



Dokumentation

Power to Gas

Einzelfragen zum aktuellen Stand der Entwicklung

Power to Gas

Einzelfragen zum aktuellen Stand der Entwicklung

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 094/19

Abschluss der Arbeit:

29. Juli 2019

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.	Einführung	4
2.	Dena-Studie „Integrierte Energiewende“	5
3.	Agora-Studie „Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe“	5
4.	FNB Gas - Studie „Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland“	5
5.	Shell-Studie „Energie der Zukunft“	5
6.	Virtuelle Institut „Strom zu Gas und Wärme“	6
7.	BMVI-Studie „Herausforderungen und Synergiepotenziale beim Zusammenspiel von Verkehrs- und Stromsektor“	7
8.	DVGW-Studie „Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen“	8
9.	Grenzwerte für Wasserstoff (H₂) in der Erdgasinfrastruktur	8
10.	Anzahl der Wasserstoff Tankstellen in Deutschland	8
11.	Power-to-Gas-Projekte	10

1. Einführung

„In Power-to-Gas-Anlagen wird Wasser mit Hilfe von Energie (Strom) in Wasserstoff und gegebenenfalls weiter in Methan umgewandelt. Der Vorteil hierbei ist, dass Wasserstoff (in bestimmten Grenzen) und Methan (ohne Einschränkung) in das bereits vorhandene Erdgasnetz eingespeist und dort gespeichert werden können. Die eingespeisten Gase können dann rückverstromt oder für andere Anwendungen (zum Beispiel Heizen, Gasfahrzeuge) genutzt werden. Die Technologie ist derzeit noch teuer und die Wirkungsgrade sind gering.“¹

„Bereits heute speist die Gaswirtschaft Erdgas aus Biomasse (Bio-Gas) in das Erdgasnetz ein. Für die Zukunft ist geplant, das Gasleitungsnetz als Gesamtsystem zu nutzen, in dem Erdgas, Bio-Gas sowie Wasserstoff und synthetisches, also künstlich erzeugtes Methan aus regenerativ erzeugtem Strom zu einer riesigen Energiequelle zusammengeführt werden. Die Erdgasleitungen in Deutschland mit einer Gesamtlänge von mehr als 505.000 km transportieren jährlich schon jetzt doppelt so viel Energie wie das gesamte Stromnetz.“²

Eine sehr gut beschriebene, kurze und übersichtliche Einführung in die Technologie, Grafiken zu Nutzungspfaden und Stand der Technik und Perspektiven mit Wirkungsgraden und Investitionskosten findet sich auf der Internetseite der Deutschen Energie-Agentur: Deutsche Energie-Agentur (dena) (2019). „Die Technologie“, <https://www.powertogas.info/power-to-gas/die-technologie/>

Eine einführende kurze Darstellung liefert der „Aktuelle Begriff“ der Wissenschaftlichen Dienste „Power to Gas“ Nr. 10/12, https://www.bundestag.de/resource/blob/192428/c2cf809dd7287c6e8096c23caee03210/power_to_gas-data.pdf.

Ausführliche Informationen über Technik, Einsatzgebiete und Kosten finden sich in der Publikation „Wasserstoff und Brennstoffzelle“. „Die Publikation behandelt das Thema Wasserstoff als wichtigen Sekundärenergieträger für erneuerbare Primärenergien. Es gibt einen Überblick über den Stand der Technik und das Entwicklungs- und Marktpotential in den Bereichen Energietechnik, mobile, stationäre und portable Anwendung, unterbrechungsfreie Stromversorgung sowie chemische Industrie. Insbesondere das Kapitel 16 „Wasserstoff - Schlüsselement von Power-to-X“ und das Kapitel 13 „Kosten der Wasserstoffbereitstellung in Versorgungssystemen auf Basis erneuerbarer Energien“ behandeln die wichtigsten Aspekte.

Töpler, J. (2017). „Wasserstoff und Brennstoffzelle“, Springer Vieweg 2014/2017 (im Bestand der Parlamentsbibliothek).

1 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Speichertechnologien - Power-to-Gas“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/speichertechnologien.html>

2 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019). „Power to Gas“, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-power-to-gas.html>

2. Dena-Studie „Integrierte Energiewende“

„Für die Gasnetze besteht die Herausforderung, dass die Gasnachfrage bis 2050 bei den Elektrifizierungsszenarien sinken wird, selbst bei einem stärkeren Einsatz von Wasserstoff und synthetischem Methan. Hierfür gibt es mehrere Ursachen: Hierzu zählen die künftig geringere Stromerzeugung aus Gaskraftwerken sowie der im Gebäudebereich gesunkene Energiebedarf durch Sanierungen und Heizungsmodernisierung mit Umstellung auf Strom/Gas-Hybridheizungen oder Wärmepumpen. Während die Gasnachfrage in den Elektrifizierungsszenarien von rund 790 TWh/a im Jahr 2015 auf 500 beziehungsweise 680 TWh/a im Jahr 2050 sinkt, bleibt der Gasbedarf in den untersuchten Technologiemixszenarien konstant beziehungsweise steigt sogar auf bis zu 877 TWh/a. Bei sinkender Auslastung des Gasnetzes steigen die Infrastrukturkosten für die verbleibenden Netznutzer.“

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018). „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“, https://www.uniti.de/images/PDF/publikationen/Aktuelle%20Studien/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf, Seite 33

3. Agora-Studie „Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe“

Mit den Fragestellungen: Wie könnten sich die Kosten des Imports synthetischer Brennstoffe (Methan und Flüssiggiftstoffe) bis 2050 entwickeln und was wären die Kosten einer Erzeugung dieser Brennstoffe mit Offshore-Windkraftanlagen in der Nord- und Ostsee, befasst sich eine Studie mittels Kostenabschätzungen entlang der Wertschöpfungskette: Stromerzeugung, Umwandlung, Transport und Beimischung/Verteilung.

Agora (2018). „Die zukünftigen Kosten strombasierter Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende“ Präsentation https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/03_Foliensatz_Deutsch_und_Maier_SynKost-VA_13022018.pdf und Studie https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf

4. FNB Gas - Studie „Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland“

Die von der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber in Auftrag gegebene Studie analysiert die Kostenwirkung einer langfristigen Weiternutzung der Gasinfrastruktur für den Transport von aus erneuerbaren Energien erzeugtem Gas auf das Energiesystem für das Jahr 2050.

Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB Gas e.V.) (2017). „Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland“, https://www.fnb-gas.de/files/fnb_gas_wert_von_gasinfrastruktur-endbericht.pdf

5. Shell-Studie „Energie der Zukunft“

Im Kapitel 8 „Tankstellen“ beschreiben die Autoren ausführlich die Technologie, Kapazitäten und Versorgungsmöglichkeiten von Wasserstoff-Tankstellen, die Infrastrukturkosten und die Finanzierung. H₂-Mobility-Initiativen werden kurz vorgestellt: Wuppertal Institut, Shell Deutschland Oil GmbH (2017). Shell Wasserstoff-Studie „Energie der Zukunft? - Nachhaltige Mobilität“

durch Brennstoffzelle und H₂“, https://www.shell.de/medien/shell-publikationen/shell-hydrogen-study/_jcr_content/par/toptasks_e705.stream/1497968981764/1086fe80e1b5960848a92310091498ed5c3d8424/s_hell-wasserstoff-studie-2017.pdf

6. Virtuelles Institut „Strom zu Gas und Wärme“

„Im Rahmen der Pfadanalyse wurde der Einsatz von regenerativem Wasserstoff im PKW - Straßenverkehr für verschiedene Marktdurchdringungen von Brennstoffzellen-Fahrzeugen (engl. Fuel Cell Electric Vehicles, FCEVs) untersucht. Im Fokus stand hierbei die Frage wie eine Wasserstoffinfrastruktur standortgenau inklusive aller Komponenten von der Wasserstoffproduktion bis zu den Tankstellen für eine vorgegebene FCEV Marktdurchdringung mit möglichst geringen Kosten ausgelegt werden kann und welches CO₂-Reduktionspotenzial damit für den Transportsektor einhergeht. Insgesamt wurden vier Szenarien betrachtet, die im Zieljahr 2050 eine Bandbreite von 1 bis 75 % FCEV-Marktanteil abbilden, was einer jährlichen Produktionsmenge von 0,02 bis 2,88 Mio. t Wasserstoff entspricht. Die Ergebnisse der Pfadanalyse zeigen, dass die kostengünstigste Bereitstellung von Wasserstoff bei hohen Nachfragemengen (30 und 75 % FCEV-Anteil) über die Kombination von Kavernenspeichern und Pipelinetransport zu realisieren ist (spezifisch Wasserstoffkosten Well-to-Tank: ca. 6,7-7,5 €/kgH₂).“ Weitere Szenarien wurden untersucht. Die folgende Grafik zeigt die Investitionssummen der ausgewählten Pfade in Abhängigkeit von den jeweiligen Technologien.

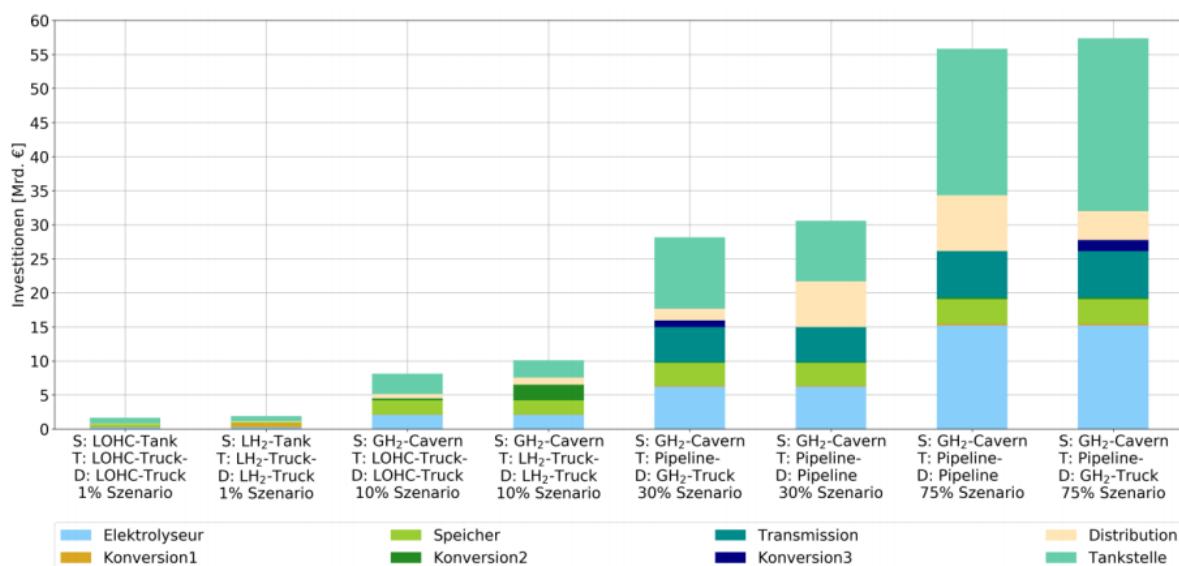


Abbildung 5-51 Investitionen in die Wasserstoffinfrastruktur, aufgelöst nach Komponenten, für die kosteneffizientesten Pfade in den Szenarien des Pfades „Regenerativer Wasserstoff für den Straßenverkehr“ (deutschlandweites Szenario, NRW wird in den Szenarien 21% des jeweiligen FCEV-Flottenbestandes zugewiesen)

Virtuelles Institut „Strom zu Gas und Wärme“ (für das Bundesland NRW) (2018). Abschlussbericht des Hauptprojekts (2015 – 2017) „Band II Pfadanalysen“, <http://strom-zu-gas-und-waerme.de/wp-content/uploads/2018/10/Virtuelles-Institut-SGW-Band-II-Pfadanalyse.pdf>, Kapitel 5.3 „Pfad 3: Regenerativer Wasserstoff für den Straßenverkehr“, Seite 283, 317

7. BMVI-Studie „Herausforderungen und Synergiepotenziale beim Zusammenspiel von Verkehrs- und Stromsektor“

Die Studie untersucht Auswirkungen des erhöhten Strombedarfs und der spezifischen Nachfragecharakteristiken des Verkehrs auf das Stromversorgungssystem und kommt u. a. zu dem Ergebnis: „Netzsystemdienstleistungen werden heute überwiegend noch durch fossile Kraftwerke erbracht. EE-Anlagen und verkehrliche Stromnachfrager können und müssen dazu künftig ebenfalls beitragen, damit die zukünftig angestrebte annähernde Vollversorgung mit erneuerbarer Energie funktioniert. Hierfür liegen ausreichend technische Lösungsmöglichkeiten und -potenziale vor, die es erlauben, in einem auf erneuerbaren Energien basierten Stromerzeugungssystem das heutige Niveau der Systemstabilität auch zukünftig zu erhalten. [...] Bei der Erzeugung von strombasierten Kraftstoffen (PtG, PtL)³ sind verschiedene Nutzeneffekte für das Stromnetz denkbar. PtG- und PtL-Anlagen sind aufgrund ihrer möglichen flexiblen Betriebsweise dazu geeignet, Anforderungen an den Stromnetzausbau zu verringern. Außerdem können die gewonnenen speicherfähigen flüssigen oder gasförmigen Energieträger zur Stabilisierung des Stromsystems rückverstromt werden. [...] Je weicher die Kopplung [zwischen Antrieb und Stromsystem, z.B. Oberleitung, BEV-Schnellladen⁴] und leichter die Speicherbarkeit (PtG, PtL), desto höher ist der Energiebedarf aufgrund der notwendigen Umwandlungsprozesse. In diesem Spannungsfeld stellt sich PtG-Wasserstoff als ein robuster Kompromiss dar und als einzige Option, die sowohl lokal emissionsfrei als auch für die Langfristspeicherung von Energie geeignet ist. [...] Höhere Strombedarfe ergeben sich bei einem umfassenden Einsatz strombasierter chemischer Energieträger im H₂-FCEV Szenario⁵. Die verkehrliche Stromnachfrage entspricht dabei in der Größenordnung ein Viertel bis zur Hälfte des heutigen Stromverbrauchs in Deutschland. Im Falle eines THG-Reduktionsziels⁶ um 95 %₁₉₉₀ bis 2050 geht die verkehrliche Stromnachfrage bereits in die Größenordnung der heutigen Gesamtstromnachfrage, da zunehmend PtX⁷-Energieträger zur Stabilisierung des Stromsystems zum Einsatz kommen.“

Die Autoren liefern zudem Optionen für den Netzausbau im Vergleich mit verschiedene Szenarien.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2011). „MKS-Studie Analyse von Herausforderungen und Synergiepotenzialen beim Zusammenspiel von Verkehrs- und Stromsektor“, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/studie-zusammenspiel-verkehrs-stromsektor.pdf?blob=publicationFile>, Seite 12f.

3 PtG, PtL, PtX = Power-to-Gas und Power-to-Liquid; X = Platzhalter für verschiedene Technologiearten

4 BEV-Schnellladen = Schnelles Aufladen der Speicherbatterien von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen (BEV)

5 H₂-FCEV Szenario = angenommene Verkehrssituation, in der die Fahrzeuge in wesentlichen Teilen mit Wasserstoff als Treibstoff fahren

6 THG = Treibhausgas

7 PtX = X = Platzhalter für verschiedene „Power-to“-Technologiearten

8. DVGW-Studie „Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen“

Nach einer Studie des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches zufolge könnten die Methanisierungsanlagen im Jahr 2030 eine Gesamtleistung von rund 40 Gigawatt erreichen und 640 Millionen Euro an stromseitigen Ausbaukosten der Verteilnetze einsparen. Die Einspeisung von Methan könnte knapp 1.280 Millionen Euro jährlich erwirtschaften. Die direkte Einspeisung von Wasserstoff würde jährliche Erlöse von 116 Millionen Euro generieren und die Netzausbaukosten um über 430 Millionen Euro reduzieren. Höher fielen die Erlöse aus, wenn die regulatorischen Rahmenbedingungen verbessert und die Einsparungen durch Vermeidung von Abschaltungen und Re-Dispatchmaßnahmen zugerechnet würden.“: Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (2019). Pressemitteilung „Win-win für Netzbetreiber, Kommunen und Klimaschutz“, <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/verein/aktuelles/presse/pi-dvgw-ptg-potenzialstudie.pdf> vom 27.6.2019

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (2019). Factsheet „Power-to-Gas im Verteilernetz“, <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/ptg-verteilnetz-g-201617-dvgw-factsheet.pdf>

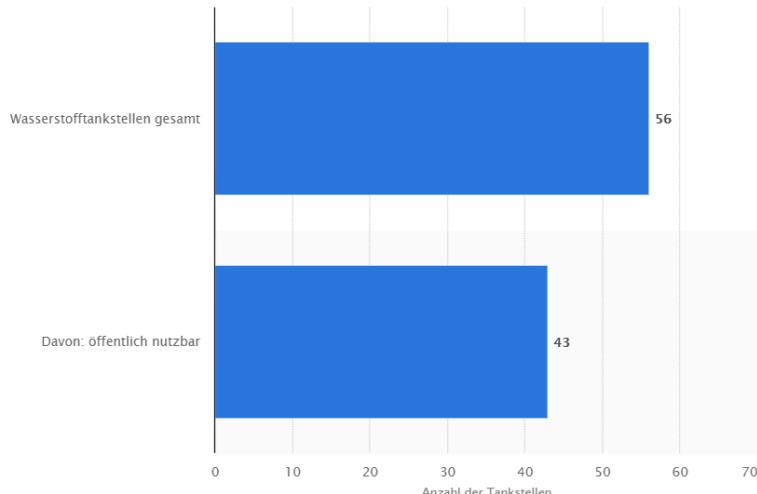
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (2019). Abschlussbericht „Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen“, <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g201617-ptg-potenziale-verteilnetze-abschlussbericht.pdf>

9. Grenzwerte für Wasserstoff (H_2) in der Erdgasinfrastruktur

Die Arbeit der Wissenschaftlichen Dienste behandelt Verwendungsmöglichkeiten und -grenzen von Wasserstoff in der Erdgasnetzinfrastruktur: Wissenschaftliche Dienste „Grenzwerte für Wasserstoff (H_2) in der Erdgasinfrastruktur“, WD 8-066-19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/646488/a89bbd41acf3b90f8a5fbfbcb8616df4/WD-8-066-19-pdf-data.pdf>

10. Anzahl der Wasserstoff Tankstellen in Deutschland

„Die folgende Statistik zeigt die Anzahl der Wasserstofftankstellen in Deutschland zum Zeitpunkt Dezember 2017.“ [...] „Zum angegebenen Zeitpunkt lag die Anzahl der Wasserstofftankstellen in Deutschland bei 56, von denen 43 wie konventionelle Tankstellen öffentlich genutzt werden konnten.“: Statista (2019). „Anzahl der Wasserstofftankstellen in Deutschland (Stand: Dezember 2017)“, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/820836/umfrage/anzahl-der-wasserstofftankstellen-in-deutschland/>

Anzahl der Wasserstofftankstellen in Deutschland (Stand: Dezember 2017)

© Statista 2019

Weitere Informationen: Deutschland; netinform.de

Quelle: netinform.de

„Wie im Nationalen Strategierahmen zur Umsetzung der EU-Richtlinie zum Ausbau von Infrastrukturen für alternative Kraftstoffe (AFID) festgelegt, verfolgt die Bundesregierung das Ziel von bundesweit 100 Wasserstoff-Tankstellen für Brennstoffzellen-Pkw bis 2020.“: Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW-GmbH) (2019). „Aufbau Wasserstoff-Tankstellennetz“, <https://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/aufbau-wasserstoff-tankstellennetz>

Nach aktuellem Stand gibt es 71 Wasserstoff-Ladestationen (s. Grafik). „Zurzeit liefern wir im Schnitt alle zwei Wochen eine Wasserstoff-Tankstelle. Bis Ende 2019 stehen 100 öffentliche Wasserstoff-Stationen für Pkw zur Verfügung.“: H2 Mobility (2019). „Netzausbau live“, <https://h2.live/>

Aktuell: 71 eröffnete H2-Tankstellen
in Deutschland



11. Power-to-Gas-Projekte

„In Deutschland wird eine Vielzahl von Anwendungen schon heute konkret erprobt. Sowohl Start-ups als auch größere, etablierte Unternehmen testen neue Verfahren, Komponenten und Betriebskonzepte und etablieren innovative Einsatzgebiete.“ Eine Projektkarte zeigt etwa 30 Pilotprojekte: Deutsche Energie-Agentur (dena) „Strategieplattform Power to Gas“ (2019). „Projekt-karte“, <https://www.powertogas.info/projektkarte/>

Die Grafik einer Landkarte zeigt eine Übersicht der Power-to-Gas-Projekte:
<https://www.dvgw.de/themen/gas-und-energiewende/power-to-gas/>

Im Jahr 2007 ist das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ins Leben gerufen worden. Die Fortsetzung läuft von 2016 bis 2026: Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) (2019). <https://www.ptj.de/nip> und Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) 2016 – 2026 (2016). https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2862/live/lw_file/nip-massnahmen.pdf

Weitere Informationen zu „NIP“ s.a.: Wissenschaftliche Dienste (2016). „Saubere Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzellen“, WD 5-105-16, <https://www.bundestag.de/resource/blob/487668/96da97f2d1ac39a6763a559d32ea525e/wd-5-105-16-pdf-data.pdf>
