



Die Wasserstoffdebatte in Australien

Franziska Teichmann und Raffaele Piria (adelphi)

Diese Studie wurde im Rahmen des Vorhabens „Unterstützung des Energiedialoges mit den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und dem US-Bundesstaat Kalifornien sowie die Unterstützung der bilateralen Energiebeziehungen mit Kanada, Australien und Neuseeland“ im Auftrag des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und auf Anfrage des Referats IIA1 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) erstellt.

Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich bei den Autorinnen und Autoren.

Diese Studie erscheint anlässlich des anstehenden *Australian-German Energy Symposiums*, welches am 18. und 19. September 2019 auf dem Campus der University of Melbourne zum ersten Mal stattfindet. Diese Konferenz wird von BMWi, BMBF, dem australischen Department of the Environment and Energy (DoEE) und dem Department of Foreign Affairs and Trade (DFAT) mit fachlicher Unterstützung durch adelphi und den Energy Transition Hub und mit organisatorischer Unterstützung durch die AHK Australien veranstaltet.

Im Juli 2019 wurde im Rahmen des gleichen Vorhabens eine Aktualisierung der Studie „Überblick über die australische Energiepolitik“ (Magdalena Magosch, Raffaele Piria und Jakob Eckhardt, adelphi) veröffentlicht.

Impressum

Herausgeber: adelphi consult GmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
T: +49 (030) 8900068-0
E: office@adelphi.de
W: www.adelphi.de

Autoren: Franziska Teichmann und Raffaele Piria

Gestaltung: adelphi

Bildnachweis: petrmalinak – shutterstock.com – Standard-Bildlizenz

Stand: August 2019

Zusammenfassung

Nach intensiven Debatten ist die Veröffentlichung der australischen **Wasserstoffstrategie** bis Ende 2019 geplant. Vorausgegangen ist ein Prozess mit ausführlichen, öffentlich konsultierten Berichten und Empfehlungen, verantwortet vom Chief Scientist Alan Finkel. Erklärtes Ziel ist es dabei, das bestehende Potenzial zu nutzen und Australien als **Exportnation für Wasserstoff** zu etablieren (siehe Kapitel 1). Der Aufbau einer Wasserstoffexportindustrie stellt dabei eine seltene **Überschneidung der Interessenslagen** in der sonst so polarisierten Energiepolitik Australiens dar.

Abbildung 1: Wasserstoff als Überschneidung der Interessenslagen



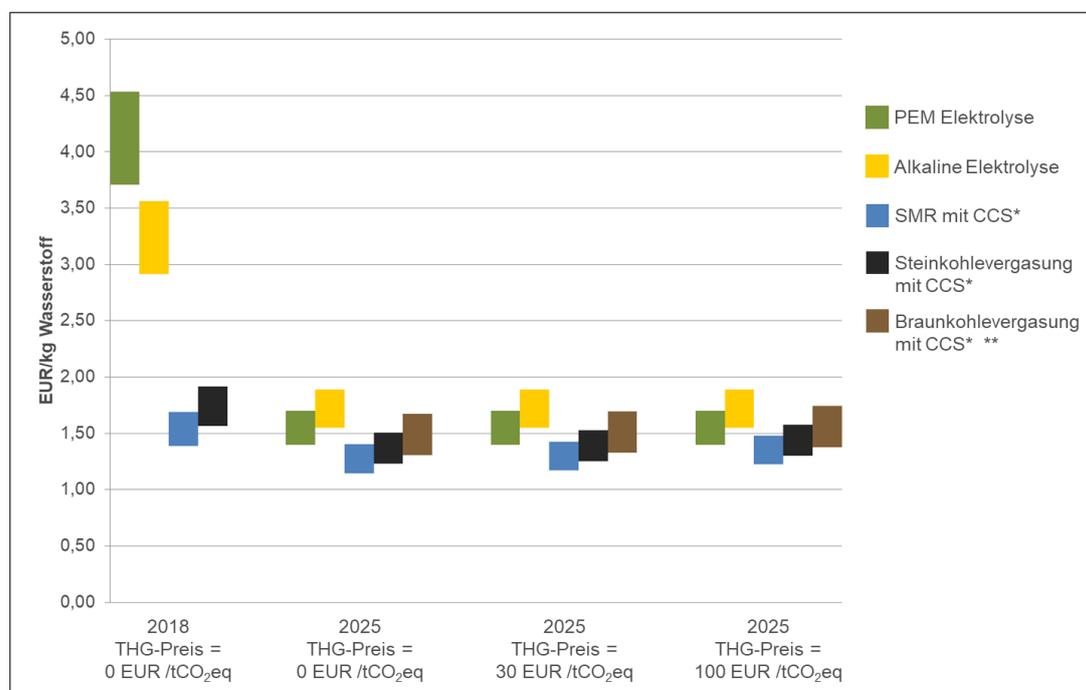
Quelle: Eigene Darstellung

Wie in Abbildung 1 dargestellt, herrscht über wesentliche Aspekte ein breites Einvernehmen. Dazu gehört die Entwicklung einer Exportstrategie und deren potenzieller ökonomischer Bedeutung für die australische Wirtschaft. Auch der mögliche Beitrag von Wasserstoff zur Versorgungssicherheit und Systemstabilität im zunehmend von Erneuerbaren Energien (EE) durchdrungenen Stromsystem und der potenzielle Einsatz im Transportsektor finden breite Zustimmung.

Abweichende Interessen und Prioritäten bestehen jedoch bezüglich der verwendeten Energiequellen. Progressivere Gruppen haben vor allem die großen EE-Ressourcen für den Aufbau einer rein Grünwasserstoff-basierten Exportindustrie im Blick. Die wesentlichen Treiber dieser Agenda sind der Klima- und Umweltschutz sowie der EE-Ausbau. Auf der anderen Seite gibt es Bestrebungen, fossil-basiertem Wasserstoff eine zentrale Rolle zu geben. Der Haupttreiber dieser Agenda ist die Suche nach neuen Absatzmärkten für die Gas- und Kohleindustrie. Mit einem rigorosen Einsatz von Carbon Capture and Storage (CCS) kann dieser Treiber mit dem Klimaschutz vereinbart werden (siehe Kapitel 3).

Ein sehr großes Potenzial besteht in Australien für beide Herstellungswege. Dank der außergewöhnlich großen und kostengünstigen EE-Ressourcen bei geringen Flächenrestriktionen hat Australien exzellente Bedingungen für den Aufbau einer Grünwasserstoffexportindustrie. Die umfangreichen und ebenfalls kostengünstigen Erdgas- und Kohlevorkommen und die prinzipielle Verfügbarkeit von CO₂-Speicherstätten bieten in Teilen Australiens auch gute Bedingungen für die Wasserstoffproduktion aus fossilen Energiequellen mit CCS. Während EE-basierte Wasserstoffherstellung heute noch deutlich teurer als fossil-basierte Herstellung ist, wird eine weitgehende Kostenangleichung bereits für die 2020er Jahren prognostiziert. In Australien laufen bereits wichtige wasserstoffbezogene Leuchtturm- und Demonstrationsprojekte sowie Forschungsprogramme sowohl zu Grünwasserstoff als auch fossil-basiertem Wasserstoff (Kapitel 4).

Abbildung 2: Kostenprojektionen für unterschiedliche H₂-Produktionsverfahren



Für Quellen, Annahmen und Legende siehe Abbildung 6 am Ende von Kapitel 2.1.

Unabhängig von der Diskussion über die Energiequellen wird in der australischen Debatte davon ausgegangen, dass die australische Wasserstoffproduktion einen Anteil von etwa 10% des globalen Wasserstoffmarkts haben könnte. Die Hauptmärkte für Australien liegen in Ost- und Südasiens. Durch den Exportmarkt könnte auch der Aufbau eines heimischen Marktes wesentlich unterstützt werden (siehe Kapitel 2).

Als Herkunftsland für Wasserstoffimporte nach Europa kommt Australien wegen der Entfernung eher nicht infrage. Allerdings liegt es im Interesse Deutschlands, dass Australien seine Wasserstoffproduktion entwickelt. Zum einen können damit die technologische Lernkurve und Skaleneffekte weltweit angekurbelt werden. Zum anderen kann damit die zu erwartende Nachfrage aus Asien und dem Pazifikraum gedeckt werden, was die Marktpreise

für die Wasserstoffproduktion aus dem Mittleren Osten, die auch Europa bedienen kann, eher drücken wird (siehe Kapitel 5).

In Australien können sich durch das prognostizierte Wachstum der Wasserstoffindustrie umfangreiche Absatzmöglichkeiten für Produkte und Dienstleistungen aus Deutschland ergeben. Ebenfalls ergeben sich Kooperationspotentiale bei der Definition von Nachhaltigkeitsstandards und –zertifizierungsverfahren für Grünwasserstoff aus Erneuerbaren Energien sowie für CO₂-armen Wasserstoff aus fossilen Energiequellen mit rigoroser Anwendung von CCS.

Inhaltsverzeichnis

1 Australien auf dem Weg zur Wasserstoffstrategie	1
1.1 Der Prozess auf Bundesebene	1
1.2 Überblick Aktivitäten in den Bundesstaaten und Territorien	4
2 Potenzial für Wasserstoff in Australien	7
2.1 Rahmenbedingungen für die Produktion von Wasserstoff	7
2.2 Potenzieller Wasserstoffexport aus Australien	13
2.3 Potenzieller inländischer Markt für Wasserstoff	16
3 Treiber der Debatten	18
3.1 Klimapolitik und Ausbau erneuerbarer Energien	18
3.2 Ökonomische Bedeutung	19
3.3 Bedeutung für die Versorgungssicherheit	19
3.4 Gesellschaftliche Einstellung zu Sicherheit und Umweltaspekten	20
4 Demonstrationsprojekte und Forschungsprogramme	21
5 Kooperationspotenziale mit Deutschland	23
Quellenverzeichnis	25

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Wasserstoff als Überschneidung der Interessenslagen	II
Abbildung 2: Kostenprojektionen für unterschiedliche H ₂ -Produktionsverfahren	III
Abbildung 3: Zeitstrahl Wasserstoffaktivitäten	3
Abbildung 4: Windstärke (in 80 m Höhe) in Australien	9
Abbildung 5: Sonneneinstrahlung in Australien	9
Abbildung 6: Kostenprojektionen für unterschiedliche H ₂ -Produktionsverfahren	12
Abbildung 7: Überblick über Wasserstoffprojekte in Australien (Stand Nov 2018)	21
Tabelle 1: Globale Nachfrage nach H ₂ aus australischer Sicht (in `000 Tonnen)	13
Tabelle 2: Anteil australischer Wasserstoffexporte in Schlüsselmärkten (in %)	14
Tabelle 3: Zusätzlicher Stromerzeugungsbedarf für Wasserstoffexporte (in TWh)	14
Tabelle 4: Wertschöpfung einer Wasserstoffexportindustrie in Australien	19

Abkürzungsverzeichnis

ARENA	Australian Renewable Agency
AUD	Australische Dollar
CCU	Carbon Capture and Utilization
CCS	Carbon Capture and Storage
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -eq.	CO ₂ equivalent
COAG	Council of Australian Governments
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
EE	Erneuerbare Energien
EU ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
EUR	Euro
GW	Gigawatt
H ₂	Wasserstoff
H2U	The Hydrogen Utility
HESC	Hydrogen Energy Supply Chain
IEA	Internationale Energieagentur
Kg	Kilogramm
Km	Kilometer
LOHCs	Liquid Organic Hydrogen Carriers
LNG	Liquified Natural Gas
MCH	Methyl Cyclohexan
Mio	Million/en
Mrd.	Milliarde/n
MW	Megawatt
PEM	Proton Exchange Membrane
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SMR	Steam Methane Reforming
T	Tonne
THG	Treibhausgase
USA	Vereinigte Staaten von Amerika

1 Australien auf dem Weg zur Wasserstoffstrategie

1.1 Der Prozess auf Bundesebene

Die Wasserstoffdebatte spielt nicht nur eine wichtige Rolle in der heutigen Energiepolitik Australiens, sondern blickt gerade dort auf eine lange Vorgeschichte zurück. Denn es war ein Professor der Flinders University in South Australia, John Bockris, der **1972** den Begriff **“Hydrogen Economy”** prägte. Schon damals betrachtete er die Verwendung von Wasserstoff als Lösung für Australiens **Energietrilemma** – der Erreichung von Bezahlbarkeit, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit (The Chemical Engineer 2019). Trotz der bereits in 2003 veröffentlichten “National Hydrogen Study” flaute das Interesse in Australien - wie auch weltweit – nach den bisherigen Höhepunkten in den 1970ern und um die Jahrtausendwende jedoch wieder ab.

Unter dem Druck der Klimakrise und dank der extremen Kostenreduktionen der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien (EE) erlebt die Wasserstoffdebatte erneut ein **weltweites Momentum**. Denn die Produktion von Grünwasserstoff durch EE-basierte Elektrolyse bietet trotz der hohen Effizienzverluste eine Lösung für die Dekarbonisierung von Sektoren wie Transport und Industrie, in denen bislang wenig erreicht wurde und wo eine weitgehende oder vollständige Elektrifizierung teurer oder weniger praktikabel erscheint. Die kürzlich veröffentlichte IEA Studie “The Future of Hydrogen” bietet einen umfassenden Überblick (IEA 2019).

Allerdings werden die derzeitigen Bemühungen der australischen Regierung eher von ökonomischen als von klimapolitischen Erwägungen getrieben. Auf der nationalen Ebene verfolgt **Australien** nach der Ablösung der Labor-Regierung in 2013 keine ambitionierten Klima- und Energieziele. Die inländische Energiepolitik ist geprägt von Debatten über hohe Energiepreise und die in Vergleich zu Europa häufigen Stromausfälle (siehe auch Magosch et al. 2019). Als einer der **weltweit größten Exporteure von Kohle, LNG** und Uran ist Australien aber durch Nachfrageänderungen weltweiten Entwicklungen ausgesetzt. Im gestiegenen Interesse der asiatischen Handelspartner an Wasserstoff hat Australiens Regierung die Möglichkeit zur **Etablierung einer Wasserstoffexportindustrie** erkannt. Für die Produktion von grünem Wasserstoff bringt Australien durch das große Potenzial zur Erzeugung von günstigem EE-Strom, existierender Infrastruktur, verfügbaren Flächen und qualifizierten Fachkräften ausgezeichnete Voraussetzungen mit. Durch die großen Kohle- und Gasvorkommen ist in Australien auch die Produktion großer Mengen von fossil-basiertem Wasserstoff mit oder ohne CCS/CCU möglich (siehe Kapitel 2.1).

Während sich die regierende Koalition und die Labour-Partei in den Monaten vor der Parlamentswahl im Mai 2019 in ihrer Linie zur Entwicklung einer Wasserstoffindustrie teilweise unterschieden (siehe Kapitel 3), wird der Prozess der **Entwicklung einer nationalen Wasserstoffstrategie** federführend vom **Chief Scientist Australiens, Alan Finkel** vorgebracht. Das Amt des Chief Scientist wird zwar von der Regierung besetzt, aber die Amtsinhaber sollen unabhängig agieren. Hiermit wirkt das Amt teilweise auch als Integrationsfigur im sehr polarisierten politischen System Australiens. Für den COAG Energy Council (in dem alle Bundesstaaten, Territorien und die föderale Ebene vertreten sind)

erstellte Alan Finkel die im August 2018 veröffentlichte Studie “Hydrogen for Australia's future” (Commonwealth of Australia 2018a, im Folgenden: **Finkels Wasserstoffbericht**). Demzufolge könnte die Wasserstoffexportindustrie „be worth 1,7 Mrd. AUD¹“ in 2030.² Das ist allerdings in Vergleich zu einem Gesamtexportvolumen von knapp 438 Mrd. AUD in 2018, davon 110 Mrd. AUD nur für Kohle und Erdgas (DFAT 2019), nicht sonderlich viel.

Im Dezember 2018 stellte Alan Finkel seine Empfehlungen zur Entwicklung einer nationalen Strategie vor und stieß die Gründung der Hydrogen Working Group unter seinem Vorsitz an. Hervorzuheben ist das ohne Einschränkung empfohlene Prinzip der **Technologieneutralität** ggü. verschiedenen Erzeugungstechnologien. Eine klare Empfehlung für den Ausschluss von Wasserstoffproduktion aus fossilen Energieträgern wird nicht gegeben, allerdings wird bei Bezugnahme auf fossil-basierte Produktion auch **immer die Anwendung von CCS angedacht**. Außerdem empfahl er drei Projekte zum sofortigen Beginn, welche in einer gemeinsamen ministeriellen Pressemitteilung bestätigt wurden (Taylor MP et al. 2019):

- 1) Einspeisung von bis zu 10% Wasserstoff in die Gasnetze
- 2) Potenzialanalyse für den Bau von Wasserstofftankstellen und
- 3) Internationale Zusammenarbeit, um Australien als Exporteur zu profilieren.

Nach einer ersten Konsultationsrunde mit Stakeholdern im März 2019 wurden von der Hydrogen Working Group Anfang Juli neun Issue Papers³ veröffentlicht, die sich mit verschiedenen Aspekten der Wasserstoffproduktion und –anwendung im großen Maßstab befassen. Sie fassen jeweils den Stand der Debatte zusammen und enden mit konkreten Fragen, die in den im August 2019 (teilweise) veröffentlichten Responses beantwortet wurden.⁴ Der im nächsten Schritt entwickelte Strategieentwurf soll dann von den Ministern im COAG Energy Council diskutiert werden, bevor er in die erneute öffentliche Konsultation geht. Die **finale Veröffentlichung der Wasserstoffstrategie ist für Ende 2019 geplant** (Commonwealth of Australia 2018a, Commonwealth of Australia 2019).

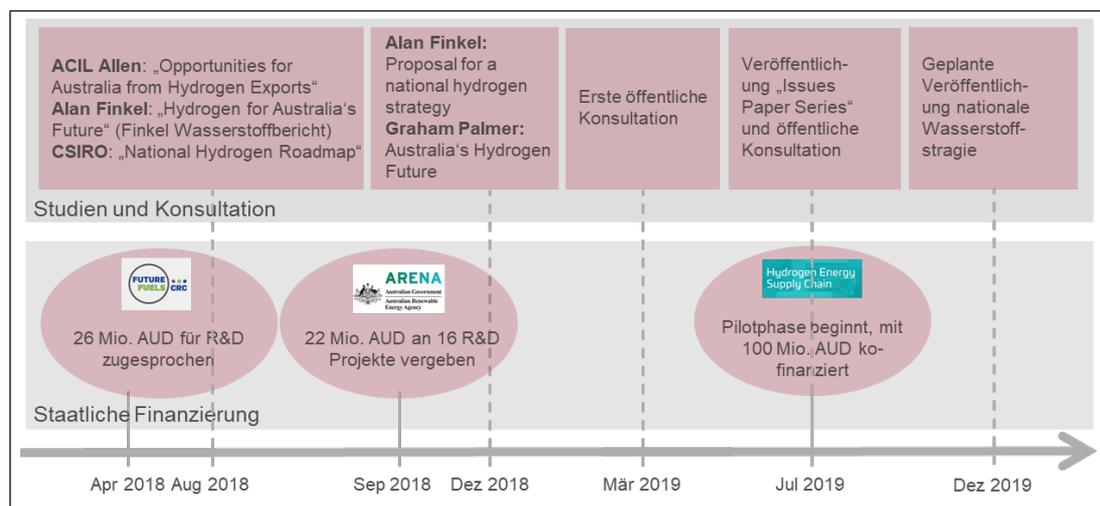
¹ 1 AUD entspricht 0,61 € (Stand 22.08.2019, entspricht etwa dem langfristigen Durchschnitt).

² In diesem Punkt nutzen verschiedene australische Quellen teils nicht sehr deutliche Begrifflichkeiten, deren Überprüfung außerhalb des Rahmens der vorliegenden Studie lag: «ACIL Allen estimates (...) that Australia's *share of global trade* in hydrogen could be worth up to \$5.7 billion in 2040, while the total *economic contribution* to the Australian economy could be up to \$473 million in 2025 and up to \$4.3 billion in 2040» (Commonwealth of Australia 2019 “Developing a hydrogen export industry, S.2).

³ Zu folgenden Themen: Hydrogen at scale, Attracting hydrogen investment, Developing a hydrogen export industry, Guarantees of origin, Understanding community concerns for safety and the environment, Hydrogen in the gas network, Hydrogen to support electricity systems, Hydrogen for transport and Hydrogen for industrial users

⁴ Die 60 veröffentlichten Responses können [hier](#) abgerufen werden.

Abbildung 3: Zeitstrahl Wasserstoffaktivitäten



Quelle: Eigene Darstellung

Neben den Publikationen für den COAG Energy Council, wurden im gleichen Zeitraum auch eine Reihe **weiterer Studien** zum Potential Australiens für die Wasserstoffproduktion veröffentlicht. Besonders erwähnenswert ist die Studie von der Beratungsfirma **ACIL Allen** **“Opportunities for Australia from Hydrogen Exports”** im Auftrag der Australian Renewable Energy Agency. Das in Finkels Wasserstoffbericht verwendete potenzielle Exportvolumen von 1,7 Mrd. AUD bis 2030 stammte aus dem mittleren Szenario dieser Studie, die auch umfangreiche weitere Berechnungen u.a. zu Nachfrageentwicklungen beinhaltet, die im Kapitel 2 des vorliegenden Papers dargestellt werden (ACIL Allen 2018). Auch die **“National Hydrogen Roadmap”** der staatlichen Forschungsbehörde **Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)** schätzt das Exportpotential Australiens als signifikant ein, berechnet die Herstellungskosten in den verschiedenen Technologien und gibt Empfehlungen zum Aufbau der Industrie (Bruce et al. 2018). Die Studie **“Australia's Hydrogen Future”** vom **deutsch-australischen Energy Transition Hub**⁵ berechnet Szenarien zum Substitutionspotenzial von Wasserstoff für den australischen Energieverbrauch (Palmer 2018). Die internationalen Studien von Frontier Economics und der IEA bescheinigen Australien immenses Potential für den Export von Wasserstoff, Frontier Economics bezeichnet Australien als potenziellen „giant“ im weltweiten Wasserstoffmarkt (Perner und Bothe 2018, IEA 2019). Auch eine von adelphi koordinierte Kurzstudie zu den internationalen Kooperationspotenzialen für Deutschland im Bereich Grünwasserstoff stuft Australiens Potenzial sowohl kurz- als auch langfristig sehr hoch ein (Jensterle et al. 2019).

Einige Bundesstaaten und Territorien haben die Entwicklung einer Exportindustrie bereits weiter vorangetrieben. Besonders **Queensland, Western Australia und South Australia** treiben den Prozess in der Erwartung signifikanter Anteile am Exportmarkt proaktiv voran. Das nachfolgende Kapitel gibt einen kurzen Überblick über relevante Ziele und Entwicklungen der Bundesstaaten und Territorien.

⁵ Der deutsch-australische Forschungs- und Innovationsverbund wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem australischen Department of Foreign Affairs and Trade finanziert. Partner sind u.a. die University of Melbourne, die Australian National University, das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und das Mercator Research Institute of Global Commons and Climate Change.

1.2 Überblick Aktivitäten in den Bundesstaaten und Territorien

Bundesstaat/ Territorium (nach Bevölkerung)	Aktivitäten
New South Wales (NSW)	<p>NSW hat bisher keine Strategie oder Roadmap zur Entwicklung von Wasserstoff vorgelegt. Allerdings beinhaltet der „Electric and Hybrid Vehicle Plan Future Transport“ die Aussage, dass zukünftig auch Wasserstofffahrzeuge an Bedeutung gewinnen könnten.</p> <p>In einem von der Australian Renewable Agency (ARENA) finanzierten Demonstrationsprojekt produziert das Unternehmen Jemena grünen Wasserstoff in Sydney und testet die Benutzung in Haushalten und Gewerbebetrieben in den nächsten fünf Jahren.</p>
Victoria (VIC)	<p>Eine staatliche Strategie gibt es bisher nicht. Im “Victorian Hydrogen Investment Program” wird derzeit ein Papier zur Marktentwicklung von grünem Wasserstoff erarbeitet, auch Fördermittel werden bereitgestellt.</p> <p>Gleichzeitig besteht Interesse, die Braunkohleindustrie zu fördern, u.a. durch das gemeinsam mit Japan staatlich geförderte Hydrogen Energy Supply Chain Projekt zur Braunkohle-basierten Wasserstoffherstellung und –export im La Trobe Valley (siehe Kapitel 4). In Melbourne wird von Toyota der Aufbau eines Hydrogen Centers geplant, in welchem Solar PV und Batteriespeicher zur Produktion von Wasserstoff verwendet werden sollen. Außerdem werden mit Grünwasserstoff betriebene Müllfahrzeuge getestet.</p>
Queensland	<p>Queensland veröffentlichte im Mai 2019 die „Queensland Hydrogen Industry Strategy“ für den Zeitraum 2019-2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziele der Strategie: Unterstützung von Innovationen, Förderung von privaten Investitionen, Entwicklung effektiver politischer Rahmenbedingungen, Öffentlichkeitsarbeit und Förderung von Kompetenzentwicklung • Umfang: 19 Mio. AUD davon 15 Mio. AUD für den Hydrogen Industry Development Fund (HIDF). Über den HIDF können sowohl

(QLD)	<p>Finanzierungshilfen für die Anlagen als auch für Machbarkeitsstudien beantragt werden.</p> <p>Aus Queensland wurde im März 2019 zum ersten Mal Grünwasserstoff (in Form von Methyl Cyclohexan, MCH) nach Japan in einem Demonstrationsprojekt zwischen der Queensland University of Technology und der University of Tokyo exportiert. Weitere Demonstrationsprojekte gibt es zur Produktion von emissionsfreien flüssigen Kraftstoffen aus Grünwasserstoff und zur Produktion von Wasserstoff aus Biomasse.</p>
Western Australia (WA)	<p>Die „Western Australian Renewable Hydrogen Strategy“ wurde im Juli 2019 veröffentlicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziele bis 2022: Genehmigung eines Projekts zum Export von Grünwasserstoff; Nutzung von Grünwasserstoff in einer „remote location“; Verteilung von Grünwasserstoff in einem Gasnetz; Fertigstellung einer Wasserstofftankstelle • Ziele bis 2040: globaler Marktanteil WA's im Bereich Wasserstoff soll so hoch sein wie heute bei LNG (14 %); 10% Grünwasserstoff im Gasnetz; weitverbreitete Nutzung von Wasserstoff in den Transportfahrzeugen im Bergbausektor; Wasserstoff ist ein wichtiger Treibstoff im regionalen WA • Investitionen in den Bereichen Export, Treibstoff für abgelegene Industrien und Kommunen, Wasserstoffbeimischung in Gasnetze und Transport • Maßnahmen: Förderung von Projekten über den Renewable Hydrogen Fund (10 Mio. AUD über vier Jahre); Aufbau einer Renewable Hydrogen Unit (im Department of Primary Industries and Regional Development) zur Koordinierung der Maßnahmen; Anpassung von Gesetzen und Richtlinien (Zusammenarbeit mit nat. Regierung); der WA Renewable Hydrogen Council bleibt als Beratungsorgan bestehen (Zusammenarbeit mit Industrie und Wissenschaft angestrebt) <p>In der Pilbara Region wird außerdem das bisher größte Projekt zum Export von grünem Wasserstoff, der „Asian Renewable Energy Hub“, geplant (siehe Kapitel 4). Im Clean Energy Innovation Hub in Jandakot wird das Potential von Grünwasserstoff für Produktion, Speicherung und Verwendung im großen Maßstab getestet. Auch Industrieunternehmen kündigten Aktivitäten an (siehe Kapitel 2.1).</p>
South Australia	<p>Durch South Australia's ausgezeichnetes EE-Potenzial und den ambitionierten EE-Zubau (voraussichtlich netto 100% EE-Stromerzeugung bis 2030) wurde Wasserstoff früh sowohl als Exportgut als auch als EE-Speicher als bedeutend erkannt. Die „Hydrogen Roadmap“ wurde 2017 veröffentlicht und beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziele der Roadmap: Investitionen anlocken, lokale Nachfrage nach Wasserstoff als Niedrigemissionsinput befördern, Exportmärkte für Wasserstoff aus SA erschließen und die Etablierung von SA als Testumgebung für neue Wasserstofftechnologien

(SA)	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Pilotprojekt in Adelaides ÖPNV mit einer Flotte von Wasserstoffbussen und einer Wasserstofftankstelle • Förderung von Forschung und Demonstrationsprojekten über eine Reihe bestehender Instrumente, u.a. den 150 Mio. AUD Renewable Technology Fund <p>Mittlerweile wurden von der SA Regierung bereits mehr als 17 Mio. AUD in vier Grünwasserstoffprojekte investiert (siehe auch Kapitel 4). Die 8. Internationale Konferenz zu Hydrogen Safety findet Ende September 2019 in Adelaide statt.</p>
Tasmanien (TAS)	<p>Tasmanien hat bisher trotz der sehr guten Voraussetzungen für die Produktion von Wasser- und Windstrom im Norden der Insel keine Strategie o.ä. veröffentlicht.</p> <p>Weil die Bell Bay's Tasmanian Electro Metallurgical Company von der Schließung bedroht ist, gibt es Gespräche zur Umwandlung in ein Exportterminal für grünen Wasserstoff. Im Wahlkampf versprach Labor 250.000 AUD für die Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie. Tasmanien hat noch keine Demonstrationsprojekte.</p>
Australian Capital Territory (ACT)	<p>Das ACT hat keine Strategie o.ä. veröffentlicht. In Canberra wird allerdings voraussichtlich im Dezember 2019 die erste öffentliche Wasserstofftankstelle eröffnen. Die ACT Regierung wird nach Inbetriebnahme 20 Brennstoffzellenfahrzeuge (Hyundai Nexa) in die Flotte aufnehmen. Im ACT wird auch erstmals bis zu 100% Wasserstoff im bestehenden Gasnetzwerk getestet, um den Effekt auf Komponenten, Konstruktion und Instandhaltung zu untersuchen und die genaue Grenze für problemlose Einspeisung (erwartungsgemäß um die 20%) zu ermitteln.</p>
Northern Territory (NT)	<p>Die Regierung des NT hat keine Strategie o.ä. vorgelegt, und mm NT gibt es keine Demonstrationsprojekte. Aber der Think Tank Beyond Zero Emissions veröffentlichte im Juni 2019 die Studie „The 10 Gigawatt Vision“. Demnach könnte NT 2/3 der nationalen grünen Wasserstoffindustrie bis 2030 einnehmen, dies würde 960 direkte und 2.830 indirekte Arbeitsplätze schaffen und einen Wert von 2,9 Mrd. AUD haben. Für die Produktion von Wasserstoff in dieser Größenordnung werden 5,5 GW EE-Kapazitäten gebraucht</p>

Quellen: New South Wales Government 2019; FuelCellsWorks 31.07.2019; Victoria Government 2019; Gasworld 19.03.2019; Queensland Government 30.05.19; Queensland Government 2019; PV Magazine 29.03.2019; Commonwealth of Australia 2018; Western Australian Government 2019; Western Australian Government 2019a; RenewEconomy 12.07.2019; South Australian Government 2017; South Australian Government 2019; Examiner 01.08.2019; Gasworld 08.05.2019; Utility Magazine 29.07.2019; Beyond Zero Emissions 2019

2 Potenzial für Wasserstoff in Australien

2.1 Rahmenbedingungen für die Produktion von Wasserstoff

Dieses Kapitel betrachtet zuerst die übergreifenden Rahmenbedingungen für die Produktion von Wasserstoff und geht dann auf die spezifischeren Rahmenbedingungen für die Produktion von jeweils Grünwasserstoff aus EE und fossil-basiertem Wasserstoff ein. Anschließend werden die Herstellungskosten gegenübergestellt.

Übergreifende Rahmenbedingungen

Der **politisch-ökonomische Rahmen** für die Produktion von Wasserstoff in Australien kann als **sehr gut** bewertet werden. Sowohl Regierung als auch Opposition sind sehr interessiert am Aufbau einer Wasserstoffindustrie, wobei die regierende Koalition auch die Produktion von Wasserstoff auf Basis fossiler Energieträger unterstützt, während die Opposition auf Grünwasserstoff setzt. Im Vergleich zu anderen Ländern mit hohen Wasserstoffproduktionspotenzialen (Jensterle et al. 2019) weist Australien sehr gute allgemeine Bedingungen für Investitionen⁶ auf und kann auf eine **aufgebaute LNG-Industrie** zurückblicken (ACIL Allen 2018). **Qualifizierte Arbeitskräfte** im Energiebereich besitzt Australien durch den traditionell wichtigen Bergbau- und Energieexportsektor, mittlerweile gibt es bereits von CSIRO und australischen Universitäten Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Bereich Wasserstoff. Dennoch kann es zu Engpässen in technischen Berufen kommen und auch die Lohnkosten liegen höher als in Deutschland (IHK Bayern 2018, ACIL Allen 2018, Jensterle et al. 2019).

Australien besitzt eine **bestehende Transportinfrastruktur**, die für den Aufbau einer Wasserstoffexportindustrie genutzt werden kann. Durch die geographische Lage ist der Export über Pipelines nicht sinnvoll. Die bestehenden Häfen bieten sich an, um im nächsten Schritt küstennahe Hubs zu errichten und den Wasserstoff beziehungsweise wasserstoffbasierte Kraftstoffe⁷ per Schiff zu exportieren (IEA 2019). Anbieten würden sich hierfür beispielsweise die LNG-Exportterminals in Western Australia.⁸

Australien besitzt auch seit über 100 Jahren Erfahrungen in der Herstellung und dem Export von Wasserstoff und wasserstoffbasierten Kraftstoffen. Heute wird v.a. Ammoniak, produziert aus Erdgas (ohne CO₂-Abscheidung), nach Asien zur Verwendung als Düngemittel und in der chemischen Industrie exportiert. Weltweit hat Australien einen Anteil von 1,9% an den Ammoniakexporten (OEC 2019). Insgesamt wurden in 2016 1,3 Mio. Tonnen Ammoniak in Australien produziert (Bruce et al. 2018).

⁶ Die größten Ratingagenturen bescheinigen dem Land das bestmögliche Kreditrating (Rödl & Partner 08.08.2018, Country Economy 2019); Australien wird auch sehr gut im „Ease of Doing Business“ Index der Weltbank (World Bank 2019) bewertet. Auf dem „Global Competitive Index“ steht Australien an 21. Stelle von 137 Ländern (ACIL Allen 2018).

⁷ Wasserstoff kann in reiner Form verwendet oder in Kraftstoffe auf Wasserstoffbasis umgewandelt werden, einschließlich synthetischem Methan, synthetischen flüssigen Kraftstoffen, Ammoniak und Methanol.

⁸ Die LNG-Produktionsfirma Woodside bestätigte bereits, die Produktion von Wasserstoff auf Basis von Erdgas und Erneuerbaren Energien als weiteren Geschäftszweig aufbauen zu wollen (The Guardian 07.04.2019). Die Betreiberfirmen der Ammoniakproduktionsanlage auf der Burrup Peninsula in Western Australia kündigten die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Integration einer Grünwasserstoffproduktionsanlage an (The West Australian 16.02.2019).

Rahmenbedingungen für Grünwasserstoff

Unter Grünwasserstoff wird hier die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse auf Basis erneuerbar erzeugten Stroms verstanden. Die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse ist ein Verfahren, was sich sowohl zur modularen, dezentralen als auch zur großmaßstäblichen (mit höherer Effizienz verbundener) Anwendung eignet (Edwards et al. 2014). Die Herstellungskosten setzen sich im Wesentlichen aus den Stromerzeugungskosten und den Kapitalkosten- und Betriebskosten der Elektrolyse zusammen.

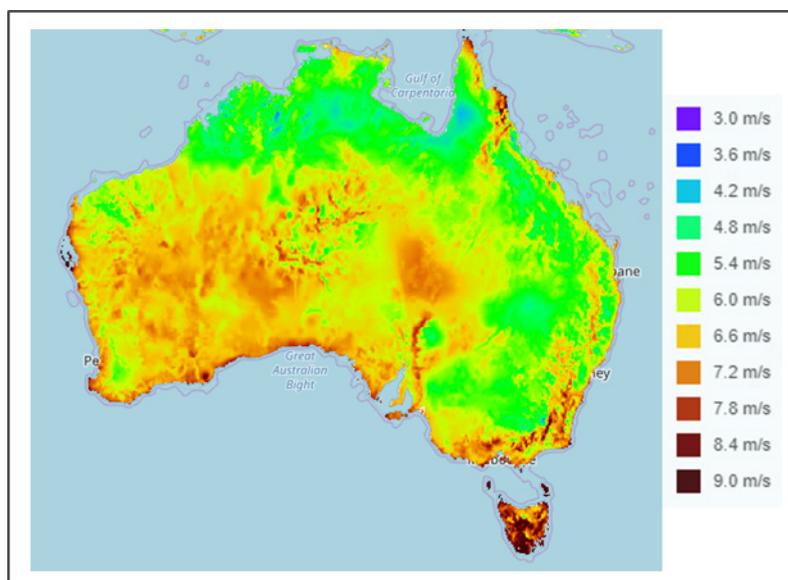
Bei den **Stromgestehungskosten** für Solar- und Windstrom (onshore) wird in den nächsten Jahren eine Fortsetzung der starken Kostensenkungen prognostiziert. Im Vergleich mit einigen potenziellen Handelspartnern und Produktionsländern ist Australien ein Land mit einer sehr hohen Sonneneinstrahlung, teilweise auch sehr guten Windbedingungen und somit einer der günstigsten Standorte (ACIL Allen Consulting 2018, Tabelle 4.3; Jensterle et al. 2019).

Australien besitzt **sehr große Flächen**, die ausgezeichnet für die Produktion von Solar PV und Wind geeignet sind. Die Flächennutzungsrestriktionen sind im internationalen Vergleich sehr wenig ausgeprägt, da ein Großteil dieser Flächen unbesiedelt ist und sich oft in Wüstenregionen befindet. Besonders gute Bedingungen für onshore Wind bestehen an der Küste im Süden des Landes und in Queensland. Australien ist ein Land mit sehr hoher Sonneneinstrahlung, das größte Potenzial besteht im Nordwesten und in der Mitte des Landes. Auch an der Ostküste herrschen gute Bedingungen (vergleiche Abbildung 4Abbildung 5).

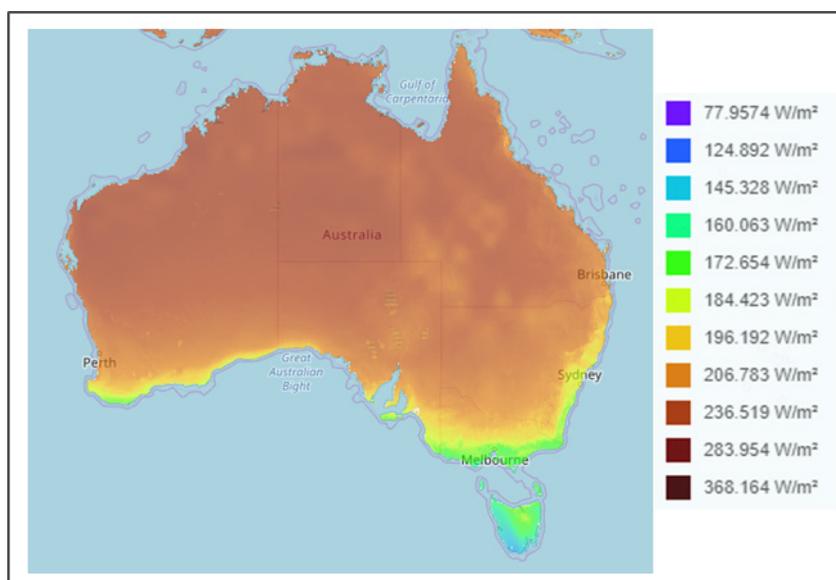
Die **Kapital- und Betriebskosten** der Elektrolyse werden durch technische und technologische Verbesserungen sinken. Beim Kostenvergleich geht die staatliche Forschungsbehörde CSIRO im besten Fall von einer Kostensenkung von rund 60% für bestimmte Elektrolyseure aus. Eine größere Anlage reduziert Kapital- und Betriebskosten und erhöht die Effizienz. Allerdings werden die Ersparnisse nach Erreichen einer Schwelle typischerweise kleiner (Bruce et al. 2018).

In der australischen Debatte wurde auch der hohe Wasserbedarf der Elektrolyse thematisiert. Trotz des hohen Wassereinsatzes⁹, macht **Wasser** weniger als 2% der Produktionskosten aus, auch im ariden Australien. Bei Ersatz der gesamten LNG Produktion mit Wasserstoff würde man dafür dennoch 2,5% des jährlichen australischen Wasserbedarfs aufwenden müssen. Auch die Entsalzung von Meerwasser und die Verwendung von aufbereitetem Abwasser spielen in der australischen Debatte eine Rolle (Commonwealth of Australia 2018; Bruce et al. 2018; Jacobs 2019).

⁹ Für die Produktion eines Kilos Wasserstoff werden rund 9 kg Wasser benötigt.

Abbildung 4: Windstärke (in 80 m Höhe) in Australien

Quelle: IRENA 2019

Abbildung 5: Sonneneinstrahlung in Australien

Quelle: IRENA 2019

Generell kann die **Kombination von Solar PV und Wind** auch in Gegenden ohne die besten Bedingungen für eine der beiden Technologien (z.B. für Wind an der Nordküste) sinnvoll sein, da damit eine höhere Auslastung der Elektrolyseure erreicht werden kann. Eine Ansiedlung in küstennahen Regionen ist sinnvoll, um Transportkosten zu minimieren. Auch unter diesen Bedingungen besitzt Australien sehr viele Flächen auf denen kostengünstig EE-Strom produziert werden kann. Die Produktion in Western Australia und dem Northern Territory hätte zusätzlich noch die Nähe zu den potenziellen Absatzmärkten in Asien als Vorteil.

Zu vermeiden sind dabei **Landnutzungskonflikte mit der indigenen Bevölkerung**. Die Betreiber des Großprojektes „Asian Renewable Energy Hub“ verhandeln deshalb ein Landnutzungsabkommen (O'Neill 2019). Auch mit der nicht-indigenen Bevölkerung kann es zu Konflikten kommen (vergleiche Kapitel 3.1).

Wasserstoff aus fossilen Energieträgern mit CCS

Durch seine umfangreichen und kostengünstigen Erdgas- und Kohlevorkommen und die prinzipielle Verfügbarkeit von CO₂-Speicherstätten bieten Teile Australiens gute Bedingungen für die Wasserstoffproduktion aus fossilen Energiequellen mit CCS. Die wichtigsten Produktionsverfahren sind das Steam Methane Reforming (SMR) aus Erdgas und die Kohlevergasung.

Die größten **Gasressourcen** Australiens befinden sich vor allem im Nordwestshelf vor der Küste Western Australias und des Northern Territory; auch onshore und in anderen Teilen des Landes gibt es viele Erdgasvorkommen (Geoscience Australia 2019). In geographischer Nähe der bereits entwickelten LNG-Exportinfrastruktur im Nordwestshelf in **Western Australia** befinden sich auch geeignete offshore CO₂-Speicherstätten. Diese Gegend bietet daher insgesamt günstige Bedingungen für SMR mit CCS.

Onshore CO₂-Speicherstätten werden in der National Hydrogen Roadmap der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Bruce et al. 2018) aus Akzeptanzgründen hingegen eher ausgeschlossen. CO₂-Speicherung wird dort vor allem in **Offshore-CO₂-Speicherstätten** diskutiert. Außer im Nordwestshelf bestehen diese auch vor der Küste Tasmaniens und Victorias. In Victoria befindet sich das einzige aktive Braunkohlerevier Australiens, das aufgrund der nachlassenden Wirtschaftlichkeit der Braunkohlkraftwerke von Schließung bedroht ist. Die Wasserstoffproduktion aus **Braunkohlevergasung** mit CO₂-Speicherung in den CO₂-Speicherstätten des nahegelegenen Gippsland Basin würde eine Laufzeitverlängerung des Braunkohleabbaus selbst im Rahmen einer CO₂-ärmeren Wirtschaft ermöglichen (Bruce et al. 2018, siehe auch Kapitel 4 zum geplanten Demonstrationsprojekt und Kapitel 3.4 zur entsprechenden gesellschaftlichen Debatte). In der Nähe der großen Steinkohlevorkommen in New South Wales und Queensland sind hingegen bisher keine praktikablen Offshore CO₂-Speicherstätten bekannt. Außerdem kann die Steinkohle profitabel exportiert werden. Vor diesem Hintergrund spielt die Wasserstoffproduktion aus Steinkohlevergasung in absehbarer Zeit keine große Rolle in der australischen Debatte.

Allerdings ist die technische, wirtschaftliche und politische **Machbarkeit einer großskaligen Einführung von CCS** bei weitem **nicht geklärt**. Obwohl Australien in der Datenbank des Global CCS Institute nach China, USA und Vereinigtem Königreich als weltweit viertes Land mit den meisten CCS-Anlagen rangiert (Global CCS Institute 2018), ist CCS auch in Australien und trotz bisher hoher Förderung kein breit angewendetes Verfahren. Ein im November 2018 veröffentlichter Bericht des Australia Institutes zeigt auf, dass Australien seine **nationalen Ziele für CCS nicht erreicht** hat und auch nicht auf die Zielerreichung hinsteuert. Von den sieben großen CCS Projekten, die laut Plänen von 2010 zwischen 2014 und 2020 fertiggestellt und betriebsbereit sein sollten, hat bislang nur das Gorgon Project in Western Australia im August 2019 den Betrieb aufgenommen, wenn auch nur partiell und mit erheblicher Verzögerung (The Australia Institute 2018, The Guardian 08.08.2019). Die meisten anderen wurden abgesagt. Auch das regulatorische Umfeld für die weitverbreitete Anwendung der Technologie müsste noch geschaffen werden (Australian Conservation Foundation 2019). Die Australian Academy of Sciences mahnt, dass die Erreichung der prognostizierten Exportziele durch Wasserstoff auf Basis von Kohle und Gas bis 2040 eine

unrealistisch schnelle Etablierung von CCS voraussetzen würde. Hierfür wäre die Kapazität aller derzeit weltweit in Betrieb befindlichen CCS Anlagen notwendig (Australian Academy of Science 2019). Da die Einführung einer CO₂-Bepreisung in Australien in der absehbaren Zukunft nicht zu erwarten ist, müssten die ökonomischen Anreize für den CCS-Ausbau ausschließlich durch die ausländischen Wasserstoffabnehmer gesetzt werden.

Diese allerdings könnten stattdessen eine Präferenz für australischen Grünwasserstoff haben, vor allem wenn der Preisunterschied im Vergleich mit Wasserstoff aus fossilen Energiequellen immer kleiner wird.

Kostenvergleich

Mangels CO₂-Bepreisung ist die Wasserstoffherstellung aus fossilen Energiequellen ohne CCS heute die mit Abstand günstigste Option, um Wasserstoff in Australien zu produzieren. Allerdings wird eine Wasserstoffproduktion ohne CCS in großem Maßstab in der öffentlichen Debatte Australiens derzeit nicht erwogen.

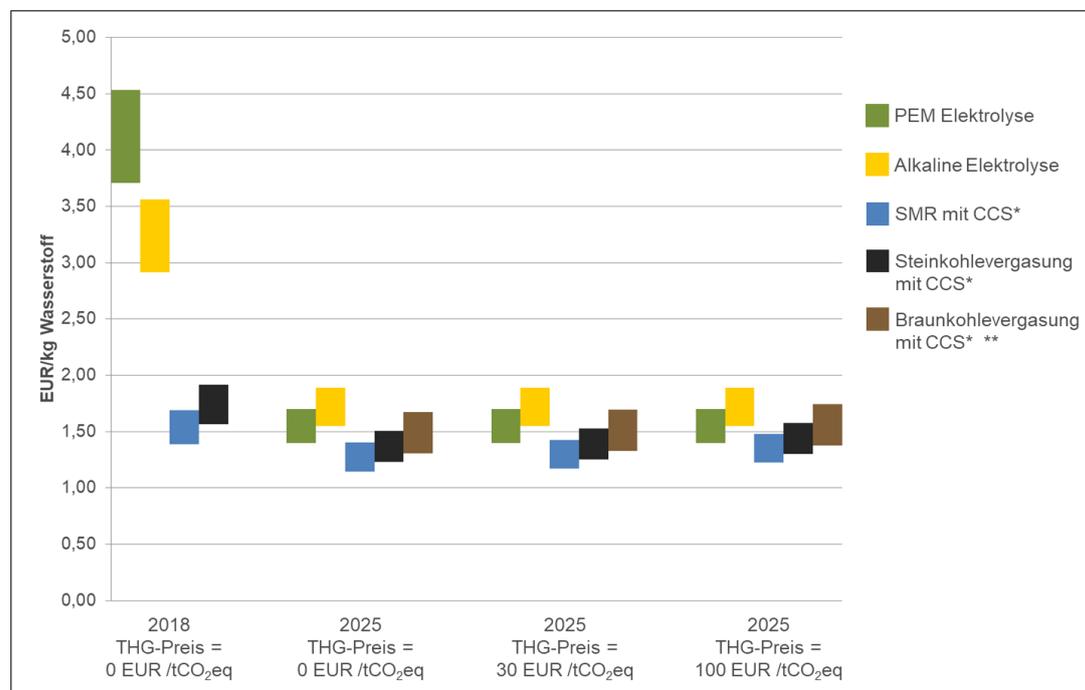
Abbildung 6 veranschaulicht die **Kostenentwicklung unterschiedlicher Wasserstoffproduktionsverfahren** laut zwei Studien, die für die derzeitige australische Debatte maßgebend sind. Die Daten zur Elektrolyse beziehen sich auf Stromerzeugung ausschließlich aus Erneuerbaren Energien. Die Werte für 2018 und 2025 ohne Treibhausgas (THG)-Bepreisung stammen aus der bereits erwähnten Leitstudie von CSIRO (Bruce et al. 2018). Die Werte für 2018 sollen die derzeitigen Kostenstrukturen darstellen. Die Werte für 2025 basieren u.a. auf Annahmen über die Lernkurven der jeweiligen Technologien und über die Entwicklung unterschiedlicher Marktpreise.

In der Leitstudie von CSIRO wird **keine THG-Bepreisung** angenommen. Zusätzlich zeigt Abbildung 6 die Auswirkung einer hypothetischen THG-Bepreisung in Höhe von 30€/tCO₂eq und 100 €/tCO₂eq. Diese wirken sich auf die Wasserstoffproduktion aus fossilen Energiequellen aus, denn selbst mit CCS verbleiben CO₂ Emissionen.

Das erste hypothetische THG-Preisniveau entspricht etwa dem heutigen EU ETS Preis. Der höhere Preis dient als grober Indikator für die CO₂-Vermeidungskosten in non-ETS-Sektoren, für die Wasserstoffanwendungen in Frage kommen. Die Einführung einer THG-Bepreisung in Australien ist zwar derzeit nicht absehbar, aber die privaten Abnehmer bzw. die Regierungen der Abnahmeländer könnten einen **impliziten THG-Preis** berechnen, wenn sie Wasserstoff vor allem aus Klimaschutzgründen anwenden und aus Australien importieren.

Bemerkenswert an den Ergebnissen dieser Modellierung ist erstens, dass Wasserstoff aus EE-basierter PEM Elektrolyse bereits 2025 selbst ohne THG-Bepreisung nur marginal teurer als Wasserstoff aus Braunkohlevergasung erscheint. Diese **Kosteneinschätzung** bezieht sich nur auf das CCS-Projekt im Bundestaat Victoria im Rahmen des Hydrogen Energy Supply Chain Projekt (siehe oben und Kapitel 4). Da das CCS-Element in diesem Projekt frühestens im Laufe der 2030er Jahre in Betrieb genommen werden soll, sollten seine Kosten mit den EE-Kosten im Jahr 2030 oder 2035 und nicht im Jahr 2025 verglichen werden. Dadurch würde der Kostennachteil der EE-basierten PEM Elektrolyse selbst ohne THG-Bepreisung noch kleiner oder gar negativ werden.

Abbildung 6: Kostenprojektionen für unterschiedliche H₂-Produktionsverfahren



*Kosten für Transport und Speicherung des CO₂ zwischen 10 und 40 AUD/t CO₂ (umgerechnet 6 bis 24 €/tCO₂) angenommen.

** Berechnung für das Hydrogen Energy Supply Chain Projekt (siehe Kapitel 4); die Kosten beziehen sich deshalb auf eine Kommerzialisierung erst in den 2030ern.

Quellen: Eigene Berechnung. Basierend auf Bruce et al. 2018, Tabelle 45-49 und ACIL Allen 2018, Tabelle 5.5, Wechselkurs: 1 AUD = 0,61 EUR.¹⁰

Steinkohlevergasung wird mangels identifizierter CO₂-Speicherstätten in erreichbarer Entfernung von den großen Steinkohlevorkommen (siehe oben) bis 2025 und vermutlich auch darüber hinaus **keine relevante Rolle spielen**.

Wasserstoff aus erdgasbasiertem SMR mit CCS ist ohne THG-Bepreisung zirka 18 % billiger als EE-basierte PEM-Elektrolyse. Der Unterschied reduziert sich bei einem hypothetischen THG-Preis von 100 EUR/tCO₂eq auf zirka 13%. Dabei werden die mit der Erdgasförderung und –verarbeitung verbundenen Methan-Lecks nicht berücksichtigt.

¹⁰ Bei der EE-basierten PEM-Elektrolyse nimmt CSIRO u.a. eine Reduktion der EE-Erzeugungskosten von 6 auf 4 AUD ct /kWh (umgerechnet 2,45 EUR ct / kWh), eine Erhöhung der Effizienz der Elektrolyse von 54 auf 45 kWh/kgH₂ sowie eine starke Reduktion der Kapitalkosten an (Bruce 2018 et al, Tabelle 45). Die trotz CCS verbleibenden CO₂-Emissionen werden auf 0,76 tCO₂ / tH₂ für SMR und auf 0,71 tCO₂ / tH₂ für die Kohlevergasung geschätzt. (ACIL Allen 2018, Seite 55)

2.2 Potenzieller Wasserstoffexport aus Australien

Bereits heute exportiert Australien Ammoniak für industrielle Anwendungen. Prägend für die australische Debatte um die Wasserstoffexporte ist allerdings die verbreitete Erwartung einer weltweit stark steigenden Nachfrage nach Wasserstoff beziehungsweise wasserstoffbasierte Kraftstoffe als Energieträgern.

Diese Erwartung stellt für Australien eine **günstige Gelegenheit in dreierlei Hinsicht** dar. Erstens eröffnen sich damit potentiell neue Möglichkeiten für auf fossilen Energiequellen basierende Energieexporte. Bei Anwendung von CCS könnte sich die Gas- und Kohlebergbauindustrie gegen das (aus ihrer Sicht) Risiko einer klimapolitisch bedingt nachlassenden Nachfrage absichern. Zweitens können damit die außerordentlich günstigen und umfangreichen EE-Erzeugungspotentiale Australiens zu einem Exportgut gemacht werden. Drittens kann der Exportmarkt die Investitionen für den Aufbau der Infrastruktur finanzieren, die teils auch zur Entwicklung des inländischen Wasserstoffmarkts notwendig ist. Der Exportmarkt kann sich durch sein Volumen unabhängig vom inländischen Markt entwickeln, der inländische Markt für Wasserstoff ist von der Entwicklung der globalen Nachfrage abhängig, um Skaleneffekte zu realisieren.

Dabei stellen sich aus australischer Sicht vorerst die Fragen, wie viel Wasserstoff (oder wasserstoffbasierte Kraftstoffe) aus welchen Importländern in welchen Zeiträumen künftig nachgefragt wird, sowie welcher Anteil dieser Importmärkte von Australien bedient werden kann. Eher nachgeordnet wird bislang diskutiert, aus welchen Energiequellen der Wasserstoff produziert werden könnte.

Die maßgebende Studie des Beratungsinstituts ACIL Allen, deren mittleres Szenario in Finkels Wasserstoffbericht verwendet wird (siehe Kapitel 1), basiert auf **drei Szenarien** bezüglich der weltweiten Nachfrage nach Wasserstoff, die in Tabelle 1 veranschaulicht werden.

Tabelle 1: Globale Nachfrage nach H₂ aus australischer Sicht (in `000 Tonnen)

Country	2025			2030			2040		
	Low	Medium	High	Low	Medium	High	Low	Medium	High
Japan	88	516	1,338	875	1,761	3,858	1,896	4,131	9,573
Republic of Korea	74	223	493	373	728	1,562	1,001	2,175	5,304
Singapore	3	15	31	27	51	103	96	168	481
China	48	226	698	1,028	3,318	7,009	7,853	17,430	40,989
Rest of the World	98	448	1,170	1,053	2,678	5,729	4,958	10,927	25,758
Total	311	1,429	3,731	3,357	8,536	18,260	15,804	34,831	82,105

Quelle: ACIL Allen 2018, S. iii

Die breite Spanne der Nachfrageeinschätzung ist in den zugrundeliegenden Szenarien begründet: Die **höheren Werte korrespondieren mit einer ambitionierten Klima- und Energiepolitik** und einer 50%igen Chance, den weltweiten Temperaturanstieg auf zwischen 1,5 und 2 Grad zu begrenzen (ACIL Allen 2018). Entsprechend der zentralen Stellung der Klimapolitik bei der Definition der Nachfrageszenarien wird sowohl von ACIL Allen als auch von Finkels Wasserstoffbericht angenommen, dass der exportierte Wasserstoff aus CO₂-armen Herstellungsverfahren stammt.

Nach Betrachtung einer Reihe potenzieller Exportziele für Wasserstoff aus Australien, einschließlich Kalifornien und Europa, fokussiert die Studie auf **vier Schlüsselmärkte**, wo das Potenzial für australische Exporte besonders hoch erscheint: **Japan¹¹, Korea, Singapur und China**. Europa fällt vor allem wegen der Entfernung, aber auch wegen der bislang nur zögerlichen Einführung von Brennstofffahrzeugen und anderen Wasserstoffanwendungen aus.

Wie in Tabelle 2 ersichtlich schätzt ACIL Allen, dass **2025 zirka 8 % bis 10 % der weltweiten Wasserstoffproduktion aus Australien** stammen. Dieser Anteil sinkt in den folgenden 15 Jahren erheblich, bleibt aber für einzelne Importländer wie Japan und Korea gleich.

Tabelle 2: Anteil australischer Wasserstoffexporte in Schlüsselmärkten (in %)

Country	2025			2030			2040		
	Low	Medium	High	Low	Medium	High	Low	Medium	High
Japan	19.5	20.5	20.5	20.8	20.9	20.8	20.7	20.6	20.7
Republic of Korea	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
Singapore	10.8	13.4	13.3	14.4	14.6	14.7	13.0	13.4	13.0
China	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Rest of the World	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Total	8.5	9.6	9.2	7.2	5.9	6.0	3.9	3.9	3.9

Quelle: ACIL Allen 2018, S. 49

Auf dieser Grundlage berechnet ACIL Allen den **potentiellen Umfang der Wasserstoffexporte** aus Australien auf zwischen 26.500 und 344.800 Tonnen im Jahr bis 2025 und zwischen 621.300 und 3.180.400 Tonnen pro Jahr bis 2040. Der Unterschied zwischen den Szenarien ist vor allem kurzfristig (Faktor 13 in 2025) sehr groß, aber auch langfristig erheblich (Faktor 5 in 2040).

Tabelle 3 zeigt die zusätzliche Stromerzeugung, die notwendig wäre, um diese Mengen Wasserstoff vollständig aus Elektrolyse zu produzieren.

Tabelle 3: Zusätzlicher Stromerzeugungsbedarf für Wasserstoffexporte (in TWh)

Heading	2025			2030			2040		
	Low	Medium	High	Low	Medium	High	Low	Medium	High
Japan	1.09	6.67	17.29	11.46	23.15	50.50	24.66	53.59	124.44
Republic of Korea	0.50	1.50	3.33	2.52	4.91	10.53	6.76	14.69	35.81
Singapore	0.50	0.13	0.26	0.24	0.47	0.95	0.79	1.42	3.93
China	0.02	0.16	0.50	0.73	2.36	4.99	5.59	12.40	29.17
Rest of the World	0.03	0.12	0.30	0.27	0.69	1.48	1.28	2.82	6.64
Total	1.67	8.58	21.68	15.22	31.58	68.45	39.07	84.92	200.00

¹¹ Australien hat im Juni 2019 mit Japan ein „Memorandum of Cooperation on Energy and Minerals“, das unter anderem eine Zusammenarbeit bei der Etablierung einer Wasserstofflieferkette anvisiert (METI 16.06.2019; Taylor 19.06.2019; The Sydney Morning Herald 05.07.2019).

Quelle: ACIL Allen 2018, S. 50¹²

Zum Vergleich: im Fiskaljahr 2018-19 wurden in Australien etwa 260 TWh Strom erzeugt, davon knapp 50 TWh aus Erneuerbaren Energien und davon wiederum mehr als die Hälfte aus Wind- und Solarenergie (Magosch et al. 2019). In Vergleich zur heutigen Stromnachfrage würde also die Erfüllung des hohen Szenarios **eine massive Erhöhung (+75%) der Stromerzeugung** erfordern. In Anbetracht des EE-Ausbautempos der letzten Jahre und der weiten Wüstenflächen mit sehr guten EE-Ressourcen ist ein solches Wachstum durchaus denkbar.

Die sehr großen Unterschiede zwischen den Szenarien zeigen, wie die Wasserstoffdebatte in Australien durch die Unsicherheit bezüglich der künftigen Wasserstoffnachfrage, insbesondere aus Ostasien, geprägt wird.

Eine weitere Unsicherheit besteht, ob der zu exportierende Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien oder aus fossilen Energiequellen mit oder ohne CCS stammen soll. Darüber wird in Australien lebhaft diskutiert (siehe auch Kapitel 3) und die Antwort hängt nicht unwesentlich von den politischen Rahmenbedingungen in Australien ab. Einfluss darauf werden aber auch die privaten Abnehmer sowie die Regierungen der Importländer ausüben. Wenn – so wie derzeit bei der Nachfrage nach dem Wasserstoffderivat Ammoniak – ein relevanter Teil der Nachfrage keine strikten Anforderungen bezüglich der Klimabilanz stellt, ist eine großangelegte Wasserstoffproduktion aus fossilen Energiequellen ohne oder mit nur partiellem Einsatz von CCS denkbar. Wenn **effektive internationale Zertifizierungsverfahren** aufgebaut werden, würde eine Präferenz für CO₂-armen Wasserstoff die Wasserstoffproduktion aus fossilen Energiequellen ohne CCS ausschließen, aber eine weitere Nutzung der fossilen Reserven Australiens ermöglichen. Eine Präferenz für „Grünwasserstoff“ aus Erneuerbaren Energien würde einen EE-Ausbau in Australien forcieren.

Eine Herausforderung für den Export von Wasserstoff besteht im **Transport**, wo es noch erhebliche Unsicherheiten bzgl. der besten Technologien gibt. Pipelines aus Australien bis nach Asien kommen aus Kostengründen nicht in Frage. Für den Schiffftransport könnte der Wasserstoff verflüssigt oder in Ammoniak oder „liquid organic hydrogen carriers“ (LOHCs) umgewandelt werden. Während es für den Transport von Ammoniak und LOHCs bereits Schiffe gibt, müssten die für den Transport von verflüssigtem Wasserstoff benötigten Schiffe noch entwickelt werden. Für den Transport von Australien nach Japan geht die IEA von Kosten zwischen 30 und 45% des gesamten Wasserstoffpreises aus (IEA 2019, S.82). ACIL Allen geht für 2025 davon aus, dass die Kosten für den Transport von verflüssigtem Wasserstoff nach Japan 54% des Wasserstoffpreises ausmachen (ACIL Allen, S. 40).

Ein Wasserstoffexport **nach Europa oder Deutschland** wäre aufgrund der noch höheren Transportkosten sowie der näheren Abnehmer in Asien eher **unrealistisch**. Laut IEA könnten die Transportkosten über sehr lange Distanzen das Dreifache der Produktionskosten ausmachen (IEA 2019, S. 67). Dennoch wird die Befriedigung der asiatischen Wasserstoffnachfrage durch Australien auch für Deutschland spürbare Auswirkungen haben, beispielsweise in der höheren Verfügbarkeit von Wasserstoff aus anderen Exportländern. Zudem wird sich Australien als großer Wasserstoffexporteur

¹² Für alle Schritte, angefangen von der Elektrolyse bis hin zur Verflüssigung des Wasserstoffs zwecks Verschiffung nimmt ACIL Allen eine gesamte Energieeffizienz von „zirka 50%“ an. Ob die auffällig runde Zahl (200,00 TWh) beim hohen Szenario für 2040 ein Zufall ist, oder das Ergebnis einer vorsätzlichen Justierung mancher Annahme (z.B. der Effizienz der Elektrolyse, Speicherung und Verflüssigung) ist aus der Quelle nicht ersichtlich. Dort steht aber die klare Aussage, dass die 200 TWh nicht der Anfangspunkt, sondern das Ergebnis der Modellierung sind.

voraussichtlich bei der Debatte um internationale technische Standards- und Zertifizierungsverfahren engagieren und könnte dadurch Einfluss auf die Gestaltung der internationalen Wasserstoffmärkte ausüben.

2.3 Potenzieller inländischer Markt für Wasserstoff

In Australien wird die Verwendung von Wasserstoff in vielfältigen Anwendungen und Sektoren diskutiert.

Sofort umsetzbar und vom Chief Scientist als „kick-start“ Projekt empfohlen ist die Einspeisung von bis zu **10% Wasserstoff in die Gasnetze**, um die Nachfrage bei den inländischen Gasversorgern anzuregen.¹³ Darüber hinaus könnte Methan für Wärme und Kochen auch komplett durch Wasserstoff ersetzt werden, allerdings wären Anpassung oder Erneuerung von Infrastruktur und Geräten notwendig. Für Haushaltsgeräte wäre deswegen die Elektrifizierung vermutlich günstiger und effizienter (Renew 2019). Die australische Industrie verarbeitet Wasserstoff bereits in vielen Prozessen, u.a. zur Ammoniakproduktion für Düngemittel und in der Petrochemie. Weitere Anwendungen im größeren Maßstab können sich in der Herstellung synthetischer Kraftstoffe und beim Ersatz von Kohle in der **Eisen- und Stahlherstellung** ergeben (Commonwealth of Australia 2018). Laut einer Studie der University of Melbourne im Rahmen des deutsch-australischen Energy Transition Hub wären rund 67 GW EE-Kapazitäten notwendig, um die Hälfte der australischen Gasnachfrage von Industrie und Haushalten mit grünem Wasserstoff zu ersetzen¹⁴ (derzeit besitzt Australien rund 25 GW EE-Kapazität im NEM¹⁵, Magosch et al. 2019).

Im **Güterfernverkehr** stellt der Antrieb mit Wasserstoff im Vergleich zum Batteriebetrieb durch die höhere Reichweite und das geringere Gewicht des Tanks ggü. einer Batterie die vorteilhaftere Alternative dar. Die großen Distanzen und die geringe Bevölkerungsdichte Australiens erschweren den Ausbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur für Elektromobilität. Dadurch wächst die Bedeutung der Reichweite. Der Nikola One Sattelaufleger mit einer Reichweite von 1.900 km pro Tankfüllung wird ab 2020 verfügbar sein (Commonwealth of Australia 2018).

Für **PKW mit alternativen Antrieben** hat Australien keine staatlichen Ziele vorgegeben und hängt als Importland von den technologischen Weiterentwicklungen und Kostensenkungen anderer Länder ab. Derzeit gibt es erst wenige, nicht-öffentliche Tankstelle für Wasserstoff, die erste öffentliche Tankstelle wird Ende 2019 in Canberra eröffnet (siehe Kapitel 1.2). Der **Hyundai Nexo** soll im Laufe des Jahres auch in Australien erhältlich sein (Hydrogen Fuel News 01.09.2019), allerdings haben Fahrzeughersteller durch die fehlende Infrastruktur wenig Anreiz, die volle Bandbreite zu wettbewerbsfähigen Preisen anzubieten (Commonwealth of Australia 2019). Der zukünftige Marktanteil von Brennstoffzellenfahrzeugen hängt wesentlich vom Ausbau der Ladeinfrastruktur und Kostensenkungen der Fahrzeuge ab. Auch synthetische Kraftstoffe könnten zur Verringerung von Australiens Importabhängigkeit bei Ölprodukten zukünftig eine Rolle spielen und die Emissionen von Verbrennungsmotoren reduzieren (vergleiche Kapitel 3.3).

¹³ Bei der Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas entstehen einige Herausforderungen, u.a. würde die geringere Energiedichte von Wasserstoff zu höherer Volumina bei gleichem Energiebedarf führen. Vgl. IEA 2019, S. 71

¹⁴ Angenommen wird eine Auslastung von 35% der Elektrolyseure. Vgl. Palmer 2018, S. 45.

¹⁵ Der National Electricity Market verbindet die Stromsysteme in Ost- und Südaustralien.

Da nur 10% des australischen **Schiennetzes** elektrifiziert sind, stellt der Aufbau einer Infrastruktur zum Betrieb der Bahnen mit Wasserstoff eine interessante Alternative zur vollständigen Elektrifizierung dar (Commonwealth of Australia 2018).

Für die Stromversorgung abgelegener Orte werden die **Remote Area Power Systems** meist mit Diesel versorgt, teilweise auch mit Solar PV oder Hybridsystemen. Auch hier kann Wasserstoff eingesetzt werden, entsprechende Systeme sind teilweise bereits konkurrenzfähig (Palmer 2018).

Vor allem als **Saisonspeicher**¹⁶ für erneuerbar erzeugten Strom bietet Wasserstoff, oder wasserstoffbasierte Kraftstoffe, Möglichkeiten für das australische Stromsystem. Für die kurzfristige Speicherung werden Wasserstoff oder wasserstoffbasierte Kraftstoffe durch den geringeren Gesamtwirkungsgrad und hohe Kapitalkosten mittelfristig nicht konkurrenzfähig gegenüber Batterien und Pumpspeichern (Palmer 2018, vergleiche Kapitel 3.3).

Allerdings erscheint die Anwendung von Wasserstoff in allen genannten Anwendungen aufgrund der niedrigeren Energieeffizienz und des zu erwartenden Fortschritts in Technologien für die direkte Verwendung von Elektrizität unwahrscheinlich. Die IEA prognostiziert für Wasserstoff die **Integration in komplementäre Energiesysteme** (IEA 2019).

¹⁶ Wasserstoff eignet sich im Gegensatz zu Batteriespeichern eher zum längerfristigen, saisonalen Ausgleich von Stromerzeugung durch die Umwandlung von Strom in Wasserstoff und bei Bedarf Rückverstromung oder Nutzung für andere Anwendungen.

3 Treiber der Debatten

Der Aufbau einer Wasserstoffexportindustrie hat eine **selten breite Unterstützung** in der australischen Energiepolitik, sowohl über Parteigrenzen hinweg, als auch in Industrie und zivilgesellschaftlichen Organisationen (vergleiche auch Abbildung 1). Abweichungen gibt es aber bei den konkreten Vorstellungen und Erwartungen bezüglich der Energiequellen. Während Labor im Wahlkampf ankündigte, über 1 Mrd. AUD in den Aufbau einer auf Grünwasserstoff¹⁷ basierenden Exportindustrie zu investieren, ist die regierende Koalition mit konkreten Aussagen bisher zurückhaltender (The Guardian 22.01.2019). Erste Aussagen des Ressourcenministers Matt Canavan zur zukünftigen nationalen Strategie deuten an, dass die Regierung auch für die Kohleindustrie eine Rolle vorsieht (Canavan 2019). Dies ist auch schon aus dem gemeinsam von Victoria und Japan finanzierten Projekt zur Wasserstoffproduktion mittels Braunkohlevergasung im Labor-regierten Victoria ablesbar (vergleiche Kapitel 4). Andere Bundesstaaten wie South Australia positionieren sich trotz liberaler Regierung eindeutiger für grünen Wasserstoff (siehe Kapitel 1.2). Auch Umweltgruppen sind grundsätzlich positiv gegenüber dem Aufbau einer Exportindustrie, allerdings unter der Voraussetzung, dass diese auf Erneuerbaren Energien basiert.

3.1 Klimapolitik und Ausbau erneuerbarer Energien

Der **überproportionale Anteil Australiens an den weltweiten THG-Emissionen** könnte den Druck für ambitioniertere Klimaziele auf die australische Regierung erhöhen. Australien ist für 5% der globalen THG-Emission verantwortlich, wenn man zum inländischen Ausstoß auch die Exporte fossiler Energieträger hinzurechnet. Dieser Anteil könnte sogar noch signifikant (auf bis zu 17%) steigen, wenn die Kohle- und Gasindustrie wie geplant ausgebaut wird (Handelsblatt 23.07.2019). Die Wasserstoffexportindustrie wird daher langfristig als eine CO₂-freie/arme Alternative zum Export fossiler Brennstoffe betrachtet.

Eine auf Grünwasserstoff basierende Exportindustrie würde einen hohen und **potenziell kontroversen Kapazitätszubau** an Solar PV und Wind notwendig machen. Während die australische Bevölkerung grundsätzlich dem Ausbau von erneuerbaren Energien positiv gegenübersteht, gibt es auch teilweise lokalen Widerstand. Ein prominentes Beispiel ist die derzeitige Kritik des früheren Vorsitzenden der Grünen Bob Brown gegen einen Windpark in Tasmanien, die auf Naturschutzgründen fußt (The Guardian 15.07.2019). Es wird auch argumentiert, dass eine EE-basierte Wasserstoffproduktion den Zubau von Überkapazitäten erfordern würde, um selbst bei geringer EE-Stromproduktion die Wasserstoffnachfrage zu erfüllen (CO2CRC 26.07.2019).

¹⁷ Labor kündigte an, über 1 Mrd. AUD für Förderungen über die Clean Energy Finance Corporation (CEFC) und ARENA bereitzustellen. Direkte Förderung waren nur für Grünwasserstoff vorgesehen, allerdings hätte die fossil-basierte Wasserstoffproduktion von regulatorischen Reformen und Infrastrukturinvestitionen profitieren können. ARENA darf nur in erneuerbare Energien investieren, die CEFC darf CCS nicht fördern.

3.2 Ökonomische Bedeutung

Die **wirtschaftliche Bedeutung** des Aufbaus einer Wasserstoffindustrie ist das entscheidende Argument für die derzeitigen Bestrebungen, die Exportindustrie aufzubauen. Tabelle 4 zeigt den ökonomischen Beitrag, den die Wasserstoffexportindustrie in den verschiedenen Szenarien erbringen könnte. Wie bereits in Kapitel 1.1 beschrieben, ist das prognostizierte Volumen im Vergleich zu anderen Energieindustriezweigen sehr gering.

Tabelle 4: Wertschöpfung einer Wasserstoffexportindustrie in Australien

	Value-add		
	2025	2030	2040
Economic footprint	A\$m	A\$m	A\$m
Low H ₂ demand scenario	92	806	1,972
Medium H ₂ demand scenario	473	1,672	4,287
High H ₂ demand scenario	1,196	3,625	10,095
Employment footprint	FTE	FTE	FTE
Low H ₂ demand scenario	164	1,439	3,519
Medium H ₂ demand scenario	788	2,787	7,142
High H ₂ demand scenario	1,898	5,754	16,024

Quelle: ACIL Allen Consulting 2018, S. 53

Die entstehenden **Arbeitsplätze** wären voraussichtlich v.a. in der Nähe der Produktionsanlagen und EE-Kapazitäten lokalisiert. Weitere **indirekte wirtschaftliche Vorteile** werden in der Entwicklung von verbundenen Wirtschaftszweigen, steigender Ammoniakproduktion und der Ausbildung spezialisierter Fachkräfte erwartet (Commonwealth of Australia 2018).

Allerdings gibt es auch **Befürchtungen**, dass es zu einer ähnlichen Entwicklung wie mit der LNG Exportindustrie kommen könnte: aufgrund einer fehlenden Reserve für inländische Konsumenten führte das Wachstum der LNG-Exporte zu einer starken Erhöhung der Erdgaspreise und indirekt auch der Strompreise (Renew 2019, Magosch et al. 2019, Lambert and Ashworth 2018). Grundsätzlich aber ist die Unterstützung der australischen Bevölkerung für den Aufbau einer Wasserstoffexportwirtschaft stark (mit 72% Zustimmung, Lambert and Ashworth 2018).

3.3 Bedeutung für die Versorgungssicherheit

Australien besitzt nur vier Erdö Raffinerien zur Herstellung von flüssigen Kraftstoffen und muss daher 90% seines Verbrauchs u.a. aus dem Mittleren Osten und Asien importieren. Angesichts der **sehr niedrigen nationalen Reserven an Benzin, Diesel und Kerosin**, wurden kürzlich öffentlich Bedenken bezüglich der Versorgungssicherheit in diesem Bereich geäußert. Aufgrund der aktuellen Behinderungen der globalen Lieferkette in der Straße von Hormus hat die australische Regierung Verhandlungen mit der Trump Administration aufgenommen, um im Notfall Zugang zu den US-Reserven zu erhalten (The Guardian

17.07.2019, The Sydney Morning Herald 04.08.2019, ABC 05.08.2019). Die Möglichkeit, diese **Importabhängigkeit** durch die Eigenproduktion und Verwendung von Wasserstoff zu reduzieren und gleichzeitig eine Diversifizierung der Energiequellen zu erreichen, wurde erkannt und könnte je nach den geopolitischen Entwicklungen an Bedeutung gewinnen (Blackburn 2019, Feely 2019, Commonwealth of Australia 2019).

Mit steigenden Anteilen von EE-Erzeugung im australischen **Stromsystem** kann die (netzgebundene) Wasserstoffproduktion und –anwendung bei guter Planung mehrere Funktionen zur **Versorgungssicherheit und Systemstabilität** übernehmen. Dies schließt die saisonale Energiespeicherung, die Verfügbarkeit von Elektrolyseuren als flexible Lasten, die Verwendung von sonst abgeregeltem Strom und die Bereitstellung von Systemstabilitätsdienstleistungen ein. Bei schlechter Planung birgt der Anschluss von großen Elektrolyseurkapazitäten allerdings auch erhebliche Risiken für die Systemstabilität und könnte durch die hohe Nachfrage zu Engpässen und steigenden Preisen führen (Commonwealth of Australia 2019).

3.4 Gesellschaftliche Einstellung zu Sicherheit und Umweltaspekten

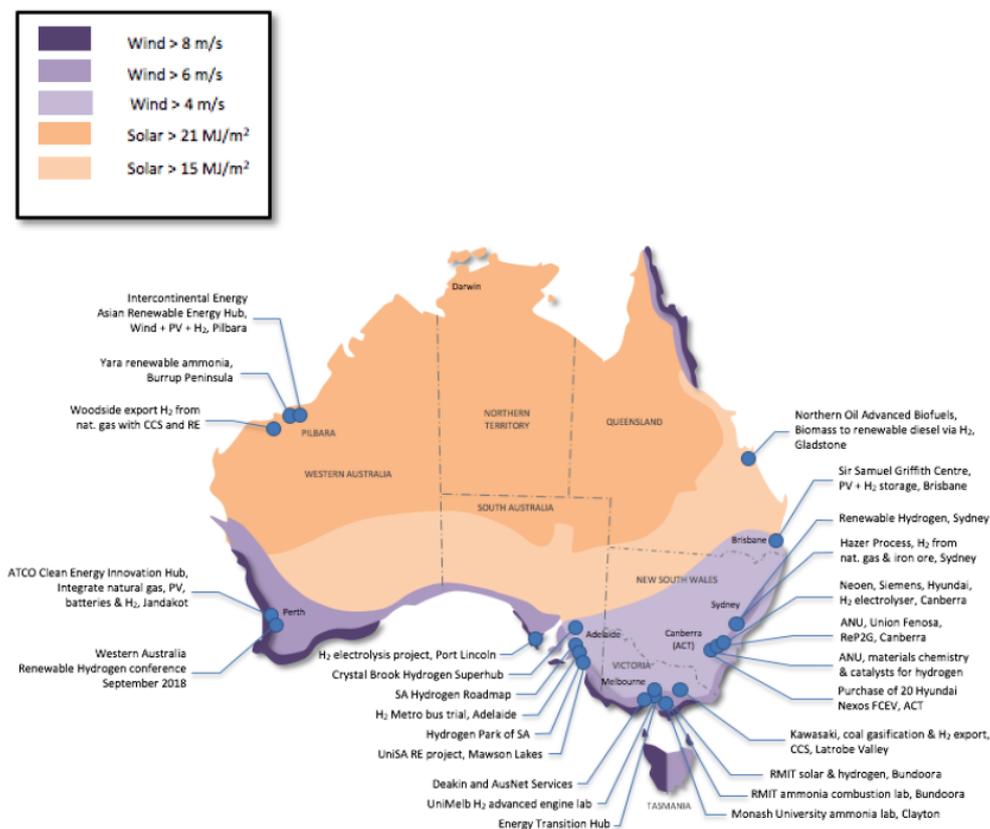
Eine Studie der University of Queensland ermittelte **hohe Zustimmung** der australischen Bevölkerung zum Aufbau einer Wasserstoffexportwirtschaft, allerdings auch einen allgemein niedrigen Wissensstand. Die größten Bedenken bestehen zu Sicherheitsaspekten wie **Volatilität und Brennbarkeit von Wasserstoff**. Die Einführung von Wasserstoff sollte daher mithilfe staatlicher Aufklärungsarbeit erfolgen (Lambert and Ashworth 2018).

Weitere wichtige Aspekte für die gesellschaftliche Zustimmung sind Umweltauswirkungen, einschließlich **Emissionen, CCS, Landnutzung und Wasserverbrauch**. Die größte Zustimmung erhielt die Wasserstoffproduktion mit erneuerbaren Energien (57%), nur 25% sind langfristig bereit, die Produktion durch fossile Brennstoffe und CCS zu tolerieren. Die Zustimmungswerte zur temporären fossil-basierten Produktion mit CCS sind etwas höher (Lambert und Ashworth 2018). Der Umweltverband Friends of the Earth lehnt die fossil-basierte Produktion wegen der Verlängerung von Bergbauaktivitäten und der damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Umwelt ab. Zudem halten Umweltverbände die großflächige Anwendung von CCS für unrealistisch, unwirtschaftlich, nicht energieeffizient und gefährlich (vergleiche Kapitel 2.1, Wattchow 2019).

4 Demonstrationsprojekte und Forschungsprogramme

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Demonstrationsprojekten und Forschungsprogrammen zu Wasserstoff in Australien, nachfolgend werden nur ausgewählte kurz beschrieben. Einen Überblick gibt Abbildung 7.

Abbildung 7: Überblick über Wasserstoffprojekte in Australien (Stand Nov 2018)



Source: Palmer 2018

Demonstrationsprojekte

Das größte derzeit geplante Leuchtturmprojekt ist der „Asian Renewable Energy Hub“ mit einer Kapazität von 15 GW in Solar PV und Wind in Western Australia. Bis zu 3 GW des Projekts sollen Strom für große Energieverbraucher in der Region erzeugen, während der überwiegende Teil der Kapazität für die Produktion von Grünwasserstoff für den inländischen Markt und den Export genutzt werden soll. Der ursprünglich angedachte Stromexport via Unterseekabel nach Asien wurde aus Kosten- und Komplexitätsgründen vorerst fallengelassen. Die finale Entscheidung zur Umsetzung des Projekts soll erst 2022/23 fallen, die Produktion könnte 2025/26 starten. Das Projektkonsortium besteht aus den Projektentwicklern InterContinental Energy und CWP Energy Asia, sowie Vestas und Macquarie (Asian Renewable Energy Hub 2017, RenewEconomy 04.04.2019). Eine

öffentliche Konsultation des Projektes wurde bis Ende Juni 2019 durchgeführt. Für das Projekt müssen weit über 12.000 Hektar Vegetation freigemacht werden und es wird die Schaffung von über 3.000 Arbeitsplätzen während der Bauphase erwartet (Zahlen basieren auf dem urspr. Umfang von 11 GW, PV Magazine 15.05.2019).

Der „**Crystal Brook Hydrogen Superhub**“ in South Australia umfasst über 300 MW Kapazität für Wind, Solar PV, und Batteriespeicher. Außerdem sind bis zu 50 MW Elektrolyseur geplant. Nach anfänglichem lokalem Widerstand, v.a. bezüglich der Höhe der Windräder und Nähe zur nächstgelegenen Ortschaft, halbierte der Projektträger Neoen Australia die Anzahl der geplanten Windräder und konnte sich die Förderung einer Machbarkeitsstudie für die geplante Produktion von Grünwasserstoff durch die Regierung von South Australia sichern. Die Finanzierungsentscheidung soll noch 2019 fallen (South Australian Government 2019a, The Flinders News 16.01.2019, ABC 08.10.2018).

Ein Konsortium aus **Thyssenkrupp** und **The Hydrogen Utility** (H2U), einem Projektentwickler für Wasserstoff, plant eine 30 MW Anlage für die Produktion von Grünwasserstoff und grünem Ammoniak in Port Lincoln in South Australia. Die Regierung von South Australia unterstützt die Finanzierung mit einer Förderung und der Bereitstellung von Krediten, das Projekt soll in 2020 starten (South Australian Government 2019b). Insgesamt hat die Regierung von South Australia über 17 Mio. AUD in vier Wasserstoffprojekte ko-investiert (South Australian Government 2019).

Das „**Hydrogen Energy Supply Chain**“ (HESC) ist das kontroverseste Wasserstoffprojekt Australiens. Im viktorianischen Latrobe Valley soll Wasserstoff aus Braunkohle hergestellt werden und mithilfe eines Spezialschiffes in flüssiger Form nach Japan exportiert werden. Gerade hat der Bau für die Anlagen der Pilotphase begonnen, die ab Mitte 2020 ein Jahr lang aus 160 Tonnen Braunkohle insgesamt 3 Tonnen Wasserstoff zum Export produzieren werden. Die Entscheidung zur Kommerzialisierung des Projektes soll dann in den 2020ern getroffen werden. In der Pilotphase werden die geringfügigen CO₂-Emissionen nicht abgeschieden. Für die Kommerzialisierungsphase ist CCS vorgesehen, aber es besteht weder eine Investitionsentscheidung, noch ist geklärt, welche Lagerstätte für die CO₂-Speicherung genutzt werden soll. Die viktorianische und nationale Regierung unterstützen das 500 Mio. AUD Projekt eines internationalen Konsortiums mit jeweils 50 Mio. AUD und betonen den Wert für Forschung und Innovation. Der Konsortialpartner AGL Energy erwartet die Neubelebung der Energieindustrie des Bundesstaates. Umweltverbände und Forscher zeigen sich entsetzt und kritisieren die hohen Kosten, die Laufzeitverlängerung des Kohleabbaus, die negativen Auswirkungen des Kohleabbaus auf die Kommunen und die unrealistische Annahme zur Anwendung von CCS in der Kommerzialisierungsphase (DIIS 2018, HESC 2019, Australian Mining 22.07.2019, RenewEconomy 12.04.2018, Environment Victoria 2018, Wattchow 2019).

Forschungsprogramme

Es gibt eine Vielzahl an Forschungsprogrammen, gefördert von staatlichen und nicht-staatlichen Einrichtungen. Im September 2018 verkündete **ARENA** die Förderung von 16 Forschungsprojekten verschiedener Universitäten und Institute zum Thema Export von Wasserstoff mit über 22 Mio. AUD (ARENA 06.08.2018).

Eines der größten Forschungsprojekte ist das mit über 90 Mio. AUD geförderte **Future Fuels Cooperative Research Centre** (CRC), welches in einem siebenjährigen Projekt den Übergang von Australiens Energieinfrastruktur zu einer emissionsärmeren Wirtschaft mit Anwendung von Biogas und Wasserstoff erforscht (Future Fuels CRC 01.06.2018).

5 Kooperationspotenziale mit Deutschland

Im Bereich Wasserstoff gibt es zwischen Australien und Deutschland Kooperationspotenzial zu einer Reihe von Aspekten. Die Zusammenarbeit kann innerhalb der bestehenden Energiepartnerschaft kurzfristig angestoßen werden.

Für deutsche Unternehmen können sich in Australien durch das prognostizierte Wachstum der Wasserstoffindustrie **umfangreiche Absatzmöglichkeiten** für Technologien im Bereich EE-Stromerzeugung, Elektrolyse, Transport und Lagerung von Wasserstoff, sowie für Produkte und Dienstleistungen bezogen auf Wasserstoffanwendungen ergeben. Besonders als Anbieter von Elektrolyseuren und im Bereich EE-Anlagenbau sind deutsche Unternehmen bereits in Australien aktiv. Elektrolyseure werden von Siemens gebaut, aktiv am Ausbau von Wind- und Solarkapazitäten beteiligt sind u.a. Siemens, Enercon, WestWind Energy, NewEn, Pro Ventum International, ibvogt, BayWa, Wirsol und innogy (The Guardian 07.04.2019, AHK Australien 2019). ThyssenKrupp baut in South Australia sowohl den Elektrolyseur sowie die Anlage zur Produktion von grünem Ammoniak (Ammonia Industry 26.07.2018).

Als **Herkunftsland für Wasserstoffimporte** nach Europa kommt Australien wegen der Entfernung eher nicht infrage. Aufgrund der Transportkosten (siehe Kapitel 2.2) ist es eher plausibel, dass die australische Wasserstoffproduktion nach Asien und in den Pazifikraum exportiert wird, während die europäische Nachfrage durch eigene Produktion und durch Importe aus näheren Regionen wie Nordafrika oder dem Mittleren Osten gedeckt wird. Allerdings liegt es im Interesse Deutschlands, dass Australien seine Produktion von Wasserstoff eher früher als später entwickelt. Zum einen können damit die technologische Lernkurve und Skaleneffekte weltweit angekurbelt werden. Zum anderen kann damit die zu erwartende Nachfrage aus Asien und dem Pazifikraum gedeckt werden, was die Marktpreise für Wasserstoff aus dem Mittleren Osten, die auch Europa bedienen kann, eher drücken wird.

Ein wichtiges, aktuelles Kooperationsfeld liegt in der Definition von **Standards und Zertifizierungsverfahren**. Bei der Entwicklung von technischen Standards ist Australien bereits vorangeschritten (siehe Tomevska 2018). Eine Analyse möglicher Abweichungen von den technischen Standards oder Zertifizierungsverfahren Deutschlands beziehungsweise der EU ist kein Gegenstand der vorliegenden Studie.

Bei den **Nachhaltigkeitsstandards** wäre es sinnvoll, eine gemeinsame Definition von Grünwasserstoff und von CO₂-armem Wasserstoff anzustreben. Denn Australien als eines der voraussichtlich größten Wasserstoffexportländer dürfte eine wichtige Rolle in der Etablierung internationaler Märkte spielen. Bei der Definition der Standards für auf EE-basierenden **Grünwasserstoff** werden Themen wie Herkunftsnachweise sowie Umwelt- und Sozialstandards für die EE-Erzeugung, die Wasserentsalzung und die Elektrolyse eine Rolle spielen. Gerade mit Australien wäre auch eine gemeinsame Definition von **CO₂-armem Wasserstoff** sehr relevant. Dabei spielen Themen wie die Grenzwerte bzw. der CO₂-Intensität des Wasserstoffs, die Definition der Grenzen der Lebenszyklus-Analyse, die Berücksichtigung von Methan-Lecks oder die Teilnahmberechtigung von auf Kernkraft basierenden Elektrolyseuren eine Rolle. Bemerkenswert hinsichtlich der CO₂-Intensität ist,

dass die australische Debatte gen viel **strengere Grenzwerte** zu tendieren scheint **als das EU-Herkunftsnachweissystem CertifHy**.¹⁸

Für einen Dialog bezüglich Standards und Zertifizierungsverfahren sollte selbstverständlich neben der bilateralen deutsch-australischen Energiepartnerschaft auch eine Zusammenarbeit in den relevanten **internationalen Gremien und Plattformen** gesucht werden.

¹⁸ Das Issue paper Guarantee of Origin des COAG Energy Council (Commonwealth of Australia 2019) merkt an, dass der CertifHy Grenzwert von 4,4 kg CO₂eq/kg H₂ sehr viel höher ist als die von CSIRO angenommenen (siehe Bruce et al. 2018, S. 67) Werte zwischen 0,71 und 0,76 kg CO₂eq/ kg H₂ für die Herstellung aus fossilen Brennstoffen.

Quellenverzeichnis

Alle Internetquellen zuletzt abgerufen zwischen dem 01.06. und 30.08.2019.

ABC 05.08.2019: Australia looks to access US fuel reserves to shore up supplies amid Persian Gulf tensions. Abrufbar unter: <https://www.abc.net.au/news/2019-08-05/australia-looks-to-buy-us-oil-amid-reserve-concerns/11384196>

ABC 8.10.2018: Opponents plan to fight ambitious Crystal Brook wind, solar and battery project. Abrufbar unter: <https://www.abc.net.au/news/2018-10-09/crystal-brook-wind-farm-plans-dont-include-hydrogen/10351080>

ACIL Allen Consulting 2018: Opportunities for Australia from Hydrogen Exports. Abrufbar unter: <https://arena.gov.au/assets/2018/08/opportunities-for-australia-from-hydrogen-exports.pdf>

AHK- Außenhandelskammer Australien 2019: German-Australian Business News 2019 No. 2. Abrufbar unter: https://australien.ahk.de/fileadmin/AHK_Australien/Documents_and_Images/Business_News/2019/web_BNQ2_2019.pdf

Ammonia Industry 26.07.2018: ThyssenKrupp's "green hydrogen and renewable ammonia value chain". Abrufbar unter: <https://ammoniaindustry.com/thyssenkrupps-green-hydrogen-and-renewable-ammonia-value-chain/>

ARENA – Australian Renewable Energy Agency 06.09.2018: Boosting research into exporting renewable hydrogen. Abrufbar unter: <https://arena.gov.au/news/boosting-research-into-exporting-renewable-hydrogen/>

Australian Academy of Science 2019: Submission to the National Hydrogen Strategy discussion paper. Abrufbar unter: <https://www.science.org.au/files/userfiles/support/emcr/documents/aas-submission-national-hydrogen-strategy.pdf>

Australian Conservation Foundation 2019: National Hydrogen Strategy Submission. Abrufbar unter: https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-request-for-input/consultation/view_respondent?uuld=662639573

Australian Mining 22.07.2019: Kawasaki begins construction of Victorian coal-to-hydrogen plant. Abrufbar unter: <https://www.australianmining.com.au/news/kawasaki-begins-construction-of-victorian-coal-to-hydrogen-plant/>

Beyond Zero Emissions 2019: The 10 Gigawatt Vision: How renewable energy can power jobs and investment in the Northern Territory. Abrufbar unter: https://bze.org.au/wp-content/uploads/10_GW_Vision_Final-Beyond-Zero-Emissions-NT-2019-compressed.pdf

Blackburn, J. 2019: National Hydrogen Strategy Discussion Paper Comment. Institute for Integrated Economic Research Australia. Abrufbar unter: https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-request-for-input/consultation/view_respondent?uuld=864221005

Burdon, Rebecca; G. Palmer, Dr. S. Chakraborty 2019: National Hydrogen Strategy – Submission. Abrufbar unter: <https://www.energy-transition->

[hub.org/files/resource/attachment/20190329_hub_submission_to_coag_national_hydrogen_strategy_1.pdf](https://www.hub.org/files/resource/attachment/20190329_hub_submission_to_coag_national_hydrogen_strategy_1.pdf)

Campey, T., Bruce, S., Yankos, T.*, Hayward, J., Graham, P., Reedman, L., Brinsmead, T., Deverell, J. 2017: Low Emissions Technology Roadmap. Abrufbar unter: <https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Low-Emissions-Technology-Roadmap>

Canavan, Senator the Hon Matt 01.03.2019: National hydrogen strategy open for public consultation. Joint media release with the Minister for Energy, the Hon Angus Taylor MP. Abrufbar unter: <https://www.minister.industry.gov.au/ministers/canavan/media-releases/national-hydrogen-strategy-open-public-consultation>

Carbon Storage Taskforce 2009, National Carbon Mapping and Infrastructure Plan – Australia: Full Report. Abrufbar unter: [http://www.parliament.wa.gov.au/parliament/commit.nsf/\(\\$lookupRelatedDocsByID\)/518FAC2BBA6C246648257C29002DB8E6/\\$file/NCM_Full_Report.pdf](http://www.parliament.wa.gov.au/parliament/commit.nsf/($lookupRelatedDocsByID)/518FAC2BBA6C246648257C29002DB8E6/$file/NCM_Full_Report.pdf)

CO2CRC 26.07.2019: National Hydrogen Strategy Issue Papers 1 to 9 – CO2CRC Submission. Abrufbar unter: https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-issues-papers/consultation/view_respondent?b_index=0&uuld=476599247

COAG Energy Council 2018: Joint Ministerial Statement: Hydrogen. Abrufbar unter: <http://www.coagenergycouncil.gov.au/sites/prod.energycouncil/files/publications/documents/DIIS%20-%20Hydrogen%20Joint%20Ministerial%20Statement%20-%2020181219.pdf>

Commonwealth of Australia 2018: Hydrogen for Australia's Future. Abrufbar unter: https://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/HydrogenCOAGWhitePaper_WEB.pdf

Commonwealth of Australia 2018a: Proposal for a national hydrogen strategy. Abrufbar unter: <http://www.coagenergycouncil.gov.au/sites/prod.energycouncil/files/publications/documents/DIIS%20-%20Hydrogen%20Proposal%20-%2020181219.pdf>

Commonwealth of Australia 2019: National Hydrogen Strategy: Issues Paper Series. Abrufbar unter: <https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-issues-papers/>

Country Economy 2019: Rating: Australia Credit Rating. Abrufbar unter: <https://countryeconomy.com/ratings/australia>

CSIRO 2018: Bruce, S.; M. Temminghoff, J. Hayward, E. Schmidt, C. Munnings, D. Palfreyman, P. Hartley 2018: National Hydrogen Roadmap. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Abrufbar unter: <https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Hydrogen-Roadmap>

DFAT – Department of Foreign Affairs and Trade 2019: Trade, investment and economic factsheets: Australian trade indicators factsheet. Abrufbar unter: <https://dfat.gov.au/about-us/publications/trade-investment/Pages/trade-investment-and-economic-factsheets.aspx>

DIIS - Department of Industry, Innovation and Science 2018: Hydrogen Energy Supply Chain Pilot Project. Abrufbar unter: <https://www.industry.gov.au/funding-and-incentives/mining/mining/low-emissions-technologies-for-fossil-fuels/hydrogen-energy-supply-chain-pilot-project>

Edwards, R.; J-F. Larivé; D. Rickeard; W. Weindorf 2014: Well-to-Wheels Analysis of future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Technical Report by the Joint Research Centre of the European Commission. Abrufbar unter: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85326/wtt_report_v4a_april2014_pubsy.pdf

Environment Victoria 13.07.2018: Converting brown coal to hydrogen? The dirty details on another coal boondoggle. Abrufbar unter:

<https://environmentvictoria.org.au/2018/07/13/converting-brown-coal-to-hydrogen-the-dirty-details-on-another-coal-boondoggle/>

Examiner 01.09.2019: Labor questions government's commitment to Bell Bay jobs as TEMCO review continues. Abrufbar unter: <https://www.examiner.com.au/story/6305750/labor-questions-government-on-bell-bay-jobs/?cs=95>

Feely, G. 2019: Submission to the COAG Energy Council Hydrogen Working Group 'Australia's National Hydrogen Strategy' Consultation from Genevieve Feely. Australian Strategic Policy Institute. Abrufbar unter: https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-request-for-input/consultation/view_respondent?uuld=107653095

FuelCellsWorks 31.07.2019: New South Wales Gearing up for a Green Hydrogen Gas Future. Abrufbar unter: <https://fuelcellsworks.com/news/new-south-wales-gearing-up-for-a-green-hydrogen-gas-future/>

Future Fuels CRC 01.06.2018: Future Fuels CRC funding to support Australia's energy transformation. Abrufbar unter: <https://www.futurefuelscrc.com/blog/2018/06/future-fuels-crc-funding-to-support-australias-energy-transformation>

Gasworld 08.05.2019: First public hydrogen station confirmed for Australian capital. Abrufbar unter: <https://www.gasworld.com/hydrogen-station-confirmed-for-canberra/2017168.article>

Gasworld 19.03.2019: Toyota to transform old factory site to \$7.4m hydrogen hub. Abrufbar unter: <https://www.gasworld.com/toyota-to-build-74m-hydrogen-hub/2016842.article>

Geoscience Australia 2019: Gas. Abrufbar unter: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/energy/resources/petroleum-resources/gas>

Geoscience Australia 2019a: Coal. Abrufbar unter: <https://www.ga.gov.au/data-pubs/data-and-publications-search/publications/australian-minerals-resource-assessment/coal>

Global CCS Institut 2018: Facilities Database. Abrufbar unter: <https://co2re.co/FacilityData>

Handelsblatt 23.07.2019: Australien wird zur „Emissions-Supermacht“. Abrufbar unter: https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/klimapolitik-australien-wird-zur-emissions-supermacht/24686396.html?j=396853&sfmc_sub=286951841&l=266_HTML&u=11837603&mid=7322111&jb=11&ticket=ST-475820-zHOq4niLyFgFQpvASoqr-ap2

HESC – Hydrogen Energy Supply Chain 2019: Carbon capture and storage. Abrufbar unter: <https://hydrogenenergysupplychain.com/community-and-sustainability/>

Hydrogen Fuel News 01.08.2019: Hydrogen fuel stations are being commissioned in Western Sydney. Abrufbar unter: <http://www.hydrogenfuelnews.com/hydrogen-fuel-stations-are-being-commissioned-in-western-sydney/8537979/>

IEA 2019: The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities. Abrufbar unter: <https://webstore.iea.org/the-future-of-hydrogen>

IRENA 2019: Global Atlas for Renewable Energy. Abrufbar unter: <https://irena.masdar.ac.ae/gallery/#map/543>

IHK – Industrie- und Handelskammern Bayern 2018: Exportbericht Australien. Abrufbar unter: <https://www.auwi-bayern.de/awp/inhalte/Laender/Anhaenge/exportbericht-australien-2014-neu2.pdf>

Jacobs 2019: Australia's pursuit of a large scale hydrogen economy. Abrufbar unter: https://www.jacobs.com/sites/default/files/content/article/attachments/Hydrogen_White_Paper_May2019.pdf

Jensterle, M.; J. Narita, R. Piria; J. Schröder; K. Steinbacher; F. Wahabzada; T. Zeller; K. Crone; S. Löchle 2019: Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenziale für Deutschland.

Lambert, Dr. V. und P. Ashworth December 2018: The Australian public's perception of hydrogen for energy. Brisbane: University of Queensland. Abrufbar unter: <https://arena.gov.au/assets/2018/12/the-australian-publics-perception-of-hydrogen-for-energy.pdf>

Magosch, M.; R. Piria; J. Eckardt 2019: Überblick über die australische Energiepolitik (Aktualisierung Juli 2019). Berlin: adelphi/RAP. Abrufbar unter: <https://www.adelphi.de/de/publikation/%C3%BCberblick-%C3%BCber-die-australische-energiepolitik-0>

METI – Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan 16.06.2019: Memorandum of Cooperation on Energy and Minerals Cooperation between Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan and Department of the Environment and Energy of Australia. Abrufbar unter: https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190618008/20190618008_08.pdf

New South Wales Government 2019: NSW Electric and hybrid vehicle plan. Abrufbar unter: <https://future.transport.nsw.gov.au/sites/default/files/media/documents/2019/Future%20Transport%20NSW%20Electric%20%26%20Hybrid%20vehicle%20plan.pdf>

OECD – the Observatory of Economic Complexity 2019: Ammonia. Abrufbar unter: <https://oec.world/en/profile/hs92/2814/>

O'Neill, L.; Thorburn, K.; Hunt, J. 2019: Ensuring Indigenous benefit from large-scale renewable energy projects: Drawing on experience from extractive industry agreement making and the importance of policy settings. Centre for Aboriginal Economic Policy Research, Australian National University. Abrufbar unter: <https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/157026/4/01%20%20Viennet%20E%20et%20al%20Public%20Health%20Responses%202016.pdf>

Palmer, Graham 2018: Australia's Hydrogen Future. Melbourne: The University of Melbourne, published for the Energy Transition Hub. Abrufbar unter: <https://www.energy-transition-hub.org/resource/australias-hydrogen-future-research-report>

Perner, Dr. J. und Bothe, Dr. D. 2018: International Aspects of a Power-to-X Roadmap. A report prepared for the World Energy Council Germany by Frontier Economics. Abrufbar unter: <https://www.frontier-economics.com/media/2642/frontier-int-ptx-roadmap-stc-12-10-18-final-report.pdf>

PV Magazine 15.05.2019: Public consultation opens for 11 GW renewable energy hub. Abrufbar unter: <https://www.pv-magazine-australia.com/2019/05/15/public-consultation-opens-for-11-gw-renewable-energy-hub/>

PV Magazine 29.03.2019: Queensland sends first green hydrogen shipment to Japan. Abrufbar unter: <https://www.pv-magazine-australia.com/2019/03/29/queensland-sends-first-green-hydrogen-shipment-to-japan/>

Queensland Government 2019: Queensland Hydrogen Industry Strategy 2019–2024. Abrufbar unter: <http://www.dsdmip.qld.gov.au/resources/strategy/queensland-hydrogen-strategy.pdf>

Queensland Government 30.05.2019: Queensland positioned to power the hydrogen highway. Abrufbar unter: <http://statements.qld.gov.au/Statement/2019/5/30/queensland-positioned-to-power-the-hydrogen-highway>

Renew 2019: Hydrogen: Help or Hype? Abrufbar unter: <https://renew.org.au/wp-content/uploads/2019/06/HydrogenHelpOrHype02d.pdf>

RenewEconomy 12.04.2018: Turnbull's brown coal hydrogen horror show: \$500m for 3 tonnes. Abrufbar unter: <https://reneweconomy.com.au/turnbulls-brown-coal-hydrogen-horror-show-500m-for-3-tonnes-70932/>

RenewEconomy 04.04.2019: Huge Pilbara wind and solar project may get even bigger as focus turns to green hydrogen. Abrufbar unter: <https://reneweconomy.com.au/huge-pilbara-wind-and-solar-project-may-get-even-bigger-as-focus-turns-to-green-hydrogen-64292/>

RenewEconomy 12.07.2019: Pilbara green hydrogen project grows to 15GW wind and solar. Abrufbar unter: <https://reneweconomy.com.au/pilbara-green-hydrogen-project-grows-to-15gw-wind-and-solar-97972/>

Rödl & Partner 08.08.2018: Kapitalkosten bei internationalen Unternehmenskäufen: Stolperstein auf dem Weg zu einem angemessenen Kaufpreis. Abrufbar unter: <https://www.roedl.de/themen/kaufpreis-unternehmen>

South Australian Government 2017: A Hydrogen Roadmap for South Australia - Accelerating South Australia's transition to a clean, safe and sustainable hydrogen economy. Abrufbar unter: https://virtualpowerplant.sa.gov.au/sites/default/files/public/basic_page_attachments/12/19/1844568320/hydrogen-roadmap-11-sept-2017.pdf

South Australian Government 2019: Hydrogen Projects. Abrufbar unter: <http://www.renewablessa.sa.gov.au/topic/hydrogen/hydrogen-projects>

South Australian Government 2019a: Neoen Australia Hydrogen Super Hub. Abrufbar unter: <http://www.renewablessa.sa.gov.au/topic/hydrogen/hydrogen-projects/neoen-australia-hydrogen-super-hub>

South Australian Government 2019b: Hydrogen and green Ammonia production facility. Abrufbar unter: <http://www.renewablessa.sa.gov.au/topic/hydrogen/hydrogen-projects/hydrogen-green-ammonia-production-facility>

Taylor MP, The Hon Angus; Senator the Hon M. Canavan; The Hon D. Harwin MLC; The Hon L. D'Ambrosio MP; The Hon J. Symes MP; The Hon D. van Holst Pellekaan MP; The Hon Dr. A. Lynham MP; The Hon B. Johnston MLA; The Hon S. Courtney MP; The Hon G. Barnett MP; S. Rattenbury MLA; The Hon K. Vowles MLA; The Hon N. Manison MLA 19.12.2018: Joint Ministerial Statement: Hydrogen. Abrufbar unter: <http://www.coagenergycouncil.gov.au/sites/prod.energycouncil/files/publications/documents/DIIS%20-%20Hydrogen%20Joint%20Ministerial%20Statement%20-%2020181219.pdf>

Taylor MP, The Hon Angus 19.06.2019: New Australia-Japan partnership for strong energy and resources future. Joint press release with Senator the Hon Matt Canavan, Minister for Resources and Northern Australia. Abrufbar unter: <https://minister.environment.gov.au/taylor/news/2019/new-australia-japan-partnership-strong-energy-and-resources-future>

The Asian Renewable Energy Hub 2017: Clean energy for the Pilbara and for South East Asia. Abrufbar unter: <https://asianrehub.com/about/>

The Australia Institute 2018: Sunk costs: Carbon capture and storage will miss every target set for it. Abrufbar unter: <http://www.tai.org.au/sites/default/files/P546%20Sunk%20costs%20%5BWEB%5D.pdf>

- The Chemical Engineer 03.07.2019: Hydrogen in South Australia. Abrufbar unter: <https://www.thechemicalengineer.com/features/hydrogen-in-south-australia/>
- The Flinders News 16.01.2019: Neoen responds to verbal submissions about Crystal Brook Energy Park. Abrufbar unter: <https://www.theflindersnews.com.au/story/5853074/neoen-responds-to-verbal-submissions-about-crystal-brook-energy-park/>
- The Guardian 22.01.2019: Labor promises to ‚supercharge‘ hydrogen industry as green groups say ‚no role for coal‘. Abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/australia-news/2019/jan/22/labor-promises-to-supercharge-hydrogen-industry-as-green-groups-say-no-role-for-coal>
- The Guardian 07.04.2019: 'The perfect storm': hydrogen gains ground on LNG as alternative fuel. Abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/environment/2019/apr/08/the-perfect-storm-woodside-energy-and-siemens-invest-in-australias-hydrogen-economy>
- The Guardian 15.07.2019: Bob Brown rebukes Tasmanian windfarm project as the new Franklin dam. Abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/australia-news/2019/jul/15/bob-brown-rebukes-tasmanian-windfarm-project-as-the-new-franklin-dam>
- The Guardian 17.07.2019: Australia urged to move away from oil dependency or risk fuel supply crisis. Abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/australia-news/2019/jul/17/australia-urged-to-move-away-from-oil-dependency-or-risk-fuel-supply-crisis>
- The Guardian 08.08.2019: Gorgon LNG plant begins long-delayed carbon capture and storage project. Abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/australia-news/2019/aug/08/gorgon-lng-plant-begins-long-delayed-carbon-capture-and-storage-project>
- The Sydney Morning Herald 05.07.2019: Japan's clean energy quest could fuel Australia's hydrogen export industry. Abrufbar unter: <https://www.smh.com.au/politics/federal/japan-s-clean-energy-quest-could-fuel-australia-s-hydrogen-export-industry-20190705-p524hw.html>
- The Sydney Morning Herald 13.05.2019: How do Labor and the Coalition plan to cut carbon emissions? Abrufbar unter: <https://www.smh.com.au/federal-election-2019/how-do-labor-and-the-coalition-plan-to-cut-carbon-emissions-20190429-p51ic8.html>
- The Sydney Morning Herald 04.08.2019: Australia negotiating with Trump administration to buy emergency oil supplies. Abrufbar unter: <https://www.smh.com.au/politics/federal/australia-negotiating-with-trump-administration-to-buy-emergency-oil-supplies-20190801-p52cti.html>
- The West Australian 16.02.2019: Yara aims to move WA into green hydrogen. Abrufbar unter: <https://thewest.com.au/business/energy/yara-aims-to-move-wa-into-green-hydrogen-ng-b881106808z>
- Tomevska, S. 2018: Hydrogen Standards Forum Outcomes Report. Standards Australia. Abrufbar unter: <https://www.standards.org.au/getmedia/d51f264c-4744-45d7-a3eb-057c6fa19e0a/Hydrogen-Standards-Forum-Outcomes-Report.aspx>
- Utility Magazine 29.07.2019: The ACT's 'renewable and reliable' hydrogen future. Abrufbar unter: <https://utilitymagazine.com.au/the-acts-renewable-and-reliable-hydrogen-future/>
- Victoria Government 2019: Victorian Hydrogen Investment Program. Abrufbar unter: <https://www.energy.vic.gov.au/renewable-energy/victorian-hydrogen-investment-program>
- Wattchow, K. 2019: COAG National Hydrogen Policy - Key Policy Questions. Friends of the Earth Australia Abrufbar unter: <https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy->

[taskforce/national-hydrogen-strategy-request-for-input/consultation/view_respondent?uuld=147180824](#)

Western Australian Government 2019: Western Australian Renewable Hydrogen Strategy.

Abrufbar unter:

http://www.drd.wa.gov.au/Publications/Documents/wa_renewable_hydrogen_strategy.pdf

Western Australian Government 2019a: Western Australia Liquefied Natural Gas Profile July

2019. Abrufbar unter: https://www.jtsi.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa-lng-profile-0719.pdf?sfvrsn=afe7701c_4

World Bank 2019: Doing Business 2019, Training for Reform. Abrufbar unter:

<https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2019>