



Dokumentation

Literaturquellen zu Einzelfragen der Wasserstoffforschung

Literaturquellen zu Einzelfragen der Wasserstoffforschung

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 151/19

Abschluss der Arbeit:

15. Januar 2020

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzugeben und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Wasserstoffforschung	5
2.1.	Förderung der Wasserstoffforschung durch die Bundesregierung	5
2.2.	Förderung der Wasserstoffforschung durch die Bundesländer	8
2.3.	Auswirkungen der Wasserstoffforschung	9
3.	Wasserstoffforschung für den Verkehrssektor	11
4.	Quellenverzeichnis	14

1. Einleitung

Wasserstoff wird als Verbrennungsrohstoff bereits eingesetzt und einen Markt für Wasserstoff gibt es schon. Die Herausforderung für die Wasserstoffverwendung ist die „Ökologisierung“ von Wasserstoff als Energieträger. Derzeit werden etwa 95 % des Wasserstoffs mit Hilfe der Dampf-Methanreformierung (SMR) aus fossilen (kohlenstoffhaltigen) Energieträgern und Wasser produziert. Da dieser Vorgang direkt CO₂ produziert, bezeichnet man diesen Wasserstoff als „grau“. „Blauer Wasserstoff basiert ebenfalls auf fossilen Energiequellen, jedoch werden die CO₂-Emissionen gespeichert oder finden als Grundstoff in der Industrie Verwendung.“¹ Die CO₂-Reduktionsziele verlangen, dass die Industrie von „grau nach blau“ wechselt. Dies soll beispielsweise durch die Anwendung von Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) erreicht werden. In einem weiteren Schritt soll grüner Wasserstoff genutzt werden. Grüner Wasserstoff entsteht bei der Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energien für die Herstellung von Wasserstoff mit Hilfe der Wasserelektrolyse. Technologisch sind diese Verfahren umsetzbar, aber der Industrie bisher nicht kostengünstig genug.²

Die Wissenschaftlichen Dienste haben in ihren Arbeiten den Stand der Wasserstofftechnologie und Einzelaspekte, die im Kontext zu Wasserstofftechnologien stehen, beschrieben. Grundlegende Informationen zu den Wasserstofftechnologien beinhalten folgende Arbeiten:

- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2014) „Wasserstofftechnologie“, WD 8-026-14 (s. Anlage)
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2015). „Anmerkungen zu einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft“, WD 8-009-15 (s. Anlage)
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2019). „Grenzwerte von Wasserstoff (H₂) in der Erdgasinfrastruktur“, WD 8-066-19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/646488/a89bbd41acf3b90f8a5fbfbcb8616df4/WD-8-066-19-pdf-data.pdf>

1 World Energy Council, The Netherlands (2018). „Hydrogen - Industry as Catalyst“, <http://www.wereldenergieraad.nl/wp-content/uploads/2019/02/190207-WEC-brochure-2019-A4.pdf>

Institut der deutschen Wirtschaft (idw) (2019). „Energie aus Wasserstoff – eine Chance für das Klima“, <https://www.iwd.de/pdf/energie-aus-wasserstoff-eine-chance-fuer-das-klima-446387/> vom 15.10.2019:

„Grauer Wasserstoff wird auf Basis fossiler Energieträger wie Erdgas und Rohöl hergestellt, die Emissionen gelangen in die Atmosphäre.

Blauer Wasserstoff basiert ebenfalls auf fossilen Energiequellen, jedoch werden die CO₂-Emissionen gespeichert oder finden als Grundstoff in der Industrie Verwendung.

Grüner Wasserstoff ist die klimafreundlichste Alternative, weil er vollständig aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Dies geschieht vorrangig mittels Wasserelektrolyse aus regenerativ erzeugtem Überschussstrom.“

2 World Energy Council, The Netherlands (2018). „Hydrogen - Industry as Catalyst“, <http://www.wereldenergieraad.nl/wp-content/uploads/2019/02/190207-WEC-brochure-2019-A4.pdf>

2. Wasserstoffforschung

Eine Arbeit der Wissenschaftlichen Dienste beinhaltet neben den Quellen zum Stand der Technik, zu Produktionsprozessen und Herkunft des Wasserstoffs, zu ökonomischen Aspekten und zum CO₂-Fußabdruck insbesondere eine Übersicht der Wasserstoffstrategien ausgewählter Staaten. Bei den Strategien handelt es sich um nationale Strategien der einzelnen Staaten, sowie um Strategien der industriellen Verbände.³

2.1. Förderung der Wasserstoffforschung durch die Bundesregierung

Das Regierungsprogramm „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016–2026 von der Markt vorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten“ zur Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2006–2016 (NIP)“ ist ein gemeinsames Programm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). „Das Programm identifiziert geplante Handlungsfelder. Die einzelnen Themen werden gemäß den Zuständigkeiten mit Haushaltsmitteln der jeweiligen Bundesressorts aufgegriffen. Die programmatische Koordinierung unter den Ressorts erfolgt unter Einbindung der NOW GmbH als gemeinsame Programmgesellschaft. Den Vorsitz des Aufsichtsrates der NOW GmbH übernimmt weiterhin das BMVI.“ Siehe dazu vertiefend folgende Quellen:

- Die Bundesregierung (2019). „Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016-2026 – von der Markt vorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten zur Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2006-2016 (NIP)“, https://www.now-gmbh.de/content/2-bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/1-foerderrichtlinien/regierungsprogramm_h2bz.pdf
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2015). Dokumentation „Saubere Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzellen“, WD 5 - 105/15, <https://www.bundestag.de/resource/blob/487668/96da97f2d1ac39a6763a559d32ea525e/wd-5-105-16-pdf-data.pdf>
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2010). Ausarbeitung Mobilität der Zukunft“, WD 5 - 50/10, <https://www.bundestag.de/resource/blob/410886/22bbb0955b2f670ec4f094a1d5de5040/WD-5-050-10-pdf-data.pdf>.

Die Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft im Bereich Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien belief sich 2015 auf 20,22 Millionen Euro (2014: 24,1 Millionen Euro) für insgesamt 119 Projekte. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fördert innerhalb des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“ marktvorbereitende Aktivitäten in Form von Demonstrationsprojekten, Feldtests und Infrastrukturmaßnahmen mit durchschnittlich ca. 50 Millionen Euro jährlich. BMWi und

3 Wissenschaftliche Dienste (2019). „Wasserstoffstrategien - National und international“, WD 8-3000-134/19, s. Anlage. Die deutsche Wasserstoffstrategie wird derzeit erarbeitet: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019). „Nationale Wasserstoffstrategie“, <https://www.bmbf.de/de/nationale-wasserstoffstrategie-9916.html>

BMBF unterstützten die Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im Jahr 2014 mit rund 27,2 Millionen Euro bei 117 laufenden Vorhaben.

- Projektträger Jülich (PtJ) (2016). Bundesbericht Energieforschung 2016, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2016.pdf?blob=publicationFile&v=18>
- Projektträger Jülich (PtJ) (2015). Bundesbericht Energieforschung 2015, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2015.pdf?blob=publicationFile&v=11>

Die Bundesregierung schreibt in ihrer Stellungnahme zum Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019: „Im September 2018 ist das 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung verabschiedet worden. Mit den zentralen Forschungsfeldern Energieeffizienz und Erneuerbare Energien sowie systemübergreifenden Forschungsthemen zu Digitalisierung, der Sektorenkopplung und der Energiewende im Wärme-, Industrie- und Verkehrssektor einschließlich gesellschaftlicher Fragestellungen rückt die Transformation des Gesamtsystems in den Fokus der Forschungsförderung. Dafür sollen im Zeitraum von 2018 bis 2022 rund 6,4 Mrd. Euro zur Verfügung gestellt werden“. In den Reallaboren⁴ der Energiewende wird auch zu grünen Wasserstofftechnologien geforscht. Aktuelle Meilensteine und Aktivitäten sind dabei auch „FuE-Maßnahmen und Beschaffungsförderung zur Weiterentwicklung bzw. Marktaktivierung der Brennstoffzellentechnologie (NIP II – Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie und 7. Energieforschungsprogramm)“.

Deutscher Bundestag (2019). Unterrichtung durch die Bundesregierung, „Fortschrittsbericht zur Hightech-Strategie 2025, Stellungnahme der Bundesregierung zum Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019“, BT-Drs 19/13030, <http://dserver.bundestag.btg/btd/19/130/1913030.pdf>

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie schreibt zur bisherigen und zukünftigen Wasserstoffforschung: „Seit dem Jahr 2007 wird das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) als ressortübergreifendes Programm gemeinsam mit der Industrie und der Wissenschaft umgesetzt. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat mit 500 Mio. EUR im Zeitraum von 2007 bis 2016 hierzu beigetragen. [...] Bisher hat NIP Maßnahmen der Markt vorbereitung entsprechender Technologien gefördert. [...] Die Bundesregierung hat 2016 ein ressortübergreifendes Regierungsprogramm zur Fortsetzung des NIP bis zum Jahr 2026 erstellt, in dem die Förderaktivitäten der Bundesregierung sowie das gemeinsame Vorgehen verankert werden.“ Die Maßnahmen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zur Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) 2016–2026 werden bis 2019 mit 250 Mio. EUR gefördert.

4 Reallabore sind zeitlich und räumlich begrenzte Testräume, in denen innovative Technologien oder Geschäftsmodelle unter realen Bedingungen erprobt werden. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Freiräume für Innovationen - Das Handbuch für Reallabore“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/handbuch-fuer-reallabore.pdf?blob=publicationFile>

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019). Förderdatenbank, „Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP) - Maßnahmen der Forschung, Entwicklung und Innovation - Schwerpunkt Nachhaltige Mobilität“, <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=13201>
- NOW GmbH (2019). „Förderrichtlinien/Förderaufrufe“, <https://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/foerderrichtlinien>
- „Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellen-technologie (NIP) 2016 – 2026 Maßnahmen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Mobilität“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2862/live/lw_file/nip-massnahmen.pdf

Die Expertenkommission „Forschung und Innovation“ (EFI) beschreibt in ihrem Gutachten auch die Rolle der Wasserstoffelektrolyse und Marktexternalitäten⁵ im Kontext der Energiewende.

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2019). „Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019“, Kapitel B 2 „Innovationen für die Energiewende“, BT-Drs 19/8400, <http://dserver.bundestag.btg/btd/19/084/1908400.pdf>.

Weitere Aspekte zur Wasserstoffforschung behandeln die folgenden Quellen:

- Deutsches Institut für Wirtschaft (DIW) (2019). Kommentar „Power-to-X so wenig wie nötig so viel wie möglich“, https://www.diw.de/de/diw_01.c.673405.de/publikationen/wochenberichte/2019_35/power_to_x_so_wenig_wie_noetig_nicht_so_viel_wie_moeglich_kommentar.html
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2019). „Elektromobilität mit Wasserstoff/Brennstoffzelle“, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/elektromobilitaet-mit-wasserstoff.html>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019). „Globale Führungsrolle sichern: Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft diskutieren Ideen für die Nationale Wasserstoffstrategie“, <https://www.bmbf.de/de/globale-fuehrungsrolle-sichern-vertreter-aus-wissenschaft-wirtschaft-und-10050.html>

Beim Power-to-Gas- Verfahren wird Wasserstoff und/oder Methan hergestellt, um diese in der vorhandenen Erdgas-Infrastruktur zu speichern oder um sie zeitversetzt oder direkt verschiedenen Nutzungsarten, wie zum Beispiel als Rohstoff in der chemischen Industrie oder als Kraftstoff im Verkehrssektor, zu verwenden. Die Power-to-Gas-Technologie biete die Möglichkeit das Strom- und Gasnetz miteinander zu koppeln und für eine nachhaltige Energieversorgung mit Strom, Wärme und Kraftstoff unter Nutzung der vorhandenen Netze zur Energieverteilung und - speicherung einzusetzen.

5 Externalitäten werden allgemein definiert als Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf Dritte, für die keine Kompensation geleistet wird.

- Brinner, A. et al. (2018). Technologiebericht 4.1 „Power-to-gas (Wasserstoff)“, Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), https://epub.wupperinst.org/front-door/deliver/index/docId/7058/file/7058_Power-to-gas.pdf
- Eine Auswahl von Studien zum Stand der Forschung hat eine Arbeit der Wissenschaftlichen Dienste zusammengestellt. Wissenschaftliche Dienste (2019). „Power to Gas - Einzelfragen zum aktuellen Stand der Entwicklung“, WD 8-094-19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/664836/ccce78cea56363f98571e6c64f1b2b26/WD-8-094-19-pdf-data.pdf>

Aspekte über die Förderung des Blauen Wasserstoffs statt des Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien verbunden mit den Risiken höherer CO₂-Belastung diskutiert ein Artikel in:

Solarify (2019). „Fell: Ausstieg aus dem Ausstieg?“, <https://www.solarify.eu/2019/12/05/625-fell-ausstieg-aus-dem-ausstieg/>.

2.2. Förderung der Wasserstoffforschung durch die Bundesländer

Bisherige Fördergelder der Bundesländer nach Berichten des Forschungszentrums Jülich, Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaeftsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre

- 2010: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 15.145 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D992223F7205CE0539A695E86B577/live/document/bundeslnder_energieforschung_2010.pdf
- 2011: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 8.110 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D972FDE611D89E0539A695E868DB4/live/document/laenderbericht_2011.pdf
- 2012: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 5.404 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D7E3B26AA78DFE0539A695E8620E6/live/document/laenderbericht_2012.pdf
- 2013: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 12.293 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D3A1AEAF219B3E0539A695E86218E/live/document/laenderbericht_2013.pdf
- 2014: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 9.823 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/684E7C4C995F6DDAE0539A695E86B296/live/document/Laenderbericht_2014.pdf
- 2015: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 11.458 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/684E81D787F573B6E0539A695E868E2E/live/document/Laenderbericht_2015.pdf
- 2016: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 12.826 Tsd. EUR https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/70CDEF8A959D470DE0539A695E86F0E0/live/document/L%C3%A4nderbericht_2016.pdf

- 2017: Ausgaben „Brennstoffzellen/Wasserstoff“ 13.727 Tsd. EUR
https://www.ptj.de/lw_resource/databank/systemfiles/agent/ptjpublications/8D6315A9CDD67DF0E0539A695E86EB59/live/document/L%C3%A4nderbericht_2017.pdf

2.3. Auswirkungen der Wasserstoffforschung

Studien der Bundesregierung untersuchen die Auswirkungen u.a. auf Arbeitsplätze:

- Eine Studie des BMU untersucht detailliert die künftige Entwicklung auf den globalen Märkten der Erneuerbaren Energien und identifiziert die in den nächsten Jahrzehnten strategisch besonders bedeutsamen Auslandsmärkte: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2010). „Erneuerbar beschäftigt! - Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland“, https://elib.dlr.de/65777/1/broschuere_erneuerbar_beschaeftigt_final.pdf
- Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015). Endbericht „Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/beschaeftigung-durch-erneuerbare-energien-in-deutschland.pdf?blob=publicationFile&v=6>.
- Über die Ergebnisse der Studie berichtet ein Artikel in: CleanEnergy Project (2015). „BMWi-Studie: 230.000 neue Jobs durch Erneuerbare“, <https://www.cleanenergy-project.de/wirtschaft-unternehmen/gruener-arbeitsmarkt/bmw-studie-230-000-neue-jobs-durch-erneuerbare/>

Zur Messung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende im Allgemeinen hat ein Konsortium aus der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS), dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der Prognos AG und dem Fraunhofer ISI ein Forschungsvorhaben zu den makroökonomischen Wirkungen und Verteilungseffekten der Energiewende im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) bearbeitet. Es sind sechs Themenbereiche analysiert worden. Dabei wurde auch die Entwicklung mit und ohne Energiewende untersucht. Zu Projektbeginn untersuchten die Experten die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung und definierten die zentralen Größen wie Investitionen und Beschäftigung. Fragen der personellen Einkommensverteilung und der regionalen Wirkungen der Energiewende wurden vertieft betrachtet.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Studien des BMWi zur Energiewende und den Auswirkungen auf Investitionen, Wachstum und Beschäftigung“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/arbeitsplaetze-und-beschaeftigung.html>.

Die bisherigen Einzelberichte im Vorhaben haben verschiedene Themenfelder untersucht:

Die Studie "Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende" stellt Verteilungseffekte und Begrifflichkeiten systematisch dar und bietet einen umfassenden qualitativen Überblick der Zusammenhänge.

Lutz, Ch. (GWS), Breitschopf, B. (ISI) (2016). „Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/systematisierung-gesamtwirtschaftlichen-effekte-und-verteilungswirkungen-der-energiewende.pdf?blob=publicationFile&v=12>

Zwei weitere Studien stellen Daten für die Darstellung von ökonomischen Indikatoren, mit denen der Wandel des Energiesystems erkennbar wird, wie zum Beispiel zu Investition und Beschäftigung zusammen.

Studie 1: O'Sullivan, M. et al. (GWS) (2018). Ökonomische Indikatoren des Energiesystems Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 - 2016“,
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-und-energiowirtschaftliche-gesamtrechnung.pdf?blob=publicationFile&v=18>

Die Folgestudie "Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung" berücksichtigt zusätzlich das Jahr 2017 auf der Energieangebotsseite.

Studie 2: O'Sullivan, M. et al. (DIW) (2019). „Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017“,
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-der-energiebereitstellung.pdf?blob=publicationFile&v=2>

Eine quantitative Analyse unter der Annahme, dass es keine Energiewende gegeben hätte, wird in der Studie „Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende“ dargelegt.

Lutz, Ch. et al. (GWS) (2018). „Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende“,
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende.html>

Die Studie „Mögliche Engpässe der Energiewende“ zeigt, basierend auf einer Literaturrecherche für Deutschland, welche gesamtwirtschaftlichen und sozioökonomischen Zusammenhänge zu beachten sind, um Engpässe, wie beispielsweise Arbeits- und Fachkräfte oder Rohstoffe, bei der Umsetzung der Energiewende zu vermeiden.

Lutz, Ch. et al. (GWS) (2018). „Mögliche Engpässe für die Energiewende“,
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/moegliche-engpaesse-fuer-die-energiewende.html>

Eine Betrachtung zusätzlicher Wirkungen wie zum Beispiel der Beiträge der Energiewende zur Energiesicherheit, zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz finden sich in:

Lutz, Ch. et al. (GWS), Breitschopf, B. (ISI) (2018). Literaturstudie „Vorteile der Energiewende über die gesamtwirtschaftlichen Effekte hinaus“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/vorteile-der-energiewende-ueber-gesamtwirtschaftlichen-effekte-hinaus.pdf?blob=publicationFile&v=8>

Ausgewählte Verteilungseffekte der deutschen Energieversorgung betrachten:

- Bach, S. et al. (DIW) (2018). „Verteilungswirkungen der Energiepolitik – Personelle Ein-kommensverteilung“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/verteilungswirkungen-der-energiepolitiken.pdf?blob=publicationFile&v=8>;
- Ulrich, P. et al. (2018). „Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern - Methodische Ansätze und Ergebnisse“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende-in-den-bundeslaendern.pdf?blob=publicationFile&v=4>
- Ulrich, P. et al. (2018). „Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern - Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2016 in den Bundesländern“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/erneuerbar-beschaeftigt-in-den-bundeslaendern.pdf?blob=publicationFile&v=8>
- Prognos AG (2015). Schlussbericht „Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Energiewirtschaft“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/wertschoepfungs-und-beschaeftigungseffekte-der-energiewirtschaft.pdf?blob=publicationFile&v=4>

Zusätzliche Informationen sind auch im zweiten Fortschrittsbericht „Energie der Zukunft“ des BMWi enthalten. Das Monitoring beschreibt, inwieweit die im Energiekonzept genannten Ziele erreicht werden, und nennt in verschiedenen Bereichen weitere Maßnahmen zur Zielerreichung und Umsetzung der Energiewende.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): (2019). „Zweiter Fortschrittsbericht Energie der Zukunft“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschrittsbericht-monitoring-energiewende.html>

3. Wasserstoffforschung für den Verkehrssektor

In Deutschland unterstützen nationale Programme Wasserstofftechnologien, bei denen auch der Förderbereich „Sektorenkopplungen und Wasserstofftechnologien sowie Brennstoffzellentechnologien“ im Fokus stehen.

- Projektträger Jülich (PTJ) (2019). „Nationales Innovationsprogramm (NIP)“, <https://www.ptj.de/nip> und Deutscher Bundestag (2016). Unterrichtung „Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016 bis 2026 – von der Marktvorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten“, BT-Drs 19/9910
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2016). „Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) 2016 – 2026“, https://www.ptj.de/lw_re-source/datapool/systemfiles/cbox/2862/live/lw_file/nip-massnahmen.pdf

Das baden-württembergische Umweltministerium fördert ein Forschungsprojekt der Hochschule Esslingen. Ein Konsortium unter Leitung der Esslinger Wissenschaftler, untersucht, ob die Brennstoffzellen-Technologie bei LKW verlässlich einsetzbar und im Alltag praktikabel ist. Das Projekt mit dem Namen „Reallabor Hytruck“ hat einen Umfang von rund 840.000 Euro.

- Institut für Nachhaltige Energietechnik und Mobilität (INEM), Hochschule Esslingen (2019). „Brennstoffzellen für schwere Laster“, <https://www.hs-esslingen.de/hochschule/aktuelles/news/artikel/news/brennstoffzellen-fuer-schwere-laster/>
- Institut für Nachhaltige Energietechnik und Mobilität (INEM), Hochschule Esslingen (2018). „Effiziente Mobilitätskonzepte sind elektrisch“, <https://www.hs-esslingen.de/hochschule/aktuelles/news/artikel/news/effiziente-mobilitaetskonzepte-sind-elektrisch/>

Neben der Wasserelektrolyse ist die Plasmalyse ein weiteres Verfahren Wasserstoff zu produzieren. Bei der Plasmalyse wird kein H₂O, sondern die im Schmutzwasser enthaltenen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen wie Ammonium (NH₄⁺) gespalten. Das Schmutzwasser kommt dabei beispielsweise aus Klärwerken oder Biogasanlagen.

Technology Review (2019). „Wasserstoff: Von Bumm zu Boom“, <https://www.heise.de/tr/artikel/Wasserstoff-Von-Bumm-zu-Boom-4535677.html>, vom 25.10.2019.

Weitere Aspekte der Brennstoffzellen- und Wasserstoffforschung finden sich in folgenden Quellen:

Zwei Artikel in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung erläutern in kompakter Form den Stand der industriellen und institutionellen Brennstoffzellenforschung für den Verkehrssektor.

- Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) (2019). „Baden-Württemberg im Wasserstoff-Fieber“, vom 19.12.2019, Seite 3
- Frankfurter Allgemeine Zeitung, F+ (2019). „Wasserstoff, Mobilität der Zukunft?“ vom 2. November 2019

Ausführlichere Informationen zum Stand der Power-to-X-Technologien sind im folgenden Artikel beschrieben:

Spektrum der Wissenschaft (2019). „Strom im Tank“, <https://www.spektrum.de/news/power-to-x-technologien-sind-reif-fuer-den-markt/1658524>

Eine Zusammenfassung der institutionellen und industriellen Forschungsaktivitäten zur Wasserstoffforschung und zur künstlichen Fotosynthese und deren zukünftiges Potenzial zur Unterstützung unterschiedlicher Produktionsprozesse liefert ein Artikel in:

Spektrum der Wissenschaft (2020). „Energiewirtschaft - Wege zum Wasserstoff“ in 1.20 Seite 57-63, <https://www.spektrum.de/magazin/energiewirtschaft-wege-zum-wasserstoff/1686882>

In der Diskussion zu Brennstoffzellenantrieben und Batteriefahrzeugen spielen auch die unterschiedlichen Wirkungsgrade von 38 bzw. 68 % eine Rolle.

Technology Review (2019). „Akku contra Wasserstoff: Von Bumm zu Boom“, <https://www.heise.de/tr/artikel/Akku-contra-Wasserstoff-Von-Bumm-zu-Boom-4495313.html>, vom 14.8.2019

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband behandelt ein Fragenspektrum zu ökonomischen, ökologischen und technischen Aspekten der Verwendung von Wasserstoffs für unterschiedliche Anwendungsbereiche.

Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (DWV) (2015). „Wieviel kostet Wasserstoff?“, <https://www.dwv-info.de/wissen-und-unwissen/fragen-und-antworten/>

* * *

4. Quellenverzeichnis

Bach, S. et al. (DIW) (2018). „Verteilungswirkungen der Energiepolitik – Personelle Einkommensverteilung“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/verteilungswirkungen-der-energiepolitiken.pdf?blob=publicationFile&v=8>;

Brinner, A. et al. (2018). Technologiebericht 4.1 „Power-to-gas (Wasserstoff)“, Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7058/file/7058_Power-to-gas.pdf.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019). „Globale Führungsrolle sichern: Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft diskutieren Ideen für die Nationale Wasserstoffstrategie“, <https://www.bmbf.de/de/globale-fuehrungsrolle-sichern-vertreter-aus-wissenschaft-wirtschaft-und-10050.html>

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019). „Nationale Wasserstoffstrategie“, <https://www.bmbf.de/de/nationale-wasserstoffstrategie-9916.html>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2010). „Erneuerbar beschäftigt! - Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland“, https://elib.dlr.de/65777/1/broschuere_erneuerbar_beschaeftigt_final.pdf

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2019). „Elektromobilität mit Wasserstoff/Brennstoffzelle“, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/elektromobilitaet-mit-wasserstoff.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019). Förderdatenbank, „Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP) - Maßnahmen der Forschung, Entwicklung und Innovation - Schwerpunkt Nachhaltige Mobilität“, <http://www.foerder-datenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=13201>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Freiräume für Innovationen - Das Handbuch für Reallabore“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/handbuch-fuer-reallabore.pdf?blob=publicationFile>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Studien des BMWi zur Energiewende und den Auswirkungen auf Investitionen, Wachstum und Beschäftigung“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/arbeitsplaetze-und-beschaeftigung.html>.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): (2019). „Zweiten Fortschrittsbericht Energie der Zukunft“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschrittsbericht-monitoring-energiewende.html>

CleanEnergy Project (2015). „BMWi-Studie: 230.000 neue Jobs durch Erneuerbare“, <https://www.cleanenergy-project.de/wirtschaft-unternehmen/gruener-arbeitsmarkt/bmw-studie-230-000-neue-jobs-durch-erneuerbare/>

Deutscher Bundestag, Unterrichtung durch die Bundesregierung, „Fortschrittsbericht zur High-tech-Strategie 2025, Stellungnahme der Bundesregierung zum Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019“, BT-Drs 19/13030, <http://dserv.bundestag.btg/btd/19/130/1913030.pdf>

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2010). Ausarbeitung Mobilität der Zukunft“, WD 5 - 50/10, <https://www.bundestag.de/resource/blob/410886/22bbb0955b2f670ec4f094a1d5de5040/WD-5-050-10-pdf-data.pdf>.

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2014) „Wasserstofftechnologie“, WD 8-026-14

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2015). „Anmerkungen zu einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft“, WD 8-009-15

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2015). Dokumentation „Saubere Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzellen“, WD 5 - 105/15, <https://www.bundestag.de/resource/blob/487668/96da97f2d1ac39a6763a559d32ea525e/wd-5-105-16-pdf-data.pdf>,

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2019). „Grenzwerte von Wasserstoff (H₂) in der Erdgasinfrastruktur“, WD 8-066-19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/646488/a89bbd41acf3b90f8a5fbfbcb8616df4/WD-8-066-19-pdf-data.pdf>

Deutsches Institut für Wirtschaft (DIW) (2019). Kommentar „Power-to-X so wenig wie nötig so viel wie möglich“, https://www.diw.de/de/diw_01.c.673405.de/publikationen/wochenberichte/2019_35/power_to_x_so_wenig_wie_noetig_nicht_so_viel_wie_moeglich_kommentar.html

Die Bundesregierung (2019). „Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016-2026 – von der Markt vorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten zur Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2006-2016 (NIP)“, https://www.now-gmbh.de/content/2-bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoff-zelle/1-foerderrichtlinien/regierungsprogramm_h2bz.pdf,

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2019). „Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019“, Kapitel B 2 „Innovationen für die Energiewende“, BT-Drs 19/8400, <http://dserv.bundestag.btg/btd/19/084/1908400.pdf>.

Institut der deutschen Wirtschaft (idw) (2019). „Energie aus Wasserstoff - eine Chance für das Klima“, <https://www.iwd.de/pdf/energie-aus-wasserstoff-eine-chance-fuer-das-klima-446387/> vom 15.10.2019

Lutz, Ch. (GWS), Breitschopf, B. (ISI) (2016). „Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/systematisierung-gesamtwirtschaftlichen-effekte-und-verteilungswirkungen-der-energiewende.pdf?blob=publicationFile&v=12>

Lutz, Ch. et al. (GWS) (2018). „Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende.html>

Lutz, Ch. et al. (GWS) (2018). „Mögliche Engpässe für die Energiewende“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/moegliche-engpaesse-fuer-die-energiewende.html>

Lutz, Ch. et al. (GWS), Breitschopf, B. (ISI) (2018). Literaturstudie „Vorteile der Energiewende über die gesamtwirtschaftlichen Effekte hinaus“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/vorteile-der-energiewende-ueber-gesamtwirtschaftlichen-effekte-hinaus.pdf?blob=publicationFile&v=8>

NOW GmbH (2019). „Förderrichtlinien/Förderaufrufe“, <https://www.now-gmbh.de/de/bundesförderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/foerderrichtlinien>

O’Sullivan, M. et al. (DIW) (2019). „Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-der-energiebereitstellung.pdf?blob=publicationFile&v=2>

O’Sullivan, M. et al. (GWS) (2018). Ökonomische Indikatoren des Energiesystems Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 - 2016", <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-indikatoren-und-energiewirtschaftliche-gesamtrechnung.pdf?blob=publicationFile&v=18>.

Prognos AG (2015). Schlussbericht „Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Energiewirtschaft“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/wertschoepfungs-und-beschaeftigungseffekte-der-energiewirtschaft.pdf?blob=publicationFile&v=4>

Projektträger Jülich (PtJ) (2015). Bundesbericht Energieforschung 2015, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2015.pdf?blob=publicationFile&v=11>

Projektträger Jülich (PtJ) (2016). Bundesbericht Energieforschung 2016, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2016.pdf?blob=publicationFile&v=18>

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2010“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D992223F7205CE0539A695E86B577/live/document/bundeslnder_energieforschung_2010.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2011“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D972FDE611D89E0539A695E868DB4/live/document/laenderbericht_2011.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2012“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D7E3B26AA78DFE0539A695E8620E6/live/document/laenderbericht_2012.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2013“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/537D3A1AEAF219B3E0539A695E86218E/live/document/laenderbericht_2013.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2014“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/684E7C4C995F6DDAE0539A695E86B296/live/document/Laenderbericht_2014.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2015“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/684E81D787F573B6E0539A695E868E2E/live/document/Laenderbericht_2015.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2016“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/70CDEF8A959D470DE0539A695E86F0E0/live/document/L%C3%A4nderbericht_2016.pdf

Projektträger Jülich (PtJ) sind in den Länderberichten „Energieforschung“ für die Jahre 2010 bis 2017 aufgeführt, <https://www.ptj.de/geschaefsfelder/energie/laenderbericht-energie>: „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2017“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/8D6315A9CDD67DF0E0539A695E86EB59/live/document/L%C3%A4nderbericht_2017.pdf

Projektträger Jülich (PtJ). (2019). „Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) 2016 – 2026 Maßnahmen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Mobilität“, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2862/live/lw_file/nip-massnahmen.pdf.

Solarify (2019). „Fell: Ausstieg aus dem Ausstieg?“, <https://www.solarify.eu/2019/12/05/625-fell-ausstieg-aus-dem-ausstieg/>.

Spektrum der Wissenschaft (2019). „Strom im Tank“, [https://www.spektrum.de/news/power-to_x-technologien-sind-reif-fuer-den-markt/1658524](https://www.spektrum.de/news/power-to-x-technologien-sind-reif-fuer-den-markt/1658524)

Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015). Endbericht „Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/beschaeftigung-durch-erneuerbare-energien-in-deutschland.pdf?blob=publicationFile&v=6>.

Technology Review (2019). „Akku contra Wasserstoff: Von Bumm zu Boom“, <https://www.heise.de/tr/artikel/Akku-contra-Wasserstoff-Von-Bumm-zu-Boom-4495313.html>, vom 14.8.2019.

Technology Review (2019). „Wasserstoff: Von Bumm zu Boom“, <https://www.heise.de/tr/artikel/Wasserstoff-Von-Bumm-zu-Boom-4535677.html>, vom 25.10.2019.

Ulrich, P. et al. (2018). „Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern - Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2016 in den Bundesländern“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/erneuerbar-beschaeftigt-in-den-bundeslaendern.pdf?blob=publicationFile&v=8>

Ulrich, P. et al. (2018). „Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern - Methodische Ansätze und Ergebnisse“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende-in-den-bundeslaendern.pdf?blob=publicationFile&v=4>

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2019). „Power to Gas - Einzelfragen zum aktuellen Stand der Entwicklung“, WD 8-094-19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/664836/ccce78cea56363f98571e6c64f1b2b26/WD-8-094-19-pdf-data.pdf>

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2019). „Wasserstoffstrategien - National und international“, WD 8-3000-134/19

World Energy Council, The Netherlands (2018). „Hydrogen - Industry as Catalyst“, <http://www.wereldenergieraad.nl/wp-content/uploads/2019/02/190207-WEC-brochure-2019-A4.pdf>

World Energy Council, The Netherlands (2018). „Hydrogen - Industry as Catalyst“, <http://www.wereldenergieraad.nl/wp-content/uploads/2019/02/190207-WEC-brochure-2019-A4.pdf>