



Kooperation  
international

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Monitoring des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums (APRA)

Ausbau und Förderung erneuerbarer Energien  
im Asiatisch-Pazifischen Forschungsraum

Schwerpunkt Wasserstofftechnologien



Der Asiatisch-Pazifische Forschungsraum umfasst etwa die Hälfte der Weltbevölkerung und entwickelt sich seit über 15 Jahren mit großer Dynamik: In vielen Ländern steigen die Investitionen in Forschung, Entwicklung und Innovation, die Zahl der Studierenden und Wissenschaftler wächst ebenso wie der Aufbau von Forschungsinfrastrukturen und Publikationen oder Patentanmeldungen. Zahlreiche andere Indikatoren bestätigen die zunehmende Bedeutung der Region. Die Vernetzung der Länder der Region führte zur Entwicklung einer dritten Weltregion der Wissensproduktion neben Nordamerika und Europa. Angelehnt an den Begriff „European Research Area“ (ERA), nutzt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) seit zehn Jahren den Begriff des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums (Asia Pacific Research Area (APRA)). Im Gegensatz zur Europäischen Union, die den ERA bildet, ist der APRA jedoch nicht fest umrissen. Er umfasst Länder Süd-, Südost- und Ostasiens sowie Länder im Pazifik.

Im Rahmen des vom BMBF beauftragten APRA-Performance Monitorings erstellen das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, das Leibniz-Institut für Globale und Regionale Studien (GIGA) und der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) seit 2018 regelmäßig Berichte. Übergeordnetes Ziel des APRA-Performance Monitorings ist, der deutschen Wissenschaftslandschaft, dem BMBF und weiteren interessierten Akteuren die notwendige Evidenzbasis zur strategischen Weiterentwicklung der Zusammenarbeit mit den Ländern des asiatisch-pazifischen Raums zu liefern.

Der vorliegende Bericht wurde im Auftrag des BMBF erstellt. Der DLR-Projektträger unterstützt als Herausgeber der Berichtsreihe das BMBF. Es wird darauf hingewiesen, dass die in dem APRA-Performance Monitoring dargelegten Positionen nicht notwendigerweise die Meinung des BMBF und des DLR-PT wiedergeben. Die getätigten Aussagen sind solche des Auftragnehmers und liegen in dessen ausschließlicher Verantwortung.

# Ausbau und Förderung erneuerbarer Energien im Asiatisch-Pazifischen Forschungsraum

## Schwerpunkt Wasserstofftechnologien

**Henning Kroll, Margot Schüller, Iris Wiczorek, Marcus Conlé,  
Christian Schäfer, Laura Méndez Prencke**

**unter wesentlicher Mitarbeit von: Oliver Rothengatter  
und Valeria Maruseva**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<hr/>	
<b>Kapitel 1: Positionierung der Länder des Asiatisch-Pazifischen Raums im Bereich erneuerbarer Energien insgesamt</b>	<b>8</b>
<hr/>	
Wissenschaftliche Performanz .....	8
Technologische Performanz.....	11
Wettbewerbsposition und Handelsbilanzen.....	13
<b>Kapitel 2: Positionierung der Länder des APRA in zentralen Bereichen der Wasserstofftechnologie</b>	<b>15</b>
<hr/>	
Wissenschaftliche Performanz .....	15
Technologische Performanz.....	16
Wettbewerbsposition und Handelsbilanzen.....	20
<b>Kapitel 3: Internationale Kooperationen der Länder des APRA im Bereich Wasserstofftechnologien</b>	<b>24</b>
<hr/>	
Wissenschaftliche Kooperation .....	24
Technologische Kooperation .....	24

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel 4: Politische Förderung relevanter Wasserstofftechnologien in ausgewählten Ländern des APRA</b>	<b>28</b>
Förderung von Wasserstofftechnologien in China .....	28
Förderung von Wasserstofftechnologien in Japan .....	31
Förderung von Wasserstofftechnologien in Korea .....	35
Förderung von Wasserstofftechnologien in Singapur .....	38
Förderung von Wasserstofftechnologien in Australien .....	40
Förderung von Wasserstofftechnologien in Indien .....	43
Förderung von Wasserstofftechnologien in Neuseeland .....	46
Förderung von Wasserstofftechnologien in Taiwan .....	47
<b>Kapitel 5: Wissenschaftlich-akademischer Austausch mit Ländern des APRA im Bereich Wasserstofftechnologie</b>	<b>49</b>
Forschungskooperation mit Ländern des APRA .....	49
Relevante Studiengänge in Deutschland und Studierende aus Ländern des APRA .....	50
<b>Zusammenfassung</b>	<b>51</b>
Performanz .....	51
Kooperation .....	52
<b>Literatur</b>	<b>54</b>
<b>Anhang</b>	<b>62</b>
<b>Impressum</b>	<b>72</b>

# Abbildungen und Tabellen

<b>Abbildung 1:</b>	Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien insgesamt, Summe 2019–21 .....	9
<b>Abbildung 2:</b>	Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2019–21 (nach Typ) .....	9
<b>Abbildung 3:</b>	Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien (APRA gesamt) .....	10
<b>Abbildung 4:</b>	Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land) .....	10
<b>Abbildung 5:</b>	Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2017–19 .....	11
<b>Abbildung 6:</b>	Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2017–19 (nach Typ) .....	12
<b>Abbildung 7:</b>	Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land) .....	12
<b>Abbildung 8:</b>	Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich erneuerbare Energien, 2010–20 .....	14
<b>Abbildung 9:</b>	Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien, Summe 2019–21 (nach Teilbereichen) .....	16
<b>Abbildung 10:</b>	Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien (APRA gesamt) .....	17
<b>Abbildung 11:</b>	Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien (nach Land) .....	17
<b>Abbildung 12:</b>	Transnationale Patentanmeldungen im Bereich Wasserstofftechnologien, Summe 2017–19 (nach Teilbereichen) .....	18
<b>Abbildung 13:</b>	Transnationale Patentanmeldungen im Bereich Wasserstofftechnologien (APRA gesamt, nach Teilbereichen) .....	18
<b>Abbildung 14:</b>	Entwicklung der Exportvolumina im Bereich Technologien für Elektrolyse, 2010–20 (in USD) .....	21
<b>Abbildung 15:</b>	Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich Technologien für Elektrolyse, 2010–20 .....	21
<b>Abbildung 16:</b>	Entwicklung der Exportvolumina im Bereich der für die Wasserstoffwirtschaft relevanten Technologien, 2010–20 (in USD) .....	22
<b>Abbildung 17:</b>	Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich der für die Wasserstoffwirtschaft relevanten Technologien, 2010–20 .....	22
<b>Abbildung 18:</b>	Ko-Publikationsanteil im Bereich erneuerbare Energien .....	25
<b>Abbildung 19:</b>	Ko-Publikationsanteil im Bereich Wasserstofftechnologien .....	25
<b>Abbildung 20:</b>	Ko-Patentanteile im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land) .....	26
<b>Abbildung 21:</b>	Ko-Patentanteil im Bereich Wasserstofftechnologien .....	26
<b>Abbildung 22:</b>	Beteiligung verschiedener Institutionstypen an internationalen Kooperationen von Deutschland mit des APRA zum Themenfeld „grüner Wasserstoff“ .....	50
<b>Tabelle 1:</b>	Forschungsstrategie Singapurs .....	39
<b>Tabelle A1:</b>	Laufende oder kürzlich abgeschlossene internationale Kooperationsprojekte mit Partnern aus Deutschland und aus dem asiatisch-pazifischen Forschungsraum .....	62

# Einleitung

Im asiatisch-pazifischen Raum haben sich Wissenschaft, Forschung und Innovation in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Daraus ergeben sich für Deutschland sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich große Chancen. Teilweise besteht bereits heute eine intensive Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie, in einigen Fällen sind diese Austauschbeziehungen aber noch weniger ausgeprägt oder im Verlauf des vergangenen Jahrzehnts der Dynamik in der Region nicht gefolgt.

Hieraus ergeben sich für Deutschland neue Rahmenbedingungen, die eine Anpassung der Wissenschafts-, Forschungs- oder auch Innovationspolitik erforderlich machen könnten. Um relevante Entwicklungsdynamiken in den Ländern<sup>1</sup> des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums erfassen und mit jenen in etablierten Wissenschafts- und Innovationsnationen vergleichen zu können, ist eine kontinuierliche Beobachtung der Entwicklungen notwendig. Im Sinne einer evidenzbasierten Politik ist es für eine Vielzahl von Entscheidungsträgern unumgänglich, umfassende quantitative und qualitative Informationen zur Bewertung der Situation zur Verfügung zu haben. Dies ist einerseits notwendig, um das Erstarken möglicher Wettbewerber frühzeitig zu erkennen, andererseits, und wichtiger, um Möglichkeiten zum Ausbau bestehender und zur Initiierung neuer Partnerschaften identifizieren zu können.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beobachtet die dynamische Entwicklung von Wissenschaft, Forschung und Innovation im Asiatisch-Pazifischen Forschungsraum bereits seit mehreren Jahren, um das eigene Handeln adäquat auf neue Entwicklungen abstimmen zu können. In diese Aktivitäten ordnet sich das „Monitoring des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums“ ein.

Dieser Bericht zum Thema „Aufbau und Förderung erneuerbarer Energien im Asiatisch-Pazifischen Forschungsraum“ befasst sich mit der weltweit zunehmend bedeutsamen und dringlichen Herausforderung der Dekarbonisierung der Energiewirtschaft, die sowohl die Entwicklung und Installation von Technologien zur Erschließung neuer Primärenergiequellen erfordert, als auch die Entwicklung und Einführung neuer Energieträger und Produktionsverfahren. In letzterem Zusammenhang spielt in Industrie und Verkehrswirtschaft zunehmend auch die Ambition wasserstoffgestützter Wertschöpfungsketten eine wesentliche Rolle. Daher widmet dieser Bericht dem Bereich Wasserstofftechnologien einen besonderen Schwerpunkt.

---

1 Die Bezeichnung „Länder“ umfasst in diesem Zusammenhang Staaten, Provinzen und Territorien. Sie spiegelt nicht die Position der Bundesregierung hinsichtlich des Status eines Landes oder einer Region wider.

# Kapitel

## Kapitel 1: Positionierung der Länder des Asiatisch-Pazifischen Raums im Bereich erneuerbarer Energien insgesamt

Der erste Abschnitt befasst sich mit wissenschaftlich-technologischen Aktivitäten im Bereich bereits etablierter erneuerbarer Energieträger, in denen aktuell bereits Innovations- und Wertschöpfungsketten etabliert

sind. Zu diesen zählen neben Sonnen- und Windenergie auch Wasserkraft sowie die Nutzung von Geothermie und Biomasse. Das Thema Wasserstoff, in dem dies noch nicht der Fall ist, wird separat behandelt.

### Wissenschaftliche Performanz

Wie in den meisten Feldern konzentriert sich auch im Bereich der erneuerbaren Energien mehr als 50% der Publikationsleistung in der Region auf China, das schon aufgrund der sehr hohen Zahl der im Land tätigen Forschenden über erhebliche Potenziale zur Generierung eines quantitativ umfangreichen wissenschaftlichen Outputs verfügt. Selbst alle Mitgliedsstaaten der EU-27 zusammengenommen erreichen nur ca. zwei Drittel des Outputs Chinas, die USA kaum ein Drittel. Innerhalb des asiatisch-pazifischen Forschungsraums folgen neben China Indien, Japan, Korea und Australien als Länder mit wesentlichen Publikationsoutputs. Im internationalen Vergleich liegt Indien dabei sogar noch vor Deutschland und Großbritannien. Andere Länder des APRA wie Malaysia oder Taiwan erreichen dagegen absolut betrachtet nur eher geringe Publikationsvolumina (Abbildung 1).

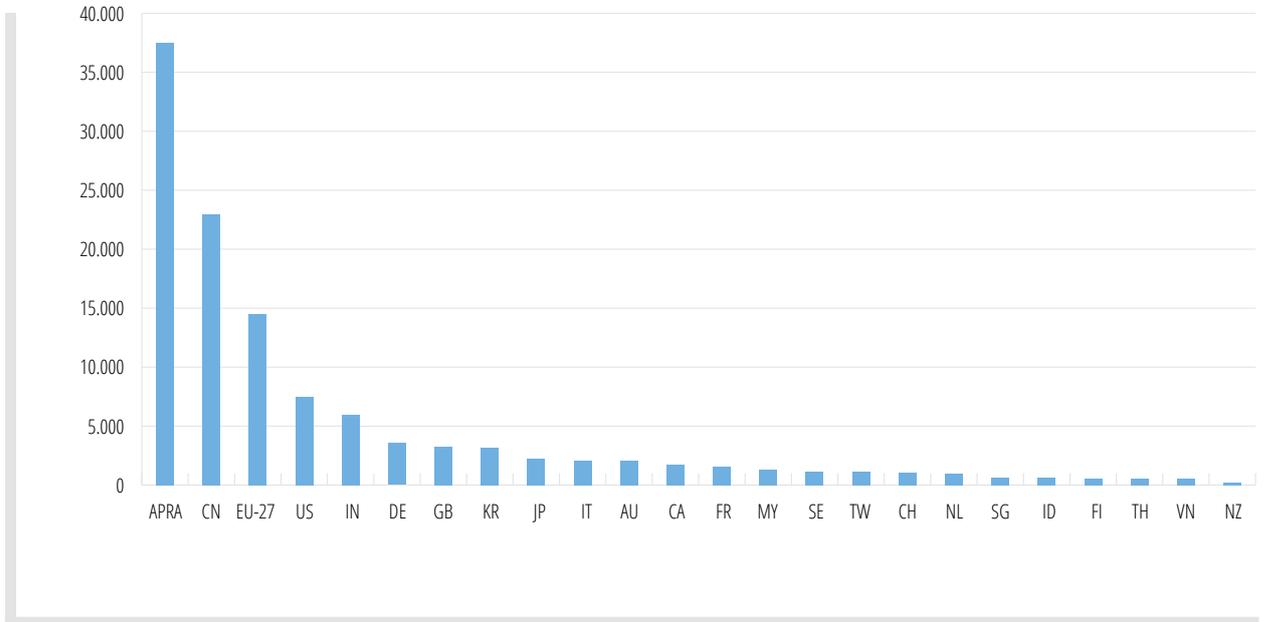
Thematisch entfällt innerhalb des Bereichs der erneuerbaren Energien der größte Anteil auf das Themenfeld Solarenergie, gefolgt in deutlichem Abstand von den Themenfeldern Biomasse und Windenergie. Während in der EU-27 die Anzahl der Publikationen im Bereich Biomasse nicht weit hinter jenen im Bereich Solarenergie zurückliegen, liegen letztere in fast allen Ländern der asiatisch-pazifischen Region mehr als doppelt so hoch. Eine Ausnahme davon bilden einige, oft kleinere Länder mit bekannten Schwerpunkten im Bereich Bioökonomie, wie Thailand (Anteil Biomasse 44%), Malaysia (40%), Neuseeland (35%), Indonesien (34%) (Abbildung 2).

Mit Blick auf relevante Entwicklungen zeigt sich im Themenfeld Solarenergie seit ca. 2015 eine deutliche Abschwächung des Wachstums, während in den Bereichen Windkraft und Biomasse nach 2018 eine Dynamisierung einsetzte (Abbildung 3). Im internationalen Vergleich wuchs der Publikationsoutput nach 2015 fast ausschließlich in China weiterhin proportional, während in den meisten anderen Ländern eine Stagnation festzustellen ist (Abbildung 4). Insbesondere gilt dies im Bereich Solarenergie, wo die jährlichen Publikationszahlen in den USA und Korea nach 2014/15 sogar rückläufig sind<sup>2</sup>. Im Bereich Windenergie findet sich dagegen in allen betrachteten Ländern weiterhin ein graduelles Wachstum. Im Bereich Biomasse stagniert die Entwicklung schon seit Beginn der 2010er-Jahre, klare Dynamiken können in der Mehrzahl der Fälle nicht ausgemacht werden und besondere Trends sind kaum ersichtlich. Allein in China wachsen auch hier die Publikationszahlen proportional zur fächerübergreifenden Gesamtentwicklung weiter an.

Die Exzellenzrate, das heißt der Anteil jener wissenschaftlichen Publikationen, die zu den Top10% aller bestzitierten Veröffentlichungen im jeweiligen Feld gehören, nimmt in diesem Bereich seit Anfang der 2010er-Jahre im Feld der erneuerbaren Energien kontinuierlich ab; dies gilt für westliche Vergleichsländer ebenso wie für die Länder des APRA, inklusive China.

<sup>2</sup> Hier und in einigen folgenden Passagen bezieht sich der Text auf Detailanalysen, auf deren umfassende Veranschaulichung in Grafiken aus Platzgründen verzichtet wurde, da teils nur einzelne Aspekte relevant sind.

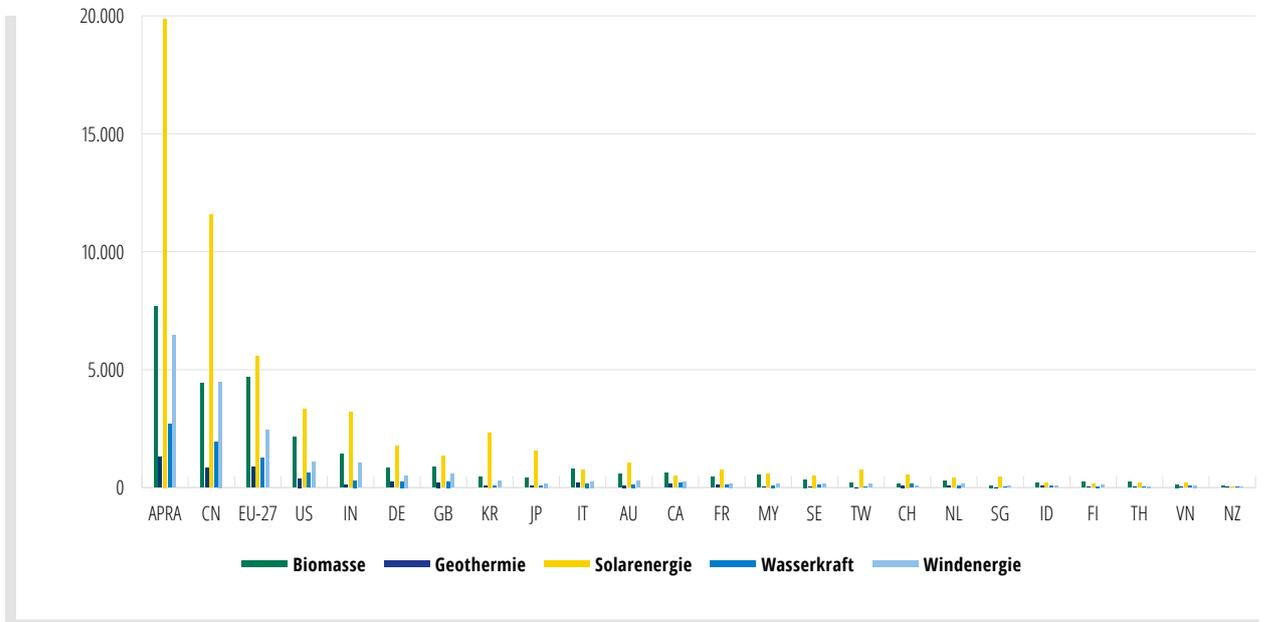
**ABBILDUNG 1: Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien insgesamt, Summe 2019–21**



ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie

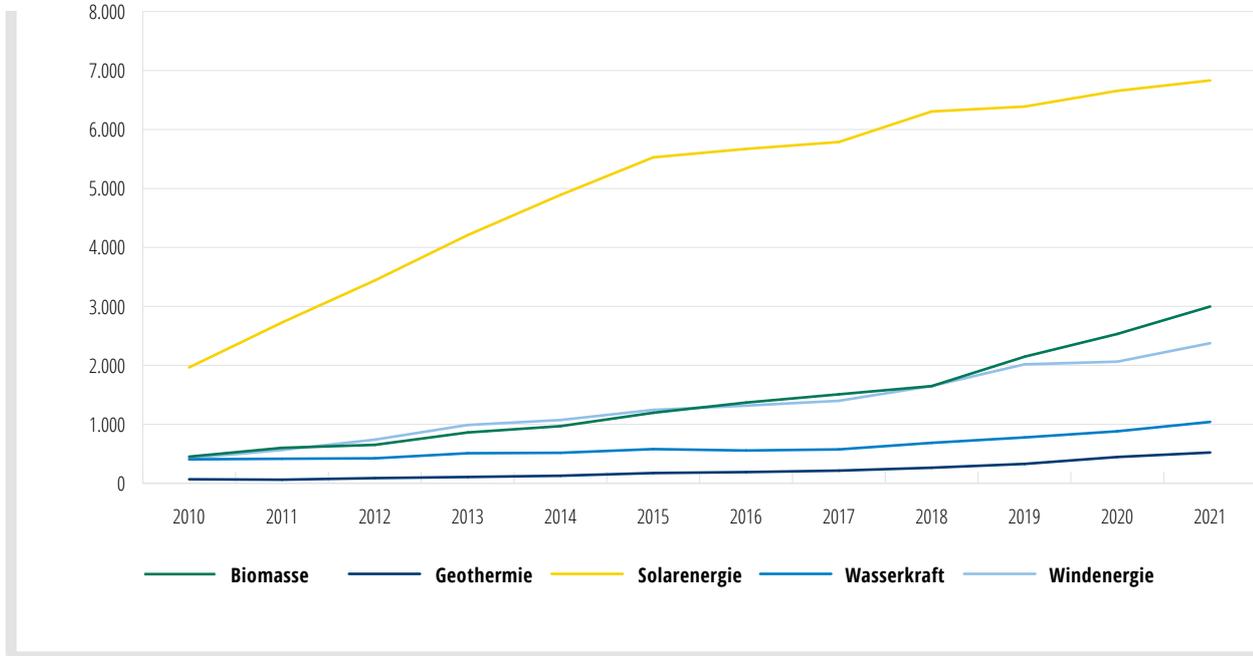
QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

**ABBILDUNG 2: Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2019–21 (nach Typ)**



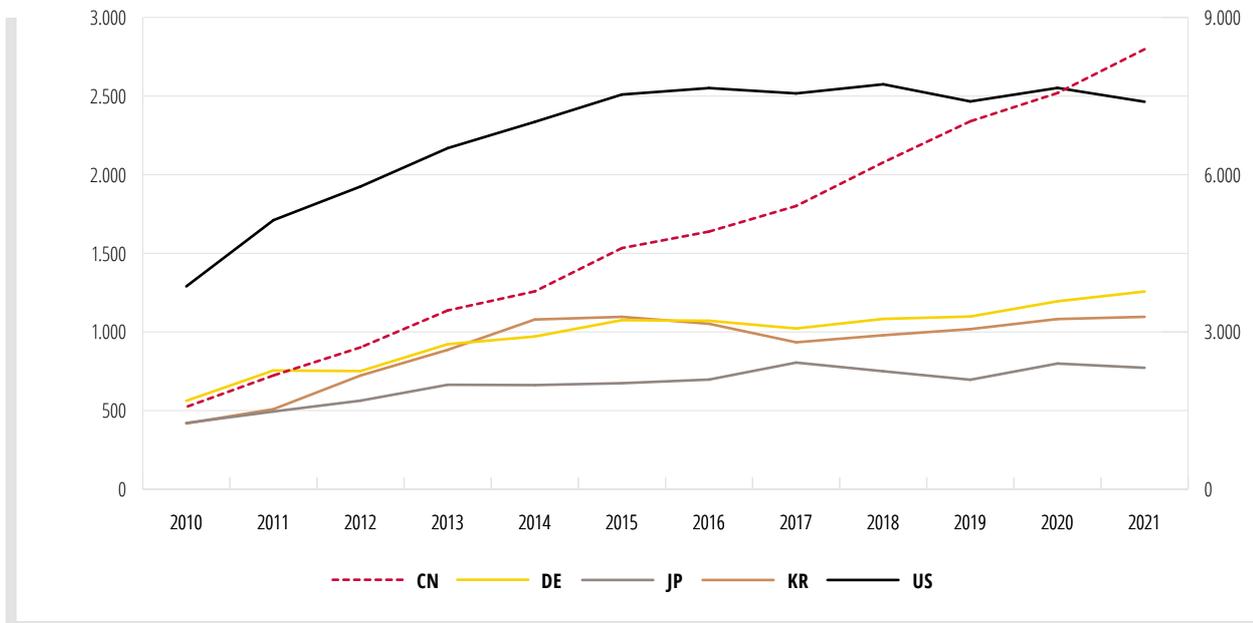
QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

**ABBILDUNG 3: Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien (APRA gesamt)**

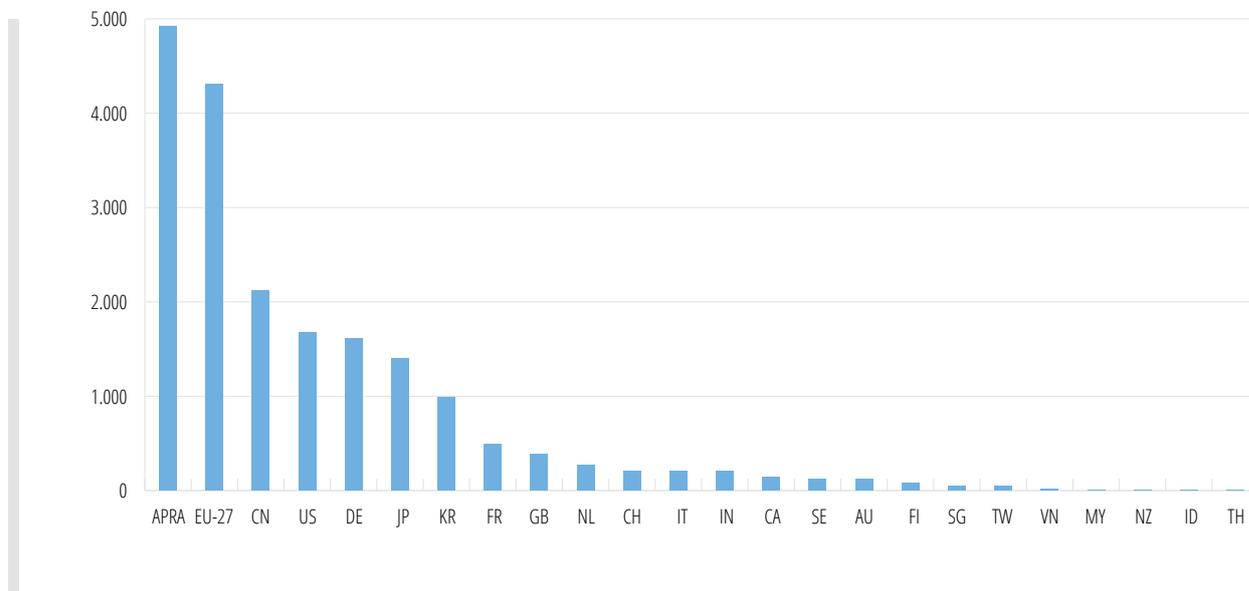


ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie  
 QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

**ABBILDUNG 4: Publikationen im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land)**



ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie  
 QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

**ABBILDUNG 5: Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2017-19**

ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

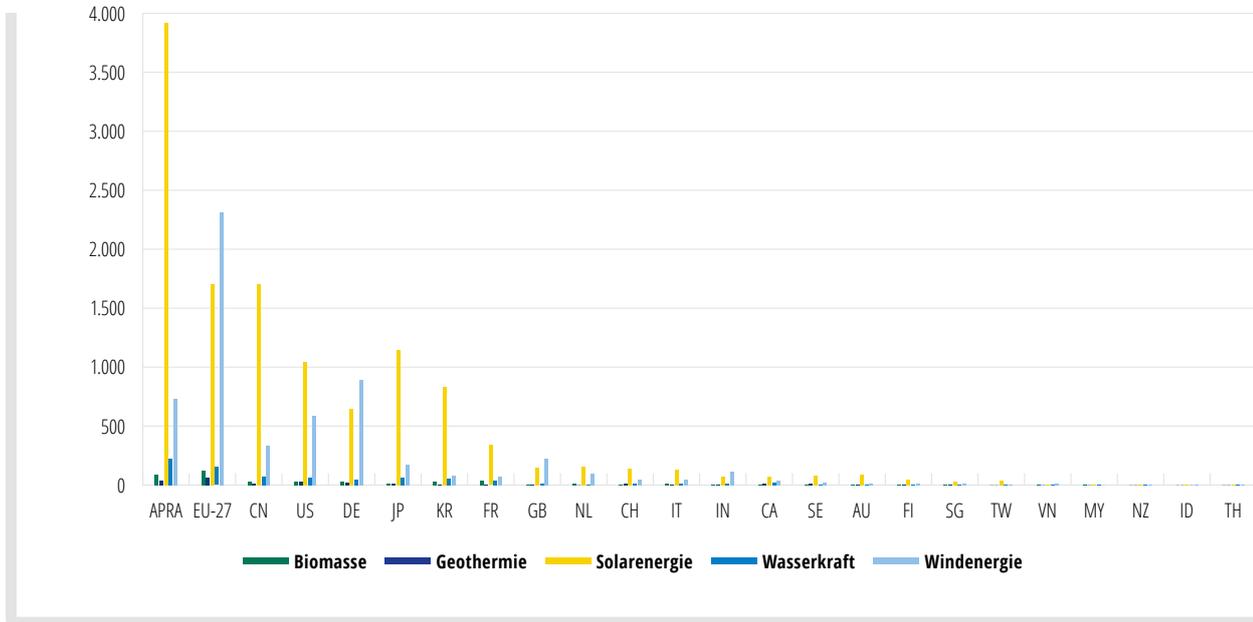
## Technologische Performanz

Während die Länder der EU-27 mittlerweile weniger als 50% des wissenschaftlichen Outputs des asiatisch-pazifischen Raums erzielen, sind es mit Blick auf transnationale Patentanmeldungen noch immer mehr als 90%. Zwar hat in absoluten Zahlen China auch hier mittlerweile sowohl Deutschland als auch die USA überholt, der Abstand ist allerdings noch bei Weitem geringer als im wissenschaftlichen Bereich. Zentrale Beitragende zum Patentaufkommen der Region sind neben China dabei vor allem Japan und Korea. Erst mit deutlichem Abstand folgen Indien und Australien mit Beiträgen in der Größenordnung kleinerer EU-Länder. In Singapur, Taiwan sowie weiteren kleineren Ländern sind absolut keine wesentlichen Aktivitäten zu beobachten (Abbildung 5).

Noch deutlicher als im wissenschaftlichen Bereich zeigt sich unter thematischen Gesichtspunkten auch hier ein Profilunterschied zwischen den Ländern des asiatisch-pazifischen Raums und Europa. Innerhalb der Region entfallen relevante Patentanmeldungen im Bereich der erneuerbaren Energien fast ausschließlich auf den Bereich Solarenergie, während in der EU-27, und auch in Deutschland, jene im Bereich Windenergie leicht überwiegen (Abbildung 6).

Darüber hinaus ist die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen im Bereich der erneuerbaren Energien – und insbesondere der Solarenergie – in der asiatisch-pazifischen Region seit ca. 2011 rückläufig und folgt damit dem globalen Trend. Diese Entwicklung zeigt sich in fast allen Ländern gleichermaßen, einzig in China kommt es auch nach 2015 noch zu einem deutlichen Anstieg. In den USA und Deutschland scheint ab diesem Zeitpunkt zumindest der Negativtrend als gebrochen (Abbildung 7). Geprägt wird dieser Trend dabei im Wesentlichen durch die für den Gesamtwert entscheidenden Entwicklungen im Themenfeld Solarenergie, in dem das technologische Aktivitätsniveau seit Beginn der 2010er-Jahre auf teils weniger als ein Drittel zurückging. Im Bereich Windenergie sind dagegen zwar ebenfalls Rückgänge zu verzeichnen, allerdings bei Weitem nicht in vergleichbarem Ausmaß. In Deutschland und den USA erhöhte sich die Zahl der Patentanmeldungen in diesem Feld sogar nach 2015–16 wieder deutlich, was allerdings in den Ländern des APRA (mit Ausnahme Chinas) bislang nicht festgestellt werden konnte.

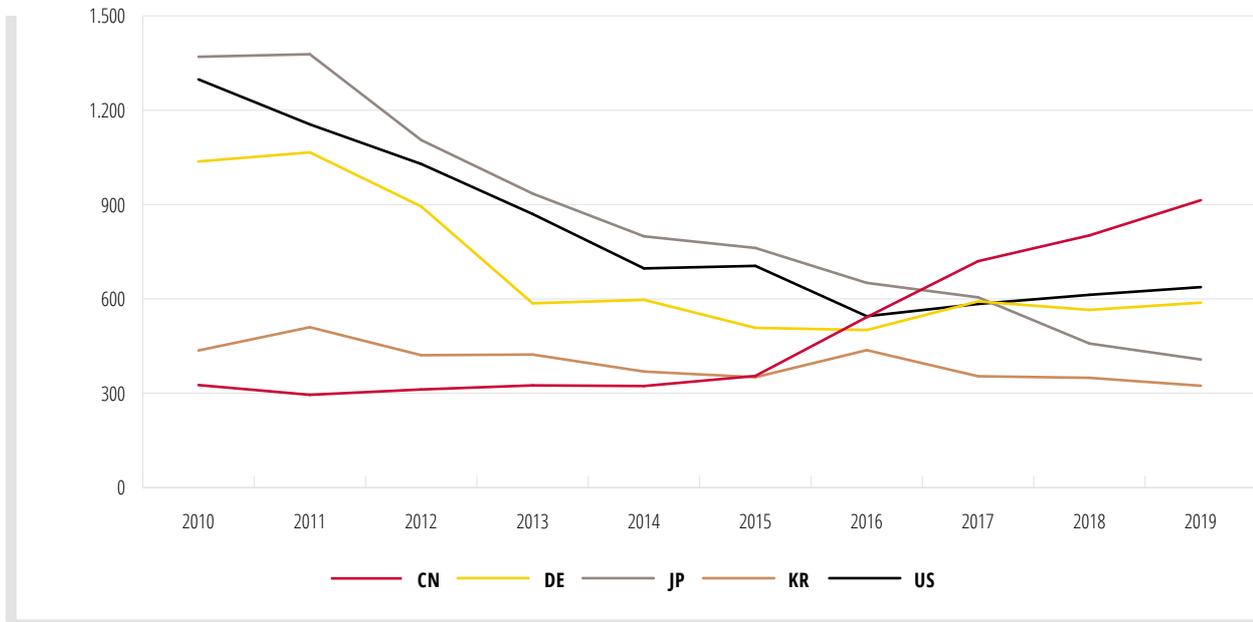
**ABBILDUNG 6: Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien, Summe 2017-19 (nach Typ)**



ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 7: Transnationale Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land)**



ANMERKUNG: 2019: Schätzungen (bzw. Realwert, wenn in Q3 2019 bereits höher als Schätzung)

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

## Wettbewerbsposition und Handelsbilanzen

Den folgenden Analysen von Handelsdaten wird, wie in vorherigen Berichten, das Konzept der Einbettung zugrunde gelegt. Das heißt, es wird die Annahme getroffen, dass bestimmte Technologien entweder in bestimmten Gütergruppen überdurchschnittlich enthalten sind oder für deren Produktion sogar unverzichtbar. Gehandelte Gütergruppen werden dem Bereich erneuerbare Energien somit konkret dann zugeordnet, wenn sie eindeutig als zentrale Inputs für Endprodukte in diesem Bereich erkennbar sind oder aber eine Klassifizierung wichtiger Endprodukte in diese Klassen wahrscheinlich erscheint. Im Bereich der hier betrachteten etablierten Technologien wie Windkraft oder Sonnenenergie ist dies in der Regel recht gut möglich, da für Elemente wie z. B. spezifische Rotoren oft bereits eigene Güterklassen definiert wurden. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass der Technologiegehalt der Güter in Teilen stark variieren kann und die Identifizierung von Exportvolumina direkt stets nur Rückschlüsse auf den Produktionsstandort, nicht aber auf im Exportland vorhandene wissenschaftlich-technologische Kompetenzen ermöglicht. Angesichts einer auch in diesem Bereich weit entwickelten globalen Arbeitsteilung sind auch hier Offshoring und Lohnfertigung als relevante Aspekte mit zu berücksichtigen. Darüber hinaus kommt Singapur als Umschlaghafen stets eine Sonderrolle zu, da meist nur ein kleiner Anteil der über Singapur gehandelten Güter tatsächlich auch dort gefertigt wurde.

Ein allgemeiner Blick auf die Entwicklung der Exportvolumina zeigt dabei zunächst, dass China wie in vielen Sektoren auch im Bereich erneuerbarer Energien zentraler Fertigungsstandort und Exporteur industrieller Güter ist. Absolut betrachtet, konnte es diese Position in den letzten fünf Jahren sogar noch etwas ausbauen. Es folgen, auf ca. einem Drittel des chinesischen Niveaus, Japan und, auf ca. der Hälfte des japanischen Niveaus, Korea. Taiwan, das noch bis Mitte der 2010er-Jahre eine Position zwischen Japan und Korea einnahm, hat diese vor allem aufgrund eines massiven Rückgangs seiner Exporte im Bereich Photovoltaik (PV), stark eingebüßt und liegt nun eher auf dem Niveau Malaysias und Singapurs. Während Malaysias Exportstärke auf einen tatsächlichen Produktionsstandort hinweist, handelt es sich in Singapur in den meisten Fällen um Re-Exporte bspw. taiwanesischer Waren. Auf noch einmal deutlich niedrigerem Niveau

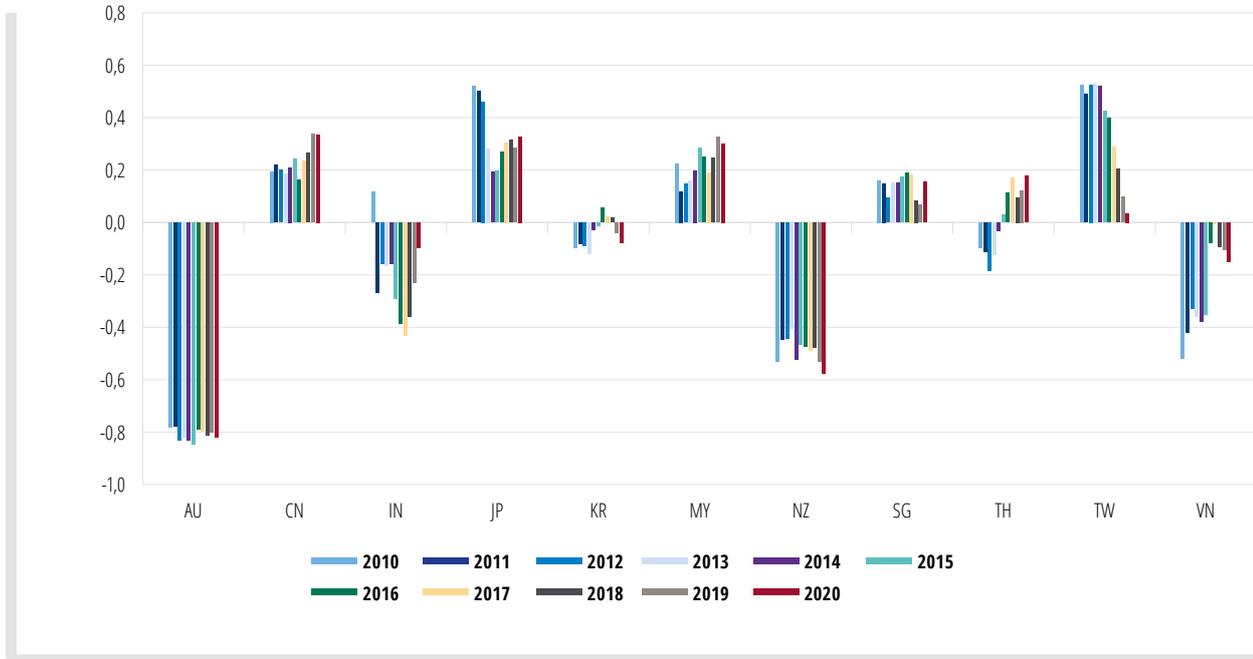
haben sich auch in Thailand und Vietnam relevante Produktionskapazitäten herausgebildet.

Mit Blick auf die Handelsbilanzen (Abbildung 8) zeigt sich, dass v.a. Australien und Neuseeland, aber auch Indien in starkem Maße von ausländischen Importen abhängig sind. In Vietnam hat sich eine vormals starke Abhängigkeit in den letzten Jahren erheblich gemindert, in ähnlicher Weise weist Thailand statt einer moderat negativen Handelsbilanz nun sogar leichte Überschüsse auf. Während Koreas Handelsbilanz stets eher neutral blieb, sind jene Chinas, Japans, Malaysias und Singapurs (hierzu siehe oben) bereits seit Beginn der 2010er-Jahre kontinuierlich klar positiv. Taiwan weist als Resultat seiner abnehmenden Exporte statt einer klar positiven nun eine eher ausgeglichene Handelsbilanz auf. Auch die führende Position Japans hat sich leicht relativiert.

Im Hinblick auf die Rolle spezifischer Einzeltechnologien zeigt sich darüber hinaus, dass in absoluter Hinsicht vor allem Güter mit Relevanz für den Bereich Photovoltaik sowie jene mit Relevanz für den Bereich Windenergie eine zentrale Rolle spielen. Das Volumen des Handels mit für andere erneuerbare Energietechnologien relevanten Gütern liegt oft deutlich mehr als eine Größenordnung unter dem der beiden genannten Bereiche. Deutlich wird dabei vor allem die inzwischen stark dominierende Rolle Chinas im Bereich Solarenergie, genauer Photovoltaik, während die Produktionskapazitäten im Bereich Windenergie deutlich breiter verteilt sind. Zwar haben auch hier die größte Zahl der im asiatisch-pazifischen Raum erfassten Exporte ihren Ursprung in China, Japan erreicht jedoch zumindest noch die Hälfte des chinesischen Werts. Anders als China exportiert Japan (und auf viel niedrigerem Niveau Indien) mehr Güter mit Relevanz für den Bereich Windenergie als für den Bereich Solarenergie. In Korea ist das Verhältnis ausgewogen, in Malaysia, Thailand, Taiwan und Vietnam überwiegt, wie in China, der Bereich Solarenergie. Im Bereich Biogas finden sich vor allem in Thailand, Japan und China positive Handelsbilanzen, in Indonesien, Australien, Taiwan, Malaysia und Vietnam sind diese hingegen eindeutig negativ.

Ein Blick auf themenspezifische Handelsbilanzen unterstreicht, dass auch Länder, die insgesamt betrachtet

ABBILDUNG 8: Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich erneuerbare Energien, 2010–20



ANMERKUNG: Der Sammelbegriff „erneuerbare Energien“ subsumiert Güter mit Bezug zu/Relevanz für Windkraft, Sonnenenergie (PV und Solarthermie), Batterien, Geothermie, Wasserkraft, Biomasse; die relative Handelsbilanz berechnet sich als Verhältnis aus Handelsbilanz und Gesamthandelsvolumen: (Exporte-Importe)/(Exporte+Importe)

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von UN COMTRADE, ROC Executive Yuan CPT Database

eher importabhängig sind, oft einzelne Stärkenbereiche aufweisen. Gleichzeitig wird deutlich, dass auch starke Exportstandorte in einzelnen Bereichen weiterhin stark von Importen aus dem Ausland profitieren. So finden sich z. B. in China negative Bilanzen im Bereich Solarthermie, Japan weist Handelsbilanzdefizite im Bereich Wasserkraft auf und in Korea beide parallel, ergänzt um Biomasse. In Thailand dagegen existieren offenbar relevante Exportkapazitäten im Bereich Biomasse. In Malaysia deuten Defizite in fast allen Bereichen, außer Photovoltaik und Windenergie, darauf hin, dass hier vor allem in bestimmten Bereichen durch gezielte Investitionen spezifische Fertigungsschwerpunkte gesetzt wurden. Auch das Profil der vietnamesischen Handelsbilanz deutet darauf hin, dass außerhalb des Bereichs Photovoltaik

noch keine breiten Fertigungskapazitäten geschaffen wurden. Taiwan weist dagegen vor allem im Bereich Windenergie eine negative Handelsbilanz auf, während es sich in den vormals starken Bereichen Photovoltaik und Batteriezellen einen leichten Überschuss bewahren konnte. Deutlich wird in der thematisch getrennten Betrachtung darüber hinaus Chinas Handelsbilanzüberschuss im Bereich Batteriezellen, der sich interessanterweise in Japan nicht in gleicher Weise repliziert. Korea weist in diesem Bereich sogar eine negative Handelsbilanz auf, was angesichts der dort bekanntermaßen vorhandenen technologischen Kompetenzen überrascht. Auch innerhalb des APRA wurden offensichtlich Fertigungskapazitäten aus den wohlhabenderen Ländern nach China, Malaysia, Thailand oder Vietnam verlegt.

## Kapitel 2: Positionierung der Länder des APRA in zentralen Bereichen der Wasserstofftechnologie

### Wissenschaftliche Performanz

Rein quantitativ übertrifft auch im Bereich Wasserstofftechnologien der wissenschaftliche Output des asiatisch-pazifischen Raums jenen der Länder der EU-27 so deutlich (um 150%), dass auch ein Verweis auf die im Mittel noch immer geringere Sichtbarkeit dieser Publikationen die sich hier vollziehende wesentliche Verschiebung der globalen Schwerpunkte nicht mehr maßgeblich relativieren kann. Von entscheidender Bedeutung ist in diesem Zusammenhang erneut die große Zahl chinesischer Forscher, die zum globalen Publikationsaufkommen erheblich beitragen. Auf sie entfällt mit ca. 65% der größte Beitrag zum Gesamtaufkommen der Region, es folgen indische (10%), japanische (8,7%) und koreanische (8,5%) Autor:innen. Im internationalen Vergleich liegen die Beiträge der letztgenannten Länder in der Größenordnung jener Deutschlands. Weitere relevante Beiträge leistet Australien (5%), andere Länder wie Taiwan, Malaysia, Singapur oder Thailand tragen weniger als 3% zum Gesamtvolumen des APRA bei (Abbildung 9).

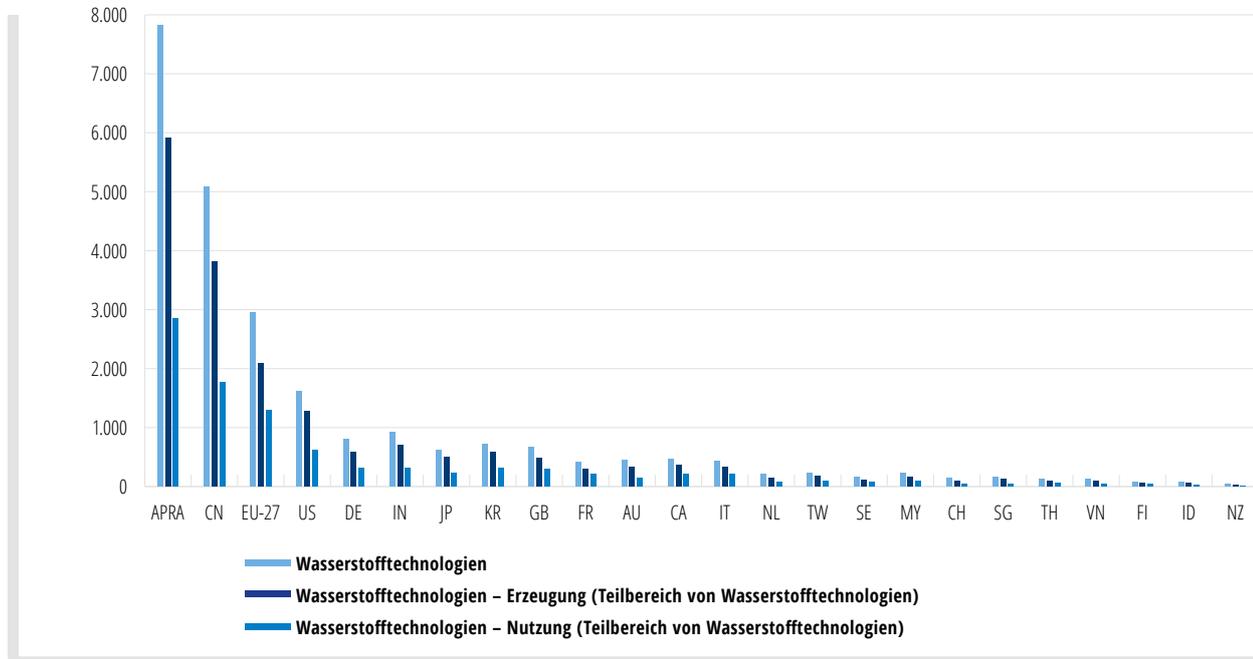
Thematisch handelt es sich beim Bereich Wasserstofftechnologien um ein vergleichsweise junges Feld, in dem die Befassung mit grundsätzlichen Herausforderungen bis heute einen wesentlichen Schwerpunkt wissenschaftlicher Analysen darstellt. Nach wie vor liegt damit ein Schwerpunkt der Arbeiten auf Grundsatzzfragen im Bereich der Wasserstoffherzeugung, -speicherung und -lagerung. Zu Fragen der Verteilung und Nutzung von Wasserstoff hat sich hingegen noch nicht überall eine dedizierte Literatur entwickelt. Zwar werden in der aktuellen wissenschaftlichen Literatur durchaus entsprechende Fragen behandelt, allerdings nicht überall unter spezifischer Bezugnahme auf Wasserstofftechnologien. Beispielsweise existieren naturgemäß Publikationen zu Konzeption und Betrieb geeigneter Leitungssysteme, solche sind allerdings oft nicht ausschließlich für Wasserstoff ge-

eignet. Um eine unangemessene Zuordnung aller Artikel aus angrenzenden Bereichen zu vermeiden, werden im Folgenden dennoch lediglich jene Publikationen berücksichtigt werden, die explizit eine Verbindung mit dem Thema Wasserstoff herstellen<sup>3</sup>.

Entsprechend entfallen noch immer fast 74% aller in der Region identifizierten Publikationen auf den Bereich Wasserstoffherzeugung, während nur ca. 37% explizit dem Bereich Wasserstoffnutzung zugeordnet werden können<sup>4</sup>. Dieses grundsätzliche Verhältnis ist über die Jahre hinweg erhalten geblieben (Abbildung 10), wobei sich allerdings die Anzahl von Doppelzuordnungen graduell verringert hat, d.h. es finden sich 2021 deutlich weniger Artikel, die sowohl Erzeugung als auch Nutzung behandeln. Dies könnte auf eine Ausdifferenzierung verschiedener Literaturstränge hindeuten, wie sie i.d.R. mit der zunehmenden technologischen und inhaltlichen Entwicklung eines Themas einhergeht.

Anders als im übergreifenden Vergleich verschiedener erneuerbarer Energietechnologien lassen sich im Feld der Wasserstofftechnologien keine abweichenden Trends feststellen, zumindest nicht bei einem generischen Vergleich zwischen Technologien für die Erzeugung und Technologien für die Nutzung. Außerhalb des asiatisch-pazifischen Forschungsraums bleiben in allen Bereichen die USA führend, in denen die bereits Anfang der 2010er-Jahre maßgeblichen wissenschaftlichen Aktivitäten in diesem Feld nach 2016 erneut eine wesentliche Dynamisierung erfahren haben. Der wissenschaftliche Beitrag anderer Länder entwickelte sich seit 2010 i.d.R. gradueller und proportional zu ihrem Ausgangsniveau, mit der üblichen Ausnahme Chinas, das sich seit ca. 2015 von der globalen Entwicklung absetzte und mittlerweile einen nominell mehr als viermal so großen Beitrag leistet wie die USA. Deutschlands Publikationsaufkommen

- 3 Da bei Publikationen, anders als im Bereich der Patentanmeldungen (s.u.), keine vorlaufende Detailprüfung durch Fachexpert:innen vorgenommen wird, ist es nicht möglich eine trennscharfe Identifikation aller Publikationen vorzunehmen, die einen potenziell eindeutigen Bezug aufweisen, ohne den Begriff Wasserstoff zu erwähnen.
- 4 Überschneidungen und infolgedessen Doppelzählungen sind sowohl inhaltlich als auch von den hier verwendeten Suchstrategien her möglich und sachlogisch erwartbar.

**ABBILDUNG 9: Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien, Summe 2019-21 (nach Teilbereichen)**

ANMERKUNG: „Wasserstofftechnologien“ subsumiert Erzeugung und Nutzung, Nutzung subsumiert Brennstoffzelle

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

liegt dabei stets ungefähr in der Größenordnung dessen von Japan und Korea. Seit ca. einem Jahrzehnt hat sich wissenschaftlich keines dieser drei Länder maßgeblich von einem der anderen absetzen wollen (Abbildung 11).

## Technologische Performanz

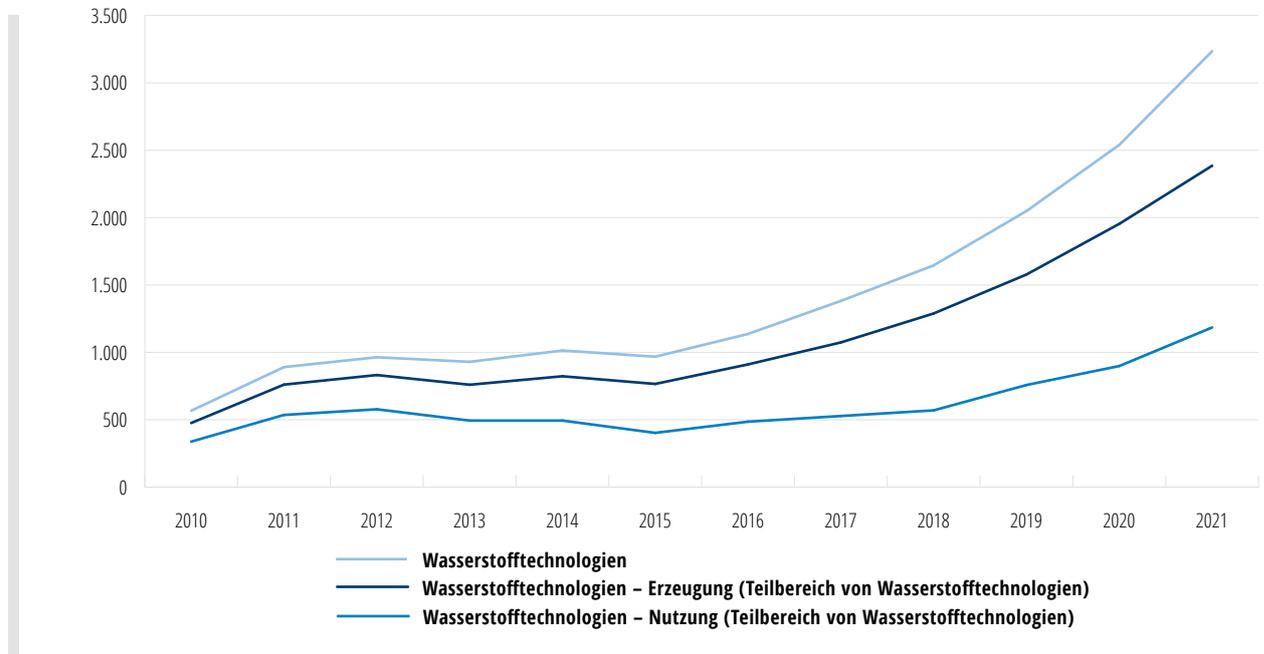
Während das Patentaufkommen der Länder der asiatisch-pazifischen Region das der Mitgliedsstaaten der EU-27 im Bereich der erneuerbaren Energien nur um ca. 10% übersteigt, melden sie im Bereich Wasserstofftechnologien bereits mehr als eineinhalbmal so viele transnationale Patente an. Zentraler Akteur ist dabei vor allem Japan, das ca. eineinhalb Mal so viele Patente wie Deutschland anmeldet, das im internationalen Vergleich auf Rang 2 folgt bzw. nahezu doppelt so viele wie die USA, deren Unternehmen in diesem Bereich noch weniger aktiv sind. Weitere wesentliche Akteure innerhalb der Region sind Korea und China, die im internationalen Vergleich bereits höhere Beiträge leisten als Frankreich oder Groß-

britannien. Anders als im Bereich erneuerbare Energien blieb die Exzellenzrate, das heißt der Anteil der Publikationen, die zu den Top-10% der meistzitierten wissenschaftlichen Veröffentlichungen im jeweiligen Feld gehören, im Bereich Wasserstofftechnologie konstant, für Publikationen aus Singapur erhöhte sie sich sogar deutlich.

Dennoch ist festzuhalten, dass China mit Blick auf die Anmeldung transnationaler Patente im Bereich Wasserstofftechnologien international noch eine deutlich geringere Rolle spielt, als dies z.B. im Bereich Solarenergie der Fall ist. Die Tatsache, dass für China (und Korea) bereits 2019 ein extrem dynamisches Wachstum verzeichnet werden konnte,<sup>5</sup> deutet dabei allerdings darauf hin, dass sich auch diese Verhältnisse in der näheren Zukunft verschieben könnten (Im internationalen Vergleich zeigt sich in den meisten Bereichen eine eher geringe Dynamik. Insgesamt betrachtet, findet sich nach 2016 v.a. in Deutschland und China eine Dynamisierung, während die – noch immer deutlich höheren – Werte in Japan stagnieren. Auch die

5 Für beide Länder lagen die Zahlen für die ersten Quartale 2019 oft bereits deutlich über den Vorjahreswerten für 2018.

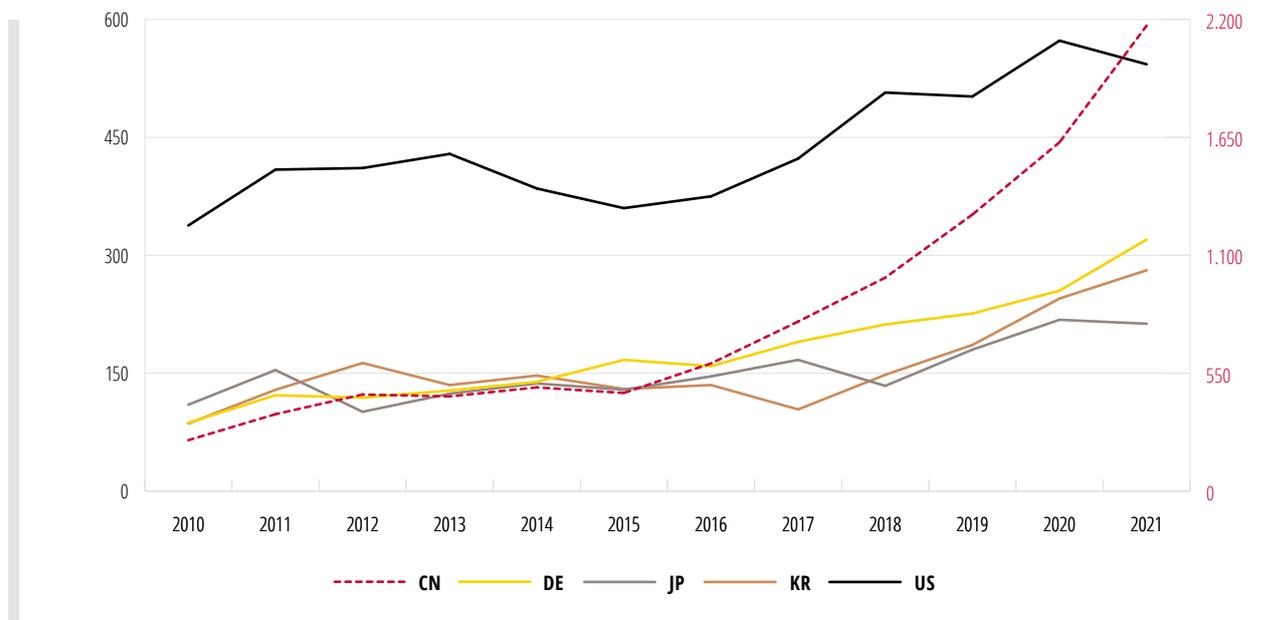
**ABBILDUNG 10: Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien (APRA gesamt)**



ANMERKUNG: Nutzung subsumiert Brennstoffzelle

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

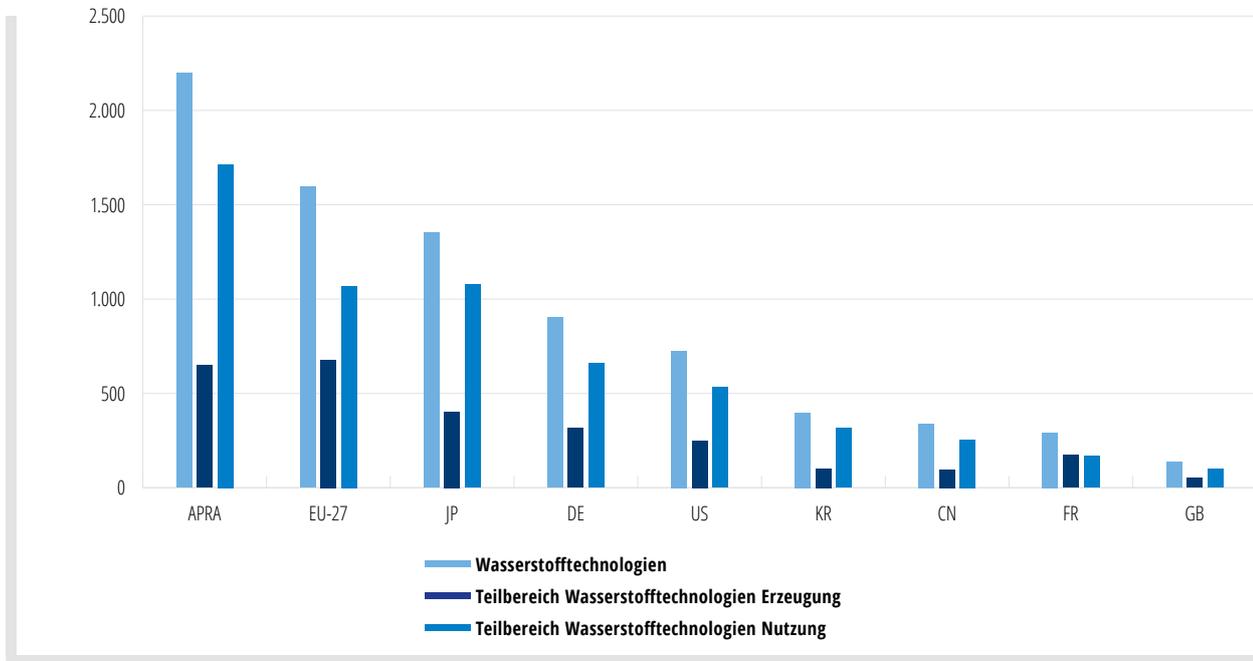
**ABBILDUNG 11: Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien (nach Land)**



ANMERKUNG: „Wasserstofftechnologien“ subsumiert Erzeugung und Nutzung, Nutzung subsumiert Brennstoffzelle

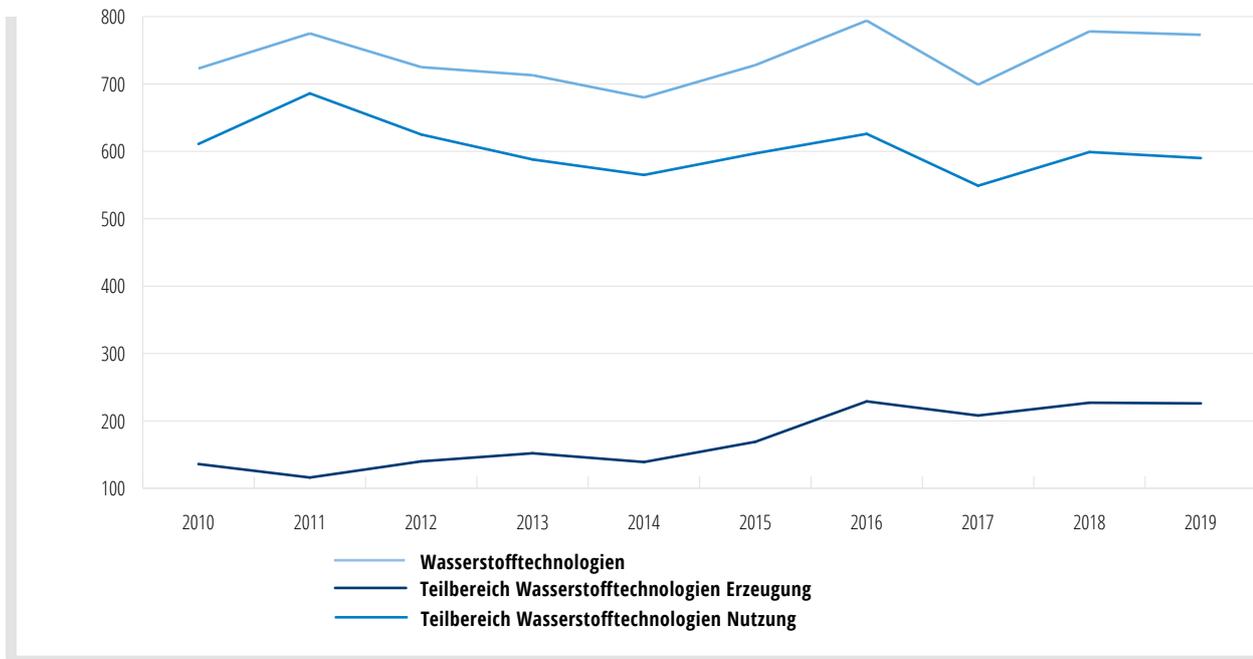
QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

**ABBILDUNG 12: Transnationale Patentanmeldungen im Bereich Wasserstofftechnologien, Summe 2017-19 (nach Teilbereichen)**



QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 13: Transnationale Patentanmeldungen im Bereich Wasserstofftechnologien (APRA gesamt, nach Teilbereichen)**



ANMERKUNG: 2019, Schätzung

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

Aktivitäten der USA entwickeln sich wenig dynamisch, sodass sie in diesem Feld seit 2018 auch absolut hinter Deutschland zurückliegen. Im Bereich Erzeugung finden sich dynamische Entwicklungen v.a. in Deutschland, Korea und China, wobei Deutschland hier mehr als doppelt so viele Patente anmeldet wie Korea oder China. Auch mit Blick auf die Wasserstoffherzeugung ist die Entwicklung in den USA rückläufig, sodass die Anzahl der US-Patentanmeldungen seit 2017 hinter der deutschen zurückliegt. Auch der vor wenigen Jahren noch deutlich positive Trend in Japan scheint seit 2017 gebrochen, seit 2019 meldet Japan kaum noch mehr Patente an als Deutschland. Im Bereich der Nutzung findet sich eine Dynamisierung vor allem in China und Deutschland, in Korea ist sie hier weniger zu beobachten. Insbesondere die japanischen Aktivitäten lagen hier dagegen bereits Anfang der 2010er-Jahre auf hohem Niveau und nehmen leicht ab. Deutschland erreicht noch immer nur ca. drei Viertel dieser Aktivitäten. Ein ähnlicher Trend findet sich in den USA, die allerdings auch in absoluter Hinsicht bereits 2017 hinter Deutschland zurückfielen.).

Thematisch lassen sich im Bereich der Patentierung Patente mit potenzieller Relevanz für eine Wertschöpfungskette Wasserstoff unter Rückgriff auf dedizierte Prüfungen vornehmen, die die Patentprüfer vieler Patentämter durchführen. Konkret werden nach fachlicher Detailprüfung jenen Patenten, die über einen solchen Bezug eindeutig verfügen, entsprechende Klassen (Y-Klassen) zugewiesen, anhand derer sie sich nachlaufend identifizieren lassen. Hierdurch verschiebt sich das empirische Verhältnis und es werden – anders als im wissenschaftlichen Bereich – deutlich mehr Patente im Bereich der Nutzung als im Bereich der Erzeugung angemeldet. Jenseits der aufgrund unterschiedlicher methodischer Ansätze erwartbaren Abweichungen ist jedoch auch sachlich zu vermuten, dass ein solches Verhältnis tatsächlich besteht. Während viele wesentliche Fragen der Wasserstoffherzeugung grundlegend geklärt und entsprechende Lösungen patentiert sind, hat die breit angelegte Suche nach markttauglichen Lösungen im Anwendungs-

bereich in vielen Feldern gerade erst begonnen. Darüber hinaus entfällt stärker als im wissenschaftlichen Bereich ein hoher Anteil der Patentaktivitäten auf Elemente von Brennstoffzellen, die dem Bereich Nutzung zugerechnet werden. Die Verhältnisse, wie auch das Niveau der Gesamtaktivitäten, haben sich dabei im Verlauf des letzten Jahrzehnts weniger verändert als im wissenschaftlichen Bereich. Im asiatisch-pazifischen Raum hat sich der Anteil der Aktivitäten im Bereich Wasserstoffherzeugung seit 2021 von ca. 20% auf ca. 30% leicht erhöht, während sich jener im Bereich Wasserstoffnutzung von ca. 85% auf ca. 80% leicht verringert hat.<sup>6</sup> Abweichend vom wissenschaftlichen Bereich kann dies allerdings nicht als strukturelle Verschiebung gedeutet werden (Abbildung 13).

Im internationalen Vergleich zeigt sich in den meisten Bereichen eine eher geringe Dynamik. Insgesamt betrachtet, findet sich nach 2016 v.a. in Deutschland und China eine Dynamisierung, während die – noch immer deutlich höheren – Werte in Japan stagnieren. Auch die Aktivitäten der USA entwickeln sich wenig dynamisch, sodass sie in diesem Feld seit 2018 auch absolut hinter Deutschland zurückliegen. Im Bereich Erzeugung finden sich dynamische Entwicklungen v.a. in Deutschland, Korea und China, wobei Deutschland hier mehr als doppelt so viele Patente anmeldet wie Korea oder China. Auch mit Blick auf die Wasserstoffherzeugung ist die Entwicklung in den USA rückläufig, sodass die Anzahl der US-Patentanmeldungen seit 2017 hinter der deutschen zurückliegt. Auch der vor wenigen Jahren noch deutlich positive Trend in Japan scheint seit 2017 gebrochen, seit 2019 meldet Japan kaum noch mehr Patente an als Deutschland. Im Bereich der Nutzung findet sich eine Dynamisierung vor allem in China und Deutschland, in Korea ist sie hier weniger zu beobachten. Insbesondere die japanischen Aktivitäten lagen hier dagegen bereits Anfang der 2010er-Jahre auf hohem Niveau und nehmen leicht ab. Deutschland erreicht noch immer nur ca. drei Viertel dieser Aktivitäten. Ein ähnlicher Trend findet sich in den USA, die allerdings auch in absoluter Hinsicht bereits 2017 hinter Deutschland zurückfielen.

## Wettbewerbsposition und Handelsbilanzen

Während eine Analyse des Handelsvolumens verschiedener etablierter Technologien im Bereich erneuerba-

rer Energien bereits gut möglich ist, gestaltet sich eine entsprechende Analyse für Wasserstofftechnologien

6 Überschneidungen und infolgedessen Doppelklassifikationen sind sowohl gängig als auch sachlogisch erwartbar.

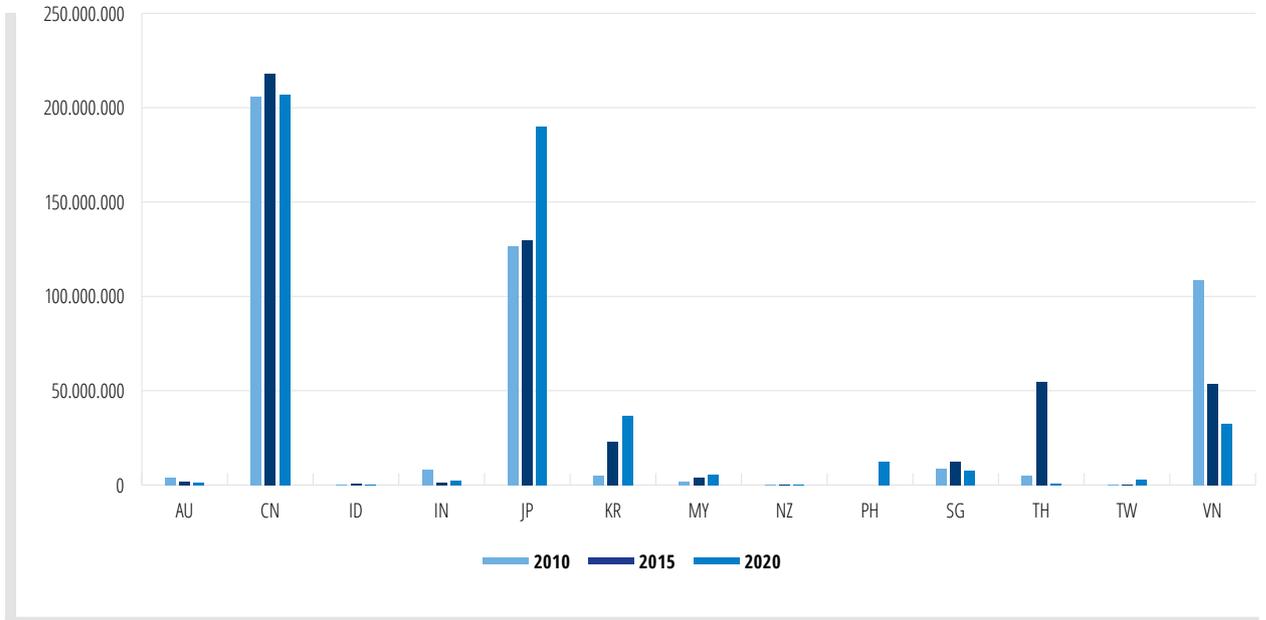
auf Grundlage des Prinzips der Einbettung nach wie vor schwierig. Anders als etablierte Technologien, z. B. in den Bereichen Windkraft und Photovoltaik, werden Technologien für wasserstoffgetriebene Fahrzeuge, Maschinen sowie industrielle Prozesse aktuell noch wenig gehandelt, da sie sich oft noch in der Entwicklungsphase befinden. Entsprechend wurden ihnen i.d.R. noch keine spezifischen Zolltarifnummern zugewiesen, sodass das schon an sich eher geringe Handelsvolumen schwer identifizierbar bleibt. Eine Ausnahme bildet der Bereich Elektrolyse, in dem schon deutlich mehr Produkte als in anderen Bereichen das Stadium der Marktreife erreicht haben und der dementsprechend über einen eigenen HS-Code verfügt. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Kapitel drei Zugänge zur Betrachtung des für den Bereich Wasserstofftechnologien relevanten Handelsvolumens gewählt.

- Erstens wird das Handelsvolumen im Bereich Technologien für Elektrolyse ausgewiesen, das in den öffentlichen Statistiken bereits gut erfasst ist und das direkte Rückschlüsse auf Bedarf bzw. Kompetenzen im Bereich relevanter Technologien ermöglicht.
- Zweitens wird das Handelsvolumen in Gütergruppen betrachtet, die zwar aktuell – mangels Wasserstoffwirtschaft – noch nicht primär für wasserstoffbezogene Anwendungen verwendet werden, in der Zukunft jedoch für diese bedeutsam werden könnten. Abgebildet wird in diesem Sinne das Vorhandensein oder Fehlen von Kompetenzen, die zur Etablierung von wasserstoffbasierten Wertschöpfungsketten unter technischen Gesichtspunkten zentral sind.
- Drittens schließlich wird das Handelsvolumen mit Wasserstoff selbst abgebildet. Wenngleich dies keinen direkten Technologiebezug aufweist, erlaubt es doch erste Rückschlüsse darauf, in welchem Umfang Wasserstoff bereits aktuell als Rohstoff zur Verfügung steht und welche Länder diesbezüglich Überschüsse bzw. Defizite aufweisen. Hieraus lassen sich allgemeine Rückschlüsse auf das Vorhandensein mit der Verarbeitung von Wasserstoff verbundener Kompetenzen ziehen. In der Regel wurde der zurzeit gehandelte Wasserstoff dabei allerdings noch nicht mittels grüner, sondern mittels konventioneller Methoden erzeugt.

### Technologien für Elektrolyse

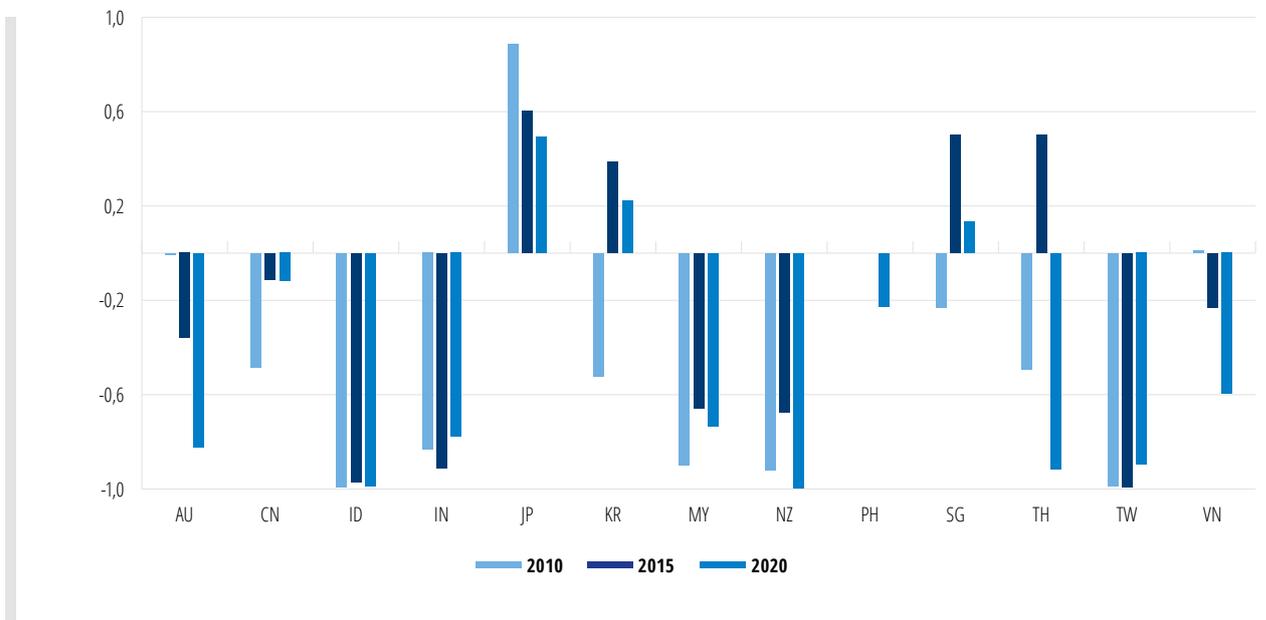
Hauptexporteur für Technologien für Elektrolyse war bereits zu Beginn der 2010er-Jahre China, allerdings hat Japan insbesondere ab 2015 seine Position in diesem Bereich von 126 Mio. USD 2010 auf 190 Mio. USD 2020 stark verbessert (Innerhalb des asiatisch-pazifischen Forschungsraums haben sich vor allem China, Malaysia und Singapur als Exporteure von Wasserstoff positioniert und dies vor allem seit 2018. Korea verzeichnete 2015 eine einmalige Spitze, die sich seitdem aber nicht wiederholt hat. Exporte aus Thailand haben sich hingegen reduziert. Grundsätzlich ist allerdings anzumerken, dass das Volumen der Exporte von Wasserstoff als Energieträger oder Rohstoff in absoluter Hinsicht bislang sehr gering bleibt. Selbst in Malaysia als größtem Exporteur lagen sie 2020 nur bei ca. 4,5 Mio. USD. Vor diesem Hintergrund bleibt auch eine Betrachtung relativer Handelsbilanzen zum jetzigen Zeitpunkt noch wenig aussagekräftig. Festzuhalten ist diesbezüglich allein, dass nur China und Thailand positive Handelsbilanzen verzeichnen, während Malaysia als größter Exporteur nur eine ausgeglichene Bilanz erreicht. Dass die Zahlen auf niedrigem Niveau stark fluktuieren, deutet darauf hin, dass aktuell noch kein organisierter, grenzübergreifender Transport und Handel mit Wasserstoff als Energieträger stattfindet. Wie bereits angemerkt, handelt es sich bei dem aktuell gehandelten Wasserstoff in der Regel noch nicht um grünen Wasserstoff, sondern um solchen, der aus Gas erzeugt wird.). Damit reichen Japans Produktionskapazitäten nun fast an Chinas (207 Mio. USD) heran. Auch Korea hat seine Kapazitäten, wenngleich auf wesentlich niedrigerem Niveau, deutlich ausgebaut (37 Mio. USD). Vietnam, das noch 2010 in erheblichem Umfang Technologien zur Elektrolyse exportierte (109 Mio. USD), hat seine Exporte auf nur mehr 32 Mio. USD reduziert. Mit Blick auf die relativen Handelsbilanzen einzelner Länder ist festzuhalten, dass bis auf Japan und Korea alle Länder des APRA in diesem Bereich negative Handelsbilanzen aufweisen (Abbildung 15). Auch in Japan ging der noch 2010 sehr hohe Handelsbilanzüberschuss allerdings schrittweise zurück, in Korea ging ein Handelsbilanzdefizit um 2015 herum schlagartig in einen Handelsbilanzüberschuss über, der seitdem wieder leicht abnahm. In Singapur und auch in Thailand zeigen sich überwiegend ähnliche Entwicklungen. In Vietnam haben sich bestehende Abhängigkeiten weiter vertieft, in China hingegen – bei absolut deutlich höherem Handelsvolumen – merklich abgenommen.

**ABBILDUNG 14: Entwicklung der Exportvolumina im Bereich Technologien für Elektrolyse, 2010-20 (in USD)**



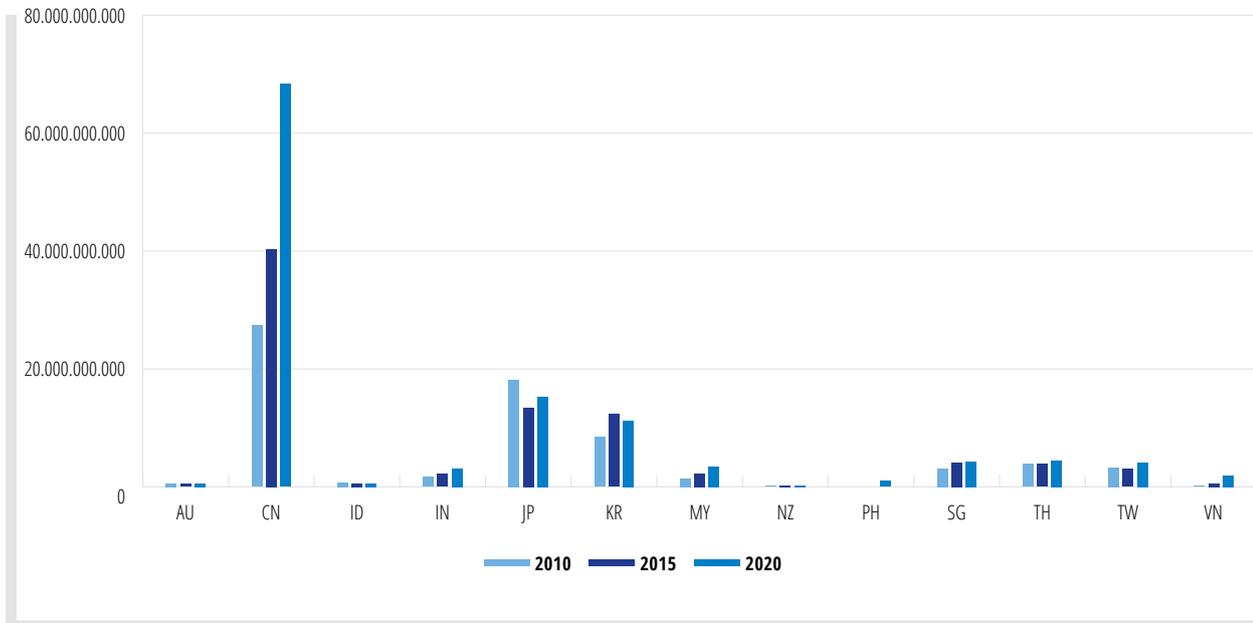
QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von UN COMTRADE, ROC Executive Yuan CPT Database

**ABBILDUNG 15: Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich Technologien für Elektrolyse, 2010-20**



QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von UN COMTRADE, ROC Executive Yuan CPT Database

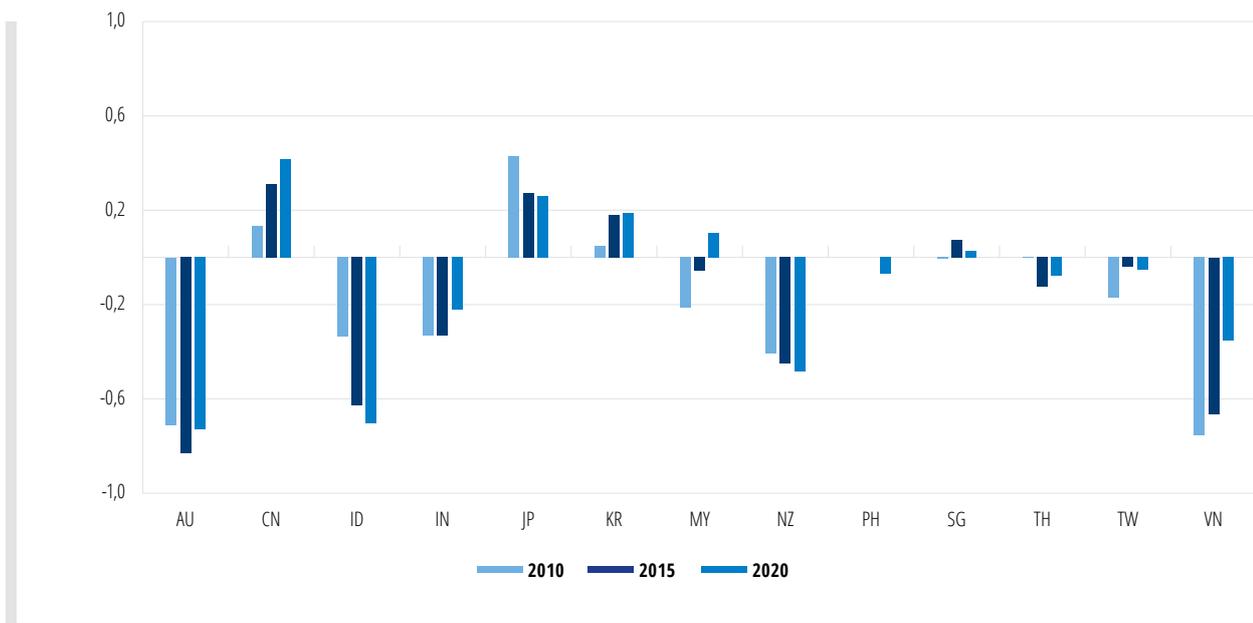
**ABBILDUNG 16: Entwicklung der Exportvolumina im Bereich der für die Wasserstoffwirtschaft relevanten Technologien, 2010-20 (in USD)**



ANMERKUNG: „Relevante Technologien“ beschreibt eine Gruppe von Technologien, die z.B. im Bereich des Transports, der Verarbeitung, der Speicherung, aber auch der Nutzung für die zukünftige Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft zentral sein werden, zurzeit aber noch oft primär in anderen Branchen zur Anwendung kommen

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von UN COMTRADE, ROC Executive Yuan CPT Database

**ABBILDUNG 17: Entwicklung der relativen Handelsbilanzen im Bereich der für die Wasserstoffwirtschaft relevanten Technologien, 2010-20**



ANMERKUNG: „Relevante Technologien“ beschreibt eine Gruppe von Technologien, die z.B. im Bereich des Transports, der Verarbeitung, der Speicherung, aber auch der Nutzung für die zukünftige Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft zentral sein werden, zurzeit aber noch oft primär in anderen Branchen zur Anwendung kommen

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von UN COMTRADE, ROC Executive Yuan CPT Database

### Für die Wasserstoffwirtschaft relevante Technologien

Der erste und vielleicht relevanteste Punkt im Hinblick auf für die zukünftige Wasserstoffwirtschaft relevante Technologien ist, dass das Handelsvolumen entsprechender Produkte das mit reinen Elektrolyselösungen um fast eine Größenordnung übersteigt (Abbildung 16). Festzuhalten ist hier allerdings erneut, dass es sich dabei vor allem um Güter mit „potenzieller“ Relevanz für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft handelt, die aktuell noch nicht überwiegend im Rahmen von wasserstoffbasierten Lösungen eingesetzt werden. Bereits 2010 betrug der Gesamtexport Chinas mit entsprechenden Gütern 27 Mrd. USD, 2020 bereits 68 Mrd. USD. Die zweitgrößten Exporteure solcher Güter sind Japan und Korea in der Größenordnung von 10–15 Mrd. USD, wo sich der Umfang der Exporte in beiden Fällen in den letzten zehn Jahren kaum verändert hat. Singapur, Thailand, Malaysia, Taiwan und auch Indien exportieren lediglich in der Größenordnung von 3–4,5 Mrd. USD. Mit Blick auf die relativen Handelsbilanzen einzelner Länder finden sich klare Abhängigkeiten vor allem in Australien, Neuseeland, Indonesien, Indien und Vietnam (Abbildung 17). In Taiwan, Singapur, Thailand und den Philippinen sind die Bilanzen weitestgehend neutral, China, Japan und Korea verzeichnen Überschüsse. In Malaysia konnte eine leichte Abhängigkeit in einen leichten Überschuss gewandelt werden. Eine Steigerung der Abhängigkeit findet sich v.a. in Indonesien und Neuseeland und auch in Japan ist der Überschuss klar zurückgegangen. Eine Verbesserung der relativen Position findet sich neben Malaysia v.a. in China und Korea sowie bei nach wie vor negativer Bilanz in Vietnam.

### Wasserstoff als Energieträger/Rohstoff

Innerhalb des asiatisch-pazifischen Forschungsraums haben sich vor allem China, Malaysia und Singapur als Exporteure von Wasserstoff positioniert und dies vor allem seit 2018. Korea verzeichnete 2015 eine einmalige Spitze, die sich seitdem aber nicht wiederholt hat. Exporte aus Thailand haben sich hingegen reduziert. Grundsätzlich ist allerdings anzumerken, dass das Volumen der Exporte von Wasserstoff als Energieträger oder Rohstoff in absoluter Hinsicht bislang sehr gering bleibt. Selbst in Malaysia als größtem Exporteur lagen sie 2020 nur bei ca. 4,5 Mio. USD. Vor diesem Hintergrund bleibt auch eine Betrachtung relativer Handelsbilanzen zum jetzigen Zeitpunkt noch wenig

aussagekräftig. Festzuhalten ist diesbezüglich allein, dass nur China und Thailand positive Handelsbilanzen verzeichnen, während Malaysia als größter Exporteur nur eine ausgeglichene Bilanz erreicht. Dass die Zahlen auf niedrigem Niveau stark fluktuieren, deutet darauf hin, dass aktuell noch kein organisierter, grenzübergreifender Transport und Handel mit Wasserstoff als Energieträger stattfindet. Wie bereits angemerkt, handelt es sich bei dem aktuell gehandelten Wasserstoff in der Regel noch nicht um grünen Wasserstoff, sondern um solchen, der aus Gas erzeugt wird.

## Kapitel 3: Internationale Kooperationen der Länder des APRA im Bereich Wasserstofftechnologien

### Wissenschaftliche Kooperation

Ein wesentliches, übergreifendes Ergebnis der Analyse ist, dass der Anteil der Ko-Publikationen an allen Publikationen im Bereich erneuerbare Energien im Verlauf der letzten zehn Jahre in nahezu allen Ländern angestiegen ist (Abbildung 19). Dies gilt für die Länder des APRA sowie für Vergleichsländer. Am stärksten ausgeprägt ist der Ko-Publikationsanteil dabei in den kleinen Ländern Singapur und Australien, wo er vor dem europäischen Vergleichsländer wie Frankreich und Großbritannien liegt. Hierauf folgen Malaysia, Deutschland, die USA und Japan. Taiwan und Korea erreichen dagegen niedrigere Werte, in Indien und China fällt der Ko-Publikationsanteil mit unter 30% eher gering aus. Zwischen den wichtigen Bereichen Solarenergie und Windenergie unterscheiden sich die Kooperationsneigungen dabei nicht wesentlich. Generell fällt die Kooperationsneigung im Bereich Solarenergie schon länger etwas höher aus als im Bereich Windenergie. Auch heute noch bestehen gerade in großen Ländern wesentliche Unterschiede. So liegt der Kooperationsanteil Deutschlands im Bereich Solarenergie zzt. bei ca. 70%, im Bereich Windenergie aber nur bei ca. 40%. Die entsprechenden Verhältnisse für die USA betragen 65% zu 50%, für Japan 60% zu 50% und für Korea 50% zu 40%. Die stärksten Aufholbewegungen finden sich in beiden Fällen in Malaysia und Taiwan, aber auch in Korea und Japan hat der Kooperationsanteil maßgeblich zugenommen. Selbst in China, wo in anderen Bereichen eine deutliche Abnahme der Kooperationsneigung zu verzeichnen ist, findet sich im Bereich erneuerbarer Energien ein leichter Zuwachs. Lediglich in Indien nimmt der Ko-

operationsanteil in beiden Bereichen ab bzw. nicht systematisch zu.

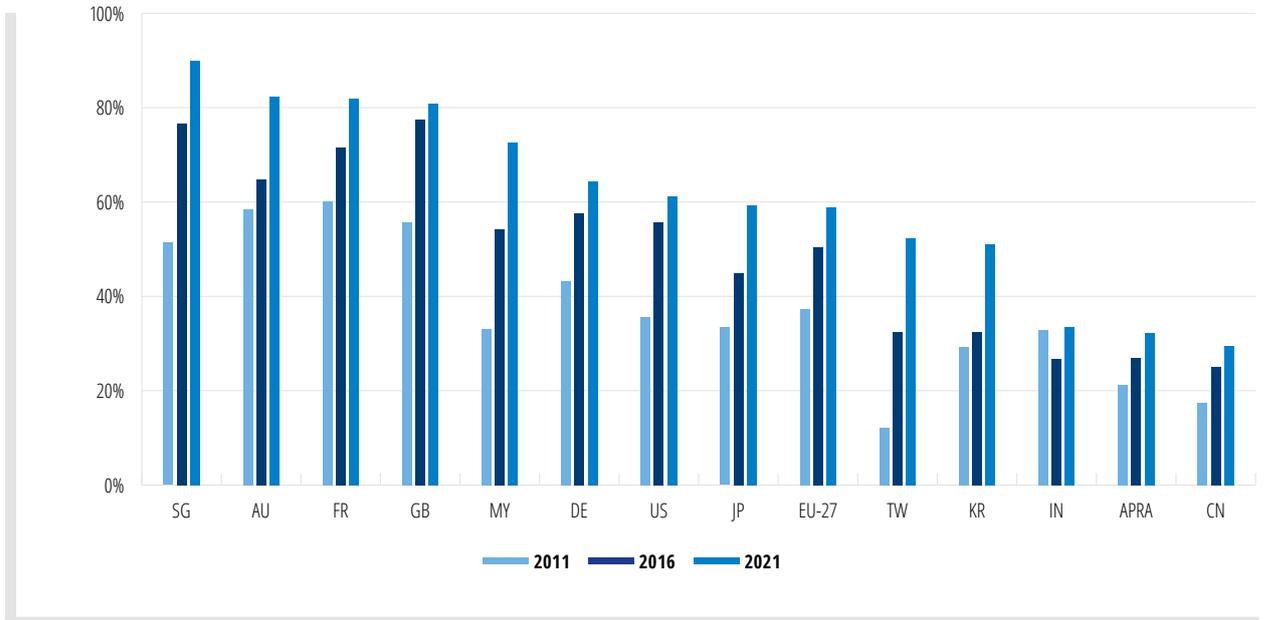
Auch im Bereich Wasserstofftechnologien finden sich generell zunehmende Kooperationsanteile, die sich auf einem grundsätzlich vergleichbaren Niveau bewegen wie jene im Bereich erneuerbarer Energien (Abbildung 19). Generell gilt dies für die Länder des APRA noch stärker als für europäische Vergleichsländer, in denen der Anteil der Ko-Publikationen bereits vor zehn Jahren sehr hoch war. Dies gilt für die EU-27 insgesamt, wie auch individuell für z. B. Frankreich und v.a. Deutschland, wo sich der bereits 2011 bei über 50% liegende Kooperationsanteil in den letzten zehn Jahren kaum mehr verändert hat. Unter den Ländern des APRA finden sich die stärksten Steigerungen in Singapur, wo der Kooperationsanteil von nicht einmal 20% in 2011 auf nahezu 80% in 2021 anstieg. Vergleichbar starke Anstiege fanden sich in Malaysia und Taiwan, wobei dort aktuell nur 70% bzw. 55% erreicht werden. Generell stieg der Kooperationsanteil in vielen Ländern zwischen 2011 und 2016 eher moderat an, während zwischen 2016 und 2021 stärkere Steigerungen zu verzeichnen waren. Im Ländervergleich finden sich die höchsten Kooperationsraten nach Singapur in Australien, gefolgt von Malaysia auf ähnlichem Niveau, danach von Thailand, Taiwan, Japan, Indien, Korea und China. Zwischen den Teilbereichen Technologien für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff finden sich bezüglich der internationalen Kooperationsanteile und der Entwicklung dieser im Zeitverlauf keine wesentlichen Unterschiede.

### Technologische Kooperation

Hohe Ko-Patentanteile finden sich auch im Bereich erneuerbarer Energien wie in vielen Bereichen in vor allem technologisch weniger entwickelten Ländern (z. B. Indien) oder insgesamt kleinen Volkswirtschaften (z. B. Singapur, andere ASEAN-Staaten). In Australien und Taiwan liegt der Anteil der Ko-Patente dagegen auf einem deutlich niedrigeren Niveau großer Mitgliedstaaten der EU-27 sowie der USA, die in diesem Feld einen eher hohen Kooperationsanteil

aufweist. Die asiatisch-pazifische Region dagegen weist nur einen geringen Ko-Patentanteil auf, geprägt durch die wenig kooperationsaffinen bzw. nur wenig durch globale Konzernverflechtungen geprägten Länder China, Japan und Korea. Bemerkenswert ist dabei – neben dem konstant überdurchschnittlich hohen Kooperationsanteil Großbritanniens – vor allem der Rückgang der Kooperationsanteile in Singapur, Taiwan und – auf bereits sehr niedrigem Niveau – China,

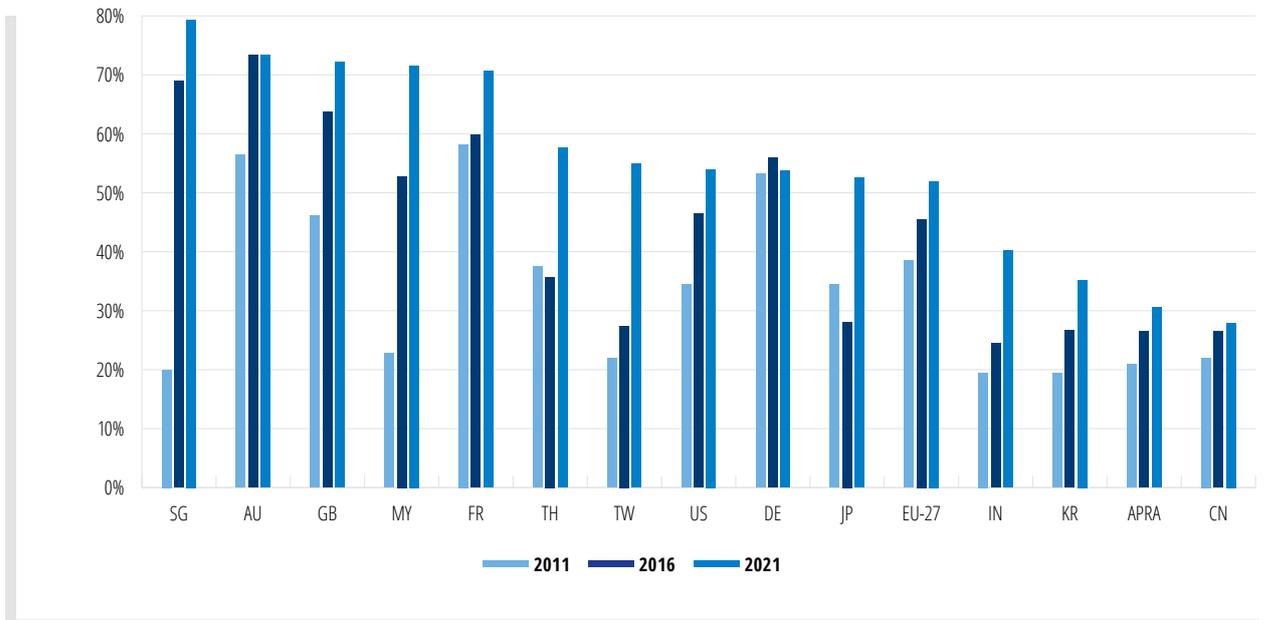
**ABBILDUNG 18: Ko-Publikationsanteil im Bereich erneuerbare Energien**



ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

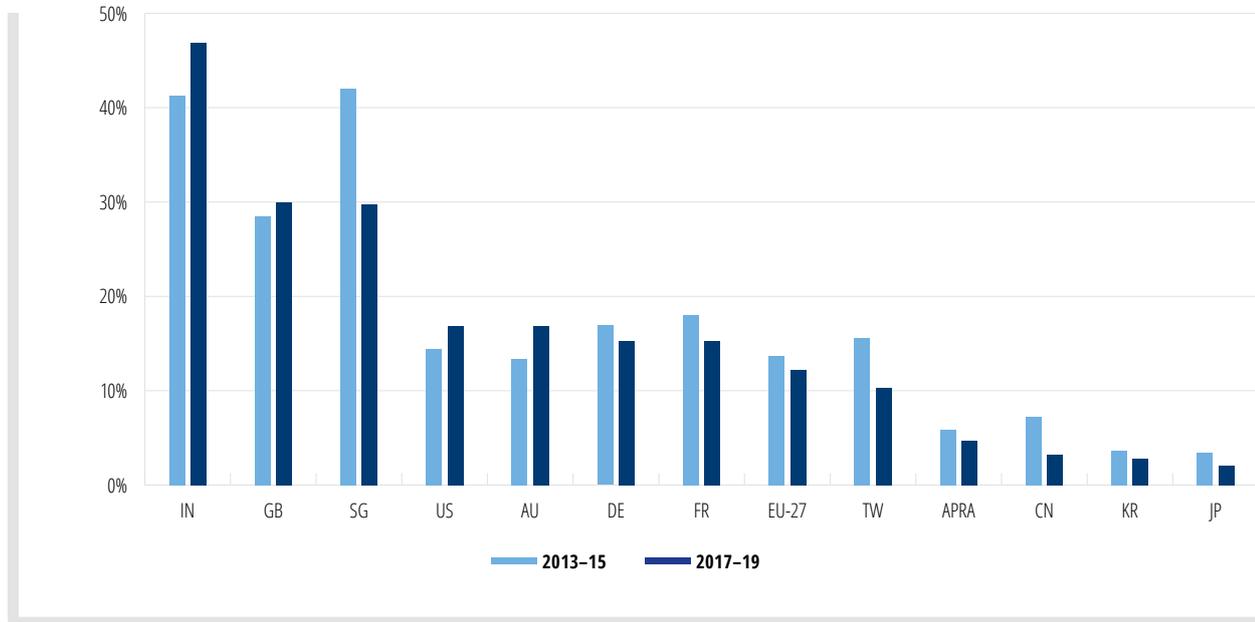
**ABBILDUNG 19: Ko-Publikationsanteil im Bereich Wasserstofftechnologien**



ANMERKUNG: „Wasserstofftechnologien“ subsumiert Erzeugung und Nutzung, Nutzung subsumiert Brennstoffzelle

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Elsevier SCOPUS

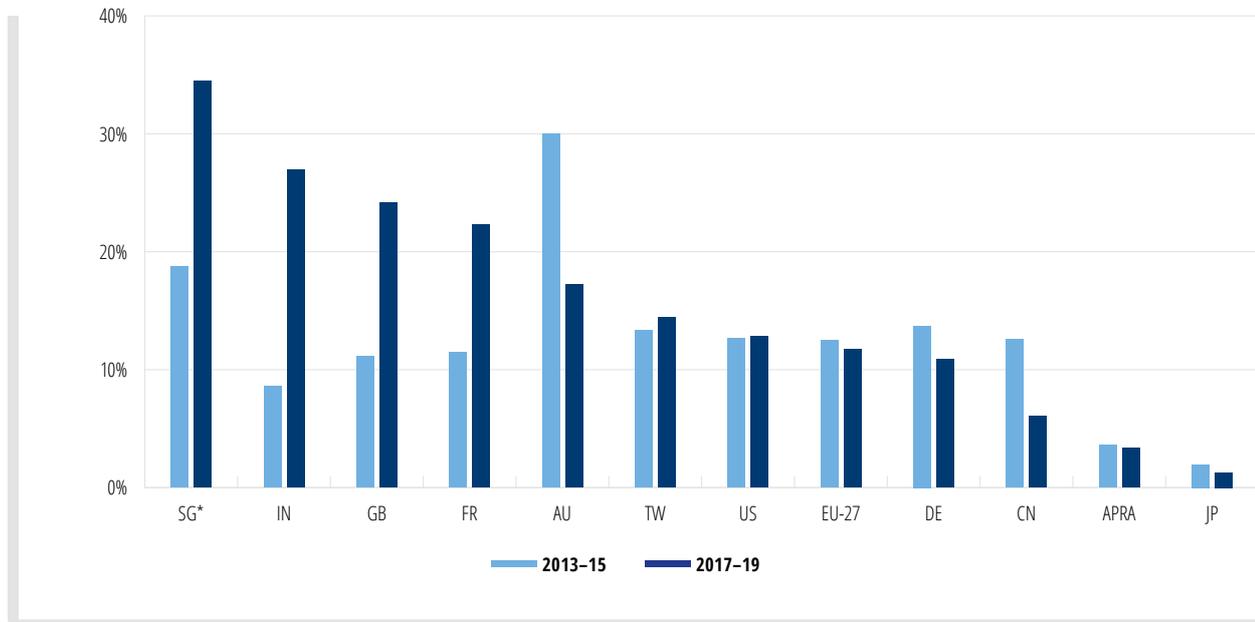
**ABBILDUNG 20: Ko-Patentanteile im Bereich erneuerbarer Energien (nach Land)**



ANMERKUNG: „Erneuerbare Energien“ subsumiert Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft und Windenergie

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 21: Ko-Patentanteil im Bereich Wasserstofftechnologien**



ANMERKUNG: „Wasserstofftechnologien“ subsumiert Erzeugung und Nutzung, Nutzung subsumiert Brennstoffzelle  
 Nicht dargestellte Länder(gruppen) meldeten zu wenige Patente für valide Rückschlüsse auf Anteile, Anzahl der jährlichen Ko-Patente aus der Region insgesamt bei jährlich ca. 25, Singapur: Schätzung

QUELLE: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von EPO PATSTAT

während dieser in Indien noch einmal weiter anstieg (Abbildung 21). Getrennte Analysen für Solarenergie sowie Windenergie bestätigen diese Erkenntnisse dabei grundsätzlich, nur Taiwan und Australien melden im Bereich Windenergie so wenige Patente an, dass ihre Außenorientierung auf dieser Grundlage allein nicht belastbar bestimmt werden kann.

Im Bereich der Wasserstofftechnologien zeigt sich – mit Blick auf die Reihung der Länder – erneut ein grundsätzlich vergleichbares Bild, allerdings lassen sich hier häufiger und in stärkerem Maße als bei den etablierten erneuerbaren Energietechnologien Zeichen der Intensivierung internationaler Verflechtungen beobachten. Übergreifend gilt dies neben Indien für Großbritannien und Frankreich, also hauptsächlich für europäische Vergleichsländer (Abbildung 21). Mit Blick auf die Erzeugung von Wasserstoff gilt dies neben Indien auch für Frankreich, die USA und China und für die Nutzung von Wasserstoff neben Indien vor allem für Großbritannien und Taiwan.

## Kapitel 4: Politische Förderung relevanter Wasserstofftechnologien in ausgewählten Ländern des APRA

In fast allen Ländern des asiatisch-pazifischen Forschungsraums haben Wasserstoffforschung und Entwicklung neuer Technologien zur Wasserstoffnutzung in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Der Publikations- und Patentanalyse zufolge stehen Speicherung, Transport, Brennstoffzellen und grüne Elektrolyse im Mittelpunkt des Interesses der wissenschaftlichen und technologischen

Aktivitäten. Welche politischen Strategien und Maßnahmen im Einzelnen verfolgt werden, wird im Folgenden am Beispiel von acht Ländern, China, Japan, Korea, Singapur, Australien, Indien, Neuseeland und Taiwan, ausführlicher dargestellt. Die nationalen Beispiele fokussieren auf die Vorstellung zentraler politischer Strategien sowie auf die Förderung internationaler Kooperationen.

### Förderung von Wasserstofftechnologien in China

#### Zentrale politische Strategien

Wasserstoff und Brennstoffzellen zählten bereits im „Strategischen Aktionsplan für die Energieentwicklung 2014–2020“ des Staatsrats zu den 20 Schlüsselbereichen. China konnte zwar schnelle Fortschritte bei der Herstellung von Wasserstoff machen und mit rund 33 Mio. t Wasserstoff im Jahr 2021 (+32% gegenüber 2020) ist das Land der weltweit größte Produzent. Allerdings wird der weitaus größte Teil des Wasserstoffs derzeit noch durch Kohlevergasung und mit Naturgas, also fossilen Rohstoffen, gewonnen. Im Jahr 2020 lag der Anteil der Kohle an der Wasserstoffgewinnung bei 62% und von Erdgas bei 19%. Die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser mit Strom aus erneuerbaren Energien machte gerade einmal 1% der Wasserstoffproduktion Chinas aus (KPMG 2022). Zukünftig wird ein höherer Energieanteil durch Elektrolyse oder erneuerbare Energien notwendig sein, um die chinesischen Ziele des Klimaschutzes zu erreichen. So kündigte Staatspräsident Xi Jinping auf dem internationalen Klimagipfel am 12. Dezember 2020 an, dass China das Wachstum der Kohlendioxid-Emission vor 2030 gestoppt haben und noch vor 2060 CO<sub>2</sub>-neutral werden will (Xinhuanet 2020). Auf dem Klimagipfel 2022 blieb China bei dieser langfristigen Planung und machte nur wenig Zugeständnisse. Dazu gehört die Zustimmung zum Aufbau eines Klimaschadenfonds für besonders schwer betroffene Länder. Eine verpflichtende Beteiligung an der Finanzierung dieses Fonds lehnte China zwar ab, stellte aber eine freiwillige Unterstützung der Länder in Aussicht (Chandrasekhar et al. 2022). Mit Blick auf den hohen Anteil fossiler Brennstoffe im Energiemix stellt sich die Dekarbonisierung des Wasserstoffs als große Herausforderung dar. Als Treiber für das starke

Interesse am Wasserstoff gelten einerseits der Fokus auf Innovation und das Streben nach technologischer Führerschaft in diesem Bereich sowie andererseits die als notwendig angesehene Reduzierung von Erdöl- und Gasimporten sowie von CO<sub>2</sub>-Emissionen (Tu 2020, S. 6).

Um den Aufbau der Wasserstoffindustrie zu beschleunigen, hat die chinesische Regierung im März 2022 den Mittel- und langfristigen Plan für die Entwicklung der Wasserstoffindustrie (2021–35) verabschiedet (National Development and Reform Commission (NDRC) und National Energy Administration 2022; Nakano 2022). Der Plan definiert Wasserstoff als einen wichtigen Bestandteil der zukünftigen nationalen Energieversorgung und bedeutenden Treiber für die grüne und kohlenstoffarme Transformation des Energiesystems sowie als zentralen Energierohstoff. Damit zählt die Wasserstoffindustrie zu den strategischen Industrien Chinas und ist Teil der nationalen Energiepolitik. Der Plan folgt einem phasenweisen Ansatz, um die inländische Wasserstoffindustrie sowie Technologien und Produktionsfähigkeiten in drei Schritten zu entwickeln. Dabei bewegt sich der Ansatz im Rahmen der erwarteten Spitzenbelastung mit Kohlenstoff und der angekündigten CO<sub>2</sub>-Neutralität (State Council 2022):

- In der ersten Phase sieht der Entwicklungsplan für die Wasserstoffindustrie vor, dass sich bis 2025 ein nahezu vollständiges Wasserstoffsystem herausgebildet hat, mit verbesserten Innovationsfähigkeiten und grundsätzlicher Beherrschung der Schlüsseltechnologien und Produktionsprozesse. Erwartet wird, dass

die Wasserstoffproduktion von erneuerbaren Energien ein Niveau zwischen 100.000 bis 200.000 t erreichen und die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1–2 Mio. t betragen wird. Weiterhin sollen 50.000 Brennstoffzellen-Fahrzeuge produziert werden können;

- In der zweiten Phase bis 2030 sollen diese Entwicklungen mit einer verbreiteten Nutzung von Wasserstoff weiter vorangetrieben werden;
- In der dritten Phase wird erwartet, dass sich bis 2035 der Anteil des Wasserstoffs, der mit erneuerbaren Energien hergestellt wird, am gesamten Energiekonsum signifikant erhöht hat und dieser damit eine unterstützende Rolle bei der Transformation hin zu einem grünen Energiesystem spielen wird.

Bereits 2021 veröffentlichten die National Energy Administration und das Ministry of Science and Technology den 14. Fünfjahresplan für wissenschaftliche und technologische Innovation im Energiesektor, in dem auf die notwendige Forschung von zentralen Technologien für Wasserstoff und Brennstoffzellen hingewiesen wird (National Center for Science and Technology Innovation (NCSTI) 2021). Dazu zählen:

- Schlüsseltechnologien für die Wasserstoffproduktion, z. B. Polymerelektrolytmembranen (PEM) -Elektrolyse und Festkörperoxid-Elektrolyse (Solid Oxide Electrolysis SOEL),
- Schlüsseltechnologien für Wasserstoffspeicherung und -transport, z. B. Wasserstoff-Langstrecken-Pipeline-Transporttechnologie, sichere und energiearme Niedertemperatur-Flüssigwasserstoffspeicherung und -transport,
- Schlüsseltechnologien für die Wasserstoffbetankung, z. B. Schlüsselausrüstungen wie Kompressoren mit hoher Zuverlässigkeit und niedrigem Energieverbrauch,
- Brennstoffzellenausrüstung und Schlüsseltechnologien für die Systemintegration, z. B. Integration, Design und Fertigung von leistungsstarken und langlebigen PEM-Brennstoffzellen,
- Wasserstoffsicherheitsprävention und -kontrolle sowie Technologie zur Qualitätssicherung von Wasserstoff.

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 17 Projekte im Rahmen des Nationalen FuE-Schlüsselprogramms „Was-

serstofftechnologie“ ausgesucht, die für einen Zeitraum von drei bis vier Jahren gefördert werden (MoST 2021). Das MoST veröffentlichte 2022 die Richtlinien für die Anträge auf Forschungsförderung im Bereich Wasserstoff für die kommenden Jahre. Die Themen konzentrieren sich auf 1) die Erzeugung von umweltfreundlichem Wasserstoff, 2) sichere Speicherung und schnelles Übertragungs- und Verteilungssystem für Wasserstoff, 3) hocheffizientes Energieerzeugungssystem und 4) Wasserstoffenergie für alle Haushalte. Dafür wird der Staat insgesamt Fördermittel in Höhe von 400 Mio. CNY (rund 57 Mio. EUR) bereitstellen. Es wurden 24 Leitaufgaben definiert. Vier der Leitaufgaben betreffen Ammoniak, 15 dieser Leitaufgaben gehören zum Bereich allgemeine Schlüsseltechnologien, zwei zur Grundlagenforschung und sieben zur Nachwuchswissenschaftler:innen-Förderung (MoST 2022). Im Vergleich zum Jahr 2021 stieg die Anzahl der Förderprojekte 2022 um 37%. Während sich in der Vergangenheit die FuE-Förderung stark auf Brennstoffzellentechnologie konzentrierte, steht bei der aktuellen Forschungsförderung die Wertschöpfungskette im Vordergrund und macht 55% der Förderprojekte aus. Der Anteil an Grundlagenforschungsthemen stieg im Jahresvergleich um 150% (MoST 2022).

Derzeit umfasst die gesamte Wertschöpfungskette der Wasserstoffindustrie in China mehr als 300 Industrieunternehmen, die sich auf das Jangtse-Delta, die Greater Bay Area und die Metropolregion Jingjinji konzentrieren (China National Energy Administration 2021). Mehr als ein Drittel der Staatsunternehmen der Zentralregierung haben eine Wasserstoffstrategie, die die gesamte Wertschöpfungskette von der Wasserstoffherzeugung bis zur -nutzung abdeckt. Sie stellen somit eine treibende Kraft in der chinesischen Wasserstoffindustrie dar. Fortschritte gibt es auch beim Ausbau von Wasserstofftankstellen. Im Jahr 2021 wurden rund 100 neue Wasserstofftankstellen gebaut. Mit einer Gesamtzahl von 218 steht China damit weltweit an erster Stelle. Allerdings muss China die meisten Schlüsselanlagen dafür noch aus dem Ausland importieren. (KPMG 2022).

Wasserstoff wird in China hauptsächlich im Industrie- und Verkehrssektor verwendet. Die Anwendung in den Bereichen Bauwesen, Strom- und Wärmeerzeugung befindet sich noch im Anfangsstadium. Laut der Prognose der China Hydrogen Energy Alliance wird bis 2060 der Wasserstoffverbrauch im Industrie- und

Verkehrssektor 60% bzw. 31% ausmachen und der Energiesektor sowie der Bausektor werden auf einen Anteil von 5% bzw. 4% kommen. Die Nutzung von Wasserstoff zur Dekarbonisierung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Chemie- und Stahlindustrie sowie in Fahrzeugen mit Brennstoffzellen (Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV)) steht im Fokus der Anwendungsentwicklung (KPMG 2022).

Die regionale Verteilung von neuen Wasserstoffprojekten orientiert sich vor allem an bestehenden Wind- und Solarparks. Vor diesem Hintergrund erklärt sich die Konzentration auf die Wasserstoffherzeugung aus Wind- und Solarenergie mit den Schwerpunkten in Xinjiang, Ningxia, in der Inneren Mongolei sowie in Nordostchina (Heilongjiang, Jilin, Liaoning). Weitere Standorte sind die östlichen Küstenprovinzen Hebei, Beijing und Tianjin sowie Jiangsu, Zhejiang und Shanghai und die südlichen Küstenprovinzen Guangdong und Fujian. Nationale Fördermittel werden eingesetzt, um diese Projekte zu finanzieren. Insgesamt waren für das Jahr 2020 beispielsweise rund 215 Mio. EUR für die Wasserstoffproduktion sowie 30 Mio. EUR für die Wasserstoff-Infrastruktur vorgesehen. Die Lokalregierungen ergänzen diese Mittel aus dem Haushalt der Zentralregierung, um spezifische Förderprogramme zu finanzieren (Abele 2022). Vergleichbar mit der Solarindustrie wird auch für die Wasserstoffindustrie angenommen, dass der starke regionale Wettbewerb um Forschungsressourcen, Technologien und Infrastrukturen ein wichtiger Treiber für die Gesamtentwicklung der Industrie sein wird (Brown und Grünberg 2022).

### Förderung internationaler Kooperation

Geopolitische Spannungen zwischen den USA und China sowie die Beschränkungen der COVID-19-Pandemie haben Chinas internationale wissenschaftliche und technologische Zusammenarbeit in den letzten Jahren beeinträchtigt. Obwohl der internationale Austausch aus Sicht der politischen Führung nach wie vor wichtig ist, hat die eigenständige Technologieentwicklung an Bedeutung gewonnen, um unabhängiger bei Importen von Schlüsselmaterialien und Technologien zu werden. Abhängigkeiten vom Ausland sieht die Regierung nach wie vor bei wichtigen Materialien für die Speicherung und den Wasserstofftransport; auch die Wasserstoff-Tankanlagen müssten importiert wer-

den. Um die Ziele in der Wasserstoffentwicklung zu erreichen, kündigte die National Reform and Development Commission an, den Aufbau industrieller Entwicklungsallianzen und Innovationsplattformen zu unterstützen. Die führenden Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette sollen im Fokus der Entwicklung stehen. Durch eigene Grundlagenforschung sollen sie originäre Innovation ermöglichen (National Development and Reform Commission NDRC 2022).

Die internationale Kooperation Chinas im Wasserstoffsektor beschränkt sich auf wenige Länder. Da das Interesse der USA an einer Zusammenarbeit mit China auf diesem Gebiet aktuell sehr gering ist (Victor 2021), sucht China die Kooperation mit der EU bzw. einzelnen europäischen Ländern. Allerdings blieb es während der letzten Pandemiejahre überwiegend bei Online-Workshops, die beispielsweise von der EU-China Energy Cooperation Platform zu Themen wie Chinas Kohlenstoffneutralität 2060 oder zum Verständnis der Akteure und Institutionen im chinesischen Wasserstoffsektor veranstaltet wurden (Gökce 2020). Mit Unterstützung der Agora Energiewende, einem vom BMWi geförderten Projekt, konnte im November 2021 der Europa-China Workshop zu grüner Wasserstoffwirtschaft<sup>7</sup> – eingebunden in die 2021 4th CIE International Carbon Neutrality and Green Investment Conference – veranstaltet werden. Im Fokus des Workshops standen der Austausch und die Zusammenarbeit beim Aufbau einer grünen Wasserstoffversorgungskette einschließlich Massenproduktion, Speicherung und Transport sowie industrielle Anwendungen (Agora Energiewende 2021).

Kooperationen im Wasserstoffsektor zwischen Deutschland und China haben verschiedene Formate. So fördern das Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) und das MoST den Austausch von Expert:innen und Demonstrationsprojekten zu batteriebetriebenen und mit Wasserstoff-Brennstoffzellen ausgestatteten Fahrzeugen, die über das virtuelle Sino German Electro Mobility Innovation and Support Center (SGEC) koordiniert werden. Beim Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) konnten für bilaterale Projekte bis Ende November 2021 Projektskizzen eingereicht werden (Now GmbH 2021).

<sup>7</sup> Der Begriff „grüner Wasserstoff“ bezeichnet mittels Elektrolyseur gewonnenen Wasserstoff, bei dem der Energiebedarf für die Elektrolyse aus erneuerbaren Energien wie z.B. Wind- oder Sonnenenergie gedeckt wurde.

China fördert den Technologietransfer aus dem Ausland über verschiedene Wege, darunter auch Aufkäufe oder Beteiligungen an technologieintensiven Unternehmen, die für die Entwicklung der nationalen Wasserstoffindustrie von Bedeutung sind. Lokale Fördermaßnahmen sehen darüber hinaus z. B. Subventionen und Beihilfen bei Neugründungen und Vorzugstarife bei der Stromversorgung vor (Abele 2022). Zu den Beispielen der Zusammenarbeit mit deutschen Unternehmen zählt die 2017 zwischen Weichai Power und Bosch vereinbarte strategische Partnerschaft im Bereich Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie, bei der es um die Entwicklung und Lieferung von Kraftstoff-Einspritzsystemen für leistungsstarke Dieselmotoren geht. Mit der Übernahme des deutschen Unternehmens ARADEX im Jahr 2019 konnte Weichai Power die Fähigkeiten in den Bereichen Batterie-, Elektromotor- und elektronische Steuerung stärken und damit Systemlösungen auch bei alternativen Antrieben so-

wie im Spektrum der erneuerbaren Energien anbieten (Investment Plattform 2019). Bosch und Qingling Motors unterzeichneten 2020 ein Joint-Venture-Vorhaben über die Produktion von Brennstoffzellen-Systemen. Unter dem Namen Bosch Hydrogen Powertrain Systems will das Gemeinschaftsunternehmen diese Systeme für den chinesischen Markt entwickeln, herstellen und vermarkten (Fuchslocher 2021). Eine weitere kommerzielle Zusammenarbeit besteht zwischen China Power Intl. Development Ltd. und der Siemens AG, und zwar im Bereich der grünen Wasserstoffproduktion und verschiedener Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff. Beide Unternehmen unterzeichneten eine Absichtserklärung im September 2019 über ihre Kooperation, aus der u. a. auch der Bau einer Elektrolyseur-Anlage für die Versorgung des öffentlichen Nahverkehrs mit grünem Wasserstoff in Peking resultierte (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) 2020).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Japan<sup>8</sup>

### Zentrale politische Strategien

Mit der Veröffentlichung seiner Basic Hydrogen Strategy im Jahr 2017 und der New Strategic Roadmap for Hydrogen and Fuel Cells Anfang 2019 (METI 2019) übernahm Japan eine Vorreiterrolle in der Transformation zu einer „Wasserstoffgesellschaft“. Im Oktober 2020 kündigte Japans Premierminister Suga kurz nach seinem Amtsantritt seine Vision einer CO<sub>2</sub>-neutralen japanischen Gesellschaft bis zum Jahr 2050 an und brachte neue Konzepte und Politikmaßnahmen auf den Weg, um die Energieversorgung des Landes zu sichern (METI 2020). Die Ende Dezember 2020 vom Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) zusammen mit anderen Ministerien und Agenturen veröffentlichte Green Growth Strategy in Line with Carbon Neutrality in 2050 (aktualisiert im Juli 2021; siehe zu Details METI 2021) identifiziert 14 Sektoren für grünes Wachstum der japanischen Wirtschaft<sup>9</sup>, um die industrielle Wettbewerbsfähigkeit bei gleichzeitigem Umweltschutz zu gewährleisten (Yabe 2022, S. 12; Government of Japan 2021).

Wasserstoff und Ammoniak kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da sie als „neue Ressourcen“ ein erhebliches Potenzial besitzen, um Japans Abhängigkeit von kohlenstoffintensiven fossilen Brennstoffen wie Kohle und Öl zu verringern (METI 2021). Die Green Growth Strategy stellt dabei folgende Bereiche in den Mittelpunkt: Die Kommerzialisierung der Verwendung von Wasserstoff im Energiesektor und anderen Schwerindustrien, einschließlich der Entwicklung wasserstoffbetriebener Turbinen zur Stromerzeugung; den Aufbau einer umfassenden internationalen Wasserstofflieferkette, um die Wasserstoffkosten bis 2030 zu senken und die Verwendung von Ammoniak bei der thermischen Stromerzeugung als kohlenstoffarmen Übergangsbrennstoff zu fördern; den weit verbreiteten Einsatz von FCV-Lastwagen und die Förderung der wasserstoffreduzierten Stahlherstellung; die Installation stationärer Wasserstoff-Brennstoffzellen zur netzunabhängigen Stromerzeugung; die Unterstützung von FuE in Zusammenhang mit Flüssigwasserstoff-Transportschiffen und Wasserelektrolyse-Technologien (METI 2021).

<sup>8</sup> Aufbauend auf Vorarbeiten von Kerstin Cuhls.

<sup>9</sup> Die 14 Sektoren sind: 1. Offshore Windanlagen, Photovoltaik, Geothermie, 2. Wasserstoff und Ammoniak, 3. Fortschrittliche thermische Energie, 4. Atomenergie, 5. Transport/Kraftfahrzeuge und Batterietechnologien, 5. Halbleiter und IKT, 7. Schiffe, 8. Logistik und Infrastruktur, 9. Lebensmittel und Landwirtschaft, 10. Flugzeuge, 11. Kohlenstoffwiederverwertung, 12. Gebäude, 13. Ressourcenwiederverwertung, 14. Lebensstil.

Um das Ziel einer CO<sub>2</sub>-neutralen Gesellschaft zu erreichen, plant Japan eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 46% bis 2030, die Nutzung von Wasserstoff soll hierzu etwa 20–22% beitragen (Yabe 2022, S. 10). Priorität hat derzeit die Reduktion der Produktionskosten von Wasserstoff, um die Wasserstoffnutzung in der Breite zu fördern. Dies gilt insbesondere auch vor dem Hintergrund steigender Energiepreise in Japan und eines pandemiebedingten Wachstumsrückgangs. Dementsprechend will Japan die Produktionskosten bis 2050 auf unter 2 USD/kg Wasserstoff senken (Mennicken 2022), insbesondere durch die Nutzung fossiler Brennstoffe wie Kohle und Erdgas zur Wasserstoffherzeugung und die derzeit wirtschaftlich wettbewerbsfähigere Technologie CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage) sowie internationale Kooperationen in FuE und Produktion. Langfristig soll in Japan der Anteil des „grünen“ Wasserstoffs, der ausdrücklich auch Wasserstoff aus fossilen Energieträgern in Verbindung mit CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage) umfasst, über der von Deutschland angestrebten Menge liegen (Mennicken 2022). Da die Verbrennung von Kohle zur Herstellung von Wasserstoff nicht zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beiträgt, wird dieser Ansatz national und international kritisiert und eine Roadmap für saubere Technologien gefordert (z.B. Howarth 2022, Japan Times 2022, Nagashima 2020). Die Ankündigung der japanischen Regierung, ineffiziente Kohlekraftwerke bis 2030 schrittweise vom Netz zu nehmen, wird als ermutigendes Signal für saubere Technologien gewertet (International Energy Agency (IEA) 2021).

Bei der Energieversorgung Japans soll Wasserstoff bereits bis 2030 ein jährliches Versorgungsvolumen von mindestens 3 Mio. t Wasserstoff und bis 2050 von bis zu 20 Mio. t erreichen. 2019 lag der Anteil fossiler Energieträger am Energiemix Japans bei 88% (International Energy Agency (IEA) 2021, S. 13), bis 2050 plant die japanische Regierung eine drastische Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 50–60%, weitere 30–40% sollen Atom- und Wasserstoffkraftwerke, die CCUS-Technologien nutzen, beitragen und Wasserstoff- und Ammoniakherzeugung sollen die restlichen 10% der Elektrizitätsnachfrage decken (METI 2021, S. 6).

Premierminister Fumio Kishida, seit Oktober 2021 im Amt, verfolgt die Wasserstoffstrategie mit Nachdruck weiter. Auch der vom METI im Oktober 2021 – nur

wenige Wochen vor COP 26 – veröffentlichte sechste „Strategic Energy Plan“ stellt Klimawandel und Dekarbonisierung ganz oben auf die Agenda und übernimmt die o.g. Kernziele für Wasserstoff und Ammoniak der Green Growth Strategy, und betont zudem die Notwendigkeit zur Entwicklung eines (international) koordinierten und konsistenten regulatorischen Rahmens (METI 2021a). Zur Erreichung der „Wasserstoffgesellschaft“ stellt die japanische Regierung erhebliche Mittel aus dem Staatshaushalt für Demonstrationsprojekte und FuE-Aktivitäten bereit, um in absehbarer Zeit eine großflächig angelegte Wasserstoffinfrastruktur in Betrieb nehmen zu können. Dabei stehen die Produktion und Lagerung von „grünem“ und „blauen“ Wasserstoff im Mittelpunkt. Zudem bietet sie steuerliche Anreize für Unternehmen, die CO<sub>2</sub>-Neutralität anstreben. Für das Fiskaljahr 2022 hat die japanische Regierung 98,9 Mrd. JPY bereitgestellt, unter anderem für FuE-Aktivitäten in Bezug auf Brennstoffzellen- und Wasserelektrolysetechnologien und Verifizierungstests für die Mitverbrennung von Ammoniak in Kohlekraftwerken. Darüber hinaus hat die New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) im Jahr 2021 den „Green Innovation Fund“ mit einem Budget von 2 Bio. JPY (ca. 16 Mrd. EUR) für einen Zeitraum von zehn Jahren eingerichtet. Der Fond stellt Mittel für FuE-Aktivitäten, Demonstrationsprojekte und den breiteren gesellschaftlichen Einsatz neuer Technologien, Prozesse und Methoden in den o.g. 14 Schlüsselsektoren bereit. Derzeit (Stand 1. Oktober 2022) werden 18 Projekte gefördert, davon fünf Wasserstoffprojekte, in die insgesamt 485 Mrd. JPY fließen (243 Mrd. JPY für Projekte in der Wasserstofflieferkette, 149 Mrd. JPY für Projekte zur Wasserstoffnutzung in der Eisen- und Stahlherstellung, 51 Mrd. JPY für die Entwicklung von Wasserelektrolyseanlagen, 41 Mrd. JPY in die Entwicklung von Wasserstoffantrieben für Flugzeuge und Schiffe) (Yabe 2022, S. 14–15).

Zu Japans erfolgreichen Demonstrationsprojekten gehört das Fukushima Hydrogen Research Field (FH2R), das mit einer Wasserstoffelektrolysekapazität von 10 MW die weltweit größte Produktionsanlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff (27–180 kg/h) aus Solarenergie ist. Seit März 2020 werden hier erfolgsversprechende Projekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff durch den „Power-to-Gas“-Ansatz durchgeführt. Das Fukushima Renewable Energy Institute (FREI) des AIST, das 2014 im Rahmen des Wiederaufbaus der Region nach der Fukushima-

Dreifachkatastrophe von 2011 gegründet wurde, betreibt dort Forschung zur Umwandlung erneuerbarer Energien in Wasserstoff und Wasserstoffträger sowie zur Nutzbarmachung von Überschussstrom für die Wasserstoffproduktion. Das FH2R erforscht auch die Machbarkeit des Einsatzes von grünem Wasserstoff in z. B. Wasserstofftankstellen oder öffentlichen Anlagen wie z. B. Hotels, Schwimmbädern und Thermalquellen. Eine weitere „Power-to-Gas“-Anlage zur Produktion von grünem Wasserstoff (bis zu 550 t p.a.) soll ab 2024 auf Japans nördlicher Insel Hokkaido in Betrieb gehen. Auch bei Verbrennungstechnologien von Wasserstoffturbinen ist Japan weltweit führend. So hat z. B. NEDO in Zusammenarbeit mit Kawasaki Heavy Industries Ltd. (KHI) und Obayashi Corporation im Rahmen des Hydrogen Cogeneration System (CGS) Smart Community Technology Development Project eine zu 100% mit Wasserstoff betriebene Gasturbine mit einer Leistung von 1 MW entwickelt, die seit Mai 2020 einen Stadtteil in Kobe mit Wärme und Elektrizität versorgt (Mennicken 2022). KHI ist bei der effizienten Speicherung und dem Transport von verflüssigtem Erdgas (LNG) führend in Asien. Es gibt eine ganze Reihe weiterer Demonstrationsprojekte und regionaler Forschungshubs, so z. B. im Umfeld der Kyushu University, wo Wasserstoffforschung von der Grundlagenforschung bis zur praktischen Anwendung betrieben wird und die Mitgestaltung internationaler Normen ein weiterer Fokus ist. In Tsukuba wurde 2020 das Global Zero Emission Research Center (GZR) gegründet, das zum AIST gehört und vom Nobelpreisträger Akita Yoshino geleitet wird. Zu den Forschungsschwerpunkten des GZR gehören Wasserstofftechnologien (Produktion und Lagerung), Brennstoffzellen, Kohlenstoffrecycling (Carbon Capture and Utilisation) unter Nutzung von Wasserstoff sowie künstliche Photosynthese zur Wasserstoffherzeugung.

Der Bereich Mobilität und hierbei insbesondere der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen von Fahrzeugen ist ein weiterer Fokus der japanischen Green Growth Strategy. Zu den ambitionierten Zielen der japanischen Regierung gehört z. B. die Erhöhung der Zahl der mit Brennstoffzellen betriebenen Kraftfahrzeuge von 40.000 im Jahr 2020 auf rund 800.000 im Jahr 2030, um eine kostengünstige Massenproduk-

tion zu erzielen. Die japanischen Hersteller Toyota und Honda dominieren diesen Bereich und treiben die Entwicklungen stark voran, der Staat unterstützt mit Subventionen. Die Zahl der Wasserstofftankstellen soll von 160 im Jahr 2020 auf 320 im Jahr 2025 erhöht werden (Yabe 2020, S. 10), davon 80 Wasserstofftankstellen in Tokyo. Bereits in 2018 haben Japans führende Automobilhersteller das Konsortium Japan H2 Mobility (JHyM) zur Förderung einer CO<sub>2</sub>-neutralen Gesellschaft ins Leben gerufen. Das Konsortium setzt sich intensiv für den Ausbau der Wasserstofftankstellen des Landes ein. Auch die Flotte der Null-Emissions-Busse (FC- und E-Busse) soll bis 2030 auf über 300 Busse stark erhöht werden. Bis 2028 will Japan die erste Generation von Null-Emissions-Schiffen entwickeln, derzeit arbeitet die Industrie an mehreren großen Projekten für mit Ammoniak angetriebene Schiffe.

### Förderung internationaler Kooperation

Als Nettoimporteur von Wasserstoff ist für Japan der Aufbau einer umfassenden internationalen Wasserstoffversorgungskette eines der wichtigsten Ziele (METI 2021; Nagashima 2020, S. 6). Dies erfordert einen erheblichen Ausbau der Upstream-Produktion in Übersee, des Midstream-Transports und der inländischen Speicherinfrastruktur für verflüssigten Wasserstoff, MCH und Ammoniak, um Skaleneffekte zu erzielen, die für eine rasche Senkung der Lieferkosten von Wasserstoff erforderlich sind. Entsprechend baut Japan seit einigen Jahren enge Kooperationen mit potenziellen Lieferländern auf – insbesondere mit Australien (grauer Wasserstoff) und Brunei (blauer Wasserstoff)<sup>10</sup> – und führt gemeinsame Pilotprojekte sowie Machbarkeitsstudien durch. Dabei zeigt eine Reihe von Projekten bereits vielversprechende Ergebnisse. So fand im Februar 2022 der weltweit erste erfolgreiche Langstreckentransport von aus Braunkohle gewonnenem flüssigem Wasserstoff auf dem Seeweg von Australien nach Japan statt. Vorausgegangen war der Probetrieb des weltweit ersten Frachtabfertigungsterminals für flüssigen blauen Wasserstoff Hytouch Kobe im Rahmen des Pilotprojekts HySTRA (CO<sub>2</sub>-free Hydrogen Energy Supply-chain Technology Research Association) und die Taufe des weltweit ersten für den Transport von

**10** Der Begriff „blauer Wasserstoff“ bezeichnet Wasserstoff, der mittels Dampfreformierung aus Methan (Erdgas) erzeugt wurde (auch als „grauer Wasserstoff“ bezeichnet), wobei das entstehende CO<sub>2</sub> allerdings gebunden und nicht in die Atmosphäre abgegeben wird.

Wasserstoff konzipierten Spezialtankern „Suiso Frontier“ (Kawasaki Heavy Industries KHI) sowie die Installation eines für den Seetransport konzipierten Flüssigwasserstofftanks auf dem Schiff mit Komponenten der Bremer Firma Saacke Marine Systems (Mennicken 2022). Im Rahmen des HYPER-Projekts kooperiert Japan auch mit Norwegen, da dort Wasserstoff aus erneuerbaren Energien und Erdgas unter Verwendung überschüssiger Wind-/Wasserkrafttechnologie und CCS-Technologie hergestellt werden kann. Die norwegische Firma Nel plant, Japan verflüssigten Wasserstoff zu liefern, der günstiger ist als in Australien produzierter Wasserstoff.

Auch aus Brunei gelangt der weltweit erste erfolgreiche Transport von organisch gebundenem blauem Wasserstoff (LOHC/Methylcyclohexan MCH; aus Erdgas gewonnen) nach Japan sowie dessen Einsatz in einem Gaskraftwerk in der Stadt Kawasaki im Rahmen des von NEDO geförderten Demonstrationsprojekts „AHEAD“ (Advanced Hydrogen Energy Chain Association for Technology Development).<sup>11</sup>

Zudem schloss das METI im April 2021 mit den Vereinigten Emiraten (UAE) ein Memorandum of Cooperation (MoC) ab, das die Zusammenarbeit in der Produktion von Wasserstoff und damit verbundenen Technologien sowie den Austausch zu Fragen der Regulierung, von Standards und zur Sicherheit von Wasserstoff vorsieht. Geplant ist außerdem eine Feasibility-Studie zur Produktion von Wasserstoff in den VAE und dem Transport nach Japan sowie von gemeinsamen Initiativen, die eine Nutzung von Wasserstoff bilateral, regional und international fördern (Kumagai 2021). Mit Neuseeland arbeitet Japan bei der Wasserstoffproduktion durch Geothermie zusammen und plant darüber hinaus eine Ausweitung der Kooperationen mit Indien bei Wasserstofftechnologien. Zu diesem Zweck organisierte NEDO im März 2022 das Indo-Japan Hydrogen Seminar.

Japanische Unternehmen investieren in eine Reihe von Projekten in den o.g. Ländern: Mitsubishi Heavy Industries beteiligt sich z. B. an Wasserstoff- und Ammoniak-Projekten bzw. -Anlagen in Australien. Die im Dezember 2020 in Tokyo gegründete und inzwischen aus 88 überwiegend japanischen Unternehmen bestehende Japan Hydrogen Association (JH2A) fördert die internationale Zusammenarbeit beim Aufbau einer Wasserstoff-Lieferkette (Mennicken 2022).

Japan und die USA haben eine Partnerschaft zur Zusammenarbeit beim Klimawandel und sauberer Wasserstofftechnologie vereinbart und im Juni 2019 haben das METI, das European Commission Directorate-General for Energy (ENER) und das Department of Energy of the United States (DOE) ein trilaterales Partnerschaftsabkommen zur Kooperation bei Wasserstofftechnologien und Brennstoffzellen unterzeichnet. Auf europäischer Ebene gibt es eine Reihe von laufenden Kooperationen, so z. B. beim Sun-to-X-Projekt, das im Rahmen von Horizont 2020 gefördert wird und bei dem das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) mit der Toyota Motor Corporation und weiteren Partnern zum Einsatz von Solarenergie bei der Erzeugung von kohlenstofffreiem Flüssigbrennstoff forscht.<sup>12</sup> Im Rahmen der European Interest Group EIG CONCERT-Japan gab es im Mai 2021 eine Förderbekanntmachung zu Wasserstofftechnologie-forschung, bei der sechs Projekte zur Förderung ausgewählt wurden, an drei Projekten ist Deutschland beteiligt. Am 2. Dezember 2022 haben die EU und Japan ein Kooperationsabkommen unterzeichnet, um gemeinsam Innovationen auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologien voranzutreiben und einen internationalen Wasserstoffmarkt zu entwickeln.<sup>13</sup>

Deutschland ist für Japan ein wichtiger FuE-Partner bei Wasserstofftechnologien, insbesondere bei Brennstoffzellen, Materialforschung und maritimen Antrieben mit grünem Wasserstoff, Bereiche, in denen Kooperationen ausgebaut werden sollen.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> Durch die in diesem Projekt verwendete Technologie sollen allein die Braunkohlereserven in Australien das Potenzial haben, den zukünftigen Wasserstoffbedarf Japans für hunderte von Jahren zu decken (Clifford Chance 2022: 5). Eine zentrale Herausforderung werde jedoch darin bestehen, die Technologie zur Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) zu perfektionieren, die erforderlich ist, damit aus Braunkohle erzeugter Wasserstoff als „sauber“ eingestuft werden kann. Da eine solche Technologie noch nicht existiert, blieben erhebliche Zweifel, inwieweit Wasserstoff aus Braunkohle als CO<sub>2</sub>-frei angesehen werden kann (Clifford Chance 2022, S. 5).

<sup>12</sup> <https://sun-to-x.eu/> (letzter Abruf: 10.10.2022).

<sup>13</sup> Zur entsprechenden Presseerklärung siehe: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_22\\_7322](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_7322) (letzter Abruf: 10.10.2022).

<sup>14</sup> Siehe hierzu ausführlich Mennicken (2022); hier findet sich auch ein Überblick zu Forschungsclustern und industriellen Demonstrationsprojekten in Japan sowie Kooperationsprojekte mit Deutschland.

So hatte z.B. die Universität Osaka 2018 ein International Joint Lab an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) eingerichtet und es sollen mit BMBF-Förderung zwei deutsche Forschungspräsenzen in Japan errichtet werden (Laufzeit 2022 bis maximal 2026): Das ECatPEMfgate der TU Braunschweig an der Universität Yamanashi (nächste Generation Elektrodenmaterialien für Brennstoffzellen) und das H2-Lab der Ruhr-Universität Bochum (RUB) an der Universität Osaka (Grundlagenforschung Biobrennstoffzellen). Zudem stellen BMBF und JST (als ausführende Institution für das MEXT) Mittel für eine weitere „2+2“-Forschungsfördermaßnahme auf den Gebieten Materialforschung sowie maritime Antriebe mit grünem Wasserstoff bereit, in deren Rahmen drei Projekte

zur Förderung ausgewählt wurden (Start 2022 bzw. 2023 geplant; Mennicken 2022, S. 1). Im Rahmen der deutsch-japanischen Energiepartnerschaft zwischen BMWK und METI befasste sich die AG Wasserstoff zuletzt im April 2022 mit einschlägigen Themen der Zusammenarbeit. Die Städte Hamburg und Kobe vereinbarten im April 2021 eine Zusammenarbeit u. a. bei Wasserstofftechnologien. Im Rahmen des 2016 gegründeten German Japan Energy Transition Council (GJETC) wird im Projekt HyPat ein globaler H2-Potenzialatlas erstellt, in dem nachhaltige Standorte für die grüne Wasserstoffwirtschaft der Zukunft aufgezeigt werden (German Japan Energy Transition Council (GJETC) 2021). Hierbei ist das Fraunhofer ISI federführend.

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Korea

### Zentrale politische Strategien

Die koreanische Regierung veröffentlichte im Januar 2019 ihre nationale Strategie zur Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft (Hydrogen Economy Roadmap) und verabschiedete Ende 2020 ein weltweit erstes Wasserstoffgesetz (Hydrogen Economy Promotion and Safety Management Act), das im Januar 2021 in Kraft trat (Kan 2020). Für den Aufbau einer wasserstoffbasierten Wirtschaft sprechen aus Sicht der Regierung folgende Gründe: 1) Korea braucht neue Wachstumstreiber in der Industrie, zu denen Wasserstofftechnologien neben 5G, Künstliche Intelligenz (KI), Halbleiter, Biotechnologie und autonom fahrende Kfz zählen sollen. 2) Die Energiesicherheit spielt für Korea vor dem Hintergrund der sehr hohen Abhängigkeit des Landes von fossilen Energieimporten eine wichtige Rolle. 3) Als größter Emittent von Treibhausgasen pro Kopf muss Korea auf die Reduzierung von CO<sub>2</sub> setzen und deshalb den Anteil von Wasserstoff am Energiekonsum erhöhen (Stangarone 2021).

Der erst seit Mai 2022 amtierende Präsident Yoon Suk-yeol hat noch keine eigenen Schwerpunkte zur Wasserstoffstrategie veröffentlicht, scheint aber weitgehend in seiner Wasserstoffpolitik an die Politik seines Vorgängers anzuknüpfen. In seiner Eröffnungsrede zur Weltgaskonferenz, die 2022 erstmals im südkoreanischen Daegu stattfand, kündigte er an, die Investitionen in die Entwicklung von Technologien zur Verringerung der Kohlenstoffemissionen weiter zu erhöhen. Um eine stabile Wasserstoffversorgungskette aufbauen zu können, sollen Produktionsstätten

im In- und Ausland gesichert werden. Yoon betonte in seiner Rede, dass Korea Innovationen stark vorantreiben werde, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu reduzieren und langfristig zur Wasserstoffwirtschaft überzugehen. Aktuell brauche das Land den „richtigen Energiemix“, neben erneuerbaren Energiequellen auch Erdgas und Kernkraft (Park 2022).

Während Korea zunächst den Schwerpunkt auf die Herstellung von Wasserstoff durch Umwandlung von Erdgas und von Wasserstoff als Nebenprodukt der Chemieindustrie (und Stahlindustrie) legte, wird in der Wasserstoffstrategie von 2019 auch die Herstellung von grünem Wasserstoff gefordert. Dafür sollte der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energiemix auf 20% bis 2030 und auf 30–35% bis 2040 angehoben werden (Kan 2020, S. 4–5). Inwieweit diese Ziele auch von der neuen Regierung verfolgt werden, ist unklar. So kündigte der koreanische Industrieminister vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion um die Sicherheit der nationalen Energieversorgung Anfang Juli 2022 an, dass der Anteil der Kernkraft am Energiemix von 27% im Jahre 2021 auf 30% bis 2030 erhöht werden soll. Der Bau von zwei neuen Reaktoren (Hanul 3 und 4) soll wiederaufgenommen und die Produktion bestehender Reaktoren ausgeweitet werden. Der Anteil der erneuerbaren Energien wird Schätzungen zufolge auch langfristig unter 30% bleiben; 2021 lag der Anteil bei 6,3% (Lee & Kim 2022). Zu den Schwerpunkten beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft zählen der Einsatz von Wasserstoff für den Antrieb von Fahrzeugen, die Stromerzeugung und die

Beheizung von Gebäuden. Insgesamt wird erwartet, dass die Wasserstoffindustrie einer der nächsten großen Wachstumsmotoren der südkoreanischen Industrie sein wird (Ha 2019). Auf Wasserstoff könnte bis 2050 ein Anteil von rund 33% des koreanischen Energieverbrauchs entfallen, deutlich mehr als für den weltweiten Durchschnitt von 10% angenommen wird (Hydrogen Council).

Zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie verfolgt die Regierung verschiedene Ansätze. Hierzu gehört beispielsweise eine größere Transparenz über Fördermöglichkeiten im Rahmen des Anfang 2021 in Kraft getretenen Wasserstoffgesetzes. Obwohl koreanische Unternehmen bereits seit vielen Jahren in Technologien zur Nutzung von Wasserstoff investiert haben und auch staatliche Förderung erhielten, soll dieses Gesetz die Fördermöglichkeiten transparenter und auch für spätere Regierungen verbindlicher machen. In der Vergangenheit waren beim Wechsel von Regierungen oftmals Schwerpunkte der Innovations- und Industriepolitik erheblich verändert worden. Das Wasserstoffgesetz setzt auf Kontinuität, um für die Unternehmen eine höhere Investitionssicherheit herzustellen. Das Gesetz bietet ein breites Spektrum von Anreizen für Unternehmen. Dazu zählen FuE-Subventionen, Fördermittel für die Kommerzialisierungsphase, günstige Kredite und Steuerbefreiungen. Im Jahr 2019 betragen die staatlichen FuE-Ausgaben rund 80,2 Mio. USD. Die größten FuE-Anteile entfielen auf die folgenden Bereiche: Stromerzeugung (22,7 Mio. USD), Verkehr (20,1 USD), Produktion von Wasserstoff (19,6 USD), Transport und Speicherung (12,2 USD) sowie auf Infrastruktur für Sicherheit und Umweltschutz (5,5 USD) (Abele 2020). Die Rolle der koreanischen Unternehmen bei FuE ist von zentraler Bedeutung, sie treiben vor allem im Automobil- und Energiesektor die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft voran.

Auch Maßnahmen, die den Übergang zur Wasserstoffökonomie beschleunigen, werden staatlich gefördert, wie z. B. die Weiterbildung von Personal, die Standardisierung von Produkten und internationale Kooperationen. Mit der Gründung des Hydrogen Economy Committee, das dem Ministerpräsidenten untersteht, ist eine neue Institution aufgebaut worden, die alle Bereiche der industriellen Förderung, Verteilung und Sicherheit kontrollieren soll. Über die Green New Deal-Politik wird die Nutzung von Wasserstoff ebenfalls gefördert. Dies betrifft z. B. mit Wasserstoff betriebene

Fahrzeuge. Zunächst sollen LKWs ab 2021 gefördert werden, ab 2025 soll die staatliche Subvention für alle Fahrzeuge mit dieser Technologie gelten. Ein weiteres Förderinstrument ist der Aufbau von Demonstrationsprojekten und Pilotstädten. Die Städte Ansan, Ulsan und Wangju/Jeonju wurden im Dezember 2019 als Pilotstädte ausgewählt. In Ansan soll z. B. die Produktion von Wasserstoff unter Nutzung von Elektrizität aus einem Gezeitenkraftwerk stattfinden, in Ulsan sollen Pipelines für den Transport von Wasserstoff verlegt werden (Stangarone 2021).

Aktuell kommt aus der Industrie eine weitere Initiative zur Förderung der Wasserstoffindustrie. So wurde vom Hydrogen Council im Juli 2022 ein Fonds vorgeschlagen, der einen Wert von 383 Mio. USD (500 Mrd. Won) haben soll. Im Wasserstoffrat sind hauptsächlich Großunternehmen wie Hyundai Motor, SK und POSCO vertreten. Der Fonds soll sich durch Investitionen inländischer Mitgliedsunternehmen und ausländischer Investoren finanzieren und eine Laufzeit von zehn Jahren haben. Seine Mittel sollen für den Aufbau von Wasserstoffproduktions-, Vertriebs- und Speicherinfrastrukturen im In- und Ausland eingesetzt werden (South Korea – Hydrogen Council 2022).

### **Förderung internationaler Kooperation**

Korea setzt auf internationale Kooperation in der Entwicklung von Technologien zur Herstellung, Lagerung und Distribution von Wasserstoff. Die Auswahl der Kooperationspartner umfasst sowohl Länder, die zu den traditionellen Rohstofflieferanten zählen wie Australien, Neuseeland oder die Golfstaaten, sowie Länder, die als Partner für die wissenschaftlich-technologische Kooperation von Bedeutung sein können, wie z. B. Deutschland. In der Umsetzung der zwischenstaatlichen Vereinbarungen über Wasserstoffkooperationen spielen koreanische Großunternehmen wie POSCO, die SK Gruppe und Hyundai Heavy Industries eine zentrale Rolle (Bowen und Springer 2022, S. 14–15). Um die Wasserstoffforschung auch international zu vernetzen, unterstützt die Regierung das Korean Institute of Energy Technology (KENTECH), das seinen Schwerpunkt auf angewandte Energiewissenschaften legt, sowie das Advanced Technology Research Institute. Beide Institute haben Anfang Mai 2022 eine Vereinbarung über die technische Zusammenarbeit bei grünem Wasserstoff und Brennstoffzellen getroffen, insbesondere in den Bereichen Ausbildung, Materialien und Qualitätsprüfung (Biogradlija 2022).

Diese Institute sind auch aktiv in internationalen Forschungsk Kooperationen, u. a. mit Deutschland.

Einige der Kooperationsinitiativen aus dem Jahr 2019 scheinen – bedingt durch die Corona-Epidemie – nicht aktiv vorangetrieben worden zu sein. Darüber hinaus könnten aktuell internationale Partner bei einer möglichen Veränderung der Wasserstoffstrategie unter der Yook-Regierung nicht mehr dieselbe Motivation haben mit Korea zu kooperieren, wie zuvor. In einem Bericht zu den Chancen, die beispielsweise Neuseeland in der Kooperation mit Korea sieht, wurde vor allem auf die von der Vorgängerregierung 2019 geplante Nutzung von grünem Wasserstoff verwiesen. Anstelle des grauen Wasserstoffs (auf der Basis fossiler Brennstoffe) sollte – produziert im Inland oder als Import – grüner Wasserstoff treten, dessen Anteil bis 2040 auf 70% steigen sollte (New Zealand, Ministry of Foreign Affairs and Trade 2021). Für die geplante Kooperation war ein Konsortium von zwei privaten Unternehmen gegründet worden, das Ende November 2019 eine Absichtserklärung unterschrieben hatte. Gegenstand der Kooperation war die Zusammenarbeit bei der Entwicklung von flüssigem Wasserstoff, der von Neuseeland nach Korea exportiert werden sollte (Yi 2019).

Zwischen Australien und Korea besteht bereits seit langem eine Kooperation im Energiesektor, die im Rahmen des Australia-Korea Joint Committee for Energy and Mineral Resources Consultations and Cooperation (JCEM) umgesetzt wird. Der gemeinsame Ausschuss weitete seine Aktivitäten in den letzten Jahren auf die Zusammenarbeit bei Wasserstoff und anderen sauberen Energieformen aus. Die Regierungen beider Länder schlossen im November 2021 die Australia-Korea Low and Zero Emissions Technology Partnership. Im Mittelpunkt des Partnerschaftsabkommens steht die Nutzung von Wasserstoff als Mittel zur Dekarbonisierung zusammen mit anderen sauberen Energietechnologien. Beide Länder verpflichten sich, Fortschritte bei sauberen Wasserstoff- und Ammoniumtechnologien und der Entwicklung eines Handelssystems für Wasserstoff zu machen sowie niedrige Emissionen in der Stahl- und Eisenerzproduktion und bei CCUS zu erreichen. Bilaterale Kooperationen sollen in folgenden Technologien verstärkt werden: Brennstoffzellen für elektrische Fahrzeuge, Wasserstoff für Wärmeerzeugung, Energiespeicherung, Sonnenenergie und Lieferketten von kritischen Mineralien (Bowen and Springer 2022, S. 8–9).

Absichtserklärungen über eine Zusammenarbeit bei Wasserstofftechnologien bestehen auch zwischen Korea und einigen arabischen Golfstaaten. Privatwirtschaftliche Wasserstoff-Kooperationen decken dabei ein breites Länderspektrum ab. Hyundai Heavy Industries beispielsweise fokussiert auf die Lieferung von LNG aus Saudi-Arabien, aus dem in Korea blauer Wasserstoff hergestellt werden soll. Die südkoreanischen Unternehmen POSCO und Samsung C&T wollen mit dem saudi-arabischen Investitionsfonds (PIF) in der Herstellung von grünem Wasserstoff kooperieren (Ansari 2022, S. 5).

Mit Norwegen kündigte Korea Mitte 2019 eine Kooperation für den Bau von Spezialschiffen an, die flüssigen Wasserstoff transportieren können. Das koreanische Gas-Unternehmen KOGAS, größter Gasanbieter im öffentlichen Eigentum, das bis 2030 rund 4 Mrd. USD in 25 Produktionsstätten für Wasserstoff und in Verteilungsnetze investieren will, arbeitet ebenfalls mit einem norwegischen Anbieter (Nel ASA) zusammen, der 12 Wasserstofftankstellen in Korea bauen soll (Kan 2020, S. 5; Abele 2020).

Mit Deutschland arbeitet Korea im Rahmen der deutsch-koreanischen „Energiepartnerschaft“ zusammen. Im Dezember 2019 unterzeichneten der Minister für Handel, Industrie und Energie (MOTIE) sowie der deutsche Bundesminister für Wirtschaft und Energie hierfür eine Absichtserklärung und im Frühjahr 2020 wurde ein Fahrplan über die gemeinsamen Aktivitäten festgelegt. Neben einem jährlich tagenden Kooperationsausschuss wurden drei Arbeitsgruppen zu Fragen der Energiewende, zur Stilllegung von Kernkraftwerken und neuen grünen Energietechnologien gegründet. Der Fokus bei diesen Technologien liegt auf grünem Wasserstoff, intelligenten Netzen und Lösungen (z. B. virtuelle Kraftwerke, Blockchain-Technologien, Energieeffizienz) und Energiespeichersysteme (ESS) (Energiepartnerschaft Deutschland-Korea, o.J.).

Seit 2020 kooperieren das KENTECH, das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS und die Hochschule Anhalt zu Fragen des Imports von grünem Wasserstoff. Beide Länder stehen vor ähnlichen technischen Herausforderungen, da sie trotz einer Ausweitung ihrer inländischen Wasserstoff-Produktionskapazitäten auf Importe angewiesen sein werden. Im Zentrum der Kooperation stehen Wasserstoff-Logistik, Verflüssigung und Nutzung

von grünem Wasserstoff. Im Rahmen der 3. deutsch-koreanischen Wasserstoff-Konferenz Ende September 2022 wurde ein weiterer Kooperationsvertrag über die Gründung der Fraunhofer Innovation Plattform für Wasserstoff in Korea unterzeichnet, die am KENTECH (H2ENERGY@KENTECH) angesiedelt ist und vom BMBF gefördert wird. Eine Fraunhofer Innovationsplattform ist eine temporäre Forschungseinheit an einer Universität/Forschungseinrichtung im Ausland, durch die eine engere Zusammenarbeit zur Valorisierung, zum Transfer und zur Kommerzialisierung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse, die Nutzung von Synergien und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ermöglicht werden soll (Fraunhofer IMWS 2022).

Eine weitere Kooperation besteht auch mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), an der drei koreanische Institutionen beteiligt sind. Dazu zählen Korea Gas Safety Corporation (KGS), die Hoseo University in Cheonan sowie H2KOREA, eine Organisation der Privatwirtschaft, die Beratungsfunktion gegenüber der südkoreanischen Regierung zu Wasserstoff-Themen ausübt. Vorgesehen sind der Aufbau einer gemeinsamen Forschungsrepräsentanz mit Büros und Testlabors, der regelmäßige Austausch von Wissenschaftler:innen, Workshops und Konferenzen, der Aufbau eines deutsch-koreanischen Netzwerks sowie gemeinsame Forschungsprojekte. Diese deutsch-koreanische Zusammenarbeit ist aus

einer BMBF-Bekanntmachung hervorgegangen. Der inhaltliche Fokus liegt auf den Themen Sicherheit von Wasserstoffanwendungen sowie Entwicklung sicherheitsrelevanter Normen und Standards. Die Kooperation wird vom BMBF gefördert (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) 2021).

Die koreanische Regierung unterstützt die Wasserstoff-Kooperation mit Deutschland auf vielfältige Weise. Ein Beispiel hierfür ist der im September 2021 vom koreanischen Generalkonsulat in Hamburg veranstaltete digitale Workshop zur Kooperation bei grünem Wasserstoff mit norddeutschen Bundesländern. Die von diesen Bundesländern durchgeführten Initiativen, insbesondere ihre Erfahrungen mit Windenergie, könnten die Region aus Sicht Koreas zur stärksten Zukunftsregion für grünen Wasserstoff in Europa machen (Generalkonsulat der Republik Korea in Hamburg 2021).

Unternehmenskooperationen zwischen deutschen und koreanischen Firmen umfassen vielfältige Formen. Ein Beispiel ist der Aufbau der größten Flüssigwasserstoff-Anlage durch den Industriegaskonzern Linde. Mit dem Kooperationspartner des (inzwischen) deutsch-amerikanischen Unternehmens, dem südkoreanischen Mischkonzern Hyosung, wurde ein Gemeinschaftsunternehmen für den Bau und den Betrieb einer Anlage mit einer Kapazität von 30 t pro Tag in Ulsan gegründet (Linde 2021).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Singapur

### Zentrale politische Strategien

Singapur hat sich der globalen Bekämpfung des Klimawandels angeschlossen. Anfang 2020 veröffentlichte die Regierung ihren Beitrag zum Klimaschutz als Nationally Determined Contribution (NDC), mit dem sie sich verpflichtete, die Intensität der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Niveau von 2005 um 36% zu reduzieren. Damit könnte das Land 0 die CO<sub>2</sub>-Höchstbelastung ungefähr im Jahr 2030 auf einem Niveau von 65 Mio. t stabilisieren. Die Long Term Low Emissions Development Strategy (LEDS) Singapurs legt fest, den Spitzenwert der Emissionen bis 2050 von 65 Mio. t CO<sub>2</sub> auf 33 Mio. t zu halbieren, und in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts möglichst auf Netto-Null-Emissionen zu kommen (Rajah & Tann Asia, 2022). Kohlenstoffarmer Wasserstoff ist dabei eine wichtige Option für Singapur, um die Ziele der Dekarbonisierung zu erreichen.

Auf drei mögliche Wege zur Dekarbonisierung des Energiesektors weist die Energiemarktbehörde Singapurs im März 2022 in ihrem Energy 2050 Committee Report hin. Einer der genannten (und wahrscheinlichsten) Wege sieht vor, dass Wasserstoff mittel- bis langfristig zum Schlüssel der Dekarbonisierung des Stromsektors werden soll, insbesondere kohlenstoffarmer Wasserstoff. Der Bericht empfiehlt Singapur, eine nationale Wasserstoffstrategie auszuarbeiten und die Zusammenarbeit mit lokalen und internationalen Interessengruppen zu vertiefen. Ziel sollte es sein, eine robuste Wasserstoffversorgungskette zu entwickeln, einschließlich Investitionen in die Infrastruktur (Energy Market Authority 2022). Aktuell gibt es bereits mehrere Pilotprojekte, die von der Regierung, den multilateralen Organisationen und vom Privatsektor initiiert wurden. Die Forschung fokussiert

TABELLE 1: Forschungsstrategie Singapurs

TECHNOLOGIE	FORSCHUNGSSTRATEGIE
Methan-Pyrolyse	eigene FuE betreiben oder als Testlabor arbeiten
Festoxid-Elektrolyse (SOE)	eigene FuE
verflüssigte Wasserstoff-Speicher-Materialien	eigene FuE
Rückgewinnung kalter Energie	eigene FuE
Ammoniak-Cracking	als Testlabor arbeiten
LOHC-Dehydrierung	Erwerb von Technologie
wasserstoffbefeuerte Gas- und Dampfanlagen	als Testlabor arbeiten oder Erwerb von Technologie

QUELLE: KBR (2022)

auf die Nutzung von Wasserstoff als Energie- und Speicheralternative (KPMG Singapore 2022).

Da Singapur nur über eine geringe Landfläche verfügt, sind große Projekte, wie z. B. in der Solarenergie, für erneuerbare Energien nicht realisierbar. Dies macht es schwierig, grünen Wasserstoff im Inland zu produzieren und bedeutet, dass das Land auf Importe von grünen Energien aus den Nachbarländern angewiesen ist. Aus diesem Grund will Singapur seine geografisch günstige Lage und seine Rolle als etablierten Logistikknotenpunkt nutzen, um ein wichtiger Speicher-, Handels- und Logistikhub für kohlenstoffarmen Wasserstoff zu werden. Dies erfordert, dass in Singapur eine große wasserstofffähige Infrastruktur aufgebaut wird, ähnlich wie dies für Flüssigerdgas (LNG) durch die Einrichtung eines LNG-Terminals in Singapur unternommen wurde (Energy Market Authority 2022).

Singapur will durch eine frühzeitige Investition in Wasserstoff-Importterminals sicherstellen, dass der Import von großen Mengen Wasserstoff aus der ganzen Welt schnell möglich gemacht wird. Wenn die Wasserstoffproduktion in absehbarer Zeit wettbewerbsfähig wird, will das Land von Erdgas auf Was-

serstoff umstellen (Energy Market Authority 2022). Singapurs Vision ist es, sein Know-how und seine Fähigkeiten zu nutzen, um für verschiedene Länder die Rolle eines Logistik-, Pipeline- und Netzinfrastruktur-Anbieters im Energieökosystem der Region einzunehmen (KPMG Singapore 2022).

Weiterhin strebt Singapur eine führende Rolle bei der Gestaltung von Wasserstoffstandards und Zertifizierungen im gesamten asiatisch-pazifischen Raum an. Derzeit gibt es keine etablierten globalen oder regionalen technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, um die großflächige Einführung von Wasserstoff und seinen Handel zu erleichtern. Die Einführung internationaler Standards wird zunehmend wichtig, da die Wasserstofftechnologie immer reifer und immer verbreiteter wird. Singapur kann diese Lücke schließen, indem es die regionale Zusammenarbeit in diesem Bereich anführt, um sicherzustellen, dass Standards parallel zu technologischen Entwicklungen eingeführt werden. Singapur hat bereits im Jahr 2021 eine Kooperationsvereinbarung mit Neuseeland unterzeichnet, die eine Verpflichtung zur Festlegung von Wasserstoffstandards beinhaltet. Auch für den Transport von Wasserstoff sind Standards wichtig, vor allem Sicherheitsstandards,

da leicht entzündliche Moleküle austreten können (KPMG Singapore 2022).

Singapur verfügt über ein gut entwickeltes Ökosystem für FuE und hat bereits in der Vergangenheit seine Stärke als Testumgebung für Innovationen zeigen können. Die Regierung investierte 55 Mio. SGD (ca. 40 Mio. EUR), um 12 Forschungsprojekte zu kohlenstoffarmen Energielösungen zu fördern (KPMG Singapore 2022). In der Study of Hydrogen Imports and Downstream Applications for Singapore, die vom National Climate Change Secretariat (NCCS), dem Singapore Economic Development Board (EDB) und der Energy Market Authority (EMA) gemeinsam in Auftrag gegeben wurde, haben Wissenschaftler:innen Vorschläge und Priorisierungen für die Wasserstoffforschung in Singapur präsentiert (KBR 2022). Unter Berücksichtigung der lokalen Voraussetzungen und der Reife der einzelnen Technologien können die Strategien Singapurs in drei Kategorien unterteilt werden: 1) Durchführung eigener Forschung und Entwicklung, 2) Angebot als Testlabor zu arbeiten, 3) Erwerb von Technologien.

### Förderung internationaler Kooperation

Singapurs Regierung verfolgt eine proaktive Kooperationspolitik mit dem Ziel, zu einem regionalen Zentrum für grünen Wasserstoff zu werden. Die Partner für eine Zusammenarbeit kommen aus den asiatischen Nachbarländern wie beispielsweise Australien und Japan sowie aus anderen ASEAN-Ländern. Mit Australien unterzeichnete Singapur im Oktober 2020 eine Absichtserklärung über die technische Zusammenarbeit und die gemeinsame Entwicklung neuer Technologien, die zur Reduzierung von Emissionen beitragen können (Australian Government 2020).

Die Kooperation mit Australien erstreckt sich auch auf den maritimen Bereich, für den Singapur und Australien Testläufe für die Nutzung von sauberem Wasserstoff und sauberem Ammoniak als Treibstoff für Schiffe und den Hafenbetrieb durchführen (siehe Ab-

schnitt zur internationalen Kooperation Australiens). Beide Länder planen eine Vertiefung der Zusammenarbeit im Rahmen des Green Economy Agreement (GEA), das sie im Oktober 2022 abgeschlossen haben. Zu den 17 Projekten, die in einer ersten Runde im Abkommen vorgesehen sind, zählt u. a. eine Partnerschaft für die Entwicklung grüner Schifffahrtskorridore und der Aufbau einer Arbeitsgruppe für eine nachhaltige Luftfahrt (Heng 2022). Dass die Regierung Singapurs an den Erfolg der Wasserstofftechnologien glaubt, zeigt die Anfang 2022 durchgeführte strategische Investition ihres Staatsfonds GIC in den Wasserstoffentwickler InterContinental. Dieser plant im Rahmen eines Konsortiums ein 100 Mio. USD teures grünes Wasserstoffzentrum an der westaustralischen Küste aufzubauen (Carroll 2022, GIC 2022).

Neben Australien ist Neuseeland ein weiterer wichtiger Wasserstoff-Lieferant und Partner für die technologische Zusammenarbeit. Mitte Juli 2021 unterzeichneten beide Länder ein Abkommen über die Kooperation bei kohlenstoffarmem Wasserstoff. Die Zusammenarbeit sieht die Erstellung von Machbarkeitsstudien zu Wasserstoff-Lieferketten vor, die Gestaltung internationaler Wasserstoff-Standards sowie gemeinsame Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte (New Zealand, Ministry of Foreign Affairs and Trade 2021).

Mit dem Erdölkonzern Shell arbeitet Singapur an einer Machbarkeitsstudie über den Einsatz von Brennstoffzellen aus Wasserstoff für den Antrieb von Schiffen (Shell 2021). Auch Kooperationen mit japanischen Unternehmen bestehen. So wurde bspw. im März 2020 eine Absichtserklärung zur Zusammenarbeit bei der Erforschung und Entwicklung von Technologien für den Import, den Transport und die Speicherung von Wasserstoff zwischen den singapurischen Unternehmen PSA, Jurong Port Pte, City Gas, Sembcorp Industries und Singapore LNG und den japanischen Unternehmen Chiyoda Corp. und Mitsubishi Corp unterzeichnet (Reuters 2020).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Australien

### Zentrale politische Strategien

Mit der National Hydrogen Strategy stellte die australische Regierung im Jahr 2019 ihre Vision einer sauberen, innovativen und wettbewerbsfähigen Wasserstoffindustrie vor, die sich bis 2030 zu einem Global Player

entwickeln soll. Die Signale, dass neue Energie- und Klimapolitiken verfolgt werden, verstärkten sich nach dem Regierungswechsel im Sommer 2022. So kündigte die neue Labour-Regierung unter Premierminister Anthony Albanese an, dass sie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis

2030 im Vergleich zu 2005 um 43% senken will. Diese Reduzierung hatte die Vorgängerregierung ursprünglich mit lediglich 26–28% angegeben. Noch im Sommer 2022 wurden ein erstes Klimagesetz beschlossen und eine Restrukturierung von Ministerien in den Bereichen Klima und Energie vorgenommen.<sup>15</sup> Die neue Regierung fokussiert stärker auf Klimaschutz und erneuerbare Energien und verfolgt damit einen Politikwandel, der in einem schwierigen Umfeld stattfindet. So setzte Australien bisher auf fossile Brennstoffe, insbesondere auf Erdöl, Erdgas und Kohle. Die Transformation hin zu einem kohlenstoffarmen Energiesystem stellt für Australien auch deshalb eine Herausforderung dar, weil Kohle sowohl die wichtigste Ressource für die Elektrizitätserzeugung als auch der größte Verursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist. Mithilfe des Klimagesetzes sollen die 215 größten Treibhausgasverursacher, auf die zusammen mehr als ein Viertel der Emissionen entfällt, dazu angehalten werden, alternative Energien einzusetzen bzw. Klimakompensationen zu kaufen. Gleichzeitig will die Regierung den Anteil der erneuerbaren Energien von aktuell 30% auf 82% erhöhen (Jungehülsing 2022).

Die staatlichen Fördermaßnahmen zur Entwicklung der Wasserstoffindustrie wurden von der letzten Regierung (Australian Government 2021a) im Bericht *State of Hydrogen 2021* (Wasserstoffbericht 2021) zusammengefasst. In diesem Bericht spielt „sauberer Wasserstoff“ als eine von sechs emissionsarmen Technologien des Aktionsplans für Technologieinvestitionen (Australia's Technology Investment Roadmap) eine wichtige Rolle. Zum sauberen Wasserstoff zählt der Bericht sowohl Wasserstoff, der mithilfe erneuerbarer Energie gewonnen wird, als auch Wasserstoff, der unter Einsatz von fossilen Brennstoffen mit einem substanziellen Anteil von CCS-Technologien (Carbon Capture and Storage bzw. Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid) hergestellt wird. Die Nutzung von sauberem Wasserstoff sollte den Erfolg des technologiegeleiteten Ansatzes zur Reduzierung von Emissionen bei gleichzeitiger Schaffung neuer Arbeitsplätze und Wirtschaftswachstum garantieren. Ein ambitioniertes Ziel war es, den Angebotspreis

für Wasserstoff auf unter zwei USD pro Kilogramm zu senken, also auf ein Niveau, auf dem der Preis für Wasserstoff mit dem traditioneller Brennstoffe vergleichbar niedrig ist. Für die Umsetzung der Wasserstoffstrategie wurden zwei Phasen vorgesehen. In der Aufbau- und Demonstrationsphase (2020–25) sollten die Schaffung, Prüfung und Demonstrationsprojekte für den Aufbau von Angebotsketten und Fähigkeiten im Mittelpunkt stehen. Für die zweite Phase (2025–30) waren umfangreiche Marktaktivitäten geplant.

Der Wasserstoffbericht 2021 nennt als wichtigste Nutzungsbereiche von Wasserstoff die Erdölraffination sowie die Produktion von Chemikalien und Dünger sowie seine Verwendung als chemisches Einsatzmaterial für Produkte wie Ammoniak und Stahl. Zukünftig soll Wasserstoff auch für den Antrieb von Fahrzeugen, zur Erzeugung von Wärme und für den Außenhandel mit sauberen Energien eingesetzt werden. Die Förderung der Wasserstoffentwicklung umfasst die Finanzierung von Programmen und Projekten, Regulierungs- und ergänzende Politikmaßnahmen der Bundesregierung und der Lokalregierungen. Dem Wasserstoffbericht 2021 zufolge stellte die Bundesregierung eine Fördersumme von rund 1,2 Mrd. USD für die Entwicklung der Wasserstoffindustrie bereit. Hohe Anteile dieser Fördersumme entfallen auf verschiedene Programme, darunter 464 Mio. AUD für das Programm zur „Aktivierung einer regionalen Wasserstoffindustrie: Saubere Wasserstoff-Industriehubs“, das über einen Zeitraum von fünf Jahren läuft. Die Gründung von Wasserstoff-Zentren wurde als beste Strategie zur schnellen Ausweitung der regionalen Industriekapazitäten gesehen. Die Zentren sind dadurch gekennzeichnet, dass sich eine hohe Anzahl von Wasserstoffproduzenten, Nutzern und potenziellen Exportunternehmen in der Region befindet. Hierdurch können die Kosten für die Infrastruktur wie Energienetze, Pipelines, Tanklager und Tankstationen reduziert werden. Da von Wasserstoff-Zentren erwartet wird, dass sie steigende Skalenerträge hervorbringen und Produktionskosten senken, könnten die Zentren zum Anstieg der Nachfrage nach Wasserstoff beitragen. Zu den weiteren Vorteilen der Wasserstoff-Zentren zählt der Bericht

15 Das ehemalige Department of Industry, Science, Energy and Resources (DISR) gab Aufgaben im Bereich Klimapolitik und Umweltschutz ab und wurde als Department of Industry, Science and Resources (DISR) neu aufgestellt. Die Aufgaben in den Bereichen Klimawandel, Energie, Umwelt und Wasser übernahm das neu gegründete Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water (DCCEW). Siehe hierzu die Angaben auf der Webseite der australischen Regierung [Machinery of Government \(MoG\) changes to our department from 1 July 2022 | Department of Industry, Science and Resources](#). (letzer Abruf: 10.10.2022)

über die Stimulierung von Innovation und Qualifikation von Arbeitskräften in der Region. Außerdem könnten die Zentren von gemeinsamen Investitionen durch die Bundesregierung, Lokalregierungen, private Unternehmen und internationale Investoren profitieren. Die australische Bundesregierung förderte außerdem mit rund 300 Mio. AUD Investitionen in CCS-Projekte und CCUS-Projekte (Carbon Capture, Use and Storage). Für drei 10-MW-Wasserstoff-Elektrolyseur-Projekte vergab die Regierung Fördermittel in Höhe von 100 Mio. AUD an die Australian Renewable Energy Agency (ARENA). Darüber hinaus unterstützte die Bundesregierung mit 300 Mio. AUD die Forschung und Entwicklung sowie Demonstrationsprojekte.

Von der Bundesregierung gingen auch Politikinitiativen wie der Aufbau internationaler Kooperationen mit Deutschland, Singapur, Japan, Korea und Großbritannien (siehe dazu den folgenden Abschnitt) für die Entwicklung von Wasserstoff-Lieferketten und Forschungsk Kooperationen zu fortgeschrittenen Technologien aus. Weitere Politikmaßnahmen waren Vorschläge zur Entwicklung eines inländischen Wasserstoff-Herkunftssicherungssystems (Guarantee of Origin Scheme) sowie die Förderung von Industrieinnovation, Zusammenarbeit und Wissenstransfer. Die Standards Australia gründete ein Hydrogen Technical Committee, um einheitliche technische Standards zu schaffen. Über den Aufbau eines Zertifizierungssystems für CO<sub>2</sub>-neutralen Wasserstoff will Australien eine internationale Führungsposition in der Wasserstoffentwicklung erreichen.

Um die nationale Wasserstoffstrategie mit lokalen Initiativen abzustimmen, arbeiten beide Ebenen in vielen Bereichen zusammen. Dazu zählten dem Bericht zufolge die Überarbeitung des gesetzlichen und regulativen Rahmens, die Anpassung des nationalen Regulierungsrahmens für Erdgas, die Bewertung der nationalen Wasserstoff-Infrastruktur, die Förderung der industriellen Entwicklung, einschließlich der professionellen Fähigkeiten und Ausbildung, sowie von Analysen zur Einstellung der Gesellschaft gegenüber der Wasserstoffnutzung. Die neue Regierung unter Premierminister Albanese hat zwar noch keine eigene Wasserstoffstrategie vorgestellt, setzt aber deutlich auf erneuerbare Energien und auf grünes Wirtschaftswachstum mithilfe der Produktion von Elektrolyseuren, grünem Stahl, grünem Zement und grünem Dünger. Stellvertretend für die Ziele der Re-

gierung kündigte Chris Bowen, Bundesminister für Klimawandel und Energie, auf dem Sydney Energy Forum im Juli 2022 an, dass Australien nun die ersten Schritte unternimmt, um eine „renewable energy superpower“ zu werden und sich vor diesem Hintergrund noch stärker als bisher im asiatisch-pazifischen Raum engagieren wolle (Mathews et al. 2022).

### Förderung internationaler Kooperation

Die australische Regierung weist im Wasserstoffbericht 2021 auf ihr hohes Engagement in der internationalen Kooperation hin und dass aus dem Haushalt 2021–22 für die technologische Zusammenarbeit finanzielle Mittel von insgesamt 565,8 Mio. USD bereitgestellt wurden. Dem Bericht nach bestehen mit fünf Ländern, die durch niedrige Emissionen gekennzeichnet sind, neue Technologiepartnerschaften. Diese Länder sind Singapur, Deutschland, Japan, Großbritannien und Korea; mit den USA besteht ebenfalls eine Kooperation. Australien erwartet von der Zusammenarbeit mit den Ländern, die niedrige Emissionswerte aufweisen, positive Auswirkungen auf die eigene Entwicklung von grünem Wasserstoff.

Australiens Zusammenarbeit mit Singapur konzentriert sich auf die Reduzierung von Emissionen bei maritimen und Hafenoperationen. Ziel ist der stärkere Einsatz von emissionsarmen Brennstoffen und Technologien wie dem sauberen Wasserstoff. Für die Partnerschaft stellen beide Länder Mittel in Höhe von zusammen 30 Mio. USD bereit. Innerhalb einer Periode von fünf Jahren soll jedes der beiden Länder 10 Mio. USD in Pilot- und Demonstrationsprojekte investieren; die restlichen 10 Mio. USD sollen von der Industrie kommen. Die Kooperation mit Singapur erfolgt vor dem Hintergrund der Rolle des Landes als Knotenpunkt im globalen Schiffstransport und der Ambition Australiens, führend in der Nutzung von sauberem Wasserstoff und Ammonium zu werden (Australian Government 2021b).

Die Kooperation zwischen Australien und Deutschland erhielt mit der Unterzeichnung des „Deutsch-Australischen Wasserstoff Akkord“ durch die jeweiligen Fachminister 2021 einen institutionellen Rahmen. Auf dem G7-Gipfel in Cornwall hoben die damaligen Regierungvertreter beider Länder die gemeinsame Erklärung als Element ihrer vertieften Zusammenarbeit hervor. Als zentrale Initiative wurde die Fördermaßnahme HyGATE zwischen der Australian Renewable Energy Agency

(ARENA) und dem BMBF mit dem Ziel entwickelt, ein Instrument zur Förderung gemeinsamer Forschungs- und Demonstrationsprojekte von neuen Wasserstofftechnologien zu sein. Beide Seiten stellen für die Finanzierung Mittel bereit; Deutschland 50 Mio. EUR, Australien 50 Mio. AUD (ARENA 2021; BMBF Pressemitteilung 2021; Kooperation International 2021).

Für die Zusammenarbeit mit Australien spielen zwei neue Projekte eine wichtige Rolle, die Anfang 2022 im Rahmen der Förderbekanntmachung Aufbau von Forschungspräsenzen zu Grünem Wasserstoff mit Partnern im asiatisch-pazifischen Raum (APRA) begonnen wurden. Die Laufzeit der Projekte beträgt jeweils fünf Jahre. Im Projekt ADELE bauen die RWTH Aachen zusammen mit der University of Melbourne ein Joint Laboratory mit dem Ziel auf, effiziente elektrochemische Prozesse zur Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff zu erforschen. Im zweiten Projekt, dem E-Ammonia-Lab, gründen die TU Berlin und die Monash University gemeinsam ein Labor zur Erzeugung und Speicherung von grünem Wasserstoff mithilfe elektrochemischer Direktreduktion von atmosphärischem Stickstoff. Die zwei Forschungspräsenzen sollen die Basis für nachhaltige „Hubs“ für grüne Wasserstofftechnologien in Australien bilden und den Zugang für die deutsche Wissenschaft und Industrie in Australien verbessern (BMBF und Internationales Büro 2022).

Die Zusammenarbeit mit Australien wird von der deutschen Regierung als Chance gesehen, Vorreiter beim Aufbau von Wasserstoff-Lieferketten zu werden. Dies wurde auch auf der Reise einer deutschen Delegation bestehend aus Wissenschafts- und Wirtschaftsvertretern unter Leitung von Ministerin Stark-Watzinger Ende Mai 2022 nach Australien deutlich, die nach Perth, Sydney und Brisbane führte (Kooperation International 2022).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Indien<sup>16</sup>

### Zentrale politische Strategien

Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum haben zu einer Verdoppelung des indischen Energiebedarfs zwischen 2000 und 2020 geführt. Prognosen zufolge muss mit einer weiteren Verdoppelung bis 2040 gerechnet werden. Vor diesem Hintergrund und der hohen Abhängigkeit von fossilen Energieträgern stellt

Das Australien trotz der großen geographischen Distanz zu Deutschland ein wichtiges Importland für Wasserstoff werden kann, zeigt das Ergebnis einer Studie im Auftrag des Konsortiums HySupply. Die Studie wird von beiden Regierungen finanziert und von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) und dem Bund Deutscher Industrie (BDI) geleitet. Das Konsortium hat die Aufgabe, den Aufbau einer Wasserstoff-Wertschöpfungskette zusammen mit australischen Partnern zu untersuchen. Die Studie des Instituts für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM), die auf den regulatorischen Rahmen für die Wasserstoffkooperation fokussiert, weist vor allem auf die rechtlichen Herausforderungen beim Transport von Wasserstoff per Schiff hin, die in Bezug auf Sicherheit, Dokumentation und Personal bestehen. Auch die rechtlichen Bestimmungen für die Beförderung von Wasserstoff in seinen verschiedenen Formen sowie die Frage, mit welchem Schiffs-kraftstoff die Tanker angetrieben werden, muss der Studie zufolge noch geklärt werden. Trotz dieser Hürden kommt die Studie zu einer positiven Empfehlung hinsichtlich der Machbarkeit (Stratmann 2022).

Die Wasserstoff-Kooperation mit Japan findet im Rahmen der Vereinbarung Japan-Australia Partnership on Decarbonisation through Technology statt, die im Juni 2021 geschlossen wurde. Beide Länder verpflichten sich zur Zusammenarbeit untereinander und mit anderen regionalen und multilateralen Partnern mit dem Ziel, das Wirtschaftswachstum und die Widerstandsfähigkeit der Länder in der asiatisch-pazifischen Region, insbesondere der ASEAN-Mitglieds-länder, zu unterstützen. Der Fokus soll dabei auf der Energietransition der Länder hin zur Nutzung von emissionsarmen oder emissionsfreien Technologien und Energieressourcen liegen.

die Transformation der Energiewirtschaft hin zu mehr Wasserstoffnutzung eine wichtige Alternative für Indiens Entwicklung dar (Now GmbH 2020). Die indische Regierung erkannte die Chancen der Nutzung von Wasserstoff für die klimaneutrale Energieversorgung schon vor vielen Jahren, wie die National Hydrogen Energy Road Map von 2006 zeigt (Department of

16 Aufbauend auf Vorarbeiten von Rajnish Tiwari.

Science and Technology (DST) 2020, S. 6). Da mit der wachsenden Wirtschaft und Bevölkerung der Energiebedarf und gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen schnell steigen, beschleunigte die Regierung auch den Ausbau der Wasserstofftechnologien und plant, Indien als einen Export-Hub für grünen Wasserstoff zu entwickeln. Im November 2020 kündigte der indische Premierminister Modi an, dass Pläne zur Vorstellung einer nationalen Wasserstoffstrategie bestünden. Konkretisiert wurden die Pläne im Februar 2021 durch die Bereitstellung von Mitteln aus dem (Unions-)Haushalt 2021–22 für die Umsetzung einer National Hydrogen Mission. Nach der Aufnahme der National Hydrogen Mission in den Unionshaushalt bereitete das zuständige Ministerium für Neue und Erneuerbare Energien (MNRE) einen Entwurf mit konkreten Maßnahmen zur Genehmigung durch die Unionsregierung vor.

Mitte 2021 stellte Ministerpräsident Modi die National Hydrogen Mission vor (MNRE 2022). Während die Details zur Förderung der Wasserstoffindustrie im Rahmen der National Hydrogen Mission wohl erst 2023 vorliegen werden, weist die Presseinformation des MNRE bereits auf die wichtigsten Ziele der Mission hin. Dazu zählt die Entwicklung des Landes zum globalen Zentrum für die gesamte Wertschöpfungskette der Herstellung von Wasserstoff und Brennstoffzellen. Unterschiedliche Zeithorizonte sollen bei den Maßnahmen berücksichtigt werden: Kurzfristige Politikmaßnahmen laufen bis zu vier Jahren, langfristige über zehn Jahre und mehr. Die Politik soll sich flexibel an Veränderungen in der technologischen Landschaft anpassen und die Nachfrage in bestimmten Bereichen unterstützen, so z. B. die Nachfrage nach grünem Wasserstoff für die Produktion von Dünger, Stahl und petrochemischen Erzeugnissen. Geplante Aktivitäten sollen verschiedene Bereiche umfassen, darunter den Bau von Infrastrukturen, Demonstrationsprojekten bei Nischenanwendungen, Transport und Industrie, zielorientierte FuE, Politikunterstützung von Einrichtungen sowie die Entwicklung von Standards und Regularien für Wasserstofftechnologien. Gleichzeitig soll die Mission einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten, u. a. zur Produktion von 5 Mio. t grünem Wasserstoff bis 2030 (MNRE 2022).

Die grüne Wasserstoff-Mission soll nicht nur die Dekarbonisierung der Schwerindustrien wie Stahl und Zement voranbringen, sondern auch den Einsatz von Wasserstoff als Antriebsstoff in der E-Mobilität. Bei

einem geplanten Anstieg der Kapazität von erneuerbaren Energien zwischen 2022 und 2030 von 176 Gigawatt (GW) auf 450 GW sehen Expert:innen es als notwendig an, dass mittel- bis langfristig auch andere grüne Technologien an den Energienetzen beteiligt werden. Für den erfolgreichen Aufbau einer Wertschöpfungskette für Wasserstoff, die Produktion, Lagerung und Distribution umfasst, werden hohe öffentliche und private Investitionen erforderlich sein. Dies kann als besondere Herausforderung für die Umsetzung einer ambitionierten Wasserstoffmission gesehen werden.

Im Bericht des regierungsnahen indischen Think Tanks NITI Aayog „Harnessing Green Hydrogen, Opportunities for Deep Decarbonisation in India“ von Juni 2022 werden die Chancen aufgezeigt, die sich aus der Entwicklung von Wasserstoff für Indien bieten. Mithilfe des Wasserstoffs könnte Indien noch vor dem Jahr 2047, dem hundertsten Jahrestag der Unabhängigkeit des Landes, seine Energieversorgung auf Wasserstoff umgestellt haben. Damit könnte Indien jedes Jahr rund 160 Mrd. USD an Devisen für Energieimporte sparen. Da mit zunehmender Bevölkerung der Energieverbrauch weiter steigt, müsste sogar mit noch höheren Energiekosten gerechnet werden. Im NITI-Aayog-Bericht werden die mit der Wasserstoffentwicklung verbundenen Möglichkeiten genannt. So könnte Indien

- die weltweit größte Elektrolyse-Kapazität (grüne Wasserstoffgeneration) von über 60 GW/5 Mio. t bis 2030 für den inländischen Verbrauch aufbauen. Dies würde Indien helfen, das Ziel für erneuerbare Energie von 500 GW zu erreichen,
- mit einer Produktion von 15–20 Mio. t grünem Stahl bis 2030 der größte Produzent und Pionier von grünem Stahl werden,
- die weltweit höchste jährliche Elektrolyseur-Produktionskapazität von 25 GW im Jahr 2028 erreichen und kostengünstig für Indien und die Welt produzieren,
- die weltweit größte Produktion von grünem Ammonium für den Export im Jahr 2030 erzeugen und die Nachbarländer Indiens bei ihrer Dekarbonisierung unterstützen; dies würde rund 100 GW an grünem Wasserstoff erfordern und
- rund 1 Mrd. USD in Wasserstoff-FuE investieren, um technologische Durchbrüche für die

Welt insgesamt und für das erforderliche Tempo zu erreichen (NITI Aayog 2022, S. 6–7).

Um die im NITI-Aayog-Bericht aufgeführten ehrgeizigen Ziele zu erreichen, plant die Regierung vor allem den Einsatz steuerlicher Anreize für die Produzenten von grünem Wasserstoff und grünem Ammonium, aber auch für die Distribution und Lagerung. Weitere Anreize bestehen für Unternehmen, die noch vor dem 30.6.2025 ihren Betrieb aufnehmen. Sie könnten für einen Zeitraum von 25 Jahren von geringeren Durchleitungsgebühren für den zur Herstellung benötigten Strom aus erneuerbaren Energien profitieren (NITI Aayog 2022, S. 10–11). Neben der staatlichen FuE-Förderung sind auch verbindliche Vorgaben für die Nutzung von grünem Wasserstoff in bestimmten Industriezweigen wie der Chemie- und Stahlindustrie geplant. Darüber hinaus ist der Wasserstoffeinsatz im Transportsektor sowie in der Landwirtschaft vorgesehen (Alex 2021; 2022).

#### **Förderung internationaler Kooperation**

Die indische Regierung setzte bereits früh auf den internationalen Austausch im Bereich der Wasserstoffenergie. Das Land trat der 2015 gegründeten globalen „Mission-Innovation“-Initiative von 24 Ländern und der Europäischen Kommission (EK) bei, die das Ziel verfolgt, Innovationen für saubere Energien zu beschleunigen. Indien ist in der Initiative vor allem im Bereich der Entwicklung von grünem Wasserstoff und einem globalen Wasserstoffmarkt aktiv. Zu den weiteren Mitgliedern der Initiative zählen u. a. Deutschland, die USA, Frankreich und Saudi-Arabien (Department of Science and Technology (DST) 2020, S. 7).

Die Kooperation zwischen Indien und den USA im Energiebereich hat eine lange Tradition, war aber in der Vergangenheit auf fossile Energien, Kernkraft, erneuerbare Energien und Netz-Infrastrukturen beschränkt. Die möglichen Potenziale einer neuen Partnerschaft zwischen beiden Ländern im Wasserstoffsektor wurden aus Sicht von Singh (2021) noch nicht genutzt. Indien könnte sich anderen asiatischen Nachbarn zuwenden, die einen vergleichbaren Handlungsdruck haben und ebenfalls eine „Net-Zero-Strategie“ verfolgen (Singh 2021).

Deutschland hat die Zusammenarbeit mit Indien im Bereich Wasserstoff in den letzten Monaten verstärkt. Beide Seiten unterzeichneten Anfang Mai 2022 eine Absichtserklärung zur deutsch-indischen Wasserstoffkooperation. Im Rahmen der deutsch-indischen Energiepartnerschaft wurde eine Task Force zur Koordinierung der Aktivitäten zwischen Forschungsinstituten, Industrie und Regierung geschaffen; eine Roadmap mit Maßnahmen ist in Planung. Im Mittelpunkt der Zusammenarbeit stehen die Förderung öffentlicher und privater Investitionen in Produktion, Transport und Konsum von grünem Wasserstoff. Ein weiteres Kooperationsfeld sind der Austausch zu Fragen der Regulierung, Normen und Sicherheitsverfahren und Nachhaltigkeitskriterien für grünen Wasserstoff (Kooperation International 2022).

Im Bericht des Ministeriums für Wissenschaft und Technologie (DST) zum Stand der Entwicklung von Wasserstoff und Brennstoffzellen von September 2020 wird auch die Zusammenarbeit auf Unternehmensebene mit den wichtigsten Akteuren betrachtet. Dazu zählen die indischen Konzerne Aditya Birla Chemicals, Tata Chemicals und Gujarat Alkalies and Chemicals Limited sowie indische Niederlassungen ausländischer Unternehmen wie Linde, Praxair und Air Liquide (Department of Science and Technology (DST) 2020). Im April 2021 wurde die sogenannte India Hydrogen Alliance (IH2A) gegründet, die unter der Führung des indischen Konglomerats Reliance Industries Limited und des US-amerikanischen Anlagenbauers Chart Industries Inc. arbeitet. Die Allianz will die Kommerzialisierung der grünen Wasserstofftechnologie in Indien vorantreiben (IH2A Webseite). Zu den europäischen Unternehmen, die eine Kooperation im indischen Wasserstoffsektor suchen, zählt das irische Unternehmen Fusion Fuel Green. Das Unternehmen arbeitet mit BGR Energy Systems in Chennai zusammen, um gemeinsame Pilotprojekte zur Produktion von grünem Wasserstoff aufzubauen. Dieser soll mithilfe der Solartechnologien des europäischen Unternehmens für die Herstellung von grünem Ammoniak und Bio-Ethanol und in einer späteren Phase in der Schwerindustrie als Energie eingesetzt werden (Fusion Fuel Green 2021). Als weiteres europäisches Unternehmen ist die ACME Group aus Litauen zu nennen, die im Jahr 2022 Absichtserklärungen mit indischen Partnern über verschiedene Projekte zur Produktion von grünem Wasserstoff und grünem Ammoniak unterzeichnete (Alex 2022).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Neuseeland

### Zentrale politische Strategien

Auch Neuseeland hat sich für eine schrittweise Transformation seiner Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit und zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 entschieden. Das Land plant bis 2035 die Elektrizität zu 100% aus erneuerbaren Energien zu gewinnen. Die Nutzung der neuseeländischen erneuerbaren Energien in Verbindung mit höherer Energieeffizienz und der Umstellung von Kohlenwasserstoffen auf erneuerbare Brennstoffe wird als der wichtigste Weg zur Dekarbonisierung des Energiesektors angesehen. In der zweiten Phase soll der Übergang zu einer sauberen, grünen und kohlenstoffneutralen Wirtschaft erfolgen. Die Transformation soll in gerechter Weise vollzogen werden, d.h. nach fairen, gleichen und inklusiven Prinzipien. Die Regierung bezieht deshalb in die Entwicklung der Wasserstoff-Strategie verschiedene Akteursgruppen mit ein, wie beispielsweise die NZ Hydrogen Association, die CEM-Wasserstoffinitiative, die Privatwirtschaft (iwi) und Lokalbehörden.

Für die Transformation spielt Wasserstoff eine Schlüsselrolle, er soll zur Umgestaltung des neuseeländischen Energie-, Verkehrs- und Industriesektors beitragen und sein Exportpotenzial entfalten. Mithilfe dieser Strategie will Neuseeland eine erfolgreiche Dekarbonisierung seiner Strom-, Wärme- und Verkehrssysteme erreichen und eine Führungsrolle gegenüber den Ländern einnehmen, die sich ebenfalls auf kohlenstoffarme Entwicklungspfade konzentrieren. (New Zealand Government 2019). In der Vision for Hydrogen wird der Erschließung eines globalen Wasserstoffmarkts eine hohe Bedeutung beigemessen. Treiber der Marktentwicklung seien die exportorientierten Länder wie Japan und Korea, die nur über geringe erneuerbare Energiealternativen verfügen. Aber auch im Asien-Pazifik-Raum, in China und in Teilen Europas gibt es aus Sicht Neuseelands Absatzmärkte (New Zealand Government 2022, S. 71–72).

Eine Aktualisierung der Vision Hydrogen stellt die für das Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) erstellte Studie zu verschiedenen Wasserstoff-Szenarien dar. Hierbei wird zunächst von einem „business-as-usual“-Zustand und später von alternativen Rahmenbedingungen ausgegangen. Vier Einsatzgebiete werden für die Nutzung von Wasserstoff gesehen, und zwar Transport, Energie und Elektrizität, Industrie

und Export (Castalia 2022, S. 7–9). Die Modellierung möglicher Szenarien und zentraler Schlüsselfaktoren soll den politischen Entscheidungsträgern, aber auch inländischen und ausländischen Investoren eine bessere Informationsgrundlage bieten (adelphi 2021).

### Förderung internationaler Kooperationen

Die neuseeländische Regierung sieht im grünen Wasserstoff einen wichtigen Wachstumstreiber der zukünftigen Entwicklung. Für die Erschließung des Exportmarkts für Wasserstoff sind gute internationale Beziehungen auch außerhalb des wirtschaftlichen Austauschs von zentraler Bedeutung, insbesondere die Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie. Hier ist Neuseeland sehr aktiv. So hat das Land zahlreiche Kooperationsabkommen mit den Ländern im asiatisch-pazifischen Raum, aber auch mit europäischen Ländern abgeschlossen.

Mit Japan unterzeichnete Neuseeland im Oktober 2018 ein Partnerschaftsabkommen über die Entwicklung von Wasserstofftechnologien. Zuvor bestand schon eine Zusammenarbeit über den Bau einer Pilotanlage für die Wasserstoffproduktion (Woods 2018). Mit Singapur wurde 2021 ein Kooperationsabkommen über die Entwicklung kohlenstoffarmer Wasserstoffenergie abgeschlossen, welches gemeinsame FuE-Investitionen vorsieht. Die Vereinbarung legt einen Rahmen für die künftige Zusammenarbeit in drei Bereichen fest: 1) Erstellung von Studien zu Lieferketten von wasserstoffbasierten Trägern, 2) Gestaltung von internationalen Wasserstoffnormen, -vorschriften und -zertifizierungen, 3) gemeinsame Forschung, Entwicklung und Erprobung (New Zealand Embassy in Singapore 2021).

Das Helmholtz-Zentrum in Hereon und die University of Otago in Dunedin koordinieren den Aufbau einer Forschungspräsenz in Neuseeland zur Erforschung und Weiterentwicklung grünen Wasserstoffs. Die Präsenz wird vom BMBF finanziert; das MBIE stellt Personal und Ausstattung zur Verfügung. (Kooperation International 2021). Zur Vertiefung der Zusammenarbeit werden im Rahmen des bilateralen Förderaufrufs des BMBF seit dem 1. August 2022 drei Forschungsvorhaben gefördert. Zu den Forschungsthemen zählen Wasserstoffherzeugung, Wasserstoffspeicherung und eine Systemstudie zur Wasserstoffverteilung (Kooperation International 2022).

## Förderung von Wasserstofftechnologien in Taiwan

### Zentrale politische Strategien

Taiwans Energieversorgung ist stark vom Import abhängig. Gegenwärtig werden fast 98% der Energien importiert, hauptsächlich fossile Rohstoffe, sodass CO<sub>2</sub>-Emissionen ein ernstes Problem darstellen. Um dem internationalen Trend zur grünen Energie und CO<sub>2</sub>-Reduzierung zu folgen, will Taiwan die grünen Energien verstärkt fördern. 20% des Stroms sollen durch grüne Energie erzeugt werden, davon 20 GW durch Solarenergie und 4,2 GW durch Windenergie. Die Entwicklung grüner Energie ist für Taiwan nicht nur von großer Bedeutung, weil dadurch die Importabhängigkeit reduziert werden kann, sondern auch aus sicherheitspolitischen Gründen. Weiterhin plant Taiwan, bis 2025 aus der Atomenergie auszustiegen (Huang 2019).

Solarenergie und Offshore-Windkraftanlagen sind die wichtigsten grünen Energieformen. Zwar entwickelte sich die Solar- und Windenergieerzeugung in den letzten Jahren relativ schnell, doch konnte das Übertragungs- und Verteilungsnetz den Strom nicht vollständig aufnehmen. Vor allem während der Spitzenstromerzeugungszeit war es nicht ausreichend möglich, den grünen Strom in das Netz einzuspeisen. Nun soll die überschüssige Solarenergie und Offshore-Windenergie zur Wasserstoffherzeugung genutzt werden, um den grünen Energiemix zu verbessern (Huang 2019).

Die Regierung Taiwans kündigte 2021 an, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu werden. Dafür strebt die Regierung eine Transformation in vier Bereichen an: Energie, Industrie, Lifestyle und Gesellschaft. Bei der Energietransformation soll neben einer Maximierung der Nutzung von vorhandenen erneuerbaren Energien – Wind-, Solar-, Geothermie- und Gezeitenenergie – vor allem Wasserstoff eingesetzt werden. Während andere Länder ihre Wasserstoffwirtschaft schon längst aktiv entwickeln, veröffentlichte die taiwanische Regierung erst in diesem Jahr das Ziel, Wasserstoffenergie zur Net-Zero-Emission zu nutzen. Derzeit soll Wasserstoff hauptsächlich zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Entsprechend der vom taiwanischen Nationalen Entwicklungsrat angekündigten Net-Zero-Emission-Roadmap for 2050-Strategie sollen 9–12% der taiwanischen Stromquellen im Jahr 2050 aus Wasserstoffenergie stammen. Außerdem strebt die Regierung Taiwans eine Dekarbonisierung der Wasserstoff- und Gaskraftwerke durch Carbon

Capture and Storage (CCS) –Technologie an. (National Development Council of Taiwan, 2022).

Der Plan Taiwan 2050 Hydrogen Application and Development Technology Blueprint sieht vor, dass Taiwan Verfahrensmethoden zur Stromerzeugung durch gemischte und alleinige Wasserstoffverbrennung entwickeln soll, um schrittweise die bisherigen Stromaggregate, die fossile Brennstoffe verbrennen, zu ersetzen. In industriellen Anwendungen sollen die Stahl- und petrochemische Industrie Wasserstoff verwenden, um die Kohlenstoffemissionen in ihren Produktionsprozessen zu reduzieren. Auch der Restwasserstoff, der durch Halbleiterproduktion erzeugt wird, kann zur Stromerzeugung zurückgewonnen werden. In Bezug auf das Transportwesen sollen nach Schätzungen des National Development Council bis 2050 alle neu zugelassenen Straßenfahrzeuge vollständig elektrifiziert sein. 25% der großen Fernbusse und Schwerlastwagen sollen durch Wasserstoff betrieben werden. Es sollen drei große Wasserstoffanwendungsparks im Norden, in der Mitte und im Süden an der Westküste Taiwans eingerichtet werden. Konkret ist vorgesehen, in den bestehenden Kraftwerken im Norden die Stromerzeugung durch Wasserstoffenergie zu ergänzen, in der mittleren Küstenregion sollen die zentralen Offshore-Windkraftanlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff genutzt und Wasserstoffe in der bestehenden petrochemischen und Stahl-Industrie im Süden eingesetzt werden (Industrial Technology Research Institute (ITRI) 2022).

Bei der Entwicklung der Wasserstoffindustrie setzt Taiwan auf eine enge Zusammenarbeit zwischen Regierung, Industrie, Bildungs- und Forschungseinrichtungen. 2002 wurde die Taiwan Fuel Cell Partnership Alliance mit Unterstützung der Umweltschutzbehörde und des Energiebüros des Wirtschaftsministeriums gegründet. 2021 wurde sie umbenannt in Taiwan Hydrogen and Fuel Cell Partnership Alliance. Ziel der Allianz ist es, die Verbreitung und Anwendung von Wasserstoffenergie- und Brennstoffzellentechnologien zu fördern. Der Lenkungsausschuss, der die höchste Führungseinheit darstellt, wird zum einen von der zuständigen Regierungsabteilung, hier dem Energiebüro des Wirtschaftsministeriums, zum anderen vom Taiwan Economic Research Institute besetzt. Bevor die Regierung ihre Wasserstoffstrategie

aufgelegt hatte, haben Forschungseinrichtungen und akademische Einrichtungen bereits lange und durchaus erfolgreich zu den entsprechenden Technologien geforscht (Taiwan Hydrogen and Fuel Cell Partnership (TFCP) 2022; Chen und Zhang 2022).

Um die taiwanesischen Wasserstoffenergieindustrie zu integrieren und ihre schnelle Entwicklung zu fördern, wurde 2018 die Taiwan Hydrogen Energy Industry Development Alliance gegründet. Die Industrie leistete bereits einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Wasserstofftechnologien (Huang 2019). Seit ihren Anfängen vor 20 Jahren entstanden vor allem in den letzten zehn Jahren eine Reihe bekannter Hersteller wie z.B. die Firma Qunyi Energy, die Testgeräte für Wasserstoff-Brennstoffzellen herstellt, oder die Firma CHEM Renewable Energy, die in Brennstoffzellen investiert. 60% der Komponenten von Bloom Energy, einem großen US-amerikanischen Unternehmen zur Stromerzeugung aus Erdgas und Wasserstoff, stammen von taiwanesischen Herstellern, darunter Gao-li Heat Treatment, Paulaide, Hongjin Metal, Kangshu (Chen und Zhang 2022). In Taiwan lag der Schwerpunkt der Entwicklung auf Brennstoffzellen oder das von der Brennstoffzelle benötigte Leistungsmodul, wie das zusammengesetzte Leistungsmodul der Brennstoffzelle und der Lithiumbatterie, das in Motorrädern und Booten verwendet wird. Aber in Bereichen wie der elektrolytischen Wasserstoffherzeugung, Wasserstoffspeicherung und -transport ist Taiwan technologisch relativ rückständig. Um die Wasserstoffproduktion und -speicherung zu entwickeln, soll der Fokus auf die technologische Zusammenarbeit mit ausländischen Partnern gelegt werden (Chen und Zhang 2022).

### Förderung internationaler Kooperationen

Taiwan sucht aktiv die Zusammenarbeit sowohl mit den Staaten in der Region als auch mit westlichen Industrieländern. Da die Regierung bereits seit mehr als 20 Jahren die Forschung zu Wasserstoff und Brennstoffzellen fördert, kann Taiwan eigene Ergebnisse vorweisen und sich als attraktiver Kooperationspartner anbieten.

Im Januar 2022 schlossen Kanada und Taiwan eine Absichtserklärung über eine Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung mit dem Fokus auf kohlenstofffreien Wasserstoff, Brennstoffzellen-Technologien und Standards ab. Die Kooperationspartner sind die Canadian Hydrogen and Fuel Cell Associa-

tion (CHFCA) und die Taiwan Hydrogen and Fuel Cell Partnership, eine Organisation, die vom Taiwan Institute of Economic Research ins Leben gerufen wurde. Auf der kanadischen Seite unterstützt die CHFCA, eine nicht-Gewinn-orientierte Organisation, Industrie und Forschung bei der Entwicklung und Nutzung von Wasserstoff (CHFCA 2022).

Eine Absichtserklärung über eine Wasserstoff-Kooperation unterzeichneten im April 2022 auch Taiwan Power und Siemens Energy. Die Zusammenarbeit zielt auf den Aufbau eines Demonstrationsprojekts zur Wasserstoff-Mischtechnologie an den bestehenden gasbefeuerten Blöcken des Hsing-Ta-Kraftwerks. Ziel ist es, bis 2025 einen Anteil von 5% Wasserstoffmischung zu erreichen (Li 2022).

Die Wasserstoffentwicklung war auch ein Thema beim Besuch des taiwanesischen Außenhandelsministers Wang in Japan im Jahr 2022. Wang besichtigte u.a. die Wasserstoffanlage im Hafen von Kobe und diskutierte Fragen der Wertschöpfungskette und des Technologietransfers mit dem japanischen Unternehmen JERA Power (Bureau of Foreign Trade, Ministry of Economic Affairs 2022).

Taiwans Wirtschaftsministerin Wang Meihua fördert die Zusammenarbeit mit europäischen Ländern aktiv, u.a. über die Europäische Handelskammer Taiwan. Bei der Vorstellung des Berichts Net Zero by 2050: Best Practices Report der European Chamber of Commerce Taiwan (ECCT) und des taiwanesischen Erdölkonzerns CPC im September 2022 betonte sie den schnellen Ausbau erneuerbarer Energien in Taiwan und die Bedeutung von Wasserstofftechnologien für die Umsetzung der kohlenstofffreien Energienutzung. Der Bericht fordert die Regierung und die Unternehmen dazu auf, ihre Förderprogramme und Unternehmensstrategien auf das „Net-Zero“-Ziel auszurichten und in neue Wasserstofftechnologien, wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und CCUS zu investieren. Auf der Veranstaltung berichtete das Unternehmen CPC über seine Erfolge bei der Reduzierung von Kohlenstoffemissionen. Diese konnten um 30% gegenüber dem Niveau von 2005 gesenkt werden; bis 2030 soll die Emission um 29,5% reduziert werden und 2050 das Ziel der „Net-Zero“-Emissionen erreicht werden (European Chamber of Commerce Taiwan 2022).

## Kapitel 5: Wissenschaftlich-akademischer Austausch mit Ländern des APRA im Bereich Wasserstofftechnologie

Die Sichtung aktueller bzw. kürzlich abgeschlossener internationaler Projekte erleichtert es, das Potenzial für zukünftige Kooperationen mit Ländern des asiatisch-pazifischen Raums abzuschätzen und Institutionen in Deutschland zu identifizieren, die bereits jetzt über Erfahrungen mit der Kooperation mit Forschenden aus der Region verfügen. Die Erfassung von internationalen wissenschaftlichen Kooperationen zur Gewinnung und Nutzung von grünem Wasserstoff wird allerdings durch mehrere Faktoren erschwert. Zum einen ist das Themenfeld der Wasserstoffforschung besonders breit und erfordert den Input von zahlreichen weiteren Disziplinen, die ihrerseits auch

für andere Energieträger und Technologien relevant sind. Die Übergänge der Forschungsinhalte zwischen Projekten reiner Wasserstoffforschung und der Forschung in angrenzenden Gebieten sind deshalb fließend. Zum anderen befindet sich das Themenfeld in einer starken Entwicklung, auch was die Bereitstellung spezifischer Förderangebote betrifft. Es ist also mit einer starken Zunahme der Kooperationsprojekte zu rechnen. Und schließlich führt das zunehmende Interesse an diesem Thema möglicherweise dazu, dass inzwischen Projekte als Wasserstoffforschung betitelt werden, die früher einem anderen Themenfeld zugeordnet worden wären.

### Forschungskooperation mit Ländern des APRA

Die im Anhang beigefügte Tabelle A1 Anhang stellt eine Zusammenstellung der im Rahmen einer umfassenden Recherche ermittelten Forschungsprojekte dar, an denen sowohl Partner aus Deutschland als auch aus der asiatisch-pazifischen Region beteiligt sind. Die Recherche umfasste die Webseiten der einschlägigen Bundesministerien und ihrer Projektträger, die Datenbanken CORDIS und GEPRIS, Webseiten der technischen Hochschulen sowie Presseerklärungen zum Themenfeld. Hinweise auf internationale Kooperationen enthielten leider nicht immer eine Auflistung der internationalen Partner oder sie war auf die europäischen Partner begrenzt.

Unter den in der detaillierten Anhangtabelle aufgelisteten Kooperationen waren Kooperationsprojekte mit Japan am stärksten vertreten (14 Projekte), gefolgt von China mit elf Projekten. Der Anteil der Kooperationen mit China war bei den in der CORDIS-Datenbank aufgeführten im Rahmen von Horizont 2020 geförderten Projekte besonders hoch (vier von elf Projekten, 36%). Für die Gesamtheit der anderen Projekte lag er deutlich niedriger (sieben von 42 Projekten, 17%). Relativ stark vertreten waren auch Australien und Indien (jeweils acht Projekte). Es folgen Korea und Neuseeland. Bei den vereinzelt Kooperationen mit den Philippinen und Thailand lag der Schwerpunkt auf Marktstudien. Insgesamt fokussiert sich die Kooperation im Forschungsbereich demnach auf die Länder der Region, die sich durch besonders

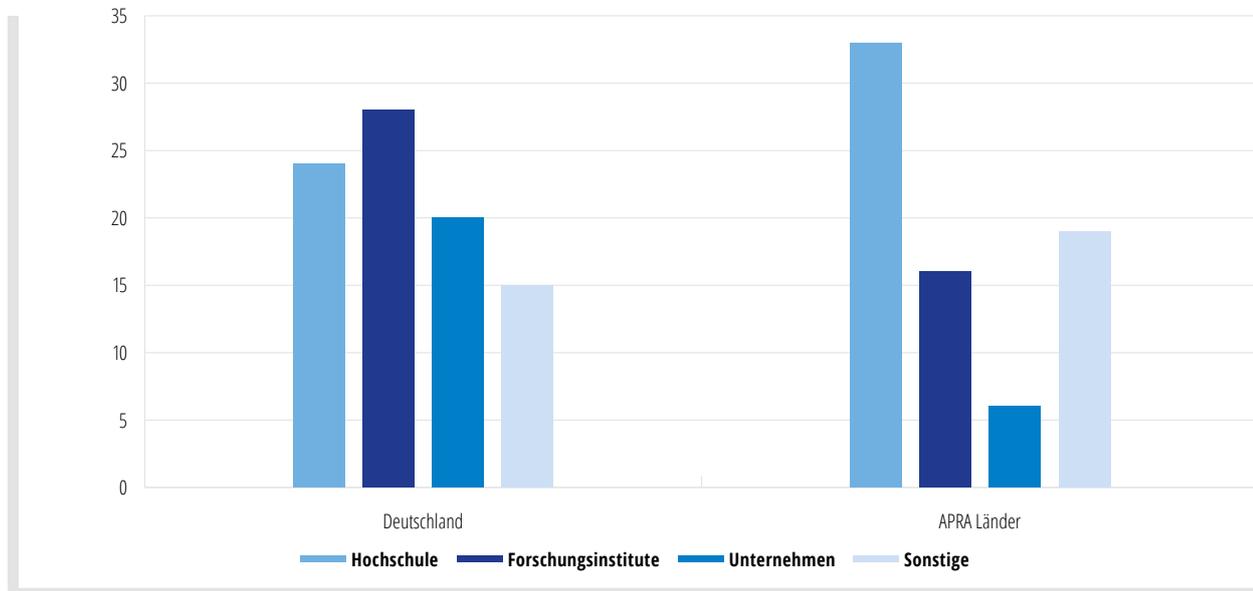
weitentwickelte bzw. besonders große Forschungssysteme auszeichnen.

Was die Kooperationspartner betrifft, stellen im Ausland die Hochschulen die mit Abstand stärkste Gruppe dar, während in Deutschland die Forschungsinstitutionen am stärksten vertreten sind. In Deutschland ist insgesamt die Beteiligung von Hochschulen, Forschungsinstitutionen und Unternehmen ausgeglichener als im Ausland, wo die Beteiligung von Unternehmen an den Kooperationen vergleichsweise gering ist. Der Unterschied erscheint im Fall von Kooperationen mit China besonders ausgeprägt: Während auf deutscher Seite insgesamt acht Unternehmen identifiziert werden konnten, ist es auf chinesischer Seite nur eines.

Die große und heterogene Gruppe „Sonstige“ umfasst Institutionen/Organisationen, die nicht selbst forschen und keine Unternehmen sind, insbesondere Ministerien und staatliche Institutionen (z. B. ARENA – The Australian Renewable Energy Agency) sowie deutsche Handelskammern in asiatischen Ländern und einige Botschaften.

Sofern die Geldgeber identifiziert werden konnten, handelt es sich auf deutscher Seite vor allem um das BMBF, das bei 19 Projekten als Geldgeber auftritt, gefolgt von der EU (Horizont 2020) mit 11 finanzierten Projekten, bei denen Deutschland als Partner auftritt. An dritter Stelle steht das BMWK mit neun geförderten

**ABBILDUNG 22: Beteiligung verschiedener Institutionstypen an internationalen Kooperationen von Deutschland mit Ländern des APRA zum Themenfeld „grüner Wasserstoff“**



QUELLE: Recherchen des DAAD

Projekten, gefolgt vom BMUV mit drei Projekten. Andere Geldgeber sind mit jeweils einem Projekt vertreten. Japan ist das einzige Land im asiatisch-pazifischen For-

schungsraum, das in zwei Fällen als Geldgeber identifiziert werden konnte.

## Relevante Studiengänge in Deutschland und Studierende aus Ländern des APRA

Einen vielversprechenden Anknüpfungspunkt für zukünftige Kooperationen mit Ländern des asiatisch-pazifischen Raums stellen Absolvent:innen relevanter Studiengänge in Deutschland dar. Um detailliertere Informationen zu diesem Personenkreis zu erhalten, wurde eine Recherche zu den Studiengängen (Bachelor/Master) in den Fachgebieten erneuerbare Energien/Wasserstoff durchgeführt. Es wurden 55 Studienangebote identifiziert, dabei überwiegen unter den Anbietern die Fachhochschulen gegenüber den Universitäten (67% der Institutionen). Das Themenfeld wird häufiger auf Master-Ebene als auf Bachelor-Ebene angeboten (60% der Studiengänge). Auf Bachelor-Ebene werden die Lehrveranstaltungen nur bei einer Minderheit der Studiengänge (32%) zumindest teilweise auf Englisch angeboten. Auf Master-Ebene beträgt dieser Anteil 48%. Grundsätzlich erscheinen damit die englischsprachigen Masterstudiengänge als besonders attraktive Instrumente, um Studierende aus dem APRA für ein Studium in Deutschland mit Bezug zum Themengebiet erneuerbare Energien/grüner Wasser-

stoff zu gewinnen. Das schafft gute Voraussetzungen für eine stärkere Bindung an Deutschland und für spätere Kooperationen.

Die Hochschulen wurden um eine Rückmeldung zu den internationalen Studierenden in diesen Studiengängen gebeten. Rückmeldungen wurden von 28 der 51 Hochschulen erhalten und es wurden insgesamt 742 Studierende aus der Region gemeldet. Betrachtet man die Gesamtzahl aller von den Institutionen zurückgemeldeten Studierenden, so zeigt sich eine klare Dominanz Indiens, mit großem Abstand gefolgt von China und Indonesien. Die Zahlen der anderen Länder sind weitgehend vernachlässigbar, am ehesten spielen noch Malaysia, Vietnam und Korea eine Rolle. Betrachtet man die Zahlen der bei Forschungsk Kooperationen stark vertretenen Länder, so fällt auf, dass nur China und Indien auf Studierendenebene stark vertreten sind. Für Studierende aus den forschungsstarken Ländern Japan und Australien stellen die Studienangebote offenbar keinen besonderen Anreiz dar.

## Zusammenfassung

---

### Performanz

#### Erneuerbare Energien

Das jährliche wissenschaftliche Publikationsaufkommen im Bereich wissenschaftlicher Publikationen stagniert außerhalb Chinas seit Mitte der 2010er-Jahre, insbesondere im Bereich Solarenergie, auch die Exzellenzrate der Publikationen nimmt seit Anfang der 2010er-Jahre kontinuierlich ab. Dies gilt für westliche Länder ebenso wie für die Länder des APRA inkl. China. Thematisch dominieren im Themenfeld erneuerbare Energien Publikationen mit Bezug zum Bereich Solarenergie, auch auf die Bereiche Windenergie und Biomasse entfallen nicht unwesentliche Anteile.

Auch der Umfang der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich erneuerbare Energien war von Beginn bis Mitte der 2010er-Jahre sowohl in den Ländern des APRA als auch in vielen westlichen Ländern rückläufig, seit 2015 zeichnet sich allerdings eine Stabilisierung ab. Während der negative Trend im Bereich Solarenergie in allen betrachteten Ländern andauert, zeigen sich im Bereich Windenergie allerdings in den USA und Deutschland seit ca. 2015 wieder positive Trends, die in der Region allerdings nicht nachvollzogen werden.

Mit Blick auf Exporte bleibt neben dem immer weiter erstarkenden China v.a. Japan als starker Akteur positioniert, Korea und Malaysia folgen auf niedrigerem Niveau, Taiwan hat v.a. im Solarbereich an Bedeutung verloren. Parallel konnten Thailand und Vietnam ihre Exportkapazitäten ausbauen. Indiens Exporte verbleiben dagegen auf einem niedrigen Niveau und Australien sowie Neuseeland bleiben fast ausschließlich von Importen abhängig.

#### Wasserstoff

Im Bereich Wasserstofftechnologien ist insbesondere seit 2015 eine erhebliche Dynamisierung des wissenschaftlichen Outputs zu beobachten, der neben China v.a. von Indien, Japan und Korea getragen wird. Die Zahl wissenschaftlicher Publikationen mit Bezug zum Thema Wasserstoff erreicht in den Ländern des APRA ca. 50% derer im Bereich erneuerbare Energien insgesamt, und liegt damit in der Größenordnung des Publikationsvolumens zum Thema Solarenergie. We-

sentlicher Bestandteil der aktuellen akademischen Befassung sind zurzeit v.a. Technologien zur Wasserstoffherzeugung, zu diesen Themen entstehen nahezu doppelt so viele Veröffentlichungen wie zum Bereich Nutzung. Im Bereich Nutzung dominiert bislang v.a. das Thema Brennstoffzelle. Stärkste wissenschaftliche Akteure in der asiatisch-pazifischen Forschungsregion sind hierbei nach China, Indien, Japan und Korea. Die Publikationszahlen zu den Themen Wasserstoffherzeugung und -nutzung entwickelten sich in den letzten zehn Jahren auf ihren jeweiligen Niveaus nahezu parallel, auch die Rangfolge der Länder unterschied sich zwischen den einzelnen Themenbereichen nicht wesentlich, nach China folgen stets Indien, Japan und Korea als wichtigste Akteure. Anders als im Bereich erneuerbare Energien insgesamt blieb dabei die Exzellenzrate der Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologie konstant, für Publikationen aus Singapur erhöhte sie sich sogar deutlich.

Demgegenüber blieb das Niveau der transnationalen Patentanmeldungen zu Themen im Bereich Wasserstofftechnologien, anders als im wissenschaftlichen Bereich, in den letzten zehn Jahren nahezu konstant, nur in Deutschland und China waren leichte Anstiege zu verzeichnen. Zentraler Akteur in der asiatisch-pazifischen Forschungsregion bleibt hierbei Japan, gefolgt von Korea und China. Indien spielt im Bereich Wasserstoff technologisch noch keine Rolle.

Exporte mit Bezug zum Themenfeld Wasserstofftechnologien sind zzt. erst in geringem Umfang auszumachen, da sowohl Wasserstoff selbst wie auch für seine Nutzung relevante Technologien noch kaum in größerem Umfang gehandelt werden. Damit spiegeln Handelszahlen zzt. noch in zu großem Maße Einzelereignisse, um differenzierte internationale Vergleiche zu ermöglichen.

## Kooperation

### Erneuerbare Energien

Die wissenschaftliche Kooperationsneigung aller hier betrachteten Länder stieg im Bereich erneuerbare Energien im Verlauf der letzten zehn Jahre kontinuierlich an, am stärksten in Taiwan und Malaysia, v.a. durch verstärkte Kooperationen mit China und Indien. Zwischen den Bereichen Solarenergie und Windenergie unterscheidet sich der Trend dabei nicht grundsätzlich, teils ist der Anstieg der Kooperationsneigung im Bereich Windenergie v.a. in den letzten fünf Jahren etwas ausgeprägter, auch hier nicht zuletzt basierend auf verstärkter innerasiatischer Zusammenarbeit.

Hohe Ko-Patentanteile finden sich in Singapur, aber auch in Indien. Während sie in Singapur zurückgehen, steigen sie in Indien weiter an, was auf zunehmende internationale Konzernverflechtungen schließen lässt. Auch in anderen Ländern sind die Ko-Patentanteile rückläufig, inkl. vieler europäischer Länder und Taiwan. In Japan und Korea bleibt der Umfang technologischer Verflechtung dagegen konstant gering, in China ist, ausgehend von einem bereits niedrigen Niveau, sogar eine weitere Desintegration zu beobachten.

### Wasserstoff

Der relative Anteil von Ko-Publikationen an allen Publikationen steigt in den Ländern des asiatisch-pazifischen Raums im Bereich Wasserstofftechnologien ebenfalls noch einmal an, während dies in Deutschland seit 2010 nicht mehr der Fall ist. Vergleichend betrachtet, liegt der Anteil von Ko-Publikationen an allen Publikationen im Bereich Wasserstofftechnologien oft eher unter dem im Bereich der erneuerbaren Energien, zwischen den Bereichen Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff besteht dabei kein relevanter Unterschied. In beiden steigt der Kooperationsanteil an bzw. lag (v.a. in Europa) bereits vorher auf hohem Niveau. Hohe Ko-Patentanteile finden sich dabei sowohl im Bereich von Technologien zur Erzeugung als auch solchen zur Nutzung von Wasserstoff, auf einem zu dem im Bereich erneuerbare Energien insgesamt vergleichbaren Niveau.

Projektpartner deutscher Wissenschaftler:innen waren im Themenfeld grüner Wasserstoff am häufigsten in Japan beheimatet, es folgten China, Australien und Indien. Während bei den Ländern in der Region unter

den Kooperationspartnern die Universitäten deutlich dominierten, gefolgt von Forschungsinstituten und Unternehmen, spielten in Deutschland v.a. außeruniversitäre Forschungsinstitute eine größere Rolle. Studierende aus den Ländern des APRA stammten in für die Wasserstoffthematik relevanten Studiengängen in Deutschland vorrangig aus Indien, mit großem Abstand gefolgt von China und Indonesien. Für Studierende aus den im Wasserstoffbereich wissenschaftlich- und technologisch weiter entwickelten Ländern (v.a. Japan) war das deutsche Ausbildungs- und Wissenschaftssystem dagegen offenbar nicht bzw. weniger attraktiv.

### Politische Strategien

Die Entwicklung eines Wasserstoffsektors wird in allen betrachteten Ländern der Region als wichtige Aufgabe der Wissenschafts- und Technologiepolitik angesehen, was sich in mittel- und langfristigen Planungen sowie der gezielten Förderung von FuE-Aktivitäten niederschlägt. Treiber dieser verstärkten Schwerpunktsetzung sind sowohl mittel- und langfristig erwartete Knappheiten im Angebot fossiler Brennstoffe als auch die Notwendigkeit, klimaschädliche Auswirkungen des aktuellen Modells der Energieversorgung zukünftig zu vermeiden. Die vollständige Umstellung auf eine klimaneutrale Energieversorgung wird in den Ländern des asiatisch-pazifischen Raums mit unterschiedlichen Planungshorizonten verfolgt. Während Indien und China dieses Ziel erst 2070 bzw. 2060 erreichen wollen, planen die meisten übrigen Länder dies bereits für 2050.

Innerhalb der betrachteten Gruppe kann meist recht klar zwischen Wasserstoff-Lieferanten (Australien, Neuseeland und Indien) sowie Wasserstoff-Abnehmern (China, Japan, Korea) unterschieden werden. Für die Gruppe der Wasserstoff-Lieferanten stehen in der aktuellen Planung und Förderung oft vor allem noch jene Wasserstofftechnologien im Vordergrund, die mit Transport und Speicherung zusammenhängen sowie die Entwicklung von Standards und Normen. Während für China und Indien aufgrund der Größe und Vielfalt ihrer Wirtschaft alle Wasserstofftechnologien von Bedeutung sind, stehen in kleineren asiatisch-pazifischen Ländern teils eher spezifische Technologien im Fokus.

Alle in diesem Bericht betrachteten Länder des asiatisch-pazifischen Raums sind im Bereich der Wasserstofftechnologien an internationaler Kooperation interessiert; MoU-Aktivitäten weisen darauf hin, dass innerhalb der asiatisch-pazifischen Forschungsregion regionale Wertschöpfungsketten entstehen. Im Bereich Infrastruktureinrichtungen für die Wasserstoffproduktion und -speicherung weisen v.a. Indien und teilweise China einen hohen Nachholbedarf auf, wodurch dort interessante Märkte für die deutsche Industrie entstehen.

## Literatur

---

### China

- Abele, C. (2022). China treibt Wasserstoffwirtschaft strategisch voran. Germany Trade and Invest (GTAI), 22.8.2022. <https://www.gtai.de/de/trade/china/branchen/china-treibt-wasserstoffwirtschaft-strategisch-voran—879734> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Abele, C. (2020). China setzt auf Förderung von Wasserstoffwirtschaft, GTAI, 6.8, <https://www.gtai.de/de/trade/china/specials/china-setzt-auf-foerderung-von-wasserstoffwirtschaft-531776> (letzter Abruf: 10.10.2022)
- Agora Energiewende (2021). Europa-China Workshop zu grüner Wasserstoffwirtschaft. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/europa-china-workshop-zu-gruener-wasserstoffwirtschaft/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Brown, A.; Grünberg, N. (2022). China's nascent green hydrogen sector: How policy, research and business are forging a new industry. China Monitor. [https://merics.org/sites/default/files/2022-06/MERICS\\_China\\_Monitor\\_No\\_77\\_Green-Hydrogen\\_EN\\_final.pdf](https://merics.org/sites/default/files/2022-06/MERICS_China_Monitor_No_77_Green-Hydrogen_EN_final.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Chandrasekhar, A.; Dunne, D.; Gabbatiss, J.; Goodman, J.; Evans, S.; Zhang, Z. (2022). COP27: Key outcomes agreed at the UN climate talks in Sharm el-Sheikh, Carbon Brief, November 2021, <https://www.carbonbrief.org/cop27-key-outcomes-agreed-at-the-un-climate-talks-in-sharm-el-sheikh/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- China National Energy Administration (2021). Mittel- und langfristiger Plan für die Entwicklung der Wasserstoffenergieindustrie (2021–2035), online: [http://zfxgk.nea.gov.cn/1310525630\\_16479984022991n.pdf](http://zfxgk.nea.gov.cn/1310525630_16479984022991n.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Fuchslocher, G. (2021). Bosch und Qingling gründen Brennstoffzellen-Unternehmen. Automobilproduktion, 16.4.2021. <https://www.automobilproduktion.de/management/bosch-und-qingling-gruenden-brennstoffzellen-unternehmen-107.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Investment Plattform China/Deutschland (2019). Weichai Power übernimmt Aradex. 19.12.2019. <https://www.investmentplattformchina.de/weichai-power-uebernimmt-aradex/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) (2020). Siemens baut „grüne“ Wasserstoff-Produktionsanlage in China. 19.8.2020 <https://www.iwr.de/news/siemens-baut-gruene-wasserstoff-produktionsanlage-in-china-news36918> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- KPMG (2022). Verständnis der Wasserstoffenergiebranche, online: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/cn/pdf/zh/2022/09/understand-the-hydrogen-energy-industry-in-one-article.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Ministry of Science and Technology (MoST) (2021). Nationaler Forschungs- und Entwicklungsplan Schlüsselprojekt „Wasserstoffenergie-technologie“. Ankündigungsliste der vorgeschlagenen Projekte im Jahr 2021, <http://www.zfzj.org/uploads/soft/20211215/1639567414.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Ministry of Science and Technology (MoST) (2022). Ministerium für Wissenschaft und Technologie hat den richtungsweisenden Projektantragsleitfaden 2022 für den nationalen F&E-Schlüsselplan „Wasserstoffenergie-technologie“ herausgegeben, <http://www.chinacaj.net/i,16,16517,0.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).

- National Development and Reform Commission (NDRC); National Energy Administration (2022). Medium and Long-term Plan for the Development of Hydrogen Energy Industry (2021–2035), [http://zfxgk.nea.gov.cn/1310525630\\_16479984022991n.pdf](http://zfxgk.nea.gov.cn/1310525630_16479984022991n.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Nakano, J. (2022). China's Hydrogen Strategy. CSIS. February 3, 2022. <https://www.csis.org/analysis/chinas-hydrogen-industrial-strategy> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- National Center for Science and Technology Innovation (NCSTI) (2021). Der 14. Fünfjahresplan: Wissenschaftliche und technologische Innovation im Energiesektor, <https://www.ncsti.gov.cn/zcfg/zcwj/202204/P020220402546527838923.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Now GmbH (2021). BMVI startet Aufruf für deutsch-chinesische F&E-Kooperationsprojekte im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge <https://www.now-gmbh.de/aktuelles/pressemitteilungen/bmvi-startet-aufruf-fuer-deutsch-chinesische-fe-kooperationsprojekte-im-bereich-wasserstoff-und-brennstoffzellenfahrzeuge/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- State Council (2022). China maps 2021–2035 plan on hydrogen energy development, March 23, 2022 Xinhua.
- Tu, K.J. (2020). Prospects of a Hydrogen Economy with Chinese Characteristics. Ifri Center for Energy and Climate. [https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/tu\\_china\\_hydrogen\\_economy\\_2020\\_1.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/tu_china_hydrogen_economy_2020_1.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Victor, D.G. (2021). Rebuilding US-Chinese cooperation on climate change: The science and technology opportunity. Brookings <https://www.brookings.edu/blog/planetpolicy/2021/10/28/rebuilding-us-chinese-cooperation-on-climate-change-the-science-and-technology-opportunity/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Xinhuanet (2020). Full Text: Remarks by Chinese President Xi Jinping at Climate Ambition Summit, 12 December. [http://www.xinhuanet.com/english/2020-12/12/c\\_139584803.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2020-12/12/c_139584803.htm) (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Japan

- Clifford Chance (Gaikokuho Kyodo Jigyō) (2022). Focus on Hydrogen: Japan's Energy Strategy for Hydrogen and Ammonia, August 2022, <https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/briefings/2022/08/focus-on-hydrogen-in-japan.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- German Japan Energy Transition Council (GJETC) (2021). Energy and Climate Policy in the Post COVID-19 era. Comparative Analyses on Germany and Japan, [https://gjetc.org/wp-content/uploads/2022/06/GJETC-Study\\_Energy-policy-Post-Covid\\_FINAL-210428.pdf](https://gjetc.org/wp-content/uploads/2022/06/GJETC-Study_Energy-policy-Post-Covid_FINAL-210428.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Government of Japan (2021). Hydrogen's Role in Japan's Carbon-Neutral Future, in; Harvard Business Review. Sponsor Content from the Government of Japan, March 11, 2021, <https://hbr.org/sponsored/2021/03/hydrogens-role-in-japans-carbon-neutral-future> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Howarth, R. (2022), Japan and South Korea must recognize blue hydrogen is not clean, in: Nikkei Asia, 28.11.2022, <https://asia.nikkei.com/Opinion/Japan-and-South-Korea-must-recognize-blue-hydrogen-is-not-clean> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- International Energy Agency (IEA) (2021). Japan 2021: Energy Policy Review, 13–14. <https://www.iea.org/reports/japan-2021>, (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Japan Times (2022). Japan's hydrogen economy runs the risk of being powered by coal, 18.4.2022, <https://www.japantimes.co.jp/life/2022/04/18/environment/japan-energy-hydrogen-coal/> (letzter Abruf: 10.10.2022).

- Kumagai, T. (2021). Japan signs first hydrogen cooperation deal with UAE to consider supply chain. <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/040821-japan-signs-first-hydrogen-cooperation-deal-with-uae-to-consider-supply-chain> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Mennicken, L. (2022). Wasserstoff: Forschung und Technologie in Japan – Zusammenarbeit mit Deutschland. Bericht der deutschen Botschaft, Stand Mai 2022. [https://www.dwih-tokyo.org/files/2022/05/Uebersicht\\_Wasserstoff\\_Forschung-und-Technologie-in-Japan-Zusammenarbeit-mit-Deutschland-Mai-2022.pdf](https://www.dwih-tokyo.org/files/2022/05/Uebersicht_Wasserstoff_Forschung-und-Technologie-in-Japan-Zusammenarbeit-mit-Deutschland-Mai-2022.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- METI (2019). Suiso nenyō denchi gijutsu kaihatsu senryaku (auf Japanisch veröffentlicht, Englische Übersetzung des Titels des METI: Strategy for Developing Hydrogen and Fuel-Cell Technologies), [https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0918\\_001.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0918_001.html) (letzter Abruf: 6.1.2023)
- METI (2020): Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050, [https://www.meti.go.jp/english/press/2020/1225\\_001.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2020/1225_001.html) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- METI (2021). Overview of Japan's Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050, January 2021, [https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/1225\\_001a.pdf](https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/1225_001a.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- METI (2021a). Outline of Strategic Energy Plan, Oktober 2021, [https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic\\_plan/pdf/6th\\_outline.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/6th_outline.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Nagashima, M. (2020). Japan's Hydrogen Society Ambition. 2020 Status and Perspectives. Ifri Center for Energy. [https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima\\_japan\\_hydrogen\\_2020.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima_japan_hydrogen_2020.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Yabe, A. (2020), Research and Development of Hydrogen Technology, September 2020, Präsentation auf der ICEF Conference 2020
- Yabe, A. (2022), Research and Development Tasks Towards Carbon Neutrality of 2050 – NEDO's Challenges, 4. Oktober 2022, Präsentation auf der 4. RD Conference 2022 in Japan (<https://rd20.aist.go.jp/rd20-4/speakers-4th/>) (letzter Abruf: 10.10.2022).

### Korea

- Deutsche Botschaft Seoul (2019). Deutsch-koreanische Energiepartnerschaft, 13. Dezember, Deutschland und Korea unterzeichnen Energiepartnerschaft.
- Ansari, D. (2022). Die Wasserstoffagenden der arabischen Golfstaaten. SWP Aktuell, Nr. 43, Juli. [https://www.swp-berlin.org/publications/products/aktuell/2022A43\\_Wasserstoffagenden\\_Golfstaaten.pdf](https://www.swp-berlin.org/publications/products/aktuell/2022A43_Wasserstoffagenden_Golfstaaten.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Biogradlijna, A. (2022). Meanwhile in Korea, H2 Energy News, <https://energynews.biz/meanwhile-in-korea-4/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Bowen, J.; Springer, K. (2022). Strategic energy The emerging Australia-Korea hydrogen partnership. March. [https://perthusasia.edu.au/our-work/pu-234-akf-hyd-book\\_web.aspx?utm\\_medium=report&utm\\_campaign=korea\\_hydrogen](https://perthusasia.edu.au/our-work/pu-234-akf-hyd-book_web.aspx?utm_medium=report&utm_campaign=korea_hydrogen) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) (2021). Grüne Wasserstofftechnologien: BAM kooperiert mit Südkorea zu Sicherheitsfragen. <https://www.bam.de/Content/DE/Pressemitteilungen/2021/Energie/2021-07-12-kooperation-korea-wasserstoff.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Energiepartnerschaft Deutschland – Korea, ohne Jahresangabe, Webseite, <https://www.energy-partnership-korea.org/home/about/> (letzter Abruf 10.10.2022).

- Generalkonsulat der Republik Korea in Hamburg (2021). Kooperation im Bereich grüner Wasserstoff zwischen Korea und Norddeutschland, online-Veranstaltung, [https://overseas.mofa.go.kr/de-hamburg-de/brd/m\\_9591/view.do?seq=760686](https://overseas.mofa.go.kr/de-hamburg-de/brd/m_9591/view.do?seq=760686) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kooperation International (2022) <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/neue-fraunhofer-innovationsplattform-fuer-wasserstoff-in-suedkorea> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Ha, J.E. (2019). Hydrogen Economy Plan in Korea, IEA, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/03/Hydrogen-economy-plan-in-Korea.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kan, S. (2020). South Korea's Hydrogen Strategy and Industrial Perspectives, Ifri, 25 March, [https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/si-chao\\_kan\\_hydrogen\\_korea\\_2020\\_1.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/si-chao_kan_hydrogen_korea_2020_1.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Lee, J.; Kim, B. (2022). S. Korea to lift nuclear share of energy mix to 30% by 2030 from 27% last year, Reuters, <https://www.reuters.com/business/energy/skorea-lift-nuclear-powers-share-energy-mix-30-by-2030-2022-07-05/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Linde (2021) Linde and Hyosung Partner to Develop Hydrogen Infrastructure. <https://www.linde.com/news-media/press-releases/2021/linde-and-hyosung-partner-to-develop-hydrogen-infrastructure-in-south-korea> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- New Zealand, Ministry of Foreign Affairs and Trade (2021). Republic of Korea: The Hydrogen Economy, February 22. <https://www.mfat.govt.nz/en/trade/mfat-market-reports/market-reports-asia/republic-of-korea-the-hydrogen-economy-22-february-2021/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Park, J-h. (2022). Yoon urges transition to hydrogen economy at World Gas Conference, Korea-times, [https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2022/05/129\\_329745.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2022/05/129_329745.html) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- South Korea – Hydrogen Council (2022). Hydrogen Central, [online] <https://hydrogen-central.com/south-korea-hydrogen-council-creates-fund-hydrogen-industry/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Stangarone, T. (2020). South Korean efforts to transition to a hydrogen economy, Clean Technologies and Environmental Policy (2021)23: 509–516, <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01936-6> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Yi, W-w. (2019). New Zealand, Australia bolster hydrogen cooperation with Korea, Korea Times. December 16. [https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2019/12/176\\_280362.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2019/12/176_280362.html) (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Singapur

- Australian Government (2020). Memorandum of Understanding between the Government of Australia and the Government of Singapore for Cooperation on Low-Emissions Solutions. <https://www.dfat.gov.au/geo/singapore/singapore-australia-green-economy-agreement/memorandum-understanding-between-government-australia-and-government-singapore-cooperation-low-emissions-solutions> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Carroll, D. (2022). Singapore secures stake in Australian green hydrogen projects. PV Magazine, 28.1.2022. <https://www.pv-magazine-australia.com/2022/01/28/singapore-secures-stake-in-australian-green-hydrogen-projects/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Energy Market Authority (2022). Chartering the Energy Transition to 2050. [Energy-2050-Committee-Report.pdf](https://www.ema.gov.sg/energy-2050-committee-report) (ema.gov.sg) (letzter Abruf: 10.10.2022).

GIC (2022). GIC becomes strategic investor in Inter-Continental energy, leading green company. <https://www.gic.com.sg/newsroom/all/gic-becomes-strategic-investor-in-intercontinental-energy-leading-green-fuels-company/> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Heng, J. (2022). Singapore, Australia sign Green Economy Agreement with 17 initial projects. Business Times 18.10.2022. <https://www.businesstimes.com.sg/government-economy/singapore-australia-sign-green-economy-agreement-with-17-initial-projects> (letzter Abruf: 10.10.2022).

KBR (2020). Study of hydrogen imports and downstream applications for Singapore (go.gov.sg). <https://file.go.gov.sg/studyofhydrogenimportsanddownstreamapplicationsforsingapore.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).

KPMG Singapore (2022). Taking Singapore forward as a regional green hydrogen hub, 2.7.2022. <https://home.kpmg/sg/en/home/media/press-contributions/2022/07/taking-singapore-forward-as-a-regional-green-hydrogen-hub.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).

New Zealand, Ministry of Foreign Affairs and Trade (2021). Republic of Korea: The Hydrogen Economy, February 22. <https://www.mfat.govt.nz/en/trade/mfat-market-reports/market-reports-asia/republic-of-korea-the-hydrogen-economy-22-february-2021/> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Rajah & Tann Asia (2022). NCCS Seeks Feedback on Raising Singapore's Climate Ambition to Achieve Net Zero by 2050. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=47cbe9ffc11-4fd5-b065-0560a35d192b> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Reuters (2020). Singapore, Japanese companies join to explore hydrogen as energy source. <https://www.reuters.com/article/us-singapore-japan-energy-idUSKBN21H0Z0> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Shell (2021). Shell to trial first hydrogen fuel cell for ships in Singapore. <https://www.shell.com.sg/media/2021-media-releases/shell-to-trial-first-Hydrogen-fuel-cell-for-ships-in-singapore.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Australien

ARENA (2021). ARENA to lead Australia-Germany's HyGATE initiative. <https://arena.gov.au/news/arena-to-lead-australia-germanys-hygate-initiative/> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Australien – DISR – Department of Industry, Science and Resources (2018). <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/link-institutionen/detail/info/australien-disr-ministerium-fuer-industrie-forschung-energie-und-ressourcen> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Australian Government (2021a). State of Hydrogen (2021). <https://www.dccew.gov.au/sites/default/files/documents/state-of-hydrogen-2021.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Australian Government (2021b). Australia partners with Singapore on hydrogen in maritime sector (10 June 2021). <https://www.minister.industry.gov.au/ministers/taylor/media-releases/australia-partners-singapore-hydrogen-maritime-sector> (letzter Abruf: 10.10.2022).

BMBF, Internationales Büro (2022). Länderkooperationen: Australien. <https://www.internationales-buero.de/de/australien.php> (letzter Abruf: 10.10.2022).

Jungehülsing, J. (2022). Australien: Klimapolitischen Zeitenwende? Blätter für deutsche und internationale Politik, September.

- Kooperation International (2021). Deutschland und Australien bauen Wertschöpfungskette für grüne Wasserstofftechnologien auf. <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/deutschland-und-australien-bauen-wertschoepfungskette-fuer-gruene-wasserstofftechnologien-auf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kooperation International (2022). Wasserstoff aus Australien für die Energiewende in Deutschland, 9.6.2022. <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/wasserstoff-aus-australien-fuer-die-energiewende-in-deutschland> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Mathews, J.; Thurbon, E.; Tan, H.; Kim, S.-Y. (2022). Albanese just laid out a radical new vision for Australia in the region: clean energy exporter and green manufacturer. In: The Conversation. July 13.
- Stratmann, K. (2022). Wasserstoffbrücke nach Australien gewinnt an Konturen. Das Handelsblatt, 17.6. 22. <https://www.handelsblatt.com/politik/energieversorgung-wasserstoffbruecke-nach-australien-gewinnt-an-konturen/28424236.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Indien**
- Alex, B. (2022). Industrie investiert in grünen Wasserstoff. GTAI, 17.8.2022. <https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/industrie-investiert-in-gruenen-wasserstoff-880738> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Alex, B. (2021). Schub für grünen Wasserstoff. GTAI, 10.12.2021. <https://www.gtai.de/de/trade/indien/branchen/schub-fuer-gruenen-wasserstoff-759500> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) (2022). National Hydrogen Mission. Press Information Bureau. 21.3.2022. <https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2022/mar/doc202232127201.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- NITI Aayog (2022). Harnessing Green Hydrogen, Opportunities for Deep Decarbonisation. June. [https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-06/Harnessing\\_Green\\_Hydrogen\\_V21\\_DIGITAL\\_29062022.pdf](https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-06/Harnessing_Green_Hydrogen_V21_DIGITAL_29062022.pdf) (letzter Abruf 10.10.2022).
- Now GmbH (2020). Factsheet: Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Indien. [https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/now-factsheet\\_indien-1.pdf](https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/now-factsheet_indien-1.pdf) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Department of Science and Technology (DST) (2020). India Country Status Report on Hydrogen and Fuel Cells. <https://static.pib.gov.in/WriteReadData/userfiles/India%20Country%20Status%20Report%20on%20Hydrogen%20and%20Fuel%20Cell.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Fusion Fuel Green (2021). Fusion Fuel Green PLC to Establish Partnership with BGR Energy Systems Ltd. to Develop Green Hydrogen Projects in India. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/03/05/2187753/0/en/Fusion-Fuel-Green-PLC-to-Establish-Partnership-with-BGR-Energy-Systems-Ltd-to-Develop-Green-Hydrogen-Projects-in-India.html> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- India H2 Alliance (IH2A) (o.J.). Website. <https://ih2a.com/about-ih2a/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kooperation International (2022): Deutsch-indische Wasserstoffkooperation <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/deutsch-indische-wasserstoffkooperation-gemeinsame-absichtserklaerung-unterzeichnet> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Singh, K. (2021). Meeting India's Net-Zero Moment, Center for Strategic and International Studies. 24.3.2022. <https://www.csis.org/analysis/meeting-indias-net-zero-moment> (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Neuseeland

- adelphi (2021). Neuseeland und Deutschland starten Energie-Dialog über Wasserstoff-Projekte. [Neuseeland und Deutschland starten Energie-Dialog über Wasserstoff-Projekte | adelphi](#). (letzter Abruf 10.10.2022).
- Castalia (2022). New Zealand Hydrogen Scenarios. Report to MBIE. <https://www.mbie.govt.nz/building-and-energy/energy-and-natural-resources/energy-strategies-for-new-zealand/a-vision-for-hydrogen-in-new-zealand/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kooperation International (2021). Deutsch-neuseeländische Wasserstoffallianz, 27.10.21. <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/deutsch-neuseelaendische-wasserstoffallianz> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Kooperation International (2022), BMBF fördert deutsch-neuseeländische Projekte zu Grünem Wasserstoff, 2.8.2022, <https://www.kooperation-international.de/laender/ozeanien/neuseeland/nachrichten/detail-laendereinstigsseite/info/bmbf-foerdert-deutsch-neuseelaendische-projekte-zu-gruenem-wasserstoff> (letzter Abruf 7.2.2022).
- New Zealand Government (2019). A Vision for Hydrogen in New Zealand. <https://www.mbie.govt.nz/dmsdocument/6798-a-vision-for-hydrogen-in-new-zealand-green-paper> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- New Zealand Embassy in Singapore (2021). New Zealand and Singapore link up on Hydrogen. <https://www.mfat.govt.nz/assets/Trade/MFAT-Market-reports/New-Zealand-and-Singapore-link-up-on-Hydrogen-August-2021.pdf> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Woods, M. (2018). New Zealand signs hydrogen agreement with Japan. <https://www.beehive.govt.nz/release/new-zealand-signs-hydrogen-agreement-japan> (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Taiwan

- Bureau of Foreign Trade, Ministry of Economic Affairs (2022). Minister Wang's delegation to Japan takes economic and trade relations to a new level. [https://www.moea.gov.tw/MNS/english/news/News.aspx?kind=6&menu\\_id=176&news\\_id=103271](https://www.moea.gov.tw/MNS/english/news/News.aspx?kind=6&menu_id=176&news_id=103271) (letzter Abruf: 10.10.2022).
- CHFCA (2022). Canadian and Taiwanese hydrogen and fuel cell sectors announce MOU to strengthen collaboration, 21.1.2022, <https://www.chfca.ca/2022/01/21/national-hydrogen-and-fuel-sector-associations-announce-mou-to-promote-collaboration-between-canada-and-taiwan/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Chen, Z.; Zhang, Y. (2022). The global race for the hydrogen economy pie, has Taiwan kept up?, in Sunrise, 13.Mai, <https://sunrisemedium.com/p/142/has-taiwan-kept-up-the-global-hydrogen-economy> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- European Chamber of Commerce Taiwan (2022). ECCT and CPC release net zero report, 12.9.2022. <https://www.ecct.com.tw/ecct-and-cpc-release-net-zero-report/> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Huang, D. (2019). Strategie zur Entwicklung der Wasserstoffindustrie in Taiwan, Taiwan People's News <https://www.peoplemedia.tw/news/018a30ce-4a8d-4913-b927-f87f1297198e> (letzter Abruf: 10.10.2022).
- Industrial Technology Research Institute (ITRI) (2022). ITRI veröffentlicht Technologieentwurf für Taiwans Entwicklung von Wasserstoffanwendungen bis 2050, [itri.org.tw](http://itri.org.tw).
- Li, S. (2022). Taipower announced a net zero power plan and cooperated with Siemens to promote a natural gas hydrogen hybrid demonstration unit. Environmental Information Center, 26.4.2022. <https://e-info.org.tw/node/233941> (letzter Abruf: 10.10.2022).

National Development Council, Taiwan (2022). Taiwan's Pathway to Net-Zero Emissions in 2050, [https://www.ndc.gov.tw/en/Content\\_List.aspx?n=B927D0EDB57A7A3A](https://www.ndc.gov.tw/en/Content_List.aspx?n=B927D0EDB57A7A3A) (letzter Abruf: 10.10.2022).

Taiwan Hydrogen and Fuel Cell Partnership (THFCA) (2022). Website. <https://www.thfcp.org.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0L280379637405701583> (letzter Abruf: 10.10.2022).

## Anhang

TABELLE A1: Laufende oder kürzlich abgeschlossene internationale Kooperationsprojekte mit Partnern aus Deutschland und aus dem asiatisch-pazifischen Forschungsraum

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
Bewer- bungs- schluss 10.2022	Der Projektträger Jülich (Ptj)	Australien	Australian Re- newable Energy Agency (ARENA)	„The HyGATE Initiative is intended to support real-world pilot, trial and demonstration projects along the hydrogen supply chain and to facilitate collaboration between Australian and German partners.“	German-Australian Hydrogen Innovation and Technology Incubator (HyGATE)	Ptj: HyGATE – Förderung eines deutsch-australischen Wasserstoff-Innovations- und Technologie-Inkubators
2021–24	Projektleitung: adelphi, Deutsche Auslandshandels- kammern (AHK), Potsdam-Institut für Klimafolgen- forschung (PIK), Renewables Acade- my AG (RENAC)	Australien	Deutsche Aus- landshandels- kammern (AHK) in Australien und Neuseeland	„Die inhaltlichen Schwerpunkte der Energiekooperation sind derzeit Wasserstoff, Energieeffizienz, die Integration erneuerbarer Energien und die Resilienz des Stromsystems.“	Energiepartner- schaften	<a href="https://www.adelphi.de/de/projekt/energiekooperationen-mit-australien-und-neuseeland">https://www.adelphi.de/de/projekt/energiekooperationen-mit-australien-und-neuseeland</a>
2022–23	Technische Universi- tät Berlin – Fakultät II – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Chemie – UniSysCat	Australien	Monash Univer- sity – ACES	„Die ‚E-Ammonia Lab‘. Technische Inhalte der Forschungskooperation konzentrieren sich auf Katalysator- und Materialinnovationen für die elektrochemische Speicherung grünen Wasserstoffs in Form von transportfähigem Ammoniak mittels Direktreduktion von atmosphärischem Stickstoff.“	Deutsche For- schungspräsenz in Australien zur Er- zeugung und Spei- cherung von grünem Wasserstoff mittels Stickstoffreduktion	Deutsche Forschungspräsenz in Australien zur Erzeugung und Speicherung von grünem Wasserstoff mittels Stickstoffreduktion   Kooperation-international   Forschung. Wissen. Innovation.
2019–23	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Australien	Royal Mel- bourne Institute of Technology (RMT)	„European training network in advanced catalysts for more efficient hydrogen production.“	Bimetallic catalyst knowledge-based development for energy applications	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/813748">https://cordis.europa.eu/project/id/813748</a>
2020–22	acatech – Deutsche Akademie der Techni- kwissenschaften, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Ge- sellschaft – Abtei- lung Anorganische Chemie. Partner: Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)	Australien	The University of New South Wales (UNSW) – ARC Training Centre for The Global Hydrogen Economy	„Feasibility study between Australia and Germany, HySupply, to determine the viability of a renewable energy-based hydrogen supply chain between the two countries. RWE Supply & Trading is already in negotiation to book capacity at Germany’s Brunsbüttel LNG Terminal for the import of Australian green hydrogen in the form of ammonia.“	HySupply – Deutsch- Australische Mach- barkeitsstudie zu Wasserstoff aus er- neuerbaren Energien	HySupply – Deutsch-Australische Machbarkeitsstudie zu Wasserstoff aus erneuerbaren Energien – acatech <a href="https://www.globh2e.org.au/">https://www.globh2e.org.au/</a>
2022–24	Rheinisch-West- fälische Techni- sche Hochschule Aachen – Fakultät 4 – Maschinenwesen – Aachener Verfah- renstechnik – Lehr- stuhl für Chemische Verfahrenstechnik (CVT)	Australien	University of Melbourne – Melbourne Energy Institute (MEI)	„Aufbau einer Forschungspräsenz in Form eines gemeinsam genutzten Forschungslabors (Joint Laboratory) für fortschrittliche Elektrolyseprozesse zur Herstellung und Nutzung von grünem Wasserstoff.“	ADELE – German Australian Joint La- boratory for ADvanced ELEctrochemical Processes / Deutsch- Australisches Labo- ratorium für grüne Wasserstofftechno- logien	Deutsch-Australisches Laboratorium für grüne Wasserstofftechnologien   Kooperation-international   Forschung. Wissen. Innovation.

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2019-22	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) Angewandte Elektrochemie	Australien	University of New South Wales – School of Mechanical and Manufacturing Engineering – Energy Storage and Refrigeration Research Laboratory	„Deutsch-Australisches Zentrum entwickelt elektrochemische Technologien zur Speicherung von erneuerbaren Energien.“	German-Australian Alliance for Electrochemical Technologies for Storage of Renewable Energy	<a href="https://www.internationales-buero.de/de/deutsch-australisches_zentrum_entwickelt_elektrochemische_speichertechnologien_fuer_erneuerbare_energien.php">https://www.internationales-buero.de/de/deutsch-australisches_zentrum_entwickelt_elektrochemische_speichertechnologien_fuer_erneuerbare_energien.php</a>
seit 2021	TU München	Australien	University of Queensland	„Das Internationale Zukunftslabor an der Technischen Universität München (TUM) soll neuartige CO <sub>2</sub> -freie Technologien für die saubere Erzeugung von grünem Wasserstoff entwickeln.“	REDEFINE Hydrogen Economy (H2E): Internationales Zukunftslabor Grüner Wasserstoff „Renewable Electricity Dispatch and Expendable Feedstock-Integrated Net-Zero-Emission Hydrogen Economy“ REDEFINE Hydrogen Economy (H2E)	UQ and Technical University of Munich partner on green hydrogen – Global Partnerships – University of Queensland  <a href="https://www.tum.de/aktuelles/alle-meldungen/pressemitteilungen/details/tum-koordiniert-zukunftslabor-fuer-gruenen-wasserstoff">https://www.tum.de/aktuelles/alle-meldungen/pressemitteilungen/details/tum-koordiniert-zukunftslabor-fuer-gruenen-wasserstoff</a>
2021-25	Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock, GreenDelta GmbH	China	Beijing Forestry University	“Formic acid is gaining increasing attention as a sustainable hydrogen source and safe reagent for transformations of biomass-based feedstocks given its non-toxicity and biodegradability. The EU-funded BIOALL project is harnessing the benefits of formic acid to convert biomass and CO <sub>2</sub> into high added-value chemicals and fuels.“	BIOALL	Biomass and CO <sub>2</sub> valorisation to high value added chemicals   BIO-ALL Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )
2019-21	Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH	China	China Automotive Technology and Research Center (CATARC)	„Vorbereitung einer Kooperation zu ‚Regulations, Codes and Standards (RCS)‘ zu Wasserstoff-Elektromobilität mit China.“	RCS-China	Vorbereitung einer Kooperation zu Regulations, Codes and Standards (RCS) zu Wasserstoff-Elektromobilität mit China
2018-21	IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	China	Clean Energy Automotive Engineering Centre (CE-AEC) an der Tongji Universität in Shanghai	„Validierung von elektrifizierten Antriebssystemen in Brennstoffzellenfahrzeugen.“	Projekt MorEH2	<a href="https://elektronikforschung.de/projekte/moreh2-1">https://elektronikforschung.de/projekte/moreh2-1</a>
2019-22	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.– Fraunhofer ISE	China	Dalian University – Dalian Institute of Chemical Physics, DICP	„Chinese German Fuel Cell Collaboration – Das Projekt CHIG zielt daher auf die Harmonisierung von Testverfahren für den Start, Betrieb und das Herunterfahren von Brennstoffzellen bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt mit Fokus auf die mobile Anwendung (z. B. im PKW, LKW oder in Bussen). Dabei sollen Testaufbauten und Testmethoden auf der Ebene von Einzelzellen und von Kurzstapeln (engl. Short-Stacks) diskutiert werden.“	Projekt CHIG	<a href="https://www.now-gmbh.de/projektfinder/chig/">https://www.now-gmbh.de/projektfinder/chig/</a>

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2016–19	GIZ, die Deutsche Energie Agentur (dena) und Agora Energiewende	China	Der chinesische Thinktank CNREC (China National Renewable Energy Center)	„The Sino-German Energy Partnership links three levels of action: high-level policy dialogue, business-to-government exchange and an exchange of experiences on technical and regulatory solutions that promote the energy transition. The main aim of the partnership is to foster and advance the far-reaching and profound energy transitions ongoing in both countries by exchanging views, best practices and knowledge on the development of a sustainable energy system, primarily centered on improving energy efficiency and expanding the use of renewable energy.“	Projekt EnTrans (Sino-German Energy Transition Project)	EnTrans – Deutsche Energie-Agentur (dena)
2022–25	MANN+HUMMEL GmbH, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie e.V. (FEM)	China	Dieses Projekt wird durch ein chinesisches Schwesterprojekt ergänzt, welches auf den Förderaufruf des chinesischen Ministeriums für Wissenschaft und Technologie zu bilateralen Forschungsprojekten im Bereich der Brennstoffzellen basiert.	„Entwicklung eines Sensor-Arrays für Schadgas-adsorbierende Kathodenluftfiltersysteme im Rahmen der deutsch-chinesischen Kooperation.“	ISAAC	<a href="https://www.now-gmbh.de/projektfinder/?_sf_s=China&amp;_sfm_projektstatus=active&amp;_sft_foerderprogramm=nip&amp;_sft_tech_kraft=wasserstoff">https://www.now-gmbh.de/projektfinder/?_sf_s=China&amp;_sfm_projektstatus=active&amp;_sft_foerderprogramm=nip&amp;_sft_tech_kraft=wasserstoff</a>
2019–23	Ruhr-Universität Bochum	China	East China University of Science and Technology	„Single-Entity NanoElectrochemistry“	SENTINEL	Single-Entity NanoElectrochemistry   SENTINEL Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="https://europe.eu">europa.eu</a> )
2021–23	Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI), NOW GmbH	China	Ministry of Science and Technology (MoST) of the People's Republic of China and China Automotive Technology and Research Center (CATARC)	„Das Sino-German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC) wird durch das BMVI finanziert und von der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) organisiert. Aus deutscher Sicht sollen die unterstützten Projekte den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen (Batterie und Brennstoffzelle) in China für deutsche Unternehmen voranbringen und dabei auf den Erfahrungen Chinas im Bereich der Elektromobilität bei Forschung und Entwicklung aufbauen. Das Gesamtvorhaben SGEC besteht aus den vier Themenfeldern Batterieelektrische Mobilität, Wasserstoff-Brennstoffzellenmobilität, Sicherheit und Integration erneuerbarer Energien, wobei LBST für das Themenfeld Sicherheit (Batterie und Wasserstoff) verantwortlich zeichnet.“	Das Sino-German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC)	Sino-German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC)–Ludwig-Bölkow-Systemtechnik ( <a href="https://www.now-gmbh.de">lbst.de</a> )  <a href="https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/Factsheet-China-BZ_09_2020.pdf">https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/Factsheet-China-BZ_09_2020.pdf</a>

Jahr	Deutsche Institution	APRA-Land	APRA-Institution	Thema	Name des Projekts	Links
2021–26	Balance Technology Consulting GmbH, Vectors GmbH, DeCeTe Duisburger Container Terminal GmbH, AKKA Industry Consulting GmbH	China	Shanghai Maritime University	„PORTable Innovation Open Network for Efficiency and Emissions Reduction Solutions“	PIONEERS	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101037564">https://cordis.europa.eu/project/id/101037564</a>
2022–25	Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.	China	The University of Hongkong	“Water splitting for H <sub>2</sub> production driven by solar energy is quite attractive while the current efficiency is very moderate due to both the extremely sluggish water oxidation half reaction and limited light harvesting (mostly UV-visible light). In addition, the separation of one product H <sub>2</sub> from the other O <sub>2</sub> during water splitting is very costly. The project is designed to address these challenges.“	GH2	GreenH2 production from water and bioalcohols by full solar spectrum in a flow reactor   GH2 Project   Fact Sheet   HORIZON   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )
2019–23	UST Umweltsensortechnik GmbH (Kordinator), Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. (KSI)	China	Tongji University, CDHK, Shanghai (Kordinator) und Guangxi Yuchai Machinery Group Co. Ltd.	„Intelligentes Wasserstoffdetektionssystem mit hohem Sicherheitslevel für den Einsatz in Brennstoffzellensystemen von Elektrofahrzeugen“	H2D4EV	H2D4EV – NOW GmbH ( <a href="http://now-gmbh.de">now-gmbh.de</a> )
Ongoing 2+2	Ruhr-Universität Bochum, RWE Power Aktiengesellschaft, Parr Instrument GmbH	Indien	Indian Association for the Cultivation of Science, Kolkata, Indian Institute of Technology (ISM), Dhanbad, Reliance Industries Limited, Jamnagar	“In this project, a consortium of skilled researchers of academic institutions and industry from India and Germany will work together to convert CO <sub>2</sub> with lower olefins generated from renewable sources to value-added intermediates. Key to our approach is using CO <sub>2</sub> as oxidant for the epoxidation of lower alkenes generating CO as valuable by-product, and as carboxylation agent for the C-H bond of lower alkenes generating acrylic acid. Within the project, nanoporous catalysts tailored to CO <sub>2</sub> conversion will be industrialized, the reactions scaled-up and proven in an industrial environment and the ecologic impact evaluated by life-cycle assessment. The novel value chain gives access to bulk intermediates, where the entire carbon originates from sustainable sources.“	CO <sub>2</sub> BioFeed: CO <sub>2</sub> and biomass as feedstock for the production of fuels and chemical intermediates	CO <sub>2</sub> BioFeed: CO <sub>2</sub> and biomass as feedstock for the production of fuels and chemical intermediates
2010–22	RWTH Aachen, Indo-German Centre for Sustainability	Indien	Indian Institute of Technology Madras	„Indo German Centre for Sustainability (IGCS) was established in 2010 through collaborative efforts with various universities in Germany and IIT Madras to provide a platform for research on various aspects of sustainability like land-use patterns, water, environment, etc. It focuses on environmental protection regarding water resources, energy, land use, rural development and waste management, and aims to develop the capacity and capability to promote sustainable development in Germany, India and South Asia.“	Indo German Centre for Sustainability (IGCS)	Indo-German Centre for Sustainability – RWTH AACHEN UNIVERSITY – Deutsch ( <a href="http://rwth-aachen.de">rwth-aachen.de</a> )

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2021-ongoing	Universität Bayreuth – Lehrstuhl Keramische Werkstoffe	Indien	Indian Institute of Technology Madras (IITM)	„Keramikanofasern als Katalysatoren: Gastwissenschaftler aus Indien verstärkt die Bayreuther Wasserstoff-Forschung.“	Keramikanofasern als Katalysatoren: Gastwissenschaftler aus Indien verstärkt die Bayreuther Wasserstoff-Forschung	Keramikanofasern als Katalysatoren: Gastwissenschaftler aus Indien verstärkt die Bayreuther Wasserstoff-Forschung ( <a href="http://uni-bayreuth.de">uni-bayreuth.de</a> )
2019-23	Technische Universität München, IFTA Ingenieurbüro für Thermoakustik GmbH, Partner: Siemens Industry Software GmbH & Co KG, Unternehmertum GmbH	Indien	Indian Institute of Technology Madras (IITM)	„Towards a pollution-free hydrogen economy“	POLKA	POLLution Know-how and Abatement   POLKA Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )
2006-ongoing	Indo-German Energy Forum	Indien	Ministry of Power (MoP) – Government of India, Ministry of New and Renewable Energy (MNRE)	„The Indo-German Energy Forum (IGEF) provides a dialogue platform for high-level policy makers, financial institutions, industry and research organizations to deepen and enhance the bilateral cooperation for the energy transition in Germany and India“	The Indo-German Energy Forum (IGEF)	Indo-German Energy Forum
2022-ongoing	GIZ	Indien	Ministry of New and Renewable Energy (MNRE)	„Unterstützung der Einrichtung und Förderung der deutsch-indischen „Green Hydrogen Task Force““	PtX-Hub – India	India – PtX Hub ( <a href="http://ptx-hub.org">ptx-hub.org</a> )
2022-24	CBC GmbH & Co. KG, Universität Bayreuth – Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA	Indien	Noch nicht bekannt	„Das Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung eines auf der Brennstoffzellentechnologie basierenden Stromerzeugers mit maximal 60 kVA, der als Netzersatzanlage fungieren kann. Insgesamt werden zwei nahezu identische Prototypen aufgebaut, von denen nach erfolgter Schulung einer mit Unterstützung eines Forschungspartner-Konsortiums im Zielland Indien installiert wird, während der Zwillling in Deutschland verbleibt. Beide Aggregate werden nach der Installation einem Dauertest und einer Verschleißanalyse unterzogen, um Daten und Informationen zum Einsatzverhalten und zur Performance unter verschiedenen Umwelt- und Klimabedingungen zu generieren.“	Projekt ECO-FCGen – Dezentrale Stromerzeuger auf Brennstoffzellenbasis	Projekte ( <a href="http://exporthinitiative-umweltschutz.de">exporthinitiative-umweltschutz.de</a> )
2022-23	GIZ	Indien	Noch nicht bekannt	„Ziel des Förderprogramms H2Uppp ist es, Anlagen zur Herstellung von grünem H2 zu bauen, der perspektivisch auch für den deutschen Markt zur Verfügung gestellt werden kann.“	H2UPPP	<a href="https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Meldungen/Aktuelle-Meldungen/2022/h2-angebot-eie.html">https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Meldungen/Aktuelle-Meldungen/2022/h2-angebot-eie.html</a>
2017-23	Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH	Indonesien	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	„Hydrogen fuelled utility vehicles and their support systems utilising metal hydrides“	HYDRIDE4MOBILITY	Hydrogen fuelled utility vehicles and their support systems utilising metal hydrides   HYDRIDE4MOBILITY Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )  Hydrogen fuelled utility vehicles and their support systems utilising metal hydrides   HYDRIDE4MOBILITY Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2023-ongoing	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG	Japan	Kyushu University -Faculty of Engineering, NOK Corporation	„...to explore novel, environmentally friendly polymeric and elastomeric sealing materials which show secure sealability with enhanced low-friction and anti-wear characteristics in liquid and gaseous hydrogen for establishing safe, efficient and diverse hydrogen supply network.“	Sustainable and Hydrogen-Compatible Sealing Materials: Key Element for Ensuring Safety and Diversity of Hydrogen Supply Network	<a href="https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf">https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf</a>
2017-20	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE	Japan	Fuel Cell Research Center der Universität Daido	„Qualifizierung von Brennstoffzellen-Komponenten. Ziel des Projekts QuBK war es, international bekannte Testprotokolle zur Charakterisierung von Membranelektrodeneinheiten wissenschaftlich hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu untersuchen und experimentell zu validieren. Dazu wurden die Testprotokolle einer experimentellen Sensitivitätsanalyse unterzogen und ein Vergleich der internationalen Protokolle (insbesondere von USA/DOE, Japan/NEDO bzw. FCCJ und Europa/JRC als Sitze international führender Technologieunternehmen) durchgeführt.“	Projekt QuBK	<a href="https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/qubk.html">https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/qubk.html</a>
2022-ongoing	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, die Universität Ulm	Japan	Fukushima Renewable Energy Research Institute (FREAI)	„Ammoniak als Wasserstoff-Vektor: Neue integrierte Reaktortechnologie für die Energiewende.“	Projekt „PICASO“ (Process Intensification & Advanced Catalysis for Ammonia Sustainable Optimized process)	Ammoniak als Wasserstoff-Vektor: Neue integrierte Reaktortechnologie für die Energiewende – Universität Ulm ( <a href="http://uni-ulm.de">uni-ulm.de</a> )
2022-ongoing	Technische Universität Braunschweig – Institut für Energie- und Systemverfahrenstechnik, Eisenhuth GmbH & Co. KG	Japan	Kyoto University – Graduate School of Engineering, Toho Titanium Co., Ltd. – Technical Development Center	„...to construct a polymer electrolyte membrane (PEM) water electrolysis electrode design with excellent durability and energy efficiency by introducing a new titanium current collector and pore titanium sheet, as well as a cathode using a new electrocatalyst.“	Durable and Efficient Compound Electrodes for Hydrogen Generation in PEM Electrolysis	<a href="https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf">https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf</a>
2022-23	Ruhr-Universität Bochum – Fakultät für Biologie und Biotechnologie – Lehrstuhl für Biochemie der Pflanzen – AG Photobiotechnologie	Japan	Osaka-University – Institute for Protein Research (IPR)	„Da die japanischen Partner an der Ruhr-Universität bereits 2018 ein International Joint Lab installiert haben, wird mit diesem Vorhaben eine Dependence zur Wasserstoffkatalyse in Japan aufgebaut.“	Deutsch-Japanisches Labor für Strukturaufklärung zur Entwicklung von Biobrennstoffzellen	Deutsch-Japanisches Labor für Strukturaufklärung zur Entwicklung von Biobrennstoffzellen   Kooperation-international   Forschung. Wissen. Innovation.
2020-23	Forschungszentrum Jülich GmbH	Japan	Kyushu University	„...develop intermediate temperature solid oxide electrolysis cells to effectively convert excess renewable power to hydrogen for storage, and aim to get an electrolysis efficiency level higher than 85% at an operating temperature of 500 C.“	International Joint Research on Efficient Intermediate Temperature Solid Oxide Electrolysis Cell	<a href="https://www.nedo.go.jp/content/100925827.pdf">https://www.nedo.go.jp/content/100925827.pdf</a>
2017-20	Universität Stuttgart – Materialprüfanstalt (MPA)	Japan	Kyushu University	„Definition von Anforderungen an die Qualifizierung von Werkstoffen für den Einsatz in Wasserstoff-Druckspeichersystemen von Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeugen“	Projekt RoundRobin	RoundRobin – NOW GmbH ( <a href="http://now-gmbh.de">now-gmbh.de</a> )

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2021-23	Projektleitung: adelphi Deutsche Auslands-handelskammern (AHK), Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, OAV – Ostasiatischer Verein e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH	Japan	Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) in Japan	„Die Japanisch-Deutsche Energiepartnerschaft fokussiert sich vor allem auf die beiden übergeordneten Bereiche Energiewende (AG1) und Wasserstoff (AG2). AG1 adressiert dabei vor allem Themen rund um Energieeffizienz, Digitalisierung und den Ausbau von erneuerbaren Energien, im Besonderen von Off-shore-Windkraft. AG2 behandelt schwerpunktmäßig den Aufbau der Produktion von grünem Wasserstoff zur Marktreife, den Ausbau internationaler Wasserstofflieferketten, die Nutzung von grünem Wasserstoff zur Dekarbonisierung diverser Sektoren sowie einen gemeinsamen Austausch zu internationalen Standards und Zertifizierungssystemen.“	Energiepartnerschaften	<a href="https://www.adelphi.de/de/projekt/energiepartnerschaft-mit-japan-und-korea">https://www.adelphi.de/de/projekt/energiepartnerschaft-mit-japan-und-korea</a>
Förderung seit 2021	Technische Universität Dortmund – Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik – Arbeitsgebiet Bauelemente der Mikro- und Nanoelektronik	Japan	National Institute for Materials Science International Center for Materials Nanoarchitectonics		Memristor basierte Sensoren und Metrorologie	<a href="https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/492026895">https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/492026895</a>
2022-ongoing	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Fraunhofer-Institute, EDL Anlagenbau GmbH	Japan	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Morimura Sofc Technology Co., Ltd.	„...to develop a new process for ammonia synthesis and direct utilization of ammonia in fuel cells.“	Green ammonia synthesis and utilization for marine transport by SOC technology	<a href="https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf">https://www.jst.go.jp/pr/info/info1549/pdf/info1549_en.pdf</a>
2020-23	mi2-factory	Japan	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), subcontract Kyoto University, NITech, Tsukuba University	„...to conduct fundamental and basic research on process technologies for cost reduction of high- and ultra-high voltage SiC (silicon carbide) power devices.“	International Joint Research on High Voltage Devices and Power Electronics Element Technologies for the Effective Utilization of Renewable Energy	<a href="https://www.nedo.go.jp/content/100925835.pdf">https://www.nedo.go.jp/content/100925835.pdf</a>
2021-25	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.	Japan	National University Corporation Tokyo Institute of Technology -The University of Tokyo	“Selective CO <sub>2</sub> conversion to renewable methanol through innovative heterogeneous catalyst systems optimized for advanced hydrogenation technologies (microwave, plasma and magnetic induction).“	LAURELIN project	Selective CO <sub>2</sub> conversion to renewable methanol through innovative heterogeneous catalyst systems optimized for advanced hydrogenation technologies (microwave, plasma and magnetic induction).   LAURELIN Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission (europa.eu)

JAH R	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2021-24	Forschungszentrum Jülich GmbH	Japan	The Institute of Applied Energy	„The goal of the EU-funded SH2E project is to draw up specific guidelines for environmental, life-cycle cost and social life-cycle assessment analyses for benchmarking fuel cell and hydrogen technologies. These guidelines could serve as a reference for standardising hydrogen technologies globally. A significant project output will be an open-source, user-friendly software tool with illustrative case studies.“	Sustainability Assessment of Harmonised Hydrogen Energy Systems: Guidelines for Life Cycle Sustainability Assessment and Prospective Benchmarking	Sustainability Assessment of Harmonised Hydrogen Energy Systems: Guidelines for Life Cycle Sustainability Assessment and Prospective Benchmarking   SH2E Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )
2022-23	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Institut für Technische Chemie – Technische Elektrokatalyse	Japan	University of Yamanashi	„Deutsch-Japanische Brennstoffzellentechnologie Laboratorium“	Das Projekt ECat-PEMFCgate	<a href="https://www.kooperation-international.de/foerderung/projekte/detail/info/deutsch-japanisches-brennstoffzellentechnologie-laboratorium/">https://www.kooperation-international.de/foerderung/projekte/detail/info/deutsch-japanisches-brennstoffzellentechnologie-laboratorium/</a>
2021-26	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	Korea	Korea Gas Safety Corporation (KGS), die Hoseo University in Cheonan sowie H2KOREA, eine Organisation, die die südkoreanische Regierung zu Fragen rund um Wasserstoff berät.	„Geplant ist der Aufbau einer gemeinsamen Forschungsrepräsentanz mit Büros und Testlabors, der regelmäßige Austausch von Wissenschaftler:innen, Workshops und Konferenzen, der Aufbau eines deutsch-südkoreanischen Netzwerks sowie gemeinsame Forschungsprojekte. Der Schwerpunkt liegt auf der sicheren Herstellung, Speicherung, dem Transport und der Nutzung von Wasserstoff.“	H2Safety@BAM	Grüne Wasserstofftechnologien: BAM kooperiert mit Südkorea zu Sicherheitsfragen
2020-22	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V., Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Bocholt, Recklinghausen, Propuls GmbH, Air Liquide Forschung Und Entwicklung GmbH, Cutting-Edge Nanomaterials Cemat UG	Korea	Korea Institute of Science and Technology	„Electrolysers split water into hydrogen and oxygen, using electricity to do so. Of the three main technologies on the market, anion exchange membrane water electrolysis (AEMWE) combines the benefits of the other two, but it is not yet competitive commercially, in terms of performance. The EU-funded NEWELY project plans to redefine AEMWE, significantly enhancing efficiency with performance twice as good as the state-of-the-art. The new fuel cell stack will enable a significant reduction in the cost of water electrolysis, boosting the competitiveness of green hydrogen.“	Next Generation Alkaline Membrane Water Electrolysers with Improved Components and Materials	Next Generation Alkaline Membrane Water Electrolysers with Improved Components and Materials   NEWELY Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )
2020-24	Forschungszentrum Jülich GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V.	Korea	Korea Institute of Science and Technology	„Alkaline electrolysis is an efficient alternative to other commercial electrolysis methods as it uses no noble metals on catalysts and bipolar plates. However, the lack of an efficient thin ion-exchange conducting membrane results in the build-up of high internal resistance. To address this, the EU-funded NEX-TAEC project is developing an ion-solvating membrane that is non-porous and can therefore be as thin as an ion-exchange membrane. The absence of noble metals will enable the technology to be applied in the multi-gigawatt scale – a prerequisite for its commercial roll-out.“	Materials For Next Generation Alkaline Electrolyzer	MATERIALS FOR NEXT GENERATION ALKALINE ELECTROLYZER   NEX-TAEC Project   Fact Sheet   H2020   CORDIS   European Commission ( <a href="http://europa.eu">europa.eu</a> )

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2021–26	Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Hochschule Anhalt – Studiengang Logistik und Luftverkehrsmanagement	Korea	Korean Institute of Energy Technology	„Zusammen mit koreanischen Forschungspartnern untersuchen und erforschen die Hochschule Anhalt und das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS die Möglichkeiten und Bedarfe eines zukünftigen Imports von grünem Wasserstoff.“	H2DeKo	<a href="https://www.imws.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/logistik-gruener-wasserstoff-import-suedkorea-anhalt.html">https://www.imws.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/logistik-gruener-wasserstoff-import-suedkorea-anhalt.html</a>
2021–23	Projektleitung: adelphi, Deutsche Auslandshandelskammern (AHK), Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, OAV – Ostasiatischer Verein e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH	Korea	Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Korea	„Die Arbeit der Koreanisch-Deutschen Energiepartnerschaft ist in drei AGs untergliedert: Die AG1 (Energiewende) widmet sich vor allem den Themen Energieeffizienz in der Industrie und im Gebäudesektor und dem Ausbau und der Netzintegration erneuerbarer Energien. Auch hier steht aktuell Offshore-Windkraft im Vordergrund, auch im Hinblick auf die Förderung entsprechender Akzeptanz. Der Kohleausstieg und der damit verbundene Strukturwandel sind ebenfalls Gegenstand der AG1. AG2 (neue grüne Energietechnologien) legt den Fokus vor allem auf die Produktion und Anwendung von grünem Wasserstoff sowie auf die Nutzung innovativer Technologien zur Dekarbonisierung, während AG3 (Nukleare Dekommissionierung) schwerpunktmäßig regulatorische und technische Themen des Rückbaus von Kernkraftwerken sowie Sicherheitsfragen etwa im Bereich der Zwischen- und Endlagersuche und Akzeptanzförderung behandelt.“	Energiepartnerschaften	<a href="https://www.adelphi.de/de/projekt/energiepartnerschaft-mit-japan-und-korea">https://www.adelphi.de/de/projekt/energiepartnerschaft-mit-japan-und-korea</a>
2022–ongoing	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V.	Neuseeland	University of Canterbury, The University of Auckland	„Green Hydrogen Research Programme: Ziel des Projekts HINT ist es, Strategien aufzuzeigen, wie zeitnah eine kostengünstige Erzeugung und Systemintegration großer Mengen grünen Wasserstoffs in Deutschland und Neuseeland gelingen könnte.“	New Zealand-German Platform for Green Hydrogen Integration (HINT)	<a href="https://www.mbie.govt.nz/science-and-technology/science-and-innovation/funding-information-and-opportunities/investment-funds/catalyst-fund/catalyst-strategic-new-zealand-germany-green-hydrogen-research-partnerships/">https://www.mbie.govt.nz/science-and-technology/science-and-innovation/funding-information-and-opportunities/investment-funds/catalyst-fund/catalyst-strategic-new-zealand-germany-green-hydrogen-research-partnerships/</a>
2022–ongoing	Universität Bayreuth, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung IFAM	Neuseeland	University of Canterbury, The University of Auckland, Victoria University of Wellington		Projekt „HighHy“	<a href="https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/bmbf-foerdert-deutsche-neuseelaendische-projekte-zu-gruenem-wasserstoff">https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/bmbf-foerdert-deutsche-neuseelaendische-projekte-zu-gruenem-wasserstoff</a>
2022–ongoing	Institut für Wasserstofftechnologie Helmholtz-Zentrum Hereon	Neuseeland	University of Otago	„Green Hydrogen Research Programme: Safe, low-cost, hydrogen storage materials from NZ resources“	Projekt NZMat4H2Sto	<a href="https://www.mbie.govt.nz/science-and-technology/science-and-innovation/funding-information-and-opportunities/investment-funds/catalyst-fund/catalyst-strategic-new-zealand-germany-green-hydrogen-research-partnerships/">https://www.mbie.govt.nz/science-and-technology/science-and-innovation/funding-information-and-opportunities/investment-funds/catalyst-fund/catalyst-strategic-new-zealand-germany-green-hydrogen-research-partnerships/</a>  <a href="https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/bmbf-foerdert-deutsche-neuseelaendische-projekte-zu-gruenem-wasserstoff">https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/bmbf-foerdert-deutsche-neuseelaendische-projekte-zu-gruenem-wasserstoff</a>

JAHR	DEUTSCHE INSTITUTION	APRA-LAND	APRA-INSTITUTION	THEMA	NAME DES PROJEKTS	LINKS
2021-22	DIHK Service GmbH	Philippinen	Department of Energy, National Grid Cooperation, Philippine Economic Zone Authority, Renewable Energy Association of the Philippines, Philippine Green Building Council	„Das Projekt sieht vor, lokale Rahmenbedingungen, bestehendes Interesse sowie Akzeptanz grüner Wasserstofftechnologien durch Gespräche mit der Industrie und relevanten Ministerien zu evaluieren. Durch Informationsveranstaltungen sollen wichtige Akteure in Deutschland sowie auf den Philippinen vernetzt werden, um potenzielle Pilotprojekte auf den Weg zu bringen.“	Marktpotenzialanalyse grüner H2-Technologien im urbanen Raum der Philippinen zur Förderung des Technologietransfers deutscher Anbieter	<a href="https://www.exportinitiative-umweltschutz.de/projekte/ahk-philippinen-h2">https://www.exportinitiative-umweltschutz.de/projekte/ahk-philippinen-h2</a>
2022-23	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	Thailand	Noch nicht bekannt	„The project will support the policy and market development for green H2 and Power-to-X through studies and training as well as through the identification and initiation of public private partnerships (PPP) and projects, as well as the promotion and dissemination of knowledge through training and identification and connection of local and international H2 specialists, in particular vis-à-vis the German private sector. This will include market analyses, organisation of business roundtables and conferences.“	International Hydrogen Ramp-Up Programme "H2Uppp" – country Thailand	International Hydrogen Ramp-Up Programme "H2Uppp" – German International Cooperation Based in Bangkok ( <a href="http://thai-german-cooperation.info">thai-german-cooperation.info</a> )
2021-22	DIHK Service GmbH	Thailand	Provincial Electricity Authority (PEA), Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT), Thai Environment Institute (TEI), Thai Hotels Association, Ministry of Natural Resources and Environment, Pollution Control Department (PCD)	„Die Marktstudie soll das Potential für mögliche Anwendungen von Technologien im Bereich des grünen Wasserstoffs auf netzfernen Inseln in Thailand identifizieren und untersuchen, wie die Erzeugung die Nachhaltigkeit in der Umweltnutzung und Energieversorgung sowie die Dekarbonisierung im Königreich unterstützen kann. Das aktive Projektscouting wird sich insbesondere auf Inseln mit entsprechenden Hotelanlagen und Resorts konzentrieren.“	Marktstudie Thailand: Dezentrale Stromversorgung mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie auf Inseln	Projekte ( <a href="http://exportinitiative-umweltschutz.de">exportinitiative-umweltschutz.de</a> )

ANMERKUNG: Basis dieser Aufstellung ist eine Internetrecherche mit Fokus auf den Webseiten von Universitäten, Forschungsinstitutionen, Förderorganisationen und Ministerien. Aufgrund der hohen Dynamik bei der Initiierung neuer Kooperationen und der Bereitstellung von Fördermitteln, des breiten Spektrums von Projekten mit thematischer Relevanz, sowie des Mangels an umfassenden Informationssystemen, handelt es sich somit um eine „fundierte Momentaufnahme“, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, mangels anderer Daten aber trotzdem hilfreich sein sollte. Sie wurde im Oktober 2022 abgeschlossen.

QUELLE: In die Recherche einbezogen wurden Webseiten der einschlägigen Bundesministerien und ihrer Projektträger, die Datenbanken CORDIS und GEPRIS, Webseiten der technischen Hochschulen sowie Presseerklärungen

# Impressum

## Herausgeber

---



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
DLR Projektträger  
Internationales Büro  
Heinrich-Konen-Str. 1  
53227 Bonn

## Beteiligte Institute:



## Autoren:

Henning Kroll, Margot Schüller, Iris Wieczorek,  
Marcus Conlé, Christian Schäfer, Laura Méndez  
Prencke

unter wesentlicher Mitarbeit von:  
Oliver Rothengatter und Valeria Maruseva

© Titelbild: Adobe Stock / j-mel

## Erschienen online unter:



ISBN-Nummer:  
978-3-949245-21-3

April 2023





Kooperation  
international

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

ISBN-Nummer:  
978-3-949245-21-3