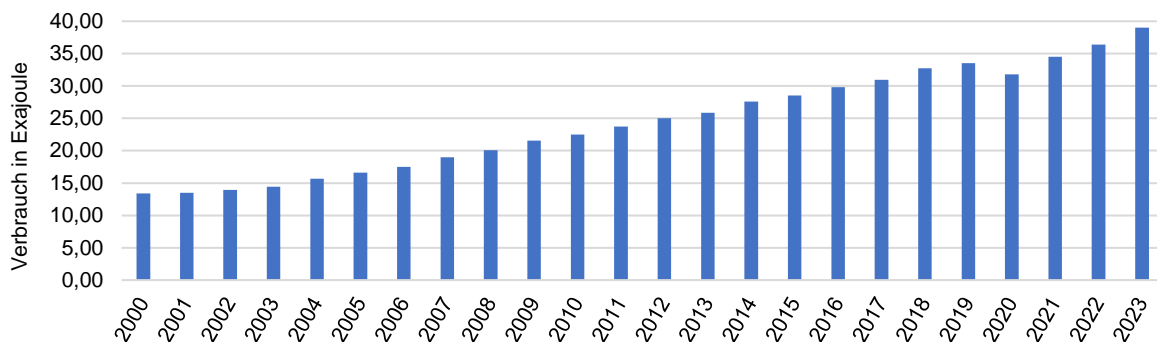


Abbildung 1: Anstieg des Primärenergieverbrauches in Indien von 2000 bis 2023, in Exajoule

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Jaganmohan, 2024c)

Der Energiebedarf in Indien hat sich in den letzten 20 Jahren verdoppelt und wird laut Prognosen weiter zunehmen. Um diesen Bedarf zu decken, importiert Indien über 40 Prozent seines Primärenergiebedarfs aus dem Ausland, was jährlich mehr als ca. 82,8 Mrd. EUR an Kosten verursacht. Die Importe basieren dabei überwiegend auf fossilen Brennstoffen.⁹

Der **Anteil erneuerbarer Energien im indischen Energiemix** verzeichnet in den vergangenen zehn Jahren ein stetiges Wachstum, insb. im Bereich Solarenergie. Die installierte Kapazität hat sich von ca. 6,76 GW im Zeitraum 2015-2016 auf insgesamt 81,81 GW im Zeitraum 2023-2024 verzehnfacht – Tendenz steigend. Dennoch basiert der derzeitige Energiemix überwiegend auf Kohle (48,08 Prozent). Abbildung 2 bietet einen Überblick über den Energiemix basierend auf der installierten Kapazität zum Zeitpunkt 30. September 2024.¹⁰

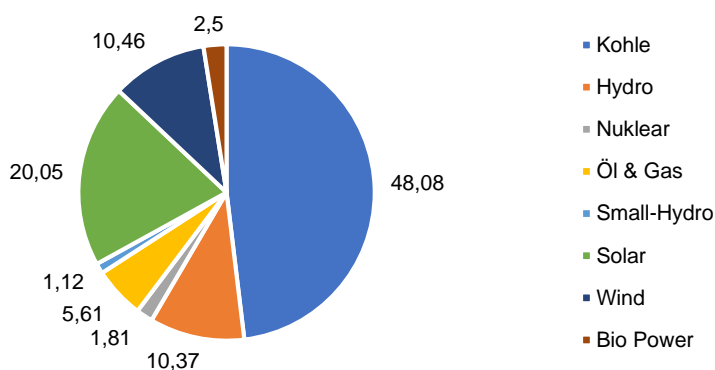


Abbildung 2: Energiemix in Indien basierend auf der installierten Kapazität 2024

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (NITI Aayog, 2024)

⁷ (IMF, 2024)

⁸ (Jaganmohan, Energy sector in India - statistics and facts, 2024a)

⁹ (Alex, 2023b)

¹⁰ (NITI Aayog, 2024)

Der hohe Anteil fossiler Brennstoffe im Energiemix Indiens spiegelt sich in den **CO₂-Emissionen** des Landes wider. Im Jahr 2022 lag Indien mit einem Anteil von ca. 7,62 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen auf Platz drei hinter China (30,68 Prozent) und den USA (13,61 Prozent). Zum Vergleich: Deutschland lag auf Platz 8 mit einem Anteil von ca. 1,79 Prozent des globalen CO₂-Ausstoß.¹¹

Dennoch ist der CO₂-Ausstoß pro Kopf in Indien wesentlich niedriger als in Deutschland – 1,9 t CO₂/Kopf und Jahr verglichen mit 8,1 t CO₂/Kopf und Jahr. Die Strom- und Wärmeerzeugung verursacht mit knapp 36 Prozent dabei den größten Anteil der CO₂-Emissionen in Indien, dicht gefolgt von der Landwirtschaft und der Industrie mit jeweils 21,3 Prozent (vgl. Abb. 3). Entsprechend kann das größte Potenzial für geringere Emissionen und Klimaschutz in diesen Sektoren und dem Ausbau der Kapazitäten und Nutzung erneuerbarer Energien verordnet werden.¹²

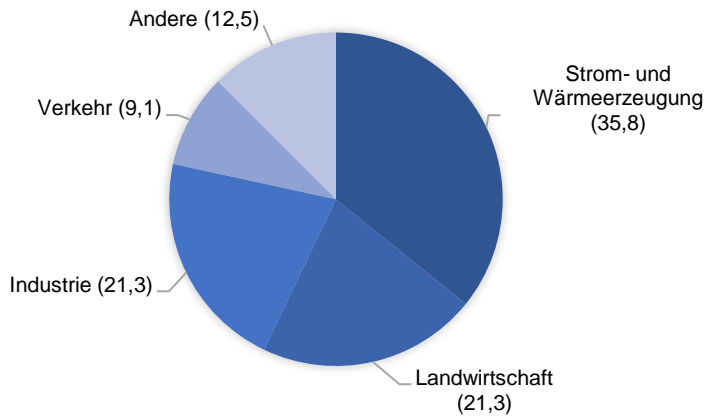


Abbildung 3: Struktur der CO₂-Emissionen nach verursachenden Sektoren im Jahr 2018 in Indien

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Alex, 2023a)

Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung zeigt sich in der Einschätzung des Intergovernmental Panel on Climate Change, das Indien als eines der am stärksten vom **Klimawandel** bedrohten Länder sieht. Die bereits spürbaren Auswirkungen werden in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Hierzu zählen u.a. Dürreperioden, Überschwemmungen und extreme Temperaturen sowie eine schwieriger vorherzusagende Monsunzeit.¹³

Es werden bereits viele Maßnahmen für die Entwicklung zu einer klimaneutralen Nation ergriffen. Dabei steht auch der Energiesektor im Fokus der indischen Klimapolitik und soll durch den intensiven Ausbau erneuerbarer Energien bis 2070 klimaneutral werden. Im weltweiten Vergleich steht Indien bei der Erzeugung erneuerbarer Energien bereits nach China, den USA und Deutschland auf Rang 4.¹⁴

Der Ausbau erfolgt dabei insbesondere im Süden, Westen und Norden des Landes. Im Bereich Solarenergie stehen die Bundesstaaten Gujarat, Maharashtra und Rajasthan mit den größten in Indien installierten Solarenergiekapazitäten an der Spitze. Diese Bundesstaaten sind ebenfalls unter den Top 5 Regionen hinsichtlich der verfügbaren Kapazitäten für den Ausbau von erneuerbaren Energien (vgl. Abbildung 4, rechts).¹⁵



Copyright © 2024, India's Climate and Energy Dashboard

Abbildung 4: Übersicht der Top 5 indischen Bundesstaaten mit Kapazitäten für den Ausbau erneuerbarer Energien 2024

Quelle: (NITI Aayog, 2024)

Ziel ist neben der Klimapolitik auch, die Abhängigkeit von ausländischen fossilen Brennstoffen und Energieimporten

¹¹ (Statista, 2024a)

¹² (Alex, 2023a)

¹³ (Salas, 2024)

¹⁴ (Fernández, 2024)

¹⁵ (Statista, 2024g)

zu minimieren und sich gegen Energiekrisen abzusichern. Bei der Erreichung der gesetzten Ziele „Klimaneutralität“ und „Energieunabhängigkeit“ nimmt die **Wasserstoffwirtschaft** eine besondere Rolle ein.¹⁶

Wasserstoffwirtschaft

Wasserstoff ist ein Energieträger, der aus verschiedenen Quellen wie Wasser, fossilen Brennstoffen oder Biomasse gewonnen werden kann. Er dient als Energie- oder Brennstoffquelle und hat das Potenzial, als sauberer Energieträger eingesetzt zu werden, insbesondere in seiner „grünen“ Form (nachfolgend grüner Wasserstoff), welcher i. d. R. mittels Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.¹⁷

Die indische Regierung veröffentlichte im August 2023 ihre Definition von grünem Wasserstoff. Gemäß der Festlegung des Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) ist Wasserstoff „grün“, wenn seine „Well-to-Gate“-Emission (d.h. einschließlich Wasseraufbereitung, Elektrolyse, Gasreinigung, Trocknung und Komprimierung von Wasserstoff) nicht mehr als 2 kg CO₂-Äquivalent / kg H₂ aufweist. Dies umfasst sowohl elektrolysebasierte als auch biomassebasierte Wasserstoffherstellungsmethoden.¹⁸ Grüner Wasserstoff unterscheidet sich dahingehend von anderen Wasserstoffkategorien, welche anhand eines Farbleitsystems differenziert werden. Hierzu zählen bspw. blauer, grauer, brauner oder schwarzer Wasserstoff, je nach der zugrundeliegenden Gewinnungsmethode.¹⁹

Angesichts des starken Bedarfs an umweltfreundlicher Energie zur Deckung der Nachfrage aus der Industrie sowie Privathaushalten zeigt sich der indische Markt technologieoffen. Neben dem Ausbau der Solar- und Windkapazität, rückt die Wasserstoffindustrie in den Fokus.²⁰ Der derzeitige jährliche **Wasserstoffbedarf** von 6 Mio. Tonnen wird noch mit sog. grauem Wasserstoff gedeckt, welcher aus fossilen Energieträgern gewonnen wird. In Zukunft sollen bis zu 75 Prozent des Wasserstoffbedarfes mit grünem Wasserstoff gedeckt werden, welcher überwiegend mittels Solar- und Windenergie gewonnen wird.²¹

Abbildung 5 zeigt den Anstieg des prognostizierten Wasserstoffbedarfes Indiens im Vergleich zu anderen Ländern der Region Asien-Pazifik (APAC-Region). China wird den Prognosen zufolge in der asiatisch-pazifischen Region am meisten Wasserstoff für seinen industriellen Einsatz benötigen. Der indische Bedarf wird sich dieser Prognose zufolge zwischen 2030 und 2050 mehr als vervierfachen und liegt mit ca. 63 Mio. Tonnen deutlich über dem prognostizierten Wasserstoffbedarf anderer Länder der APAC-Region.²²

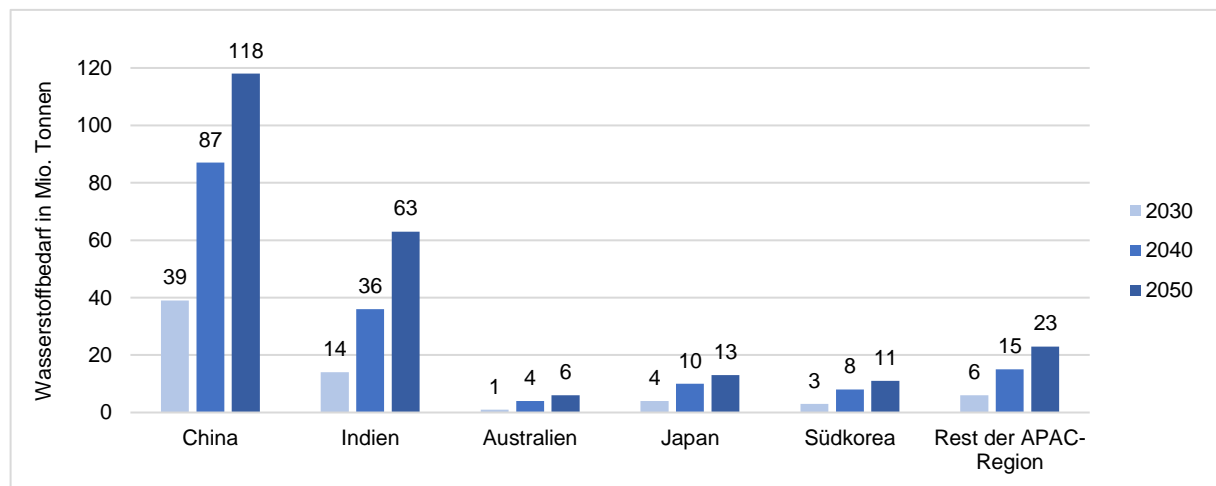


Abbildung 5: Anstieg des Wasserstoffbedarfes in der APAC-Region bis 2050 (in Mio. Tonnen)

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statista, 2024b).

Um die ambitionierten Vorhaben im Bereich Wasserstoff zu konkretisieren, rief die indische Regierung 2023 die sog. **National Green Hydrogen Mission** ins Leben mit Fördermittel in Höhe von rund 2,1 Mrd. Euro, insb. für die Forschung

¹⁶ (MNRE, 2023)

¹⁷ (EAI - U. S. Energy Information Administration, 2023)

¹⁸ (PIB Delhi - Press Information Bureau, 2023)

¹⁹ (FSR, 2024)

²⁰ (Alex, 2023b)

²¹ (Alex, 2021)

²² (Statista, 2024b)

und Entwicklung sowie den Aufbau der Produktionskapazitäten und einer Infrastruktur für grünen Wasserstoff.²³

Bis 2030 könnten die Fördermittel zum Ausbau der grünen Wasserstoffwirtschaft auf bis zu 8 Mrd. USD steigen, um die **inländischen Produktionskapazitäten** um jährlich 5 Mio. Tonnen zu erhöhen. Das gesamte **Investitionspotenzial** für grünen Wasserstoff in Indien wurde auf rund 44 Mrd. USD bis 2030 prognostiziert.²⁴

Durch den Ausbau der eigenen Produktion soll nicht nur der heimische Bedarf künftig gedeckt werden, auch im **Export von Wasserstoff** möchte Indien Vorreiter sein und sich zu einem globalen Hub für grünen Wasserstoff entwickeln.²⁵

Die größten Chancen von grünem Wasserstoff liegen laut dem MNRE insbesondere in den folgenden drei Bereichen:

- **Dekarbonisierung:** grüner Wasserstoff kann fossile Brennstoffe in der Industrie und im Verkehr ersetzen, insbesondere in der Stahl- und Chemieproduktion.
- **Energiequelle:** grüner Wasserstoff dient als zuverlässige Energiequelle für erneuerbare Energieanlagen und kann bspw. in Heizungsanlagen sowie in Mikronetzen zur Stromversorgung entlegener Gebiete eingesetzt werden.
- **Effizienz:** Wasserstoff-Brennstoffzellen haben eine hohe Energiedichte und sind effizienter als herkömmliche Verbrennungsmotoren, was sie als alternative Antriebslösung für Fahrzeuge attraktiv macht.²⁶

Auch wenn die indische Wasserstoffindustrie derzeit noch am Anfang ihrer Entwicklung steht, zeigt sich basierend auf den Prognosen und zunehmenden privatwirtschaftlichen Engagement großes Marktpotenzial und ein attraktives Marktumfeld auch für deutsche Unternehmen. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Marktsegmente und potentielle Marktchancen näher betrachtet.

3.2 Marktsegmente, künftige Entwicklung in den relevanten Segmenten und Marktchancen für deutsche Unternehmen in Indien

Die Einsatzbereiche von grünem Wasserstoff sind vielfältig, wobei aktuelle Entwicklungen verschiedene Schlüsselbereiche aus der Industrie, Energie und Mobilität ins Zentrum stellen. Die größten Wachstumsaussichten zeigen sich in den Bereichen des Einsatzes von grünem Wasserstoff für

- die Stahl- und Ammoniakherstellung,
- die Energie- und Wärmegewinnung in Industrieanlagen,
- den (Güter-)Transport,
- sowie Raffinerien.²⁷

Darüber hinaus ist der Ausbau der zugrundeliegenden Speicher- und Transportinfrastruktur für grünen Wasserstoff ein kritischer Aspekt. Deutsche Unternehmen können mit ihren innovativen Lösungen in Indien besonders durch das Qualitätssiegel „Made in Germany“ überzeugen.²⁸ Im folgenden Kapitel werden die Schwerpunktbereiche, aktuelle Entwicklungen und Marktchancen für deutsche Unternehmen genauer betrachtet.

3.2.1 Herstellung von grünem Wasserstoff

Die Herstellung von Wasserstoff basiert auf der Elektrolyse von Wasser, wobei der hierfür benötigte Strom bei grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien bezogen wird. Dadurch ist grüner Wasserstoff CO₂-frei und eine entsprechend klimafreundliche Energiequelle. Die Effizienz der bislang noch teuren Elektrolyseure liegt derzeit bei ca. 70 Prozent, was bedeutet, dass rund 70 Prozent der für die Wasserstoffherstellung mittels Elektrolyse aufgewendete Energie in Wasserstoff gebunden wird. Durch die weitere Entwicklung ist von einer Kostensenkung sowie Effizienzsteigerung

²³ (MNRE, 2023)

²⁴ (Alex, 2021)

²⁵ (Alex, 2022a) (Alex, 2023b) (Alex, 2023c)

²⁶ (MNRE, 2023)

²⁷ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

²⁸ (GTAI, 2024)

auszugehen.²⁹

Derzeit verbraucht Indien jährlich rund 6 Mio. Tonnen an Wasserstoff, welcher überwiegend aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird („grauer“ Wasserstoff).³⁰ Um den Bedarf zu decken importierte Indien im Jahr 2022 Wasserstoff im Wert von über 617 Mio. EUR und lag damit im weltweiten Vergleich auf Rang 9 der größten Wasserstoff-Importeure.³¹ Indiens Ziel ist es, die Abhängigkeit bei Energieimporten und somit auch bei Wasserstoff zu reduzieren. Ein entsprechender Fokus der National Green Hydrogen Mission ist der Ausbau der inländischen Produktionskapazitäten.

Grundlage für die Herstellung von grünem Wasserstoff ist Strom aus erneuerbaren Energien, für welche das Land große Ausbaupotenziale besonders in der Solarenergie aufweist. Entsprechend verfolgt die indische Regierung ehrgeizige Ziele beim **Ausbau von erneuerbaren Energien** und möchte so die Kapazitäten für Solarenergie bis 2030 auf 280 GW und für Windenergie auf 140 GW ausbauen.³²

Um die steigende Wasserstoffnachfrage zu bedienen wird zudem ein Bedarf an Elektrolyseur-Kapazitäten von 20 GW bis 2030 und 226 GW bis 2050 prognostiziert. Ziel ist es, bereits bis 2028 die weltweit größte Elektrolyse-Kapazität für grünen Wasserstoff aufzubauen und nicht nur den indischen Markt sondern perspektivisch auch den Weltmarkt mit erschwinglichen Elektrolyseuren und Energie zu versorgen.

Das entsprechende **Marktvolumen für Elektrolyseure** in Indien könnte bis 2030 etwa 4,6 Mrd. EUR und bis 2050 rund 28,5 Mrd. EUR betragen, was auf ein starkes Wachstumspotenzial hinweist. Die zwei kommerziell verfügbaren Arten von Elektrolyseuren sind derzeit Alkalische Elektrolyseure und Polymerelektrolytmembran-Elektrolyseure (PEM-Elektrolyseure). Ein besonderer Fokus der aktuellen Entwicklung ist die Steigerung der Effizienz von Elektrolyseuren sowie die Reduzierung der Kosten. Abbildung 6 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Kosten für Elektrolyseure, welche bis 2050 eine mögliche Halbierung erfahren könnten.³³

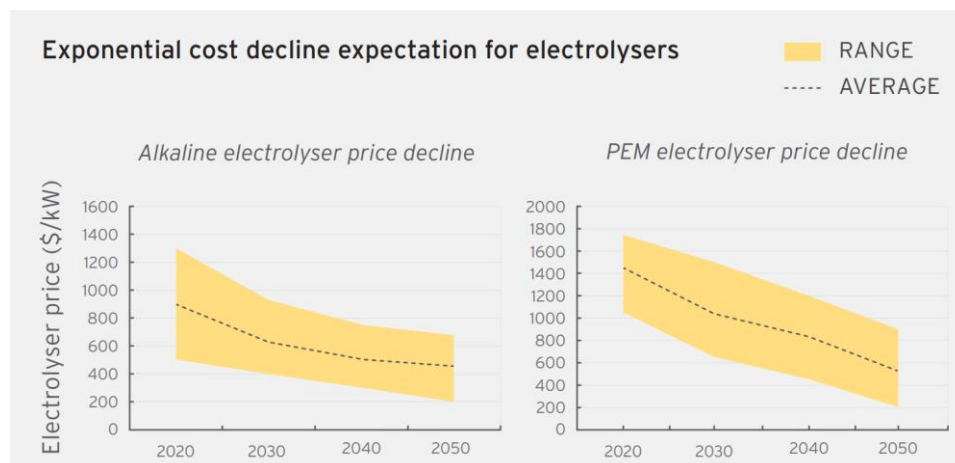


Abbildung 6: Entwicklung der Kostenreduzierung für Alkalische Elektrolyseure und PEM-Elektrolyseure bis 2050 (in USD/kW)

Quelle: (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022, S. 24)

Basierend auf der Reduzierung der Kosten für Elektrolyseure reduzieren sich ebenfalls die Kosten für grünen Wasserstoff, welche sich aus den Kosten für den notwendigen Strom aus erneuerbaren Energien, den Kosten für die Elektrolyse sowie den Kosten für Transport und Speicherung zusammensetzen.³⁴ Ziel ist es, die **Herstellungskosten von grünem Wasserstoff** in Indien von derzeit rund 4,25 - 4,5 EUR je kg Wasserstoff auf ca. 1 EUR/kg in 2050 zu reduzieren. Damit liegen die prognostizierten Herstellungskosten weit unter den Kosten in Deutschland, welche derzeit zwischen 4,75 – 5 EUR/kg liegen und sich bis 2050 lediglich auf 2 – 2,5 EUR/kg reduzieren sollen. Grundlage hierfür sind u.a. die geringeren Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien in Indien.³⁵

Zusammengefasst eröffnet der steigende Bedarf an grünem Wasserstoff hinsichtlich der Wasserstoffproduktion folgende

²⁹ (BMBF, 2024)

³⁰ (MNRE, 2023)

³¹ (Statista, 2024f)

³² (Alex, 2023b)

³³ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

³⁴ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

³⁵ (Statista, 2024e)

Marktchancen in Indien:






- Technologien und Anlagen für den Kapazitätsausbau für erneuerbare Energien, insb. in der Solarenergie,
- Kollaboration in der Forschung und Entwicklung von Elektrolyseuren mit Fokus auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung,
- Export von Elektrolyseuren sowie Planung und Realisierung von Anlagen zur Wasserstoffherstellung bspw. in Industrieanlagen oder Wasserstoff-Hubs,
- Zusammenarbeit und Aufbau in der lokalen Herstellung von Elektrolyseuren sowie Zulieferung von Komponenten.

Da die indische Energiepolitik und ebenso die Wasserstoffwirtschaft unter dem Motto „Make in India“ steht, wird insbesondere die Förderung der heimischen Produktion, auch von Elektrolyseuren, angestrebt.³⁶ Demzufolge müssen ausländische Anbieter von Lösungen im Bereich der Wasserstoffproduktion und Elektrolyse ggf. mit Markteintrittsbarrieren und einer Bevorzugung lokaler Hersteller rechnen.

3.2.2 Einsatz von grünem Wasserstoff in energieintensiven Industrien

Der wichtigste Anwendungsbereich von grünem Wasserstoff ist die Industrie. Neben der Möglichkeit, chemische Prozesse klimafreundlicher zu machen und bspw. in der Stahlindustrie Kohle zu ersetzen, kann Wasserstoff „in Industrien genutzt werden, die so viel Hitze brauchen, dass elektrische Alternativen zu teuer oder unmöglich sind.“³⁷

Abbildung 7 bietet einen kurzen Überblick der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von grünem Wasserstoff:

Kraftstoff	Wärme	Ausgangsstoff
Strom 	Industrie 	Chemieindustrie 
Wasserstoff ermöglicht in der Stromerzeugung und -bereitstellung Flexibilität, saisonale Speicherung und Netzausgleich		
Kraftstoff im Transport 		
Nutzung von Wasserstoff im Transport (Schifffahrt, Straßen- und Schienenverkehr sowie Flugverkehr) Einsatz von Wasserstoff mittels Brennstoffzellen, die einen Elektromotor mit Wasserstoff antreiben oder sog. wasserstoff-basierte e-Fuels / synthetischer Kraftstoffe (bspw. grüner Kerosin oder Schiffsdiesel)	Nutzung von Wasserstoff zur Wärmegewinnung (Verbrennung) oder direkt in Industrieprozessen in der Stahl-, Papier-, Zement-, Aluminium- und Lebensmittelindustrie	Nutzung von Wasserstoff als chemischer Rohstoff für die Herstellung von Ammoniak (Verwendung in der Düngemittelindustrie), Methan und Methanol
Power-to-X 		

³⁶ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

³⁷ (BMBF, 2024)

Power-to-X Technologien: Umwandlung von Wasserstoff unter Zugabe von Kohlenstoff in Brenngas (Power-to-Gas) oder synthetischen, flüssigen Kraftstoff (Power-to-Liquid)		
--	--	--

Abbildung 7: Überblick der Einsatzmöglichkeiten von grünem Wasserstoff

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022), (BMZ, 2024), (BMBF, 2024)

Global betrachtet wird der Großteil des Wasserstoffs eingesetzt in Raffinerien, der Ammoniak-Produktion, für die Wärmeerzeugung sowie die Methanol-Produktion. Der Einsatz von Wasserstoff im Transportsektor liegt dabei bislang mit einem Verbrauch von 0,01 Mio. Tonnen lediglich auf Rang 6 der Einsatzgebiete und spielt eine entsprechend untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 8).³⁸

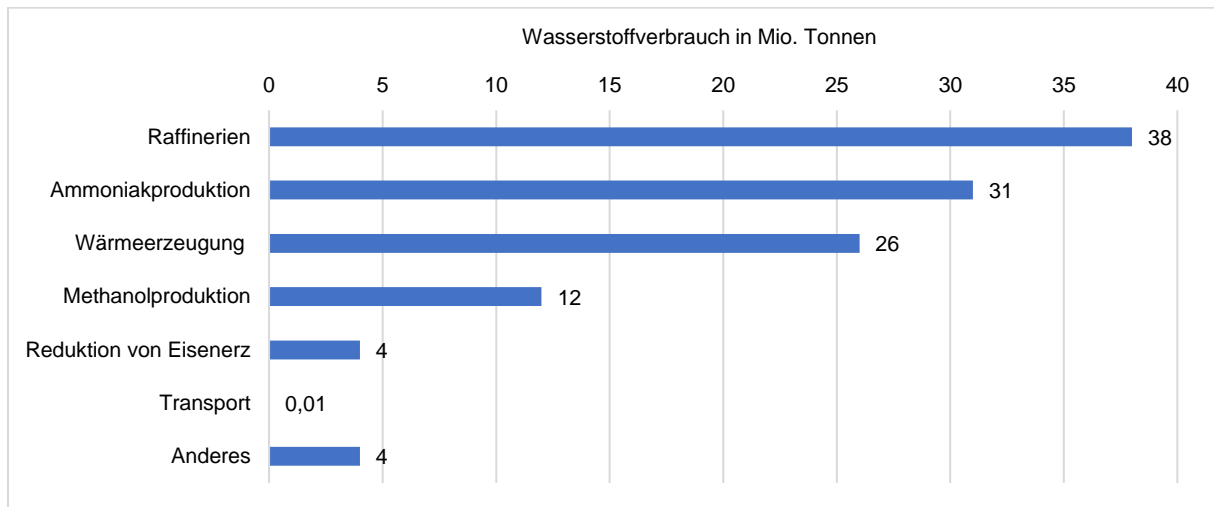


Abbildung 8: Weltweiter Wasserstoffverbrauch nach Industriesektoren (in Mio. Tonnen)

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statista, 2024d)

Bei Betrachtung des indischen Marktes wird ersichtlich, dass der steigende Energieverbrauch zu einem großen Teil auf die Industrie zurückzuführen ist. Zu den energieintensivsten Industriesektoren gehören dabei

- die Eisen- und Stahlindustrie,
- die Chemieindustrie mit den Bereichen Petrochemie, Düngemittel- und Kunststoffproduktion sowie
- Erdölraffinerien.³⁹

Angesichts der gesetzten Klimaziele wächst der Druck zur grünen Transformation der Industrie. Dies zeigt sich in der zunehmenden Nachfrage nach Lösungen zur Dekarbonisierung energieintensiver Sektoren, wo grüner Wasserstoff großes Potenzial aufweist.

Stahlindustrie

Die Stahlproduktion Indiens zählt zu den größten weltweit und angesichts der robusten Konjunktur Indiens sowie der hohen Investitionen in den Infrastrukturausbau verzeichnet die Stahlindustrie ein weiteres Wachstum.⁴⁰ Die Branche erholte sich nach der COVID-19 Pandemie schnell und die Kapazitäten der Stahlproduktion sollen bis zum Jahr 2031 von aktuell 142 Mio. Tonnen pro Jahr auf 300 Mio. Tonnen pro Jahr rapide ansteigen. Im globalen Vergleich liegt Indien dabei hinter China auf Rang 2 der **weltweit wichtigsten Stahlproduzenten**.⁴¹

Die Stahlindustrie ist für ca. **10 bis 12 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen Indiens** verantwortlich. Um die

³⁸ (Statista, 2024d)

³⁹ (MNRE, 2023) (Wenke, 2024)

⁴⁰ (Wenke, 2023a)

⁴¹ (Wenke, 2022)

Klimaziele einzuhalten ist entsprechend eine Dekarbonisierung dieser Industrie notwendig.⁴² Der Großteil der CO₂-Emissionen entsteht dabei im Verarbeitungsprozess von Roheisen aus Eisenerz und der anschließenden Weiterverarbeitung zu Rohstahl. Um die CO₂-Emissionen zu reduzieren, bietet sich das Direktreduktionsverfahren durch Wasserstoff an. Der Einsatz von grünem Wasserstoff reduziert nicht nur den Energieverbrauch, sondern senkt auch die CO₂-Emissionen der Produktion um bis zu 95 Prozent.⁴³

Da die Kosten für grünen Wasserstoff derzeit noch sehr hoch sind, werden die indischen Stahlproduzenten diesen zunächst nur schrittweise in ihre Produktionsprozesse integrieren. Mit Verbesserung der Kostenstruktur für grünen Wasserstoff wird ab der kommenden Dekade ein Wachstumspotenzial für grünen Stahl prognostiziert.⁴⁴ Ziel ist es:

- die indischen Stahlproduzenten mittel- und langfristig in den globalen Markt für umweltfreundlichen Stahl zu integrieren und
- die weltweit größte Produktion von grünem Stahl mit schätzungsweise 15 bis 20 Mio. Tonnen bis 2030 zu schaffen.

Bislang wird nur ein geringer Anteil von ca. 0,3 Mio. Tonnen des in Indien verbrauchten Wasserstoffes (gesamt ca. 6 Mio. Tonnen) für die Stahlindustrie verwendet. Bis 2050 soll sich der Anteil der Stahlindustrie an der gesamten Wasserstoffnachfrage auf bis zu 25 Prozent steigern. Dabei ist auch vorgesehen, dass die Regierung konkrete Anreize und Abnahmeverpflichtungen für Unternehmen der Stahlindustrie benennen wird.⁴⁵ Im September 2024 veröffentlichte das Ministerium für Stahl in Indien zudem einen Aktionsplan für die grüne Transformation des Stahlsektors.⁴⁶

Derzeit gibt es bereits erste Pilotprojekte zur Herstellung von grünem Stahl in Indien. Beispielsweise kooperiert der größte private indische Stahlproduzent JSW Group mit dem australischen Unternehmen Fortescue Future Industries, um im Produktionsprozess statt Kohlenstoff grünen Wasserstoff einzusetzen.⁴⁷

Die National Green Hydrogen Mission sieht für die Stahlindustrie die folgenden Entwicklungsphasen vor:

- **Phase 1 (Jahre 2022/23 bis 2025/26):** Schaffung der Grundlagen für die zukünftige Energiewandlung basierend auf Forschungs- und Entwicklungsimpulsen sowie Durchführung von Pilotprojekten für den grünen Wandel in der Stahlproduktion.
- **Phase 2 (Jahre 2026/27 bis 2028/29):** Erwartete Reduzierung der Kosten für grünen Wasserstoff hin zur Wettbewerbsfähigkeit mit denen für fossile Brennstoffe und geplante Aufnahme von Projekten zur Integration von grünem Wasserstoff in der Stahlindustrie im kommerziellen Maßstab.⁴⁸

Das zukünftige Potenzial für den Einsatz von grünem Wasserstoff in der indischen Stahlindustrie ist entsprechend sehr groß. Die Bedeutung der indischen Stahlindustrie gemeinsam mit den Bestrebungen zur Klimaneutralität erfordern die zukünftige Integration von Wasserstoff in den Produktionsprozessen, um den Energiebedarf sowie die hohen CO₂-Emissionen zu reduzieren. Entsprechend bieten sich **Marktchancen für deutsche Unternehmen**, die wettbewerbsfähige Technologien und Lösungen für den Einsatz von grünem Wasserstoff in der Stahlindustrie anbieten bzw. gemeinsam mit indischen Partnern entwickeln könnten.

Chemieindustrie und Raffinerien

Ein weiterer Industriebereich, welcher großes Potenzial für den Einsatz von grünem Wasserstoff aufweist und in der National Green Hydrogen Mission Indiens eine wichtige Rolle einnimmt, ist die Chemieindustrie. Wasserstoff ist ein grundsätzliches Ausgangsprodukt bspw. für die Herstellung von Ammoniak und Methanol. Diese beiden Chemikalien sind die Grundlage für die Weiterverarbeitung zu Kunststoffen und Düngemitteln. Bislang wird hierfür überwiegend grauer Wasserstoff genutzt, welcher aus fossilen Energien gewonnen wird und dessen Herstellung große Mengen CO₂ freisetzt. Entsprechend bietet grüner Wasserstoff eine klimafreundlichere Alternative. Im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie sind dabei ebenfalls zukünftige Abnahmevorgaben bspw. für Unternehmen der

⁴² (Ministry of Steel, Government of India, 2024)

⁴³ (DVGW, 2024)

⁴⁴ (MNRE, 2023)

⁴⁵ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁴⁶ (Ministry of Steel, Government of India, 2024)

⁴⁷ (Alex, 2021)

⁴⁸ (MNRE, 2023)

Düngemittelindustrie vorgesehen.⁴⁹

Die **energieintensive Chemiebranche** mit den Teilbereichen der Petrochemie, Kunststoffproduktion sowie Düngemittelherstellung dominieren derzeit die Industrie Indiens. Im weltweiten Vergleich liegt Indien bspw. gleichauf mit Russland und den USA hinsichtlich der jährlichen Ammoniakproduktion in Höhe von rund 14 Mio. Tonnen. Mehr Ammoniak produziert nur China, mit insgesamt rund 43 Mio. Tonnen im Jahr 2023.⁵⁰

Im Rahmen der indischen Wasserstoffstrategie ist vorgesehen, dass das Land bis 2030 die weltweit größten Kapazitäten für die Produktion und den Export von **grünem Ammoniak** aufbauen soll. Hierfür wird grüner Wasserstoff, CO₂-frei gewonnen aus erneuerbaren Energien, als Ausgangsstoff in der Ammoniakherstellung eingesetzt.⁵¹ Ende 2023 waren bereits Produktionskapazitäten von jährlich bis zu 5,8 Mio. Tonnen grünem Ammoniak in Planung und Bau.⁵²

Die fehlenden, notwendigen Technologien für die kosteneffiziente Herstellung und Nutzung von grünem Wasserstoff in den Industrieanlagen hindern bislang auch in der Chemieindustrie den weitreichenden Einsatz. Unternehmen aus der indischen Chemieindustrie stellen dabei zukünftige Verbraucher von enormen Mengen grünen Wasserstoffs dar. Bereits heute entfallen rund 50 Prozent des gesamten Wasserstoffverbrauches Indiens auf die Bereiche Düngemittelproduktion und Petrochemie.⁵³

Auch Prozesse in **Raffinerien** bieten Einsatzpotenziale für grünen Wasserstoff. So kann bspw.:

- bei der Rohölveredelung grüner Wasserstoff, statt grauem, genutzt werden, um CO₂-Emissionen zu reduzieren, sowie
- mit einer Umstellung einiger Produktionsprozesse die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen (wie grünem Kerosin oder grünem Schiffsdiesel) mittels grünem Wasserstoff in Raffinerien erfolgen.⁵⁴

Einige der größten **Öl- und Gaskonzerne** in Indien planen zudem einen Einstieg in die Produktion von grünem Wasserstoff. Beispiele hierfür sind der staatliche Gaskonzern GAIL sowie die Indian Oil Corporation. Häufig sehen die Pläne vor, dass der notwendige Strom für die Wasserstoffproduktion aus nahgelegenen Wind- oder Solarparks kommen soll, welche bspw. von der Indian Oil Corporation derzeit im Bundesstaat Gujarat aufgebaut werden.⁵⁵

Marktchancen und Kooperationspotenzial bietet sich entsprechend für deutsche Unternehmen, welche die notwendigen Technologien und Lösungen sowie wettbewerbsfähige Produktionstechnik für die Integration von grünem Wasserstoff in Chemieindustrieanlagen anbieten.⁵⁶

Zementindustrie

Indien ist nach China der zweitgrößte Zementhersteller der Welt. Im Jahr 2023 betrug die indische Zementproduktion rund 410 Mio. Tonnen; zum Vergleich: China führte die weltweite Zementproduktion mit ca. 2.100 Mio. Tonnen an.⁵⁷

Auch wenn der Pro-Kopf-Konsum von Zement in Indien mit rund 300 Kilogramm unter dem weltweiten Durchschnitt von 550 Kilogramm liegt, bietet der Markt langfristige Wachstumspotenziale. Angetrieben wird das Wachstum insb. durch die steigende Nachfrage in der Bauwirtschaft, basierend auf steigenden öffentlichen Investitionen in die Infrastruktur und den Wohnungsbau. Das jährliche Wachstum der Zementindustrie liegt bei ca. 6 Prozent.⁵⁸

Die Möglichkeiten der Reduzierung von CO₂-Emissionen in der Zementindustrie sind mit derzeitigen Technologien und Lösungen begrenzt. Eine Möglichkeit für eine klimafreundlichere Produktion liegt jedoch darin, das abgeschiedene CO₂ bei der sog. Kalzinierung zu speichern oder als Rohstoff nutzbar zu machen. Diese Prozesse nennen sich Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilisation (CCU). Das Kohlendioxid lässt sich bspw. in Power-to-X Verfahren mittels Wasserstoff zu synthetischen Kraftstoffen (vgl. Abbildung 7) oder chemischen Grundstoffen verarbeiten. Entsprechend bietet auch in diesem Bereich grüner Wasserstoff Potenziale für die Reduktion der CO₂-

⁴⁹ (DVGW, 2024)

⁵⁰ (Statista, 2024c)

⁵¹ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁵² (Wenke, 2024)

⁵³ (Alex, 2022a)

⁵⁴ (BMBF, 2022)

⁵⁵ (Alex, 2021)

⁵⁶ (Wenke, 2024)

⁵⁷ (Jaganmohan, 2024b)

⁵⁸ (Alex, Steigende Bauinvestitionen stärken Zementnachfrage, 2022b)

Emissionen und deutsche Unternehmen können ihre Technologien und Lösungen einbringen.⁵⁹

3.2.3 Wasserstoffspeicherung und -transport

Die Speicherung und der Transport von Wasserstoff stellt aktuell noch eine Herausforderung dar. Der Auf- und Ausbau einer sicheren, resilienten, kostengünstigen und umweltschonenden Infrastruktur ist die Grundlage für den flächendeckenden Einsatz und die Umsetzung der ambitionierten Produktions- und Nutzungsziele für grünen Wasserstoff. Dabei geht es einerseits um die Erforschung und Entwicklung von neuen Modellen und Lösungen zur Integration der Wasserstoffinfrastruktur in bestehende Strom- und Gasnetze und andererseits um die Umrüstung von vorhandener Erdgasinfrastruktur. Gebraucht werden hierbei innovative Lösungen aus dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Prozesstechnik, welche die bestehende Infrastruktur auch für den Energieträger Wasserstoff nutzbar machen.⁶⁰

Grundsätzlich kann die Speicherung und der Transport von Wasserstoff mittels der in Abbildung 9 dargestellten Wege erfolgen, basierend auf dem Volumen und der Entfernung.







Speicherung	Transport
Speichertanks 	Pipeline-Transport 
<p>Wasserstoff kann am einfachsten und mitunter am wirtschaftlichsten und umweltfreundlichsten in Speichertanks gespeichert werden. Hierbei wird unterschieden zwischen der Speicherung von <i>komprimiertem Wasserstoff</i> (compressed hydrogen storage) oder <i>verflüssigtem Wasserstoff</i> (liquid hydrogen storage).</p> <p>Auf Grund der geringen Dichte von Wasserstoff werden bei der komprimierten Speicherung große Behälter benötigt mit entsprechenden Materialkosten. Die Speicherung von verflüssigtem Wasserstoff ist dagegen mit höheren Energiekosten verbunden ist.</p>	<p>Der günstigste Weg für den Transport von Wasserstoff sind in der Regel Pipelines. Durch Umrüstung ist auch die Nutzung bestehender Erdgaspipelines und -netze möglich, welche jedoch eingehend qualitativ geprüft werden und spezielle Voraussetzungen erfüllen müssen, um einen sicheren Transport zu ermöglichen.</p> <p>Ein Risiko besteht darin, dass Wasserstoff Schäden oder Risse in den bestehenden Pipelines verursachen könnte. Durch die Nutzung neuer und bestehender Pipeline-Netze ist zudem eine einfache Einspeisung des Wasserstoffes, bspw. in bestehenden Industrieanlagen, möglich.</p>
Chemische Speicherung 	LKW-Transport 
<p>Eine weitere Option stellt die chemische Speicherung von Wasserstoff in Form von <i>verflüssigten organischen Wasserstoffträgern</i> (sog. LOHCs) bspw. in Ammoniak oder Methanol dar. Hierbei wird der Wasserstoff in anderen Stoffen gebunden und bei Bedarf wieder in Wasserstoff umgewandelt.</p> <p>Hindernisse sind neben hohen Kosten für die Energieumwandlung u.a. die chemischen Besonderheiten, welche häufig eine besonders sorgfältige Handhabung und Sicherheitsvorkehrungen notwendig machen.</p>	<p>Für den Transport von Wasserstoff in komprimierter oder verflüssigter Form wird auch der LKW-Transport (mittels Speichertanks) genutzt. Diese Transportmethode ist insbesondere für kleine Mengen an Wasserstoff geeignet, bspw. bei der Verteilung über kürzere Distanzen.</p>
Natürliche unterirdische Speicherung 	Schiff-Transport 
<p>Zudem kann Wasserstoff je nach lokaler Verfügbarkeit in natürlichen unterirdischen Speichern wie Salzkavernen gespeichert werden, was eine kostengünstige und natürlich Speicherung von einem großen Volumen an Wasserstoff ermöglicht.</p>	<p>Für den Transport größerer Mengen an Wasserstoff in verflüssigter Form (LOHC, Ammoniak etc.) wird zudem auch der Transport mittels Tankschiffen genutzt. Diese Transportform ist auf Grund der notwendigen Energieumwandlung (Verflüssigung bzw. chemische Umwandlung) sowie der notwendigen Materialvoraussetzungen für einen sicheren Transport mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden.</p>

Abbildung 9: Übersicht der möglichen Methoden zur Speicherung und zum Transport von (grünem) Wasserstoff

⁵⁹ (DVGW, 2024); (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁶⁰ (BMWK, 2024)

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an (BMWK, 2024), (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022), (TransHyDE, 2024), (Robert Hren, 2023).

Besondere Herausforderungen für die Speicherung und den Transport von grünem Wasserstoff sind:

- hohe Kosten und Effizienzverluste durch Umwandlungsprozesse in flüssige Zustände bzw. verflüssigte organische Wasserstoffträger, sowie teils hoher Energiebedarf,
- Notwendigkeit von stabilen Materialien, was u.a. die Nutzung bestehender Erdgaspipelines erschwert,
- geeignete geologische Strukturen als Voraussetzung für unterirdische Speicherung,
- Notwendigkeit des Aufbaus eines sehr breiten Netzwerkes mit einer Vielzahl an Punkten für die Zuführung und Entnahme von Wasserstoff und Auswahl passender Speicherorte für große Mengen an produziertem Wasserstoff.

In Indien soll der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur im Rahmen der National Green Hydrogen Mission entwickelt werden. Der Fokus liegt dabei im **Ausbau des Pipeline-Netzwerkes**, um den Transport von Wasserstoff in großen Mengen zu erleichtern. Zudem spielt der **Ausbau der Hafen-Infrastruktur** eine wichtige Rolle vor dem Hintergrund der angestrebten Wasserstoffexporte. So soll bis 2025 in mindestens einem Hafen in Indien eine Speicher- und Betankungsanlage für grünen Ammoniak eingerichtet werden. Bis 2035 sollen alle großen indischen Häfen über solche Einrichtungen verfügen.⁶¹ Die Verfügbarkeit günstiger, natürlicher Lagerstätten wie Salz- und Felskavernen in Indien muss weiter geprüft werden.⁶²

Ein Kernthema ist darüber hinaus die Identifikation von **Wasserstoff-Hubs**. Eine zentralisierte Herstellung von grünem Wasserstoff bietet entsprechende Vorteile für den Transport, bspw. wenn die Produktion von Wasserstoff direkt am Einsatzort (in Industrieanlagen) bzw. in der Nähe erfolgt. Diese Möglichkeit umgeht die Herausforderungen des Transportes von Wasserstoff über weite Strecken (fehlende Infrastruktur, hohe Kosten und Energieverluste).⁶³

Zukünftig bietet auch der Import von grünem Wasserstoff aus Indien Potenziale für Deutschland und deutsche Unternehmen. Die Nationale Wasserstoffstrategie Deutschlands geht davon aus, dass rund 50 bis 70 Prozent des prognostizierten Wasserstoffbedarfs in Deutschland zukünftig importiert werden müssen. Hierfür soll auf eine diversifizierte Palette an Lieferquellen gesetzt werden. Für den Transport wird dabei auf den Ausbau von Pipelines gesetzt, wobei Schiffstransporte und Importterminals für Wasserstoff-Derivaten eine zentrale Rolle einnehmen.⁶⁴

Im Rahmen der im Oktober 2024 beschlossenen **Indo-German Green Hydrogen Roadmap** sollen u.a. Investitionen des Privatsektors, der Handel und Export von grünem Wasserstoff sowie der Informationsaustausch zwischen den Akteuren beider Länder vereinfacht und gefördert werden.⁶⁵

Für deutsche Unternehmen bietet sich entsprechend Potenzial in den folgenden Bereichen:

- **Forschung und Entwicklung** von effizienten, sicheren und umweltfreundlichen Speicher- und Transportlösungen für grünen Wasserstoff gemeinsam mit indischen Partnern,
- Zulieferung von notwendigen **Technologien und Materialien** sowie **Investitionen** in den Auf- und Ausbau der indischen Wasserstoffinfrastruktur inkl. Beteiligung an Infrastrukturausbauprojekten,
- Entwicklung und Kooperation für effiziente Lösungen für den **Import von grünem Wasserstoff** und insb. seinen Derivaten aus Indien nach Deutschland mit besonderem Fokus auf den Ausbau der Speicher- und Transportinfrastruktur mittels Schiffstransporte.

3.2.4 Weitere Marktsegmente für grünen Wasserstoff in Indien

Grüner Wasserstoff im Energie- und Wärmesektor

Wie bereits in Kapitel 3.1 dargestellt, wird Indiens Energiemix dominiert von fossilen Brennstoffen, insb. Kohle, welche

⁶¹ (MNRE, 2023)

⁶² (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁶³ (MNRE, 2023)

⁶⁴ (BMWK, 2024)

⁶⁵ (IGEF, 2024)

meist regional und kostengünstig verfügbar ist und auch für die Wärmegewinnung in Privathaushalten sowie der Industrie verwendet wird.⁶⁶ Grüner Wasserstoff bietet dabei auch Potenziale für eine Steigerung der Versorgungssicherheit und Klimafreundlichkeit in diesem Sektor. Derzeit spielt Wasserstoff für die Energieversorgung in Indien eine untergeordnete Rolle und die Nachfrage soll erst bis 2050 leicht ansteigen. Auf globaler Skala wird der Einsatz von Wasserstoff im Energie- und Wärmesektor bis 2050 voraussichtlich stark ansteigen.⁶⁷

In der Wärmeversorgung kann bspw. die Beimischung von grünem Wasserstoff zu Erdgas die CO₂-Emissionen stark verringern, während der Nettoheizwert gleich bleibt. Dieses H₂-NG (Erdgas) Gemisch kann private Haushalte versorgen. Ein erstes Projekt hierzu wurde bereits 2023 in Surat, Gujarat, in Betrieb genommen.⁶⁸

Beispiele für Einsatzmöglichkeiten grünen Wasserstoffes sind dabei:

- Stromspeicherung, insbesondere saisonale Speicherung von Energie bspw. aus erneuerbaren Energien, zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und Netzausgleichung zur Stabilisierung von Stromkosten,
- Rückverstromung von in Wasserstoff gespeicherter Energie,
- Nutzung von Wasserstoff in Mini-Grids zur Verbesserung der Stromversorgungskapazitäten in ländlichen Regionen, sowie
- Energie- und Wärmeversorgung von Privathaushalten und Industrieanlagen mittels grünem Wasserstoff, bspw. durch Mitverbrennung in Wärmekraftwerken.⁶⁹

Grüner Wasserstoff im Transportsektor

Das Ministerium für neue und erneuerbare Energien (MNRE) hat im Februar 2024 im Rahmen der National Green Hydrogen Mission die „Richtlinien für die Durchführung von Pilotprojekten zur Nutzung von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor“ veröffentlicht. Das Programm wird die Entwicklung von Technologien für die Verwendung von grünem Wasserstoff als Kraftstoff in Bussen, Lastkraftwagen und 4-Rad-Fahrzeugen auf der Grundlage von **Brennstoffzellen**-Antriebstechnologien unterstützen. Ein weiterer Schwerpunkt des Programms ist die Förderung des notwendigen **Infrastrukturausbaus**, insb. Wasserstofftankstellen.⁷⁰

Der Wasserstoffbedarf im Transportsektor basiert dabei auf der Wettbewerbsfähigkeit der Technologieoptionen gegenüber Dieselmotoren. Derzeit gibt es für die Elektrifizierung des Güterfernverkehrs zwei Technologien: batterieelektrische Fahrzeuge (BEVs) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge (FCEVs). So könnte bspw. zukünftig ein Teil des **Güterverkehrs** in Indien mittels Brennstoffzellen-Lkw erfolgen. Die Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie für PKW befindet sich noch im Anfangsstadium und erfordert weitere Forschung und Entwicklung. Eine angemessene Infrastruktur, Betankungsmöglichkeiten und die Sensibilisierung der Öffentlichkeit sind einige der Herausforderungen, denen sich diese Fahrzeuge auf dem indischen Markt stellen müssen.⁷¹

Ein weiterer Einsatzbereich von Wasserstoff im Transportsektor ist die bereits erwähnte Möglichkeit der Herstellung und Nutzung von **synthetischen Kraftstoffen**, welche mittels grünem Wasserstoff hergestellt werden: grüner Schiffsdiesel und grünes Kerosin für den Schiffs- und Lufttransport.⁷² Der Seeverkehr und die Häfen bieten laut dem MNRE ein großes Potenzial zur Dekarbonisierung, indem sie grünen Wasserstoff oder seine Derivate wie grünes Ammoniak und grünes Methanol als Treibstoff nutzen. Um den Einstieg in die **wasserstoffbetriebene Schifffahrt** zu unterstützen, sollen indische Öl- und Gasunternehmen bis 2027 für ihre Transporte mindestens ein Schiff chartern, das mit grünem Wasserstoff oder abgeleiteten Kraftstoffen betrieben wird.⁷³

Mit der Entwicklung und dem Ausbau der Wasserstoffindustrie in Indien werden sich mittel- und langfristig

⁶⁶ (NITI Aayog, 2024)

⁶⁷ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁶⁸ (NTPC, 2023)

⁶⁹ (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁷⁰ (MNRE, 2024)

⁷¹ (Alex, 2022a); (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022)

⁷² (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022), (BMZ, 2024), (BMBF, 2024)

⁷³ (MNRE, 2023)

entsprechend auch Einsatzpotenziale in Bereichen wie der Energie- und Wärmeversorgung sowie im Transportwesen eröffnen. Derzeit sind insb. die Forschung und Entwicklung von innovativen Lösungen und Technologien zur Integration von (grünem) Wasserstoff in diesen Bereichen notwendig.

3.3 Aktuelle Vorhaben und Entwicklungen

Die National Green Hydrogen Mission, die von der indischen Regierung im Januar 2023 verabschiedet wurde, zielt darauf ab, Indien als globale Drehscheibe für die Produktion, die Nutzung und den Export von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten zu positionieren, indem bis 2030 eine jährliche Produktion von 5 Mio. Tonnen grünen Wasserstoffs aufgebaut wird. Weitere 5 Mio. Tonnen sollten zukünftig für den Export produziert werden.

Die Wasserstoffmission umfasst dabei die folgenden **Schlüsselkomponenten**:

- „Strategic Interventions for Green Hydrogen Transition“ (SIGHT): Umsetzung strategischer Maßnahmen, die Anreize für die lokale Herstellung von Elektrolyseuren und die Produktion von grünem Wasserstoff umfassen;
- Schaffung von Nachfrage: Förderung von Exporten sowie der Wasserstoffnachfrage im Inland, bspw. durch Abnahmeanreize und -vorgaben z.B. in der Chemieindustrie;
- Pilotprojekte: Initiierung von Projekten in Sektoren wie Stahl, Mobilität, Schifffahrt, dezentrale Energieanwendungen, Wasserstoffherzeugung aus Biomasse und Wasserstoffspeicherung;
- „Green Hydrogen Hubs“: Regionen, die in der Lage sind, die Produktion und/oder Nutzung von Wasserstoff in großem Maßstab zu unterstützen, werden identifiziert und als Hubs inkl. notwendiger Infrastruktur entwickelt;
- Entwicklung der Infrastruktur: Unterstützung des Ausbaus der notwendigen Infrastruktur für grüne Wasserstoffinitiativen;
- Regulatorischer Rahmen: Schaffung eines umfassenden Satzes von Vorschriften, Normen und Zertifizierungen für grünen Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energien;
- Forschung und Entwicklung: Förderung von F&E durch öffentlich-private Partnerschaften;
- Qualifikationsentwicklung: Durchführung von Ausbildungsprogrammen zur Qualifizierung von Arbeitskräften;
- Sensibilisierung der Öffentlichkeit: Durchführung von Aufklärungsprogrammen, um das Bewusstsein für grünen Wasserstoff zu schärfen.⁷⁴

Die **Gesamtinvestitionen i. H. v. rund 2,1 Mrd. EUR** teilen sich dabei wie in Tabelle 1 dargestellt auf.

Tabelle 1: Aufgliederung der Investitionssummen der National Green Hydrogen Mission nach Investitionsbereichen und Maßnahmen (2023, in EUR)

Schlüsselkomponente / Maßnahmen	Investitionssumme
SIGHT-Programm (lokale Herstellung von Elektrolyseuren und grünem Wasserstoff)	1,9 Mrd. EUR
Pilotprojekte aufgeschlüsselt in	
• Projekte im Bereich kohlenstoffarmer Stahl	49,8 Mio. EUR
• Pilotprojekte im Bereich Mobilität	54,3 Mio. EUR
• Pilotprojekte im Bereich Schifffahrt	12,6 Mio. EUR

⁷⁴ (MNRE, 2024)

• Projekte im Bereich „Green Hydrogen Hubs“	43,8 Mio. EUR
Forschung und Entwicklung	43,8 Mio. EUR
Weitere Bereiche	42,5 Mio. EUR
Gesamtinvestitionen	rund. 2,1 Mrd. EUR

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (MNRE, 2023); 1 crore = 10 Millionen, 1 Rupie = 0,011 EUR

Die erwarteten **Ergebnisse** der Mission bis 2030 sind die folgenden (s. Abbildung 10, rechts):

- Produktionskapazität von 5 Mio. Tonnen grünen Wasserstoffs pro Jahr mit einem damit verbundenen Zubau an erneuerbarer Energiekapazität von etwa 125 GW und Elektrolyseur-Kapazitäten von 60 bis 100 GW;
- Voraussichtliche Verringerung der Importe fossiler Brennstoffe im Wert von ca. 1 Mrd. EUR;
- Schaffung von ca. 600.000 neuen Arbeitsplätzen;
- Einsparung von fast 50 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen durch den Einsatz von grünem Wasserstoff.⁷⁵



Abbildung 10: Überblick der angestrebten Ergebnisse der National Green Hydrogen Mission

Quelle: (MNRE, 2023)

Im Rahmen der dargestellten Entwicklungen der indischen Wasserstoffwirtschaft spielen auch privatwirtschaftliche Investitionen und Projekte eine wichtige Rolle. Die nachfolgende Tabelle 2 bietet einen Überblick ausgewählter Projekte der größten Player in Indien.

Tabelle 2: Übersicht ausgewählter privatwirtschaftlicher Investitionen und Projekte im Bereich Grüner Wasserstoff in Indien

Projektträger	Beschreibung	Standort	Investitionen	Link zu weiterführenden Informationen
NTPC Ltd.	<p>“Pudimadaka Green Hydrogen Hub”: Schaffung eines Ökosystemes, z. B. für die Herstellung von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen, grünen Wasserstoff und dessen Derivate (Grüner Ammoniak und Grünes Methanol) sowie den Export.</p> <p>Beinhaltet den Bau von Indiens größter Anlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff (1.200 Tonnen pro Tag).</p>	Visakhapatnam, Andhra Pradesh	-	https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=2007793

⁷⁵ (MNRE, 2023)

NTPC Ltd.	Indiens erstes Projekt zur Beimischung von grünem Wasserstoff - die Anlage ist darauf ausgerichtet, Haushalte der Gemeinde Kawas mit H ₂ -NG (Erdgas) zu versorgen	Surat, Gujarat	-	https://ntpc.co.in/media/press-releases/ntpc-starts-indias-first-green-hydrogen-blending-operation-png-network
Reliance Industries Ltd.	<p>“Dhirubhai Ambani Green Energy Giga Complex” – Bau von 5 Giga-Fabriken auf über 5.000 Hektar für:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fotovoltaik-Paneele • Brennstoffzellensysteme • Grünen Wasserstoff & Produktionsanlage für Elektrolyseure • Energiespeicher • Leistungselektronik 	Jamnagar, Gujarat	ca. 7,3 Mrd. EUR	https://www.ril.com/businesses/new-energy-materials
Reliance Industrie Ltd.	Bau eines Werkes zur Herstellung von Elektrolyseuren mit einer Jahreskapazität von ca. 2.500 Megawatt – für den indischen Markt und den Export vorgesehen	-	ca. 460 Mio. EUR	https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/schub-fuer-gruenen-wasserstoff-759500
GAIL	Installation einer grünen Wasserstoffanlage mit einer Produktionskapazität von 4,3 Tonnen Wasserstoff pro Tag durch einen 10MW PEM-Elektrolyseur (Proton Exchange Membrane)	Vijaipur, Madhya Pradesh	-	https://www.gailonline.com/PressRelease24052024.html
Adani Green Energy Ltd.	Entwicklung einer der größten Anlagen für erneuerbare Energien mit einer Kapazität von 30 GW; insgesamt geplanter Kapazitätsausbau von derzeit 11,2 GW auf bis zu 50 GW in 2030.	Khavda in Kutch, Gujarat	-	https://www.adani.com/Newsroom/Media-Release/adani-energy-solutions-and-adani-green-energy-join-the-utilities-for-net-zero-alliance
Indian Oil Corporation	Investitionen in die Entwicklung von 1 GW an erneuerbarer Energiekapazität in Indien	-	ca. 570 Mio. EUR	https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/indian-oil-corporation-to-invest-rs-5215-cr-in-green-power/articleshow/109737313.cms?from=mdr
Reliance Industries Ltd (RIL), Larsen & Toubro (L&T), Greenko Group und Welspun New Energy	Planen die Errichtung von Anlagen für grünen Wasserstoff und grünes Ammoniak bei der Deendayal Port Authority in Gujarat	Kandla Port, Gujarat	bis zu 11 Mrd. EUR	https://www.blackridgeresearch.com/news-releases/ril-and-l-and-t-lead-development-of-usd-12-billion-green-hydrogen-hub-in-kandla-gujarat-india

SJVN	Indiens erste Mehrzweckanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff (Kraft-Wärme-Kopplung) - Herstellung von Wasserstoff mit Hilfe eines alkalischen Elektrolyseurs mit einer Kapazität von 20 Nm ³ /h unter Nutzung erneuerbarer Energie aus dem 1,31-MW-Solkraftwerk von SJVN. Die tägliche Produktionskapazität beträgt bis zu 14 kg Wasserstoff, welcher in 6 Speichertanks gespeichert wird.	Jhakri, Himachal Pradesh	-	https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/indias-first-multi-purpose-green-hydrogen-pilot-project-inaugurated/articleshow/109570402.cms?from=mdr
Essar-Group	Plant eine Anlage für grünen Wasserstoff zu errichten mit einer jährlichen Produktionskapazität von 400.000 Tonnen.	Jamnager, Gujarat	ca. 3,3 Mrd. EUR	https://indianinfrastructure.com/2024/06/20/essar-to-invest-rs-300-billion-in-green-hydrogen-plant-in-gujarat-over-four-years/
Welspun	Investitionen in die Entwicklung von Anlagen zur Herstellung von 500.000 Tonnen grünem Wasserstoff pro Jahr sowie grünen Ammoniak.	Gujarat	ca. 4,3 Mrd. EUR	https://www.business-standard.com/companies/news/welspun-plans-to-invest-rs-40-000-cr-in-gujarat-for-green-hydrogen-ammonia-124011000826_1.html

Wie aus der Tabelle 2 erkennbar ist, nimmt der **Bundesstaat Gujarat** eine besondere Stellung in der nationalen Wasserstoffwirtschaft ein und ist das Zentrum für Industrieanlagen in verschiedenen Sektoren. Es wird geschätzt, dass Gujarat rund 30 Prozent, d.h. 1,5 Mio. Tonnen des Ziels der indischen Regierung von 5 M Mio. Tonnen grünen Wasserstoffs bis 2030 produzieren wird. Dabei strebt Gujarat an, eine führende Rolle bei den erneuerbaren Energien einzunehmen und will 80 GW an erneuerbaren Energien bis 2030 installieren. Um diese Ziele voranzubringen, wird derzeit eine Politik zur Förderung und Erleichterung der Entwicklung von Projekten für grünen Wasserstoff entwickelt.⁷⁶

Darüber hinaus wurden die folgenden Schlüsselemente in Gujarats Wasserstoffpolitik festgelegt:

- **Landpachtpolitik (2023):** Schaffung von Anreizen für Investitionen in grünen Wasserstoff und die damit verbundene Produktion - Unternehmen, die in grüne Wasserstoffprojekte im Bundesstaat investieren, erhalten Vorteile. Eine grundsätzliche Genehmigung für eine Fläche von 199.000 Hektar für Entwickler wurde bereits durch die Regierung vorgenommen. Die Laufzeit beträgt 40 Jahre bei vergleichsweise kostengünstigen Raten.
- **„Aatmanirbhar Gujarat Schemes 2022 for Assistance to Industries“ (2022):** Finanzielle Unterstützung z. B. in Form von Zinszuschüssen, SGST-Rückerstattungen, EPF-Rückerstattungen und Registrierungsgebühren für Großindustrien, Schubsektoren und Mega-Industrien des Ökosystems der grünen Energie, einschließlich grünem Wasserstoff/Ammoniak, Elektrolyseuren, Ausrüstung für erneuerbare Energien und Brennstoffzellen.⁷⁷

3.4 Informationen zur Wettbewerbssituation

Sowohl Deutschland als auch Indien erkennen zunehmend die strategische Bedeutung von grünem Wasserstoff für die Energiesicherheit und die Erleichterung eines breiteren Übergangs zu einer nachhaltigen Wirtschaft. Mit Indiens Green Hydrogen Mission und Deutschlands ehrgeiziger Nationaler Wasserstoffstrategie sind beide Länder bereit, bei der Entwicklung von Wasserstofftechnologien zusammenzuarbeiten. Die institutionelle Zusammenarbeit in der

⁷⁶ (Indian Institute of Management Ahmedabad & Indian Institute of Technology Gandhinagar, 2024)

⁷⁷ (Indian Institute of Management Ahmedabad & Indian Institute of Technology Gandhinagar, 2024)

gemeinsamen Forschung, in Leuchtturmprojekten, Innovationsclustern und Wasserstoffzentren würde die synergetischen Bemühungen der beiden Länder fördern.

Die **Wettbewerbslandschaft** für deutsche Unternehmen, die in den indischen Markt für grünen Wasserstoff einsteigen wollen, ist jedoch komplex. Indien ist derzeit stark auf grauen Wasserstoff angewiesen, der aus fossilen Brennstoffen hergestellt wird, was aufgrund der damit verbundenen Kohlenstoffemissionen und der höheren Kosten im Vergleich zu grünem Wasserstoff eine große Herausforderung darstellt. Das Preisgefälle zwischen diesen beiden Formen von Wasserstoff ist nach wie vor ein entscheidendes Hindernis, das staatliche Maßnahmen wie Mandate, Subventionen und Kohlenstoffgutschriften erforderlich macht, um die Umstellung auf umweltfreundlichere Alternativen zu fördern. Darüber hinaus erschwert die fehlende Infrastruktur für die Speicherung und den Transport von grünem Wasserstoff den Markteintritt weiter.

Trotz dieser Herausforderungen verfügt Indien über beträchtliche erneuerbare Energieressourcen - in Bezug auf die installierte Kapazität steht es weltweit an vierter Stelle - und bietet damit eine solide Grundlage für die Produktion von grünem Wasserstoff. Das Engagement der Regierung für die Schaffung eines günstigen Marktumfelds durch Investitionen, Anreize und Reformen steigert das Potenzial auch für ausländische Investitionen.⁷⁸

Dabei ist jedoch zu beachten, dass auch die grüne Transformation und der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft unter dem Ziel „Make in India“ steht und dass in erster Linie der Ausbau der inländischen Produktionskapazitäten, Infrastrukturen sowie Forschung und Entwicklung im Fokus der National Green Hydrogen Mission steht. Das Ziel ist es, den inländischen Markt für Wasserstoff zu entwickeln und gleichzeitig Voraussetzungen für den Export von grünem Wasserstoff zu schaffen.

Nachfolgend werden ausgewählte internationale Wettbewerber sowie nationale Wettbewerber in Indien für deutsche Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft aufgeführt.

Tabelle 3: Ausgewählte Internationale Wettbewerber der Wasserstoffwirtschaft (alphabetische Reihenfolge)

Unternehmen	Beschreibung	Website	Herkunftsland
Air Products & Chemicals	Das Unternehmen produziert Sauerstoff, Stickstoff, Argon und Helium. Es betreibt mehr als 100 Wasserstoffanlagen und unterhält das größte Wasserstoffvertriebsnetz der Welt.	https://www.airproducts.com/	USA
Ballard Power Systems	Die Hauptgeschäftsfelder des Unternehmens sind Design, Entwicklung, Herstellung, Verkauf und Service von PEM-Brennstoffzellenprodukten für eine Vielzahl von Anwendungen, wobei der Schwerpunkt auf den Märkten für schwere Nutzfahrzeuge (bestehend aus Bussen, LKW, Schienenfahrzeugen und Schiffsanwendungen), Materialtransport und stationäre Stromerzeugung liegt.	https://www.ballard.com/	Kanada
HydrogenPro AS	HydrogenPro ist ein Erstausrüster mit starkem Fokus auf Forschung und Entwicklung. Ihr Hauptprodukt sind alkalische Hochdruckelektrolyseure. Sie haben keine Tochtergesellschaft in Indien, arbeiten aber mit L&T zusammen.	https://hydrogenpro.com/	Norwegen
Linde	Linde ist der größte Industriegaslieferant der Welt und in über 100 Ländern vertreten. Die wichtigsten Produkte des Unternehmens sind atmosphärische	https://www.linde.com/	UK

⁷⁸ (Invest in India, 2024)

	Gase (einschließlich Sauerstoff, Stickstoff und Argon) und Prozessgase (einschließlich Wasserstoff, Kohlendioxid und Helium).		
Ohmium	Ohmium entwickelt, fertigt und betreibt modulare, skalierbare Protonenaustauschmembran-Elektrolyseursysteme (PEM), die eine wettbewerbsfähige grüne Wasserstoffproduktion ermöglichen.	https://www.ohmium.com/	USA
PLUG POWER	Das Unternehmen ist weltweit führend bei Lösungen für die Wasserstoffversorgung und bei Wasserstoffanwendungen für Materialtransport, Stromerzeugung und Elektromobilität.	https://www.plugpower.com/	USA
Siemens Energy	Siemens Energy ist in 90 Ländern vertreten und deckt die gesamte Energielandschaft ab. Von der konventionellen bis zur erneuerbaren Energie, von der Netztechnik bis zur Speicherung.	https://www.siemens-energy.com/de/de/home.html	Deutschland
Stiesdal A/S	Entwickler und Hersteller von innovativen Lösungen für grüne Wasserstoffanlagen und Power-to-X-Lösungen sowie Offshore-Wind und die Produktion von umweltfreundlichen Kraftstoffen. Keine Tochtergesellschaft in Indien, arbeitet aber mit dem indischen Unternehmen RIL zusammen.	https://www.stiesdal.com/	Dänemark
TotalEnergies	Seit 1993 in Indien angesiedelt mit über 1.000 Angestellte. Tätig im Bereich grüne Energietransformation und erneuerbare Energien. Partnerschaft mit der indischen Firma Adani für die Produktion und Kommerzialisierung von grünem Wasserstoff.	https://totalenergies.com/india	Frankreich

Tabelle 4: Ausgewählte nationale Wettbewerber der Wasserstoffwirtschaft in Indien (alphabetische Reihenfolge)

Unternehmen	Beschreibung	Website	Herkunftsland
ACME Cleantech Solutions Pvt. Ltd.	Acme Solar Holdings ist ein bedeutender Solarenergieproduzent in Indien und hat sich auf den Bereich grüner Wasserstoff fokussiert. Das Unternehmen hat angekündigt, in Rajasthan eine Anlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff und Ammoniak zu errichten und dabei seine Erfahrung im Bereich der sauberen Energie zu nutzen.	https://www.acme.in/	Indien
Adani Total Gas Ltd	Adani Total Gas Limited (ATGL) ist ein bekanntes städtisches Gasversorgungsunternehmen in Indien. Das Unternehmen erforscht die Produktion und den Vertrieb von grünem Wasserstoff als Teil seines Engagements für saubere Energielösungen.	https://www.adanigas.com/	Indien

GAIL Limited	Die Gas Authority of India Ltd. (GAIL), eines der führenden öffentlichen Unternehmen Indiens, ist das größte Gastransport- und Gasvermarktungsunternehmen des Landes und investiert in Wasserstoffprojekte.	https://www.gailonline.com/home.html	Indien
Greenko Group	Greenko ist eines der führenden indischen Unternehmen für erneuerbare Energien, das fossile Brennstoffe durch integrierte dekarbonisierte Energie- und Netzanlagen ersetzt, die nachhaltige und erschwingliche Energie ermöglichen.	https://greenkogroup.com/	Indien
Indian Oil Corporation (IOC)	Die Indian Oil Corporation, ein großes indisches Energieunternehmen, hat sich ehrgeizige Ziele für die Produktion und Nutzung von grünem Wasserstoff gesetzt. Das Unternehmen will in seinem Werk eine Anlage für grünen Wasserstoff errichten und arbeitet an der Entwicklung einer grünen Wasserstoffumgebung.	https://iocl.com/	Indien
JSW Energy	JSW Energy, ein Teil der JSW-Gruppe, ist ein Unternehmen für erneuerbare Energien, das sich auf die effiziente Verteilung und Erzeugung von Strom spezialisiert hat.	https://www.jsw.in/energy	Indien
L&T	L&T Electrolysers Limited, ein neu gegründetes Unternehmen von L&T, konzentriert sich auf die Herstellung von alkalischen Elektrolyseuren unter Verwendung der Technologie von McPhy Energy, Frankreich.	https://www.larsentoubro.com/	Indien
NTPC Limited	NTPC, Indiens größtes Stromerzeugungsunternehmen, hat die Möglichkeiten für grünen Wasserstoff aktiv erforscht.	https://ntpc.co.in/	Indien
Reliance Industries Limited	Reliance Industries Ltd., eines der größten Unternehmen Indiens, hat erhebliche Fortschritte im Bereich des grünen Wasserstoffs gemacht. Das Unternehmen hat Pläne, mehr als 10 Mrd. Dollar in den grünen Energiesektor zu investieren, einschließlich des Aufbaus einer großen grünen Wasserstoffumgebung.	https://www.ril.com/	Indien

3.5 Darstellung der Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der Wasserstoffwirtschaft in Indien

Stärken	Schwächen
<p>Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerungsreichstes Land der Welt mit hoher Verfügbarkeit junger und gut ausgebildeter Arbeitskräfte • Vergleichsweise niedriges Lohnniveau, Kostenvorteile und enorme Marktgröße • Bereitschaft für Reformen und Transformation in der Regierung und ein westlich orientiertes Wertesystem <p>Wasserstoffwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Institutionalisierung und starke Förderung der Wasserstoffindustrie durch die Regierung (“National Green Hydrogen Mission”) inkl. umfassender Investitionen, Standardisierungen sowie weiterer Fördermittel • Starkes Potenzial für den Ausbau erneuerbarer Energien, insb. der Solarenergie, welche für die Gewinnung von grünem Wasserstoff grundlegend sind 	<p>Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hohe Bürokratie und Instabilität der Verwaltung; schnelle Änderung von Vorschriften oder Subventionsverfahren – Notwendigkeit zur Zusammenarbeit mit lokalen Partnern • Mangelhafte Infrastruktur, welche jedoch zunehmend ausgebaut und modernisiert wird • Niedrige Produktivität und Importabhängigkeit bspw. bei Rohstoffen <p>Wasserstoffwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Wasserstoffinfrastruktur für den komplexen Transport und die Speicherung von Wasserstoff insb. in Anbetracht der Landesgröße • Ausbaubedürftiges regulatorisches Ökosystem für die Herstellung, die Speicherung und den Transport sowie die Nutzung von grünem Wasserstoff für verschiedene Anwendungen
Chancen	Risiken
<p>Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zunehmender Fokus auf Resilienz und Diversifizierung rückt Indien als Kooperationspartner in den Fokus • Interesse an internationalen Kooperationen und Zusammenarbeit auch in Forschung und Entwicklung • Stark zunehmende Wirtschaftsleistung mit Potenzial, bis 2030 Deutschland und Japan zu überholen (derzeit liegt Indien gemessen am BIP bereits auf Rang 5) • Modernisierung der Infrastruktur und junge, konsumfreudige Bevölkerung <p>Wasserstoffwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Langjährige deutsch-indische Kooperationen im Bereich erneuerbarer Energien und im Oktober 2024 beschlossene „Indo-German Green Hydrogen Roadmap“ fördern die deutsch-indische Zusammenarbeit und schaffen Rahmenbedingungen für 	<p>Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sorge vor geopolitischen Konflikten und Instabilitäten in der Region • Zunehmende Auswirkungen des Klimawandels einhergehend mit bspw. Dürren, Überschwemmungen und extremer Hitze • Zunehmende Staatsverschuldung und hohes Zinsniveau bremsen Investitionen von Unternehmen • Investitionen sind häufig abhängig von staatlichen Initiativen <p>Wasserstoffwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der lokalen Produktion inkl. Vorzugsbehandlung bei öffentlichen Ausschreibungen sowie starker internationaler und nationaler Wettbewerb kann den Markteintritt für deutsche Unternehmen erschweren

- privatwirtschaftliche Kooperationen
- Hohe Investitionsbereitschaft in Forschung und Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft bietet Chancen für gemeinsame Forschungsaktivitäten und Projekte
- Kostenvorteile lokaler, indischer Hersteller kann ein Hindernis für deutsche Unternehmen sein

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (IGEF, 2024); (Raj, Lakhina, & Stranger, 2022); (MNRE, 2023); (O'Neill, 2024); (Wenke, 2023b)

Weiterführende Links:

India Hydrogen Alliance (IH2A):

<https://ih2a.com/>

Ministry of New and Renewable Energy (MNRE, 2023): "National Green Hydrogen Mission"

<https://mnre.gov.in/national-green-hydrogen-mission/>

Ministry of New and Renewable Energy (MNRE, 2024): "Guidelines for implementation of Pilot projects for use of Green Hydrogen in the Transport sector"

<https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2024/feb/doc2024214311401.pdf>

Ministry of Steel, Government of India (2024): „Greening the Steel Sector in India: Roadmap and Action Plan“

<https://steel.gov.in/sites/default/files/GSI%20Report.pdf>

Raj, K., Lakhina, P., & Stranger, C. (06.2022): "Harnessing Green Hydrogen - Opportunities for deep decarbonisation in India."

https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-06/Harnessing_Green_Hydrogen_V21_DIGITAL_29062022.pdf

Indian Institute of Management Ahmedabad & Indian Institute of Technology Gandhinagar (2024): "Renewable Energy Policy by 2030 for Gujarat"

https://www.iima.ac.in/sites/default/files/2024-07/RE%20Policy%20for%20Gujarat%202030%20Report_Final%20%2820062024%29.pdf

4 Kontaktadressen

Institution	Kurzbeschreibung
Germany Trade & Invest (GTAI) https://www.gtai.de/	Germany Trade & Invest (GTAI) ist die Außenwirtschaftsagentur der Bundesrepublik Deutschland. Mit 60 Standorten weltweit und dem Partnernetzwerk unterstützt Germany Trade & Invest deutsche Unternehmen bei ihrem Weg ins Ausland, wirbt für den Standort Deutschland und begleitet ausländische Unternehmen bei der Ansiedlung in Deutschland.
Deutsche Vertretungen in Indien https://india.diplo.de/in-de	Deutsche Vertretungen in Indien sind die Deutsche Botschaft Neu Delhi, sowie Generalkonsulate in Bangalore, Chennai, Kalkutta, Mumbai, und 3 Honorarkonsuln.
BDO Israel-India http://www.bdo.in	Die BDO Israel-India Investment Banking and Consulting Firm, als ein Teil des internationalen BDO-Netzwerkes von Wirtschaftsprüfungs-, Steuerberatungs- und Consultingfirmen, wurde von Anat Bernstein-Reich, der ehemaligen Co-Gründerin und Geschäftsführerin von A&G Partners Israel-India, gegründet. Die Zielstellung der BDO Israel-India ist, die langjährigen Erfahrungen, internationalen Beziehungen sowie das kulturelle Wissen des Beraterteams für den Ausbau der Beziehungen zwischen indischer und israelischen sowie internationalen Unternehmen einzusetzen.
VDMA Indien https://www.vdma.org/office-indien	Mit 3.600 Mitgliedern ist der VDMA die größte Netzwerkorganisation und wichtiges Sprachrohr des Maschinenbaus in Deutschland und Europa. Mit den 5 VDMA-Büros in Indien unterstreicht der Verband die Bedeutung des indischen Marktes für die Hersteller von Maschinen, Anlagen und Ausrüstungen: Deutschland ist der mit Abstand wichtigste Handelspartner Indiens innerhalb der EU.
Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry (FICCI) https://www.ficci.in/api/home	Als regierungsunabhängige, gemeinnützige Organisation ist der Verband der indischen Industrie- und Handelskammern (FICCI) die Stimme der indischen Wirtschaft. Die 1927 gegründete FICCI ist die größte und älteste Spitzenorganisation der Wirtschaft in Indien.
Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) https://mnre.gov.in/hydrogen-overview/	Das Ministerium für neue und erneuerbare Energien (MNRE) ist das zentrale Ministerium der indischen Regierung für alle Angelegenheiten im Zusammenhang mit neuen und erneuerbaren Energien. Das allgemeine Ziel des Ministeriums ist es, neue und erneuerbare Energien zu entwickeln und einzusetzen, um den Energiebedarf des Landes zu decken.
Ministry of Power https://powermin.gov.in/	Das Ministerium für Energie ist mit der Überwachung der Stromerzeugung und der Entwicklung der Infrastruktur, einschließlich der Erzeugung, Übertragung und Lieferung, sowie mit Wartungsprojekten betraut. Das Ministerium fungiert als Bindeglied zwischen der Zentralregierung und den Elektrizitätswerken der Bundesstaaten sowie dem Privatsektor. Das Ministerium beaufsichtigt auch Projekte zur ländlichen Elektrifizierung.
India Hydrogen Alliance (IH2A) https://ih2a.com/	Industriekoalition globaler und indischer Unternehmen, die sich für die Schaffung einer Wasserstoff-Wertschöpfungskette einsetzen und auf einen NetZero-Pfad im Einklang mit Indiens Klimaschutzverpflichtungen hinarbeiten. IH2A arbeitet mit Partnern aus dem Privatsektor, der Regierung und der Öffentlichkeit zusammen.
Indian Renewable Energy Federation (IREF) http://iref.net.in/	Die IREF ist eine nationale, gemeinnützige Plattform für erneuerbare Energien in Indien. Die Aufgabe der IREF besteht darin, durch die Schaffung politischer Rahmenbedingungen und den Aufbau strategischer Partnerschaften mit allen Beteiligten eine umfassende Durchdringung des Sektors der erneuerbaren Energien in Indien und darüber hinaus zu gewährleisten. Das IREF ist bestrebt, Indien als weltweit führendes Land in den Bereichen Innovation, Produktion, Einsatz, Bereitstellung von Dienstleistungen und Marktentwicklung für saubere Energietechnologien zu etablieren.
Indian National Hydropower Association (INHA) http://www.hpaindia.org/	Die Indian National Hydropower Association (INHA) wurde im Juni 2003 gegründet, um ein Forum für den Meinungs austausch und die Erweiterung des Wissens über verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit der Wasserkraft in Indien zu bieten und die Interessen und Ansichten der Wasserkraftbranche zu vertreten.
Indian Biogas Association (IBA) https://biogas-india.com/	Der 2011 gegründete indische Biogasverband (IBA) ist ein führender Fachverband, der sich für das Wachstum der Biogasindustrie nicht nur in Indien, sondern weltweit einsetzt, um eine grünere Zukunft für unseren Planeten zu gewährleisten.
Indian Wind Power Association (IWPA) https://www.windpro.org/	Die Indian Wind Power Association (IWPA) wurde 1996 als gemeinnützige Organisation gegründet. Der Verband, der mit 21 Mitgliedern begann, hat heute 1.352 Mitglieder, die über ganz Indien verteilt sind. Seit seiner Gründung hat der Verband daran gearbeitet, Hindernisse für die Entwicklung der Windenergie zu beseitigen und ein günstiges regulatorisches und politisches Umfeld in diesem Sektor zu schaffen.
Indian Wind Energy Association (InWEA)	Die Indian Wind Energy Association (InWEA) ist eine gemeinnützige Organisation, die 2002 gegründet wurde, um als unabhängiger Verband die Interessen von Entwicklern,

http://www.inwea.org/	Herstellern von Windenergieanlagen, Komponenten, Systemen usw. sowie von Investoren im indischen Windenergiesektor zu vertreten.
National Solar Energy Federation of India (NSEFI) https://www.nsefi.in/	NSEFI ist seit zehn Jahren Indiens führende Interessenvertretung für erneuerbare Energien und ein Dachverband, der Unternehmen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien vertritt, die in der gesamten Wertschöpfungskette der erneuerbaren Energien tätig sind. Dazu gehören führende internationale, nationale und regionale Unternehmen wie Entwickler, Hersteller, EPC-Unternehmen, Installateure, Systemintegratoren, kleine und mittlere Unternehmen usw.
Solar Energy Society of India (SESI) https://sesi.in/home	Die Solar Energy Society of India (SESI) wurde 1978 gegründet und dient als Wissens- und Kompetenzzentrum, das Fachleute, Forscher und Branchenführer in ganz Indien miteinander verbindet, die das gemeinsame Ziel verfolgen, die Nutzung erneuerbarer Energien voranzutreiben.
Sustainable Projects Developers Association (SPDA) https://spdaonline.com/	Die Sustainable Projects Developers Association ist eine unabhängige, gemeinnützige Organisation auf Mitgliederbasis. Sie arbeiten mit Indiens führendem Sektor für erneuerbare Energien zusammen, der gemeinsam mit dem Markt dafür sorgt, dass die Solarenergie zum wichtigsten Motor der sauberen Energiewende in Indien wird. Sie nehmen Einfluss auf relevante Entscheidungen und lenken die Agenda in Bezug auf Gesetze, Vorschriften und Subventionen. Als Branchenverband arbeiten sie mit ihren Mitgliedern zusammen, um den indischen Solarenergiesektor zu inspirieren, zu informieren, zu vernetzen und weiter zu professionalisieren.
Indian Solar Manufacturers Association (ISMA) https://indiansma.in/	Der Indische Verband der Solarhersteller (ISMA) ist ein eingetragener Verband von Unternehmen, die Solarzellen, Module und Glas für Module in Indien herstellen.
Indian Wind Turbine Manufacturers Association (IWTMA) https://www.indianwindpower.com/	IWTMA wurde 1998 gegründet und ist der führende Wirtschaftsverband und die Stimme der indischen Windindustrie. IWTMA hat sich an vorderster Front für politische Rahmenbedingungen und regulatorische Eingriffe eingesetzt und dabei proaktiv mit zentralen und staatlichen Entscheidungsträgern, Investoren und Interessenvertretern zusammengearbeitet. In den vergangenen 25 Jahren hat IWTMA eine zentrale Rolle bei der Entwicklung der Windenergiebranche gespielt und damit zum Übergang des Landes zu einem umweltfreundlichen und nachhaltigen Energiemix beigetragen.
Indian Renewable Energy Development Agency https://www.ireda.in/	Ist ein indisches Staatsunternehmen, das finanzielle Unterstützung und andere Dienstleistungen für Projekte im Bereich erneuerbare Energiequellen und Energieeffizienz/Energieeinsparung anbietet.
Ministry of Environment, Forest and Climate Change https://moef.gov.in/	Das Ministerium für Umwelt, Wald und Klimawandel ist die zentrale Stelle in der Verwaltungsstruktur der Zentralregierung für die Planung, Förderung, Koordinierung und Überwachung der Umsetzung der indischen Umwelt- und Forstpolitik und -programme.
Confederation of Indian Industry https://www.cii.in/	Die Confederation of Indian Industry (CII) setzt sich für die Schaffung und Aufrechterhaltung eines für die Entwicklung Indiens förderlichen Umfelds ein, indem sie Partnerschaften zwischen der Industrie, der Regierung und der Zivilgesellschaft durch Beratungs- und Konsultationsprozesse eingeht. CII ist eine nichtstaatliche, gemeinnützige, industriegeführte und -verwaltete Organisation mit rund 9.000 Mitgliedern aus dem privaten und öffentlichen Sektor, einschließlich KMU und multinationalen Unternehmen, und einer indirekten Mitgliedschaft von über 365.000 Unternehmen aus 294 nationalen und regionalen Branchenverbänden.
Green Hydrogen Innovation Center https://isa-ghic.org/	Die Aufgabe des Green Hydrogen Innovation Centre besteht darin, eine zentrale Plattform zu bieten, die die neuesten Fortschritte, Erkenntnisse und Ressourcen im Zusammenhang mit grünem Wasserstoff zusammenfasst und verbreitet. Das Zentrum ist bestrebt, Wissen zu zentralisieren, die Entscheidungsfindung zu unterstützen, die globale Zusammenarbeit zu erleichtern, Ausbildung und Bewusstsein zu fördern, globale Entwicklungen zu verfolgen und Innovationen anzuregen.
Centre of Excellence in Green Hydrogen (CoE-GH) https://www.phdcci.in/centre-of-excellence-in-green-hydrogen/	Das Centre of Excellence in Green Hydrogen (CoE-GH) ist eine hochmoderne Wissenseinrichtung zur Überbrückung der Kluft zwischen Regierung, Wissenschaft und Industrie, die von der PHD Chamber of Commerce and Industry (PHDCCI) in Zusammenarbeit mit Greenstat Hydrogen Pvt. Ltd. als Wissenspartner eingerichtet wurde. Ziel des Zentrums ist es, Partnerschaften zu fördern und als Bindeglied zu fungieren, um Forscher, Akademiker, Innovatoren und KKMUs für den Aufbau von Kapazitäten zusammenzubringen. Das Zentrum will den KMU-Sektor unterstützen, der sich auf die grüne Energiewende konzentriert und daran interessiert ist, ein neues

	Unternehmen im Bereich grüner Wasserstoff zu gründen. Dies ist die einzige Einrichtung dieser Art in Indien.
India Energy Storage Alliance (IESA) https://indiaesa.info/	IESA ist eine führende Allianz, die sich auf die Entwicklung fortschrittlicher Energiespeicher-, grüner Wasserstoff- und E-Mobilitäts-Technologien in Indien konzentriert.
India Green Hydrogen Council (IGHC) https://indiaesa.info/initiatives/india-green-hydrogen-council	Indischer Rat für grünen Wasserstoff soll erkunden, wie Indien das Potenzial der Forschung und Entwicklung sowie der Herstellung grüner Wasserstofftechnologien und der Einführung sauberer Verkehrsmittel und industrieller Anwendungen am besten nutzen kann.
Indian Machine Tool Manufacturers' Association (IMTMA) https://www.imtma.in/	Die IMTMA hat eine führende Rolle bei der Entwicklung der Werkzeugmaschinenindustrie gespielt, die das Rückgrat des industriellen Wachstums in Indien. Der Verband hat sich verpflichtet, ihre Mitglieder zu unterstützen, um die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern, die Effizienz zu erhöhen, die Produktivität zu verbessern und das Wachstum zu sichern.
Association for Machines and Mechanisms https://ammindia.org/	Die Association for Machines and Mechanism, India, ist die indische Tochtergesellschaft der International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science, IFToMM. Das Hauptziel der AMM ist es, zur mechanischen Konstruktion auf allen Ebenen beizutragen, angefangen bei akademischen Projekten bis hin zur industriellen Produktion, um so die Qualität und Zuverlässigkeit einheimischer Maschinen zu verbessern.
Indo-German Energy Forum (IGEF) https://energyforum.in/	2006 gegründet zur Förderung des politische Dialoges über die Energiewende in Indien und Deutschland. Plattform für die Regierungen und Wirtschaftsverbände beider Länder, um Wissen auszutauschen, Investitionen zu fördern und in der Forschung zusammenzuarbeiten.
The Indo-German Centre for Sustainability (IGCS) https://www.igcs-chennai.org/	IGCS konzentriert sich auf die Bewältigung aktueller Herausforderungen der Nachhaltigkeit durch interdisziplinäre Forschung und Wissensaustausch. Zu den wichtigsten Forschungsbereichen gehören Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, erneuerbare Energien und Landnutzung.
The Indo-German Science & Technology Centre (IGSTC) https://www.igstc.org/	Das IGSTC wurde gegründet, um die deutsch-indische F&E-Vernetzung durch substanzielle Interaktionen zwischen Regierung, Hochschulen/Forschungssystem und Industrie zu erleichtern.
Gesellschaft für Deutsch-Indische Zusammenarbeit e.V. http://www.gdiz.de/en/	Führende Non-Profit-Organisation, die die Zusammenarbeit zwischen Indien und Deutschland in den Bereichen Wirtschaft, Bildung, Kultur und Politik fördert.

Relevante Messen in Indien:

3RD EDITION GREEN HYDROGEN INDIA	03-05.10.2024, New Delhi	Internationale Jahreskonferenz zu grünem Wasserstoff in Indien zur Erörterung der neuesten Fortschritte und künftigen Technologien in der gesamten Wertschöpfungskette.	https://icgh.in/
HYDROGEN TECHNOLOGY EXPO - 2025	17-18.04.2024, New Delhi	Internationale Ausstellungen über Technologien und Lösungen für eine kohlenstoffarme Wasserstoffzukunft	https://missionenergy.org/hydrogen2025/
INDIA ENERGY STORAGE WEEK (IESW) 2025 – INTERNATIONAL CONFERENCE & EXPO	23-27.06.2025, New Delhi	Internationale Konferenz und Expo zu den Themen Energiespeicherung, E-Mobilität, Ladeinfrastruktur, grüner Wasserstoff und Microgrids.	https://www.energystorageweek.in/

Literaturverzeichnis

- Alex, B. (10. Dezember 2021). *Schub für grünen Wasserstoff*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/schub-fuer-gruenen-wasserstoff-759500> abgerufen
- Alex, B. (17. August 2022a). *Industrie investiert in grünen Wasserstoff*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/industrie-investiert-in-gruenen-wasserstoff-880738> abgerufen
- Alex, B. (15. 02 2022b). *Steigende Bauinvestitionen stärken Zementnachfrage*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/steigende-bauinvestitionen-staerken-zementnachfrage-794528> abgerufen
- Alex, B. (4. 9 2023a). *Indien setzt beim Klimaschutz auf erneuerbare Energien*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/specials/indien-setzt-beim-klimaschutz-auf-erneuerbare-energien-807554> abgerufen
- Alex, B. (4. Oktober 2023b). *Energieversorgung soll grüner und autarker werden*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/energieversorgung-soll-gruener-und-autarker-werden-1035034> abgerufen
- Alex, B. (11. 9 2023c). *Förderprogramm für grünen Wasserstoff läuft an*. Von Germany Trade & Invest:
<https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/foerderprogramm-fuer-gruenen-wasserstoff-laeuft-an-1034082> abgerufen
- BMBF. (24. 11 2022). *Grüner Wasserstoff kann Raffinerien klimafreundlich machen*. Von Bundesministerium für Bildung und Forschung: <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/11/gruener-wasserstoff-fuer-raffinerie-schwedt.html> abgerufen
- BMBF. (2024). *Wissenswertes zu Wasserstoff*. Von Bundesministerium für Bildung und Forschung:
<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/wissenswertes-zu-gruenem-wasserstoff.html> abgerufen
- BMWK. (02. 05 2022). *Pressemitteilung: Habeck unterzeichnet Gemeinsame Absichtserklärung zur Deutsch-Indischen Wasserstoffkooperation*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/05/20220502-habeck-unterzeichnet-gemeinsame-absichtserklarung-zur-deutsch-indischen-wasserstoffkooperation.html> abgerufen
- BMWK. (2024). *Mission Wasserstoff 2030*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz :
<https://www.energieforschung.de/de/forschungsmissionen-fuer-die-energiewende/forschungsmissionen/mission-wasserstoff-2030> abgerufen
- BMWK. (2024). *Wasserstoff: Schlüsselement für die Energiewende*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html> abgerufen
- BMZ. (2024). *Grüner Wasserstoff und Power-to-X*. Von Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung: <https://www.bmz.de/de/themen/wasserstoff> abgerufen
- BMZ. (03. 09 2024). *Schwerpunkt „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ - Indiens Energiewende fördern*. Von Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung:
<https://www.bmz.de/de/laender/indien/schwerpunkt-erneuerbare-energien-10376> abgerufen
- DVGW. (2024). *Klimaneutralität im Industriesektor mit Wasserstoff*. Von DVGW:
<https://www.dvgw.de/themen/energiewende/wasserstoff-und-energiewende/wasserstoff-in-der-industrie> abgerufen
- EAI - U. S. Energy Information Administration. (23. 06 2023). *Hydrogen explained*. Von
<https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/> abgerufen
- Fernández, L. (10. 05 2024). *Global renewable energy production 2020, by country*. Von Statista:
<https://www.statista.com/statistics/1262233/countries-renewable-energy-production/> abgerufen

- FSR . (05. 03 2024). *EUI Florence School of Regulation*. Von Hydrogen in the Energy Transition : <https://fsr.eui.eu/hydrogen-in-the-energy-transition/> abgerufen
- Germany Trade and Invest. (2024). *Wirtschaftsdaten kompakt - Indien*. Von <https://www.gtai.de/de/trade/indien-wirtschaft/wirtschaftsdaten-kompakt> abgerufen
- GTAI. (2. 7 2024). *GTAI-Exportguide - Geschäftschancen in Indien*. Von Germany Trade & Invest: <https://www.gtai-exportguide.de/de/news/geschaeftschancen-in-indien-1794212> abgerufen
- IGEF. (25. 10 2024). *Official Release of the Indo-German Green Hydrogen Roadmap*. Von Indo-German Energy Forum: <https://energyforum.in/highlights/official-release-of-the-indo-german-green-hydrogen-roadmap/> abgerufen
- IMF. (10 2024). *Real GDP growth*. Von International Monetary Fund: https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD abgerufen
- Indian Institute of Management Ahmedabad & Indian Institute of Technology Gandhinagar. (20. 06 2024). *Renewable Energy Policy by 2030 for Gujarat*. Von https://www.iima.ac.in/sites/default/files/2024-07/RE%20Policy%20for%20Gujarat%202030%20Report_Final%20%2820062024%29.pdf abgerufen
- Invest in India. (2024). *Sector: Renewable Energy*. Von <https://www.investindia.gov.in/sector/renewable-energy> abgerufen
- Jaganmohan, M. (02. 01 2024a). *Energy sector in India - statistics and facts*. Von Statista: <https://www.statista.com/topics/5075/india-s-energy-sector/> abgerufen
- Jaganmohan, M. (19. 04 2024b). *Leading cement producing countries worldwide 2023*. Von Statista: <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/> abgerufen
- Jaganmohan, M. (03. 06 2024c). *Primary energy consumption in India 1998-2023*. Von Statista: <https://www.statista.com/statistics/265582/primary-energy-consumption-in-india> abgerufen
- Ministry of Steel, Government of India. (2024). *Greening the Steel Sector in India - Roadmap and Action Plan*. Von <https://steel.gov.in/sites/default/files/GSI%20Report.pdf> abgerufen
- MNRE. (04. 01 2023). *Hydrogen Overview - Brief on Green Hydrogen*. Von Ministry of New and Renewable Energy: <https://mnre.gov.in/hydrogen-overview/> abgerufen
- MNRE. (23. 01 2023). *National Green Hydrogen Mission*. Von Ministry of New and Renewable Energy: <https://mnre.gov.in/national-green-hydrogen-mission/> abgerufen
- MNRE. (14. 02 2024). *Government issues Scheme Guidelines for Pilot Projects on use of Green Hydrogen in the Transport Sector*. Von Ministry of New and Renewable Energy: <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=2006052> abgerufen
- MNRE. (24. 07 2024). *NATIONAL GREEN HYDROGEN MISSION (NGHM)*. Von Ministry of New and Renewable Energy: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2039091> abgerufen
- NITI Aayog. (30. 09 2024). *India Climate & Energy Dashboard*. Von <https://iced.niti.gov.in/energy/electricity/generation> abgerufen
- NTPC. (04. 01 2023). *NTPC starts Indias first green hydrogen blending operation png-network*. Von <https://ntpc.co.in/media/press-releases/ntpc-starts-indias-first-green-hydrogen-blending-operation-png-network> abgerufen
- O'Neill, A. (04. 07 2024). *National debt of India 2029*. Von Statista: <https://www.statista.com/statistics/531619/national-debt-of-india/> abgerufen
- PIB Delhi - Press Information Bureau. (19. 09 2023). *India announces definition of Green Hydrogen*. Von <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1950421> abgerufen
- Raj, K., Lakhina, P., & Stranger, C. (06 2022). *Harnessing GREEN HYDROGEN - Opportunities for deep*

- decarbonisation in India*. Von NITI Aayog; RMI: https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-06/Harnessing_Green_Hydrogen_V21_DIGITAL_29062022.pdf abgerufen
- Robert Hren, A. V. (2023). Hydrogen production, storage and transport for renewable energy and chemicals: An environmental footprint assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 173.
- Salas, E. B. (12. 08 2024). *Climate change in India - statistics & facts*. Von Statista: <https://www.statista.com/topics/12088/climate-change-in-india/> abgerufen
- Statista. (05. 07 2024a). *CO₂-Ausstoß weltweit nach Ländern 2022*. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/179260/umfrage/die-zehn-groessten-c02-emittenten-weltweit/> abgerufen
- Statista. (11. 10 2024b). *Forecasted hydrogen demand APAC 2030-2050, by country*. Von <https://www.statista.com/statistics/1498158/apac-forecasted-hydrogen-demand-by-country/> abgerufen
- Statista. (01. 02 2024c). *Global ammonia production 2023, by country*. Von <https://www.statista.com/statistics/1266244/global-ammonia-production-by-country/> abgerufen
- Statista. (29. 04 2024d). *Global hydrogen production and use by sector 2019*. Von <https://www.statista.com/statistics/1199339/global-hydrogen-production-and-consumption-by-sector/> abgerufen
- Statista. (29. 04 2024e). *Green hydrogen production cost outlook by country 2020-2050*. Von <https://www.statista.com/statistics/1086695/green-hydrogen-cost-development-by-country/> abgerufen
- Statista. (25. 10 2024f). *Hydrogen: leading importing countries worldwide 2022*. Von <https://www.statista.com/statistics/1411890/hydrogen-leading-importing-countries-worldwide/> abgerufen
- Statista. (2024g). *Renewable Energy in India*. Von <https://www.statista.com/study/111779/renewable-energy-industry-in-india/> abgerufen
- TransHyDE. (2024). *Transport and storage*. Von Hydrogen Flagship Project TransHyDE: https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/00D6C9CF128263B4E0637E695E86964B/current/document/TransHyDE_project-brochure.pdf abgerufen
- Wenke, F. (25. 2 2022). *Indien Stahlindustrie hat Grund für Optimismus*. Von Germany Trade & Invest: <https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/indiens-stahlindustrie-hat-grund-fuer-optimismus-798070#toc-anchor--4> abgerufen
- Wenke, F. (16. 5 2023a). *In kleinen Schritten zum grünen Stahl*. Von Germany Trade & Invest: <https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/in-kleinen-schritten-zum-gruenen-stahl-1004318> abgerufen
- Wenke, F. (27. 11 2023b). *Investoren haben Indien im Blick*. Von Germany Trade & Invest: <https://www.gtai.de/de/trade/indien/wirtschaftsumfeld/wirtschaftsstandort-1037968> abgerufen
- Wenke, F. (17. Januar 2024). *Nachhaltigkeit in der Chemieindustrie*. Von Germany Trade & Invest: <https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/nachhaltigkeit-in-der-chemieindustrie-1057962> abgerufen

