



STUDIE **WASSERSTOFFPOTENZIAL** **IN BERLIN 2025**

Eine Analyse im Auftrag der Initiative

H2BERLIN

Juli 2020

Erstellt durch



Vorwort

Die IEA (International Energy Agency) hat den G20 Gipfel im Juni 2019 in Japan zum Anlass genommen, die Zukunft der Energieversorgung mit dem Energieträger Wasserstoff zu thematisieren. Ohne Wasserstoff wird die Energiewende und die Erreichung der Pariser Klimaziele nicht gelingen. Genau jetzt ist der Zeitpunkt, die Gelegenheit dazu zu ergreifen. Die weltweiten Metropolen spielen dabei eine tragende Rolle.

Als zusätzlicher Akzelerator für diese Entwicklung kann die mit Sars-CoV2 ausgelöste Gesundheitskrise angesehen werden. Schnell und unbürokratisch hat die Landesverwaltung Berlin mit erheblichen Mitteln Unternehmen geholfen, den Lock-down zu überstehen. Nun gilt es, die Wirtschaft der Stadt wieder anzukurbeln. Aufgrund der erheblichen pandemiebedingten Ausgaben erscheint es umso dringender, die Haushaltsmittel kaufmännisch sorgfältig auf zukunftssträchtige Wirtschaftszweige zu fokussieren.

Lineare Wirtschaftsprozesse, bei denen unwiderruflich Ressourcen verbrannt werden, oder Produkte nach Gebrauch einfach weggeworfen werden, sind eine unzeitgemäße Verschwendung. Die Zukunft gehört zyklischen Ökonomien, bei denen unserer Umwelt nach dem Verbrauch wieder das zurückgegeben wird, was ihr entnommen wurde. Das Paradebeispiel für eine derartige Kreislaufwirtschaft ist Wasserstoff aus erneuerbaren Energien. Aus Wasser mithilfe von Strom hergestellt, wird der Energieträger Wasserstoff über alle Wirtschaftssektoren hinweg genutzt und gibt bei Verbrauch wieder Wasser ohne weitere Emissionen frei.

Zudem verfügt grüner Wasserstoff auch als Rohstoff über erhebliches Klimapotenzial in Bereichen, die bisher als kaum dekarbonisierbar galten, wie die Stahl- oder Chemieindustrie. Das ist der Grund, warum Wasserstoff einer der Eckpfeiler des Europäischen Green Deals ist und eine zentrale Rolle beim Hochfahren der Wirtschaftsaktivitäten nach dem pandemie-bedingten Lock-down spielen wird.

Auch Berlin setzt mit seinem ehrgeizigen Ziel der Klimaneutralität im Rahmen des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms auf einen breiten Einsatz von geeigneten und innovative Technologien wie Digitalisierung, Anwendungen mit direktem Stromeinsatz und Sektorkopplungstechnologien wie synthetisches Gas und Wasserstoff.

Auch in einem Energiesystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien brauchen wir Energie und Strom rund um die Uhr, natürlich auch in Winterperioden. Wasserstoff als Energieträger hat das Potenzial Höchstlastsituationen abzusichern und saisonale Speicherung zu ermöglichen und damit Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Wasserstoff ist ein Energiespeichermedium, das in beliebigen Mengen, ohne Emission von CO₂, NO_x oder Feinstaub, unter Nutzung vorhandener Infrastrukturen über alle Wirtschaftszweige hinweg transportiert und genutzt werden kann.

Mit der hier vorliegenden Studie soll der Bedarf an Wasserstoff in Berlin bis 2025 im Kontext der festgelegten Klimaziele bis 2030 ermittelt werden. Die Ergebnisse bilden für die Initiative H2Berlin die Grundlage, um für die größte Metropole Deutschlands einen unternehmensübergreifenden Show Case zu entwickeln und damit den Impuls für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Berlin zu geben.

Die Studie ist ein erster Schritt auf dem Weg zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoff-Roadmap für die Hauptstadt und soll Impulse für die strategische Berücksichtigung des künftigen Wasserstoffbedarfs in der Hauptstadt geben.

Ich wünsche Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre.

Jörg Buisset

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	1
Zusammenfassung.....	3
1. Ausgangssituation.....	9
2. Wasserstoff-Bedarf in Berlin 2025.....	13
2.1. Methodik.....	13
2.2. Gesamtbedarf modellbasierter Ansatz.....	16
3. Meinungsbild zu H ₂ -Aktivitäten in der Hauptstadt.....	17
3.1. Mobilität & Logistik.....	18
3.2. Strom- & Wärmeversorgung.....	21
3.3. Hemmnisse für H ₂ -Anwendungen.....	22
4. Projekte, Absichten & Optionen.....	24
4.1. Aufteilung identifizierter Vorhaben.....	24
4.2. Darstellung aktueller Projekte.....	26
4.3. Darstellung derzeit mittelfristiger Projekte.....	28
4.4. Potenziale außerhalb der aufgenommenen Projekte.....	34
5. Rechtlicher Rahmen für Wasserstoff in Berlin.....	36
5.1. Genehmigung von Elementen der Wasserstoffinfrastruktur.....	36
5.2. Förderung von Wasserstoffanwendungen im Verkehrssektor.....	36
5.3. Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz.....	38
6. Mögliche Bezugsoptionen für Wasserstoff.....	39
6.1. Versorgung in der Stadt.....	39
6.2. Bezug aus dem Umland.....	40
6.3. Wasserstoffinfrastruktur.....	41
7. Ausblick.....	42
8. Vorstellung H2Berlin.....	44
8.1. Partner der Initiative.....	44
8.2. Ziele.....	45
8.3. Erste Aktivitäten.....	45
Abkürzungen.....	46
Quellen.....	47
Impressum.....	49

Zusammenfassung

Aktivitäten in Metropolen haben einen großen Einfluss auf die globalen Treibhausgasemissionen und sind zugleich vom Klimawandel stark betroffen. Viele Städte haben daher eine führende Rolle im Klimaschutz eingenommen und zeigen auf innovative Weise Wege in eine emissionsarme Wirtschaft und Gesellschaft. Auch Berlin beansprucht Vorreiter zu sein und hat beschlossen, bis spätestens 2050 klimaneutral zu sein.

Im Jahr 2017 beliefen sich die Berliner Emissionen auf ca. 19 Mio. t Kohlendioxid. Der größte Verursacher ist die Strom- und Wärmeversorgung der Haushalte und der Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD), deren Anteil sich auf 64 % der Gesamtemissionen summiert. Der Verkehrssektor ist für 29 % und der Industriesektor noch für 6 % des Gesamtausstoßes verantwortlich. Damit sind die Strom- und Wärmeversorgung und der Verkehrssektor die wichtigsten Bereiche für den Klimaschutz in Berlin.

Laut dem Monitoringbericht (2019) des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms ist die Erreichung der Berliner Klimaziele in den Bereichen Verkehr und Wärme im Jahr 2020 gefährdet. Im Bereich Wärme wird anstatt der im BEK 2030 festgelegten 26 % voraussichtlich lediglich ein Emissionsrückgang von 10 - 13 %¹ bis 2020 erreicht. Dies liegt unter anderem am Bevölkerungswachstum und an der niedrigen Sanierungsrate der Gebäude, welche die angestrebten 2,1 % verfehlt.

Das Land Berlin muss durch eine angepasste Verkehrspolitik eine Trendumkehr der Emissionen bewirken. Der Verkehrsbereich verzeichnete seit 2012 sogar eine Zunahme der CO₂-Emissionen um 13,2 % auf 5,6 Mio. t CO₂ (2017) [1]. Das im BEK 2030 formulierte Zwischenziel von 3,8 Mio. t im Jahr 2020, wird damit voraussichtlich verfehlt. Dies liegt zum einen an der gestiegenen Zahl der zugelassenen PKWs, dem erhöhten Logistikaufkommen und vor allem an den gestiegenen CO₂-Emissionen des Luftverkehrs.

Wasserstoff wird eine wichtige Rolle im grünen Energiesystem einnehmen!

Mit der Veröffentlichung der europäischen und der deutschen Wasserstoffstrategie wurde grüner Wasserstoff im internationalen und nationalen Kontext als wichtiger Baustein der Energiewende anerkannt. Beide Strategien sehen vor, durch den Aufbau der Erzeugungsleistung und durch Importe, grünen Wasserstoff zeitnah zu attraktiven Preisen verfügbar zu machen.

Vor dem Hintergrund der Klimazielerreichung und des hochlaufenden Wasserstoffmarktes, muss die Rolle von Wasserstoffanwendungen in Berlin umgehend geklärt werden. Obwohl in der Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050 ein Verbrauch von grünem Wasserstoff von ca. 52.500 t im Jahr 2050 berechnet wurde, existiert noch keine Analyse der Entwicklung des kurz- und mittelfristigen Wasserstoffbedarfs in Berlin als Grundlage für weitergehende Planungen und Strategien.

Zur Abschätzung des Bedarfs an emissionsarmem Wasserstoff im Jahr 2025, der auf dem Weg der Klimazielerreichung entstehen würde, wurde ein Szenario des Forschungszentrums Jülich auf Berlin übertragen. Das Szenario eines nationalen Hochlaufs beschreibt die Entwicklung des Bedarfs, der entsteht, wenn ein kostenoptimaler Transformationspfad zur Emissionsneutralität verfolgt wird.

¹ Bei Fortschreibung der Emissionsminderung zwischen 2012 bis 2016 auf das Jahr 2020

Wasserstoffbedarf Berlin

Folgt der Berliner Bedarf dem Szenario des Forschungszentrums Jülich für die nationale Bedarfsentwicklung, so entsteht ein Bedarf von ca. 9.000 t im Jahr 2025. Zur Erzeugung dieser Menge an grünem Wasserstoff wäre eine Elektrolyseleistung von ca. 170 MW notwendig². Führt man dieses Szenario fort, so ergibt sich für das Jahr 2030 schon ein Bedarf von 24.000 t.

Der ermittelte Bedarf kann als Anhaltspunkt für den Gesamtbedarf Berlins auf dem Weg zur Klimazielerreichung gesehen werden. Auf besondere urbane Charakteristika Berlins konnte allerdings in dieser Studie nicht ausführlich eingegangen werden. Dies sollte Bestandteil weiterer Untersuchungen und Grundlage einer Wasserstoff-Roadmap für Berlin sein.

Zur Einschätzung der realen Entwicklungen wurden in einer Umfrage unter Berliner Unternehmen Absichten und Projekte zur Wasserstoffnutzung analysiert. Obwohl emissionsarmer Wasserstoff eine hohe Bedeutung zur Dekarbonisierung zugesprochen wurde, konnte lediglich ein **projektierter Wasserstoffbedarf von ca. 37 t für das Jahr 2025** festgestellt werden. Trotz hohem Interesse an der Anwendung von Wasserstofftechnologien ist die Haltung der Unternehmen abwartend. Daraus ergibt sich eine große Lücke zwischen dem theoretischen Bedarf und dem tatsächlich geplanten Bedarf.

Die europäische H₂-Strategie bringt die Dringlichkeit des Handlungsbedarfes den Punkt: „The time to act is now!“.

Die Differenz der beiden Szenarien bzw. Abschätzungen resultiert aus mehreren Faktoren: Zum einen sind zwar viele Wasserstoffanwendungen in Pilotprojekten ausgiebig getestet, befinden sich aber weiterhin in einer Übergangsphase zur Massenproduktion und zur breiten Marktreife. Zum anderen gibt es für Unternehmen keine ausreichenden Anreize, um emissionsfrei zu werden und hierfür Wasserstoff einzusetzen. Das heißt, derzeit sind die Rahmenbedingungen und Anreize für die Integration von Wasserstoff in das Energiesystem und den Verkehrssektor noch nicht ausreichend.

In Deutschland gibt es bereits heute 25 „HYLAND“ Wasserstoffregionen, in denen die Integration von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor und Energiesystem verfolgt wird. Darunter Städte wie Frankfurt, Ulm und die Metropolregionen Rhein-Neckar und die Region Nord-West mit Bremen und Bremerhaven.

Damit Berlin seine Vorreiterrolle im Klimaschutz behaupten kann, sollten verstärkte Bemühungen im Klimaschutz unternommen und in diesem Zuge geeignete Maßnahmen zur Integration von Wasserstoff entwickelt und umgesetzt werden. Die Strahlkraft der Bundeshauptstadt kann dabei die Nutzung von Wasserstoff auch national vorantreiben und die internationale Sichtbarkeit für grüne Technologien erhöhen.

² Annahmen für Elektrolyseur: 2500 Vollaststunden, 70 % elektrische Effizienz

Handlungsfelder

Die nationale Wasserstoffstrategie sieht den Hochlauf der Wasserstoffnachfrage über die Bereiche Industrie und Verkehr vor. Der Berliner Industriesektor wird vermutlich keinen starken Nachfrageimpuls auslösen, aufgrund seiner Struktur bzw. vergleichsweise geringen Anzahl an Industrieunternehmen. Aufgrund des hohen Altbaubestandes mit teilweise schlechter Wärmedämmung, des derzeit großen Anteils gasbefeuerteter KWK-Anlagen bzw. Gasheizungen und Gebieten ohne Wärmenetze, ist die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ohne gasförmige Energieträger schwer umsetzbar.

Die besonderen Herausforderungen Berlins in der emissionsfreien Wärmeversorgung können als Chance genutzt werden. Die IEA empfiehlt die Beimischung von emissionsarmem Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz, um den Hochlauf von Wasserstoff zu fördern und gleichzeitig die Infrastruktur für die anstehende Dekarbonisierung des Gasnetzes vorzubereiten. Durch eine planbare Abnahmemenge im Wärmesektor kann die Versorgungsinfrastruktur skaliert werden, der Wasserstoffpreis wird mittelfristig sinken und die Verwendung in anderen Bereichen anstoßen. Auch das Klimaschutzszenario der Machbarkeitsstudie „Kohleausstieg Berlin“³ geht davon aus, dass schon 2031 synthetisches Gas zu einem gewissen Anteil die Kohlewärme (der Kohlekraftwerke Moabit und Reuter West) ersetzen kann. Die Studie berechnet einen 5%igen Anteil des hierfür eingesetzten synthetischen Gases, das mithilfe von grünem Wasserstoff hergestellt wird.

Gleichzeitig gilt es, die **Verwendung von emissionsarmem Wasserstoff in der Mobilität in geeigneten Anwendungsfällen zu ermöglichen und zu fördern**, um die Emissionen des Verkehrssektors zu senken. Es sollte auf die Fahrzeuge fokussiert werden, die schwer durch batterieelektrische Fahrzeuge ersetzt werden können, insbesondere in den Bereichen Flotten, Nutzfahrzeuge, Logistik und der Schiffsverkehr. Gleichzeitig müssen auch die Emissionen der Luftfahrt, welche ca. 20 % des Verkehrssektors ausmachen, sinken. Hierfür sollte die Bundesregierung zeitnah eine Quote für synthetische Kraftstoffe einführen.

Nächste Schritte

Die Integration von Wasserstoff in das Verkehrs- und Energiesystem erfordert gemeinsame Anstrengungen der Politik, Gesellschaft und der Industrie.

Auf Seiten der Unternehmen gilt es nun die zahlreichen Einzelinitiativen zu bündeln, um gemeinsame Synergien zu heben.

Ein sektorübergreifendes Netzwerk als Plattform zum Austausch, zur Information und zur Verbindung mit Technologieherstellern kann bei der Planung und der Realisierung von Vorhaben helfen. Durch Zusammenlegung von Bedarfen und gegebenenfalls durch gemeinsame Beschaffung von Technologien können Wasserstoffprojekte eher umgesetzt werden. Des Weiteren ist es vor Allem in der frühen Phase des Hochlaufs wichtig, Erfahrungen aus der Konzeption und dem Betrieb von Wasserstoffanwendungen, aus anderen Städten oder Regionen zu übertragen, um von „Best-Practices“ zu profitieren. Denn bereits heute sind in Europa wasserstoffbetriebene LKW, Busse, Müllsammelfahrzeuge, Taxiflotten und Technologien zur Wärmeversorgung⁴ im Einsatz.

Über die Schaffung von Wasserstoff-Hubs zur Versorgung mehrerer Verbraucher lassen sich positive Skalierungseffekte nutzen. Hierfür müssen Anreize zur Umstellung und Beschaffung von Wasserstofffahrzeugen ggf. in einem überregionalen Kontext geschaffen

³ BET; Machbarkeitsstudie Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung Berlin 2030

⁴ H₂-LKW der Hyundai Hydrogen Mobility; H₂-Busse bei der RVK; Müllsammelfahrzeuge „HECTOR – Hydrogen Waste Collection Vehicles“; Taxiflotte „Hype“ in Paris; Wärmeversorgung: HPS, Viessmann

werden. Öffentliche Betriebe könnten eine Vorreiterrolle bei der Umstellung der Nutzfahrzeuge einnehmen und so den privatwirtschaftlichen Hochlauf fördern.

Das Land Berlin steht vor der Herausforderung, die selbst gesetzten Klimaziele zu erreichen und gleichzeitig die Vorreiterrolle im Klimaschutz beizubehalten. Diesbezüglich sollte die Landesverwaltung, im Dialog mit Unternehmen, Keimzellen der Wasserstoffnutzung identifizieren und die nötigen Rahmenbedingungen zur Realisierung evaluieren. Land und vor allem der Bund sind im Rahmen ihrer Regelungszuständigkeiten gefordert, attraktive Rahmenbedingungen für den geeigneten Einsatz von Wasserstofftechnologien zu schaffen.

Um die Substitution fossiler Technologien für Unternehmen planbar zu gestalten, sind die derzeitigen nationalen sektorspezifischen Ziele zu prüfen und ggf. für Berlin anzupassen. Über gesonderte sektorale Dekarbonisierungsziele und bei rechtlichen Möglichkeiten schrittweise ansteigende Pönalen bzw. Abgaben oder Gebühren auf CO₂-Emissionen können die städtischen Ziele ggf. forciert werden.

Nach dem Vorbild der Schweiz, könnte eine (City-) Maut für Schwerlastfahrzeuge die Nutzung von H₂-LKWs finanziell attraktiv machen. Genauso würde eine Umweltabgabe auf Stromgeneratoren für Baustellen und Veranstaltungen die Substitution von Dieselaggregaten vorantreiben.

Zur Unterstützung der Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffanwendungen im Hochlauf, sollten individuelle Finanzierungsmodelle unter Berücksichtigung überregionaler Förderprogramme konzipiert werden. Durch ein Engagement in der European Clean Hydrogen Alliance könnte Berlin zum Beispiel verstärkt auf europäische Co-Investitionen hinarbeiten, die nun im Zuge des Green Deal der EU ausgerollt werden. Große Pilotprojekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette mit zeitlich begrenzten Garantien werden die Lernkurve im privaten Sektor anstoßen und Risiken diversifizieren.

Eine Berliner Wasserstoff-Roadmap mit konkreten Absichten zum Einsatz und der Förderung von Wasserstoff wird zur Erhöhung der Investitionssicherheit beitragen. Ein öffentliches Bekenntnis zur Nutzung von Wasserstoff kann außerdem dazu genutzt werden, die Wahrnehmung der Hauptstadt und Deutschlands als Vorreiter im Klimaschutz und als Innovationsstandort zu erhöhen. Der Prozess der Bedarfsermittlung ist noch nicht abgeschlossen und sollte im Zuge der Erstellung einer Wasserstoff-Roadmap in einer detaillierten Analyse erfolgen.

Aktuelle Projekte und Absichten

Eine Umfrage unter 21 privaten und öffentlichen Berliner Unternehmen zeigt, dass viele Unternehmen sehr ambitionierte Ziele zur Dekarbonisierung haben und teilweise schon bis 2030 emissionsfrei werden möchten. Um die Energieversorgung bzw. die Geschäftsprozesse nachhaltig zu gestalten, werden verlässliche und leistungsstarke Technologien gesucht. Hierfür wird für den Einsatz von Wasserstoff ein hohes Potenzial gesehen, da er oftmals in bestehende Infrastrukturen und Anwendungen integriert werden kann.

Das Energieunternehmen GASAG AG setzt sich für eine Beimischung von Wasserstoff im Erdgasnetz ein und prüft, ob die Verwendung des Gasspeichers Grunewald für die Speicherung von Wasserstoff geeignet ist. Auch Vattenfall Wärme möchte die Fernwärmeerzeugung unter anderem durch den Einsatz von Wasserstoff dekarbonisieren und beabsichtigt, als ersten Schritt die Beimischung von Wasserstoff im Heizkraftwerk Marzahn.

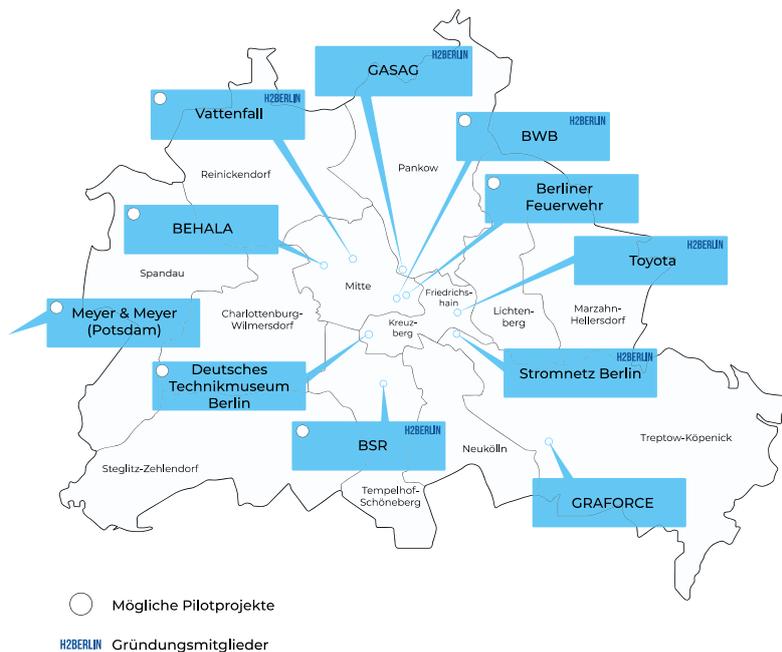
Die Berliner Wasserbetriebe möchten zusammen mit Graforce ein neues innovatives Verfahren zur Wasserstoffherstellung aus Abwasser implementieren und das entstehende Gas für ihre Nutzfahrzeuge verwenden. Die Toyota Kreditbank plant für das Quartier Neulichterfelde ein ganzheitliches Mobilitätskonzept, für welches unter anderem die Nutzung von Wasserstoff vorgesehen ist.

Aufgrund der im Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) geforderten Dekarbonisierung der öffentlichen Flotten sehen auch die öffentlichen Betriebe wie die Berliner Stadtreinigung, die Feuerwehr und die Polizei großes Potenzial in der Anwendung von Wasserstofffahrzeugen und prüfen Einsatzmöglichkeiten. Auch die BVG prüft den Einsatz von wasserstoffbetriebenen Bussen zur Erreichung einer emissionsfreien Busflotte bis 2030.

Der zeitnah geplante Einsatz des batterie- und wasserstoffbetriebenen Schubschiffes „Elektra“ zeigt, dass es auch im Bereich der Schifffahrt Vorreiter in der Stadt gibt, deren Erfahrung auf den Personenverkehr auf den Wasserstraßen Berlins übertragen werden könnte.

Für eine zügige Umsetzung bis zum Jahr 2025 wurden folgende mögliche Projekte identifiziert: Brennstoffzellen-PKW bei der Berliner Feuerwehr, Project Everywh2ere mit Brennstoffzellen auf Veranstaltungen, das wasserstoffbetriebene Schubschiff „Elektra“ der Behala und ggf. das Ausflugschiff mit Brennstoffzellenantrieb des Deutschen Technikmuseums „KAISER FRIEDRICH“. Alle Projekte zusammen generieren einen **projektierten voraussichtlichen Bedarf von ca. 37 t Wasserstoff im Jahr**.

Vorhaben mit hohem Potenzial für größere Wasserstoffnachfrage ab 2030: Umstellung von Nutzfahrzeugen der Berliner Stadtreinigung (BSR), Umstellung der Einsatzfahrzeugflotte der Berliner Feuerwehr, Umrüstung des Heizkraftwerkes Marzahn auf Wasserstoffbetrieb. Diese Vorhaben summieren sich auf einen potenziellen **Wasserstoffverbrauch von ca. 6.500 t**.



Akteure des Wasserstoffnetzwerks in Berlin & mögliche Pilotprojekte

Fazit

Die befragten Berliner Unternehmen zeigen starkes Interesse an emissionsarmem Wasserstoff und sind gewillt bei Pilotprojekten mitzuwirken. Dennoch erschließen aktuelle Vorhaben bei Weitem nicht vorhandene Potenziale.

Der Einsatz von Wasserstoff in der Wärme- und Energieversorgung wird empfohlen, da in Berlin laut Machbarkeitsstudie Kohleausstieg vergleichsweise wenige emissionsarme Wärmepotenziale vorhanden sind und dennoch eine emissionsarme Wärmeversorgung sicherzustellen ist. Es muss jetzt gehandelt werden, damit Wasserstoffanwendungen in 2030 zur Erreichung der Klimaziele beitragen können. Es braucht Erfahrung im Einsatz, um Technologien verlässlicher zu machen und die nötige Infrastruktur vorzubereiten sowie mögliche Skaleneffekte auszuschöpfen.

Als Hauptstadt und international bekannte Metropole könnte Berlin seine Strahlkraft nutzen, um sich als Standort für weitere innovative Energiewendeprojekte zu positionieren. Eine sektorenübergreifende Strategie könnte den Berliner Unternehmen helfen den Hochlauf der Wasserstoffanwendungen in die Klimastrategie der Stadt einzuordnen und Perspektiven für Investitionen zu bieten.

1. Ausgangssituation

Klimaziele Berlin

Um den Klimawandel aufzuhalten und die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen, hat die Bundesregierung beschlossen, ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 – 95 % zu senken [2]. Die Berliner Landesregierung erkannte frühzeitig die Bedeutung von Großstädten für die Energiewende und verständigte sich bereits 2011 darauf, Berlin bis zum Jahr 2050 zu einer klimaneutralen Stadt zu entwickeln. Die im Berliner Energiewendegesetz festgelegten Zwischenziele zur Senkung der Kohlendioxidemissionen sind in Abbildung 1 dargestellt [3]. Die Berliner Klimaschutzziele, insbesondere für 2030, sind ambitionierter als die nationalen Ziele der Bundesregierung, die im selben Zeitraum eine Senkung der Kohlendioxidemissionen um mindestens 55 % verfolgt [2].

Neben der rechtlich festgelegten Reduktion um 85 % bis 2050, hat sich das Land Berlin im Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) dazu bekannt, weitere Anstrengungen zu unternehmen um die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 um 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren [4].

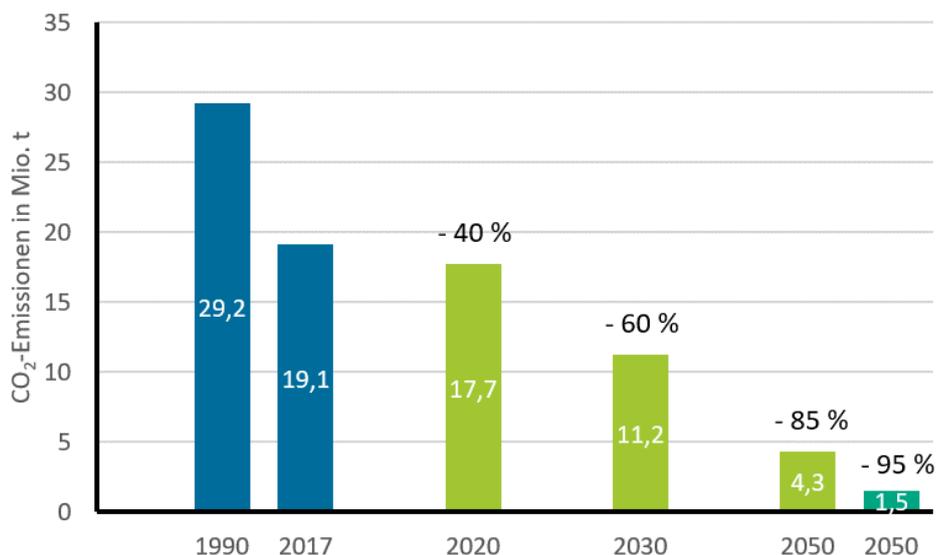


Abbildung 1: Die Klimaschutzziele und Absichtserklärung Berlins [3]
(blau: Historie, grün: Ziele nach EWG Bln; türkis: Absichtserklärung)

Überblick der aktuellen Energieversorgung

Der Endenergieverbrauch Berlins nach Energieträger wird in Abbildung 2 dargestellt. Hierbei ist der hohe Anteil der Energieträger zur Wärmeversorgung, wie Fernwärme, Erdgas und Heizöl hervorzuheben, welche im Jahr 2017 insgesamt 48,2 % der Endenergie ausmachten [5]. Die Fernwärme hat dabei einen Anteil von über 33 % am gesamten Wärmemarkt Berlins.

Der Industriesektor Berlins ist mit einem Anteil von 5 % (3,29 TWh) am Endenergieverbrauch, verglichen mit dem nationalen Durchschnitt von 29 %, relativ klein ausgeprägt. Sehr viel größer sind die relativen Anteile des Endenergieverbrauchs der Sektoren Haushalte- und GHD und des Verkehrs. Verglichen mit dem nationalen Durchschnitt ist der Verkehrssektor mit einem Anteil von 32 % am Endenergieverbrauch leicht überdurchschnittlich groß, während der Haushalte- und GHD-Sektor mit einem Anteil von 62,9 % stark überdurchschnittlich ausgeprägt ist [5, 6]. Dies ist auf die

Wirtschaftsstruktur Berlins zurückzuführen. Wie in vielen Metropolen wird auch in Berlin ein Großteil des Bruttoinlandsprodukts (BIP) im Dienstleistungssektor erbracht.

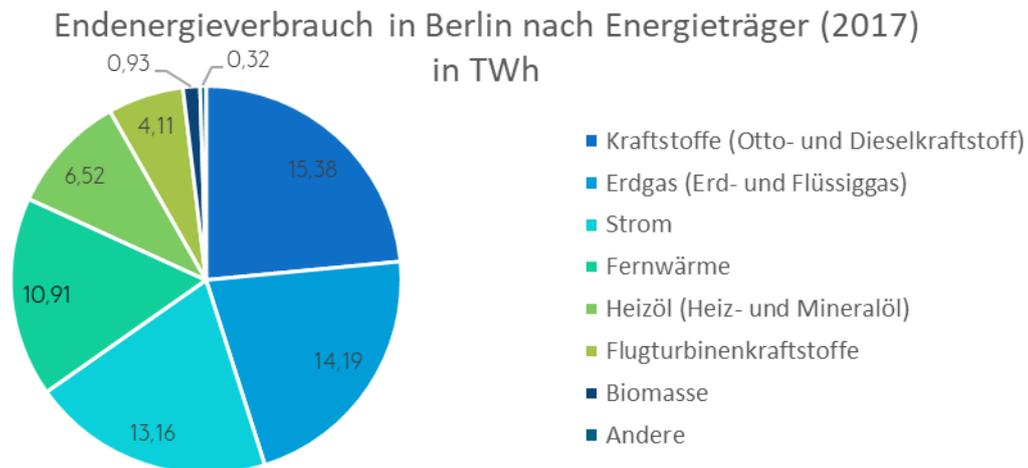


Abbildung 2: Endenergieverbrauch in Berlin 2017 nach Energieträger in TWh [5]

Treibhausgas-Emissionen

Im Jahr 2017 wurden in Berlin insgesamt 19,08 Mio. t CO₂ emittiert, was einem Rückgang um 37,8 % seit 1990 entspricht. In Abbildung 3 ist die Verursacherbilanz der CO₂-Emissionen in Berlin nach Sektoren dargestellt. Der Sektor *Haushalte* und *GHD* beinhaltet die Wärme- und Stromversorgung der privaten Gebäude als auch die Versorgung der kommerziell genutzten Gebäude für Handel und Dienstleistungen. Mit 12,3 Mio. t CO₂ oder 64 % des Gesamtausstoßes, ist dies der größte CO₂-emittierende Sektor in Berlin. Dementsprechend nimmt der Sektor eine Schlüsselrolle in der Erreichung der Klimaschutzziele ein. In der Verursacherbilanz des Sektors *Haushalte* und *GHD* fallen ca. 55 % der Emissionen durch die Wärmeversorgung (inkl. 37 % durch Fernwärme) und der Rest durch die Stromversorgung an [5].

Der zweite große Verursacher ist der Verkehrssektor mit einem Anteil von 29 % am Gesamtausstoß. Davon entfallen 3,9 Mio. t CO₂ auf den Straßenverkehr, 1,1 Mio. t CO₂ auf den Luftverkehr (Flughafen Tegel) und 0,6 Mio. t CO₂ auf den Schienenverkehr und die Binnenschifffahrt.

Verursacherbilanz CO₂-Emissionen nach Sektoren (2017)

in Mio. t CO₂

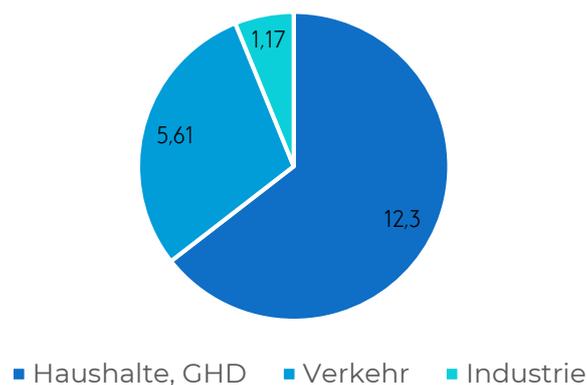


Abbildung 3: Verursacherbilanz CO₂-Emissionen in Berlin nach Sektoren, in Mio. t (2017) [5]

Berliner Beschluss der Klimazielerreichung: BEK 2030

Ausgehend vom Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln 2016) wurden im Berliner Energie- und Klima Klimaschutzprogramm 2030 (BEK) [4] für alle Handlungsfelder Maßnahmen und Strategien zur Umsetzung bis zum Jahr 2021 festgeschrieben.

Der Monitoringbericht des BEK aus dem Jahr 2019 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den einzelnen Handlungsfeldern bis 2017. Bei Fortschreibung der durchschnittlichen jährlichen Emissionsreduktionen ab 2010 würde das Klimaschutzziel für 2020 mit 0,6 % Abweichung nur knapp nicht erreicht. Die Emissionsziele in den Handlungsfeldern *Energieversorgung* (Umwandlungssektor), der *Wirtschaft* und im Bereich *Haushalte&Konsum* liegen auf dem Pfad der Zielerreichung für das Jahr 2020. Allerdings werden in den Bereichen *Gebäude und Stadtentwicklung* sowie *Verkehr* die anvisierten Zwischenziele der Sektoren für 2020 vorraussichtlich stark verfehlt [1]. Darüber hinaus vergleicht der Monitoringbericht die Emissionsentwicklung lediglich mit den im Energiewendegesetz konkret festgeschriebenen Emissionszielen, welche schlussendlich noch nicht auf die anvisierte Emissionsneutralität hinführen. Hierfür ist in Zukunft eine Verschärfung der Ziele notwendig.

Der Gebäudebestand in Berlin ist geprägt durch zahlreiche, teilweise denkmalgeschützte Altbauten mit schlechter Wärmedämmung und einem hohen Anteil an Mietwohnungen. Zur Zielerreichung müssen hier insgesamt 85 % der Emissionen eingespart werden, dies entspricht einer Reduktion auf 1,6 Mio. t CO₂ im Jahr 2050. Einen wichtigen Beitrag liefert die energetische Sanierung des Gebäudebestandes, so soll der spezifische Endenergieverbrauch von 207 kWh/m² (2012) auf durchschnittlich 77 kWh/m² gesenkt werden. Darüber hinaus soll der fossile Primärenergiebedarf stark reduziert werden, zum einen durch die direkte Nutzung erneuerbarer Energien, aber auch durch die sukzessive Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Gasverbrauch. Daneben ist die Flexibilisierung des Gesamtsystems, insbesondere durch Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit Wärmespeichern, den Ausbau von Speichertechnologien und die intelligente Verknüpfung von Erzeugung und Verbrauch zentral [4].

Für das Jahr 2020 ist im Gebäudebereich ein Emissionsrückgang um rund 26% gegenüber 2012, auf 7,6 Mio. t CO₂ vorgesehen. Tatsächlich wurden bis 2016 allerdings nur ein Rückgang um 6,5 % erreicht. Dies liegt zum einen am moderaten Bevölkerungszuwachs um 5,8 % im selben Zeitraum, aber auch an der geringen Sanierungsrate von gegenwärtig lediglich 1 %, was dem bundesweiten Niveau entspricht. Zur Zielerreichung muss die Rate der Gebäudesanierung schnellstmöglich und sozialverträglich auf 2,1 % gesteigert, sowie die Sanierungstiefe erhöht werden.

Der Verkehrsbereich verzeichnete, ähnlich zum bundesweiten Trend seit 2012, trotz der Bemühungen der Berliner Verkehrspolitik eine Zunahme der CO₂-Emissionen um 13,2 % auf 5,6 Mio. t CO₂ (2017) [1]. Dies liegt zum einen an der gestiegenen Zahl und Größe der zugelassenen PKW, der Zunahme der allgemeinen Mobilitätsleistungen und einem erhöhten Logistikaufkommen, vor allem aber an den zurechenbaren CO₂-Emissionen des Luftverkehrs. Dabei wurden bisher lediglich die Emissionen des Flughafens Tegel betrachtet. Mit der Eröffnung des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER), dessen Energieverbrauch für die Zwecke dieser Studie zu 70% der Stadt Berlin zugerechnet wird, steigen die Emissionen im Berliner Verkehrssektor mittelfristig weiter [7].

Das im BEK 2030 formulierte Zwischenziel, die Emissionen im Verkehrsbereich auf 3,8 Mio. t im Jahr 2020 zu senken, wird damit voraussichtlich verfehlt. Es ist deshalb wichtig, dass das Land Berlin durch eine angepasste Verkehrspolitik auf eine Trendumkehr hinwirkt. Neben einem Mobilitätswandel im Individualverkehr sind hierbei verstärkte Anstrengungen zur Umstellung des ÖPNV und der öffentlichen sowie privatwirtschaftlichen Nutzfahrzeugflotten auf alternative Antriebe notwendig.

Rolle des Wasserstoffs im zukünftigen Berliner Energiesystem

Um die Treibhausgas (THG)-Emissionen zu senken und die Klimaschutzziele zu erreichen, bedarf es einer verstärkten Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem und Effizienzsteigerungen in allen Sektoren. Dabei werden auch in Zukunft für Anwendungen, die einen Energieträger mit hoher Energiedichte benötigen (bspw. der Flugverkehr), vermutlich flüssige oder gasförmige Energieträger verwendet. Der Einsatz von Wasserstoff wird in den Anwendungen, wo Elektrifizierung oder der direkte Einsatz von erneuerbaren Energien schwer umzusetzen sind, einen entscheidenden Beitrag zur Dekarbonisierung leisten können. Diese Schlussfolgerung zieht auch die Bundesregierung in ihrer im Juni 2020 veröffentlichten Wasserstoffstrategie [8].

Welche Rolle Wasserstoff in Berlin spielen wird und wie die hierfür notwendige Wasserstoffinfrastruktur geschaffen werden kann, ist noch nicht ausreichend beantwortet. Obwohl in der Machbarkeitsstudie *Klimaneutrales Berlin 2050* [9] für 2050 ein Wasserstoffverbrauch von ca. 52.500 t sowie Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Sektoren skizziert wurde, sind im BEK 2030 bisher kaum konkrete Maßnahmen für den Hochlauf der Wasserstoffnachfrage und der Versorgung enthalten. Es ist jedoch vorgesehen, das BEK im Jahr 2021 zu aktualisieren.

Auf Grundlage eines nationalen Szenarios der zukünftigen Wasserstoffnachfrage wird in dieser Studie skizziert, wieviel emissionsarmer Wasserstoff in Berlin in den einzelnen Sektoren integriert werden müsste, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Zum Vergleich wird ein Hochlauf der Wasserstoffnachfrage in Berlin auf Basis regionaler Kennzahlen und technologischer Verfügbarkeit ausgearbeitet. Eine ausführliche Unternehmensbefragung beschreibt die aktuellen Absichten, Ziele und Herausforderungen der Berliner Unternehmen bezüglich der Nutzung von emissionsarmem Wasserstoff in der Energieversorgung oder Mobilitätsanwendungen. Eine abschließende qualitative Bewertung der aufgenommenen Vorhaben zeigt Anhaltspunkte für die Entwicklung möglicher Pilotprojekte und deren Verknüpfung.

Zusammenfassung Ausgangslage

Der Sektor GHD & Haushalte nimmt mit 64% der Gesamtemissionen eine Schlüsselrolle bei der Klimazielerreichung ein. Insbesondere die Wärmeversorgung der Gebäude spielt eine große Rolle. Hierbei steht Berlin aufgrund des Altbaubestandes und der verdichteten Wohnsituation vor besonderen Herausforderungen. Der hohe Anteil an Fernwärme birgt Chancen frühzeitig alternative Energien in die Wärmeversorgung zu integrieren.

Das zweite wichtige Handlungsfeld ist der Verkehrsbereich, in dem der Trend der ansteigenden Emissionen umgekehrt werden muss. Gleichzeitig sollten Lösungen gefunden werden, um dem steigenden Mobilitätsanspruch und innerstädtischen Transportaufkommen gerecht zu werden.

Wasserstoff wird als Energieträger mit hoher Energiedichte und langfristiger Speicherbarkeit eine große Rolle zur Erreichung der Energiewende einnehmen. Allerdings liegen von Seiten des Landes Berlin für den Markthochlauf und die Skalierung

2. Wasserstoff-Bedarf in Berlin 2025

Ziel dieses Kapitels ist es, die Wasserstoffnachfrage Berlins für das Jahr 2025 theoretisch abzuschätzen. Im Zentrum des Ansatzes für die Quantifizierung des Wasserstoffbedarfs steht die Erreichung der Berliner Klimaziele. Hierzu wird ein Szenario für das Bundesgebiet, welches die Entwicklung eines möglichst kostenoptimalen Energiesystems bei gleichzeitiger Emissionsminderung von 95 % bis zum Jahr 2050 aufzeigt, auf Berlin übertragen [10]. Das Ergebnis des Ansatzes stellt den Wasserstoffbedarf Berlins dar, der im Jahr 2025 entsteht, wenn die Nachfrage in Berlin dem Hochlauf des nationalen Szenarios folgt.

2.1. Methodik

Das Forschungszentrum Jülich hat Ende des Jahres 2019 die Studie „Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050“ [10] veröffentlicht. Wichtigster Aspekt dieser Studie ist die Minimierung der Transformationskosten und die Ausgestaltung des deutschen Energiesystems im Jahr 2050 sowie in den Stützjahren 2030 und 2040. Bei der Optimierung treten alle verfügbaren Technologieoptionen gegeneinander an und werden nach Effizienz- und Kostenkriterien bewertet. Die Studie beschreibt im Szenario 95 (S 95) somit eine kostenoptimale Transformationsstrategie zur Reduzierung der gesamtdeutschen Treibhausgasemissionen um 95 % im Vergleich zum Jahr 1990.

Für das Jahr 2030 sieht der kostenoptimale Transformationspfad eine Emissionsminderung von 61 % vor und liegt damit sehr nahe an den Zielen des Berliner Energiewendegesetz für das Jahr 2030 (Minderung um 60 %), weshalb es als Basis für die folgende Abschätzung genutzt wurde.

Um den Wasserstoffbedarf Berlins im Jahr 2025 unter Berücksichtigung der Erreichung der Klimaziele zu bestimmen, wird der Wasserstoffbedarf, den das Forschungszentrum Jülich in seiner Optimierung für das deutsche Energiesystem bei Erreichung einer 95 %-igen Emissionsreduzierung prognostiziert, auf Berlin übertragen. Der nationale Wasserstoffbedarf im Jahr 2025 wird aus den Stützjahren, unter Annahme eines exponentiellen Anstiegs, interpoliert. Es wird weiterhin angenommen, dass sich die nationale Wasserstoffnachfrage proportional zum jeweiligen Anteil am nationalen Energiebedarf auf die Bundesländer verteilt. Dementsprechend wird auf Grundlage der Anteile Berlins am nationalen Endenergieverbrauch je Sektor die Wasserstoffnachfrage Berlins im Jahr 2025 bestimmt.

Nationale H₂-Bedarfe

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des nationalen Wasserstoffbedarfs⁵ bei einer Emissionsreduktion um 95 % im Vergleich zu 1990 auf dem kostenoptimalen Transformationspfad nach Robinius et al. [10].

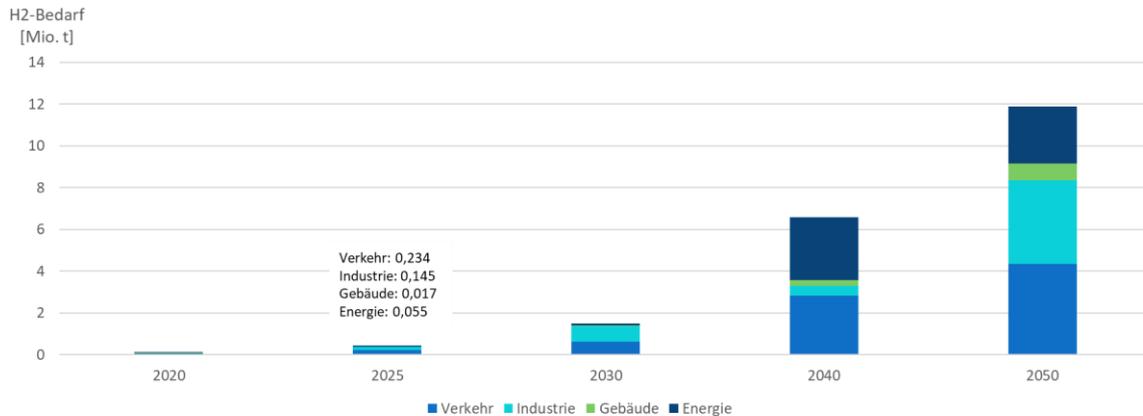


Abbildung 4: Wasserstoffbedarf Deutschlands im 95 % Szenario des Forschungszentrums Jülich [10]

Aus der Berechnung eines exponentiellen Anstiegs des Bedarfs zwischen 2020 und 2030 ergeben sich für das Jahr 2025 folgende sektorspezifischen Wasserstoffnachfragen für Deutschland:

Sektor	H ₂ -Nachfrage [t/a]
Verkehr	234.000
Industrie	145.000
Gebäude	17.400
Energie/Rückverstromung	55.000

Tabelle 1: Die sektorspezifische Wasserstoffnachfrage für Deutschland im Jahr 2025 [10]

Grundsätzlich wird deutlich, dass bis zum Jahr 2030 der Großteil des Wasserstoffeinsatzes in Deutschland voraussichtlich auf die Sektoren Verkehr und Industrie entfällt. Wasserstoffbedarf zur Wärmeversorgung von Gebäuden entsteht in diesem nationalen Szenario erst später in größerem Ausmaß. Dies liegt daran, dass der Optimierung des Forschungszentrums Jülich zufolge im Szenario mit einer 95 %-igen Emissionsminderung 83 % der Wohn- und Nichtwohngebäude mit elektrischen Wärmepumpen ausgestattet werden und die Endenergienachfrage im Gebäudesektor aufgrund von umfangreichen Sanierungen um etwa 50 % sinkt.

Emissionsminderungen in der Wärmeversorgung über Sanierungen und den großflächigen Einsatz von Wärmepumpen stehen in Berlin jedoch ungünstigen Bedingungen gegenüber. Aufgrund des hohen Anteils an KWK-Gaskraftwerken in der Fernwärme und vielen Gebäuden mit ungünstigen Bedingungen für den Einsatz von Wärmepumpen, bleibt zu prüfen, ob die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Berlin zeitnah ohne Wasserstoff als Ersatz für Erdgas erfolgen kann.

⁵ Energiebedingter Bedarf ohne chemische Prozesse

Ableitung des H₂-Bedarfs in Berlin

Zunächst werden die sektorspezifischen Anteile Berlins am Endenergiebedarf Deutschlands ermittelt. Tabelle 2 stellt die Endenergieverbräuche Berlins und Deutschlands in den Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude gegenüber.

	Endenergieverbrauch [TJ]		Anteil Berlins [%]
	Deutschland	Berlin	
Verkehr	2.765.245	75.514	2,7
Industrie	2.665.969	11.860	0,4
Gebäude	3.773.579	148.432	3,9

Tabelle 2: Die Anteile Berlins am deutschen Endenergieverbrauch je Sektor, Bezugsjahr: 2017 [5, 11]

Tabelle 2 macht deutlich, dass die energie- und emissionsintensive Industrie in Berlin eine untergeordnete Rolle spielt und lediglich einen Anteil von 0,4 % am gesamtdeutschen Endenergiebedarf dieses Sektors ausmacht. Auf den höchsten Anteil am nationalen Endenergieverbrauch kommt der Berliner Gebäudesektor.

Um den Anteil Berlins am nationalen Wasserstoffbedarf im Sektor Energie zu bestimmen, werden die installierten Kraftwerkskapazitäten betrachtet. In Tabelle 3 sind die elektrischen Bruttoleistungen von Kraftwerken mit einer Nennleistung von über 100 MW aufgeführt, anhand deren der Berliner Anteil an der nationalen Kraftwerksleistung berechnet wird.

	Deutschland	Berlin	Anteil Berlins
Kraftwerkskapazitäten - elektrische Bruttoleistung	89.054 [MW]	2.005 [MW]	2,3 %

Tabelle 3: Der Anteil Berlins an der installierten Kraftwerksleistung in Deutschland, Stand: 2020 [12]

Bei der Detailbetrachtung der Kraftwerkskapazitäten in Berlin fällt auf, dass Gaskraftwerke mit etwas mehr als 50 % einen überdurchschnittlich hohen Anteil an der installierten Kraftwerksleistung ausmachen. Vor dem Hintergrund der Pläne Berlins bis 2030 aus der Kohlenutzung auszusteigen, ist davon auszugehen, dass dieser Wert weiter steigt um die Wärmeversorgung in Berlin zu sichern [1, 13]. Es gibt bundesweit bereits vielfältige Entwicklungsaktivitäten, um gasbasierte KWK-Anlagen und Gaskraftwerke auf die Beimischung oder vollständige Nutzung von Wasserstoff umzurüsten, weshalb das Potenzial für einen mittelfristigen Einstieg in diesem Bereich in Berlin besonders vielversprechend eingeschätzt wird.

Der Gesamtbedarf ergibt sich aus der Multiplikation des nationalen Wasserstoffbedarfs je Sektor (vgl. Abbildung 4) mit den jeweiligen Anteilen Berlins am Endenergieverbrauch bzw. am Anteil der Kraftwerkskapazität.

2.2. Gesamtbedarf modellbasierter Ansatz

Folgt der Wasserstoffbedarf in Berlin anteilig dem nationalen Szenario des Forschungszentrums Jülich, so ergibt sich für das Jahr 2025 ein **Gesamtbedarf von 8.936 t**. Da das angesetzte nationale Szenario den Klimazielen Berlins entspricht, ist die ermittelte Menge ein Anhaltspunkt für den Bedarf an emissionsarmem Wasserstoff. Wird der dargestellte Ansatz in gleicher Form für die Bestimmung des Berliner Wasserstoffbedarfs im Jahr 2030 angewandt, summiert sich die Nachfrage auf 23.959 t jährlich. Die Aufteilung des Bedarfs auf die Sektoren verändert sich im Vergleich zu 2025 nur wenig.

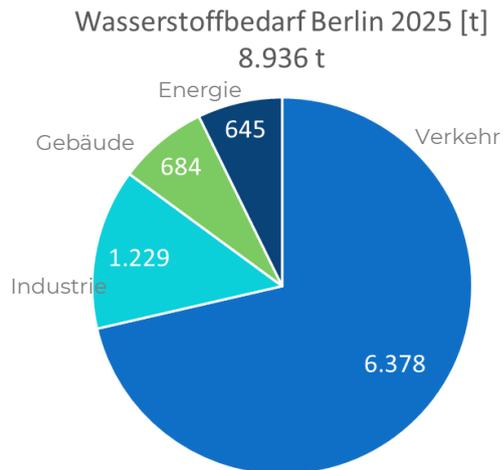


Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Wasserstoffnachfrage auf die betrachteten Sektoren. Gemäß des nationalen Szenarios zeigt sich, dass Wasserstoff im Jahr 2025 vor allem im Verkehr eingesetzt wird. Die Sondersituation Berlins mit 2/3 der CO₂ Emissionen in der Wärme müsste weitergehend geprüft werden, könnte aber die Verteilung zugunsten dieses Sektors deutlich verschieben.

Abbildung 5: Theoretischer Wasserstoffbedarf Berlins 2025

Die Industrie, welche im nationalen Hochlauf noch wesentlich zur Wasserstoffnachfrage beiträgt, hat in Berlin lediglich einen Anteil von ca. 7 % am Wasserstoffbedarf, da der Sektor in Berlin nicht sehr stark ausgeprägt ist. Es wird angenommen, dass Wasserstoff in der Industrie hauptsächlich im Betrieb von unternehmenseigenen Gas- und Dampfkraftwerken bzw. BHKWs, also in der Wärme- und Stromerzeugung, Anwendung finden wird.

Insgesamt kommen die Sektoren Energie, Gebäude und Industrie im theoretischen Ansatz auf einen Bedarf von 2.558 t, was einem Anteil von 29 % am Gesamtbedarf entspricht. Dieser Bedarf könnte in der Strom- und Wärmeversorgung durch Nutzung von Wasserstoff zur Dekarbonisierung der Gaskraftwerke entstehen. Aufgrund der zahlreichen KWK-Kraftwerke und des hohen Fernwärmeanteils⁶ in der Berliner Wärmeversorgung wird diesem Bereich ein großes Verbrauchspotenzial zugeschrieben. Anders als im nationalen Szenario wird mittelfristig der Verwendung von Wasserstoff zur Wärmeversorgung ein deutlich größeres Potenzial zugeschrieben.

⁶ 33 % des Berliner Wärmemarktes wird durch Fernwärme abgedeckt

3. Meinungsbild zu H₂-Aktivitäten in der Hauptstadt

Zur Ermittlung eines aktuellen Meinungsbildes zum Einsatz von Wasserstoffanwendungen und zur Erfassung der realen Bedarfsentwicklung, wurden 21 lokale Unternehmen befragt. Die Ergebnisse der Befragungen geben einen Eindruck, welche Bedeutung Wasserstoff in Bezug auf die Ziele und Maßnahmen zur Emissionsreduktion der Unternehmen hat. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der befragten Teilnehmer, sortiert nach Anwendungsfeldern für Wasserstoff im jeweiligen Unternehmen.

Mobilität	Logistik	Strom- & Wärmeerzeugung
1. H2-Mobility 	1. Berliner Feuerwehr 	1. Vattenfall Wärme 
2. Clever Shuttle 	2. Berliner Stadtreinigung 	2. Vattenfall Innovation 
3. Deutsches Technikmuseum Berlin 	3. Berliner Wasserbetriebe 	3. GASAG 
4. Toyota Tsusho 	4. Behala 	4. Stromnetz Berlin 
5. Toyota Financial Services 	5. DB Energie 	5. B.E.M 
	6. Meyer & Meyer 	6. Berlin Event 
		7. Charité 
		8. Fuchs & Hirsch 
		9. Bayer AG 
		10. Vivantes 

Abbildung 6: Übersicht der Interviewpartner sortiert nach möglichen Wasserstoffanwendungen

Der in der theoretischen Analyse in Kapitel 2 aufgefundene Fokus des Hochlaufs von Wasserstoffanwendungen auf den Verkehrsbereich, spiegelt sich auch im dargestellten Meinungsbild wider. Bezogen auf die kurz- bzw. mittelfristige Bedeutung von Wasserstoff für die Dekarbonisierung der Energieversorgung und der Geschäftsprozesse der Unternehmen, sehen die befragten Unternehmen in den Bereichen Mobilität und Logistik ein vergleichsweise hohes Potenzial im Einsatz von wasserstoffbetriebenen Kraft- und Nutzfahrzeugen (Abbildung 7). Im Bereich der Strom- und Wärmeversorgung bzw. den Anwendungsbereichen der Kraft-Wärme-Kopplung wird die Bedeutung dagegen lediglich als weniger hoch bis neutral eingestuft.

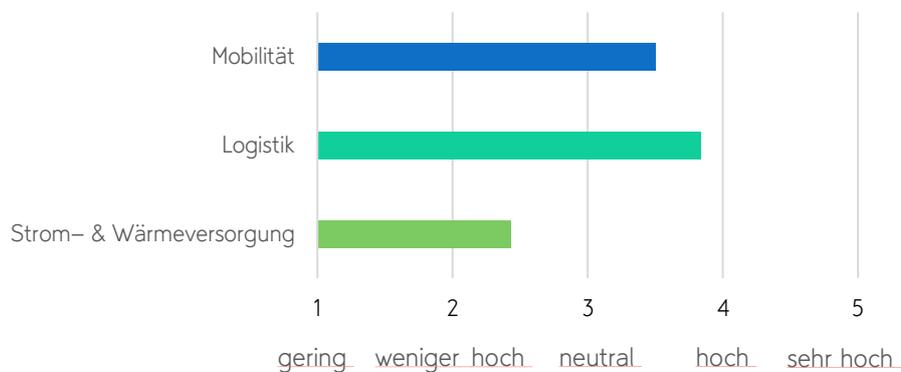


Abbildung 7: Bedeutung von Wasserstofftechnologien bzgl. der Dekarbonisierung (aufgeteilt nach Anwendungsfeldern)

Im Folgenden wird die aktuelle Situation und die Einschätzung der Unternehmen in den Sektoren Mobilität & Logistik und der Strom- und Wärmeversorgung zur Nutzung von Wasserstoff dargestellt. Absichten und konkrete Projekte, welche in den Interviews identifiziert wurden, sind im Kapitel 4 detailliert aufgeführt.

3.1. Mobilität & Logistik

Im Bereich der Mobilität & Logistik sind die Einschätzungen zu den Verkehrsmitteln im Straßen-, Schienen- und Schiffsverkehr zusammengefasst. Die Aussagen legen einen Schwerpunkt auf der Umrüstung oder die Neubeschaffung von Nutzfahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb.

Anwendungsfelder und aktuelle Projekte

Bezüglich Fahrzeugen zur Personenbeförderung gab die Mehrheit der befragten Unternehmen an, bereits einen Teil ihres Fuhrparks auf batterieelektrische Fahrzeuge umgestellt zu haben bzw. eine Umstellung zeitnah zu planen. Gleichzeitig gibt es Beispiele für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge bei der Feuerwehr, oder bei CleverShuttle (GHT Mobility GmbH).

Zur Zeit der Studierenerstellung hatte das Mobilitätsunternehmen CleverShuttle in Berlin 20 wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und 130 batterieelektrische Fahrzeuge im Taxi ähnlichen Ridepooling in Betrieb. Den jüngsten Nachrichten zufolge zieht sich dieses Unternehmen nun allerdings aus Berlin zurück. Im Bereich der wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge setzte das Unternehmen auf das Modell Toyota Mirai. Zur Vergrößerung der Flotte wurde perspektivisch über wasserstoffbetriebene Großraumfahrzeuge nachgedacht.

Das Taxi-Unternehmen Hype in Paris, ein Konsortium mehrerer Unternehmen aus dem Mobilitäts- und Technologiebereich, zeigt wie erfolgreich wasserstoffbetriebene Fahrzeuge in der öffentlichen Mobilität eingesetzt werden können und dabei helfen die Wasserstoffinfrastruktur zu entwickeln. Schon heute fährt in der französischen Metropole eine Flotte von 100 Wasserstofftaxi, welche perspektivisch auf 600 Fahrzeuge aufgestockt werden soll.

Die Berliner Stadtreinigung (BSR), die Berliner Wasserbetriebe und die Berliner Feuerwehr wurden zu potenziellen Anwendungsfeldern für Wasserstoff in Bezug auf die urbane Infrastruktur und der kommunalen Daseinsvorsorge befragt. Neben rein wirtschaftlichen Interessen haben die befragten Unternehmen den politischen Auftrag, als öffentliche Unternehmen des Landes Berlin, in alternative Antriebstechnologien zu investieren.

Die Berliner Stadtreinigung hat hierzu bereits rund 75 % der PKWs und Kleintransporter elektrifiziert und die Hälfte der 330 derzeit im Einsatz befindlichen Abfallsammelfahrzeuge auf Biogas umgestellt. Darüber hinaus wurde bereits 2013 in Kooperation mit der Heliocentris Academia GmbH und der FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG der Einsatz eines hybriden Abfallsammelfahrzeuges mit wasserstoff-betriebenem Aufbau getestet. Bei der Berliner Feuerwehr ist in der Verwaltungsvorschrift für Beschaffung und Umwelt (VwVBU) festgehalten, dass in Technologien investiert werden muss, die den neuesten Abgasstandards entsprechen. In diesem Zusammenhang werden aktuell vier Wasserstoff-PKW betrieben und die Nutzung von weiteren wasserstoffbetriebenen Rettungs- und Löschfahrzeugen geprüft.



Abbildung 8: H2-PKW bei der Berliner Feuerwehr [40]

Die Berliner Wasserbetriebe sehen in Zukunft eine Einsatzmöglichkeit für Wasserstoff sowohl zum Betrieb ihrer Kanalfahrzeuge, LKW und anderen Nutzfahrzeugen (in Summe ca. 600 Stück), sowie in der Wärmeversorgung. Um Erfahrung im Einsatz zu sammeln, werden aktuell zwei Nutzfahrzeuge als Pilot für den Betrieb mit Wasserstoff umgerüstet.

Im öffentlichen Personenverkehr haben wasserstoffbetriebene Busse signifikante Vorteile, hinsichtlich der Reichweite und Leistungsfähigkeit, gegenüber rein batterieelektrischen Bussen. Die BVG steht vor der Herausforderung ihre 1.400 Fahrzeuge umfassende Busflotte bis 2030 auf emissionsfreie Antriebe umzustellen [14]. Für die leistungsstarken Fahrzeuge wie Doppeldeckerbusse bieten sich hierfür der Antrieb oder zumindest die Erweiterung (als Range-Extender) mit einer Brennstoffzelle an. Die Umsetzung einer möglichen Flotte von wasserstoffbetriebenen Bussen der BVG, befindet sich allerdings noch in der Prüfung und konnte im Rahmen der Interviews nicht festgestellt werden.

Im geplanten Quartier Neulichterfelde mit insgesamt 2.500 Wohneinheiten soll ein innovatives Mobilitätskonzept umgesetzt werden, wofür die Toyota Kreditbank GmbH als Innovationspartner verantwortlich ist. Konkret sind für die Anbindung zum öffentlichen Nahverkehr der Einsatz von Elektroautos, wasserstoffbetriebene Busse sowie an Verleihstationen (Mobility Spots) Fahrräder, Pedelecs und elektrische Zweiräder geplant. Auch bei der Modernisierung und Erweiterung des Berliner Siemens-Campus, dem Projekt Siemensstadt 2.0, soll der Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität evaluiert werden⁷.

Die Logistikunternehmen Behala GmbH und die Meyer & Meyer Holding SE & Co. KG elektrifizieren derzeit Teile ihrer Nutzfahrzeuge im Kurz- und Mittelstreckenbereich. Bei der Behala GmbH werden zudem drei Sattelzugmaschinen auf den Betrieb mit Erdgas umgestellt. Die beiden Unternehmen haben ebenfalls großes Interesse am Einsatz von wasserstoffbetriebenen LKWs für Mittel- bis Langstrecken. Beispielsweise sieht die Meyer & Meyer Holding SE & Co. KG für die Strecke Berlin-Osnabrück einen ersten möglichen Anwendungsfall für eine wasserstoffbetriebene Sattelzugmaschine, sofern eine geeignete Wasserstoffinfrastruktur und die Technologie vorhanden wäre, um grünen Wasserstoff zu einem wettbewerbsfähigen Preis zu nutzen.

Im Schienenverkehr kommen wasserstoffbetriebene Züge dort in Frage, wo lange nicht elektrifizierte Strecken bestehen, auf denen der Einsatz eines batterieelektrischen Schienenfahrzeuges, nicht wirtschaftlich ist. Derzeit ist der Betrieb eines Wasserstoffzuges durch die Niederbarnimer Eisenbahn-AG auf der Regionalbahnlinie RB27 (Heidekrautbahn) bis nach Berlin Gesundbrunnen geplant. Die neuen Züge sollen im Jahr 2024 in Betrieb gehen und die ca. 60 km lange, nicht elektrifizierte Strecke nördlich von Berlin bedienen [15]. Die Produktion des Wasserstoffs und die Betankung des Zuges finden zunächst in Brandenburg statt.

Weitere nicht elektrifizierte Strecken im Berliner Umland, die sich möglicherweise für wasserstoffbetriebene Züge eignen, sind die Regionalexpresslinie RE6 (Prignitz-Express) und die Regionalbahnlinie RB55 auf der Strecke Berlin (Gesundbrunnen) nach Wittenberge, die nur auf einem Teil der 140 km langen Strecke elektrifiziert ist. Jedoch ist der Einsatz von weiteren wasserstoffbetriebenen Zügen im Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg bisher nicht geplant.

⁷ Aufgrund des frühen Planungsstandes konnten die H₂-Anwendungen nicht genauer beschrieben werden

Auf der Spree und den Berliner Seen verkehren zahlreiche Ausflugsschiffe, welche zum Teil auf relativ alter Technik beruhen. Wasserstoffantriebe über Brennstoffzellen bieten sich an, um zeitnah den Schiffsverkehr zu dekarbonisieren. Die Antriebe sind leistungsstark genug, um eine durchgehende Nutzung zu gewährleisten, zudem können Vibrationen und Geräuschemissionen reduziert werden. Das Technikmuseum Berlin möchte nach eigenen Angaben den Antrieb des Fahrgastschiffs KAISER FRIEDRICH auf Brennstoffzellen umrüsten. Das Projekt ist im Rahmen der Studie im Kapitel 4.2. genauer beschrieben.

Für Logistikverkehr auf dem Wasser wird derzeit das Schubschiff „Elektra“ der Behala GmbH gebaut. Die Behala GmbH hat in Kooperation mit der Technischen Universität Berlin das Schubschiff bei der Schiffswerft Barthel in Elbe Pary in Sachsen-Anhalt beauftragt. Das Schubschiff wird durch eine Kombination aus Batterien und drei Brennstoffzellen mit einer Nennleistung von jeweils 100 kW angetrieben. Der Regelbetrieb als Schubschiff soll bis Ende 2024 auf der Strecke Berlin - Hamburg starten. Im Rahmen der Entwicklung und Konstruktion der Elektra ist das Antriebskonzept nach Aussagen des Unternehmens ebenfalls auf andere Frachttransportschiffe übertragbar. Das Projekt ist im Kapitel 4.2. als Pilotprojekt dargestellt.



Abbildung 9: Konzeptdarstellung Schubschiff Elektra der Behala GmbH [16]

Zusammenfassung Mobilität & Logistik

Die befragten Unternehmen setzen bei der Dekarbonisierung des Fuhrparks aktuell mehrheitlich auf batterieelektrische Fahrzeuge. Gegen eine Aufnahme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen in Fuhrparks sprachen vor allem die mangelnde Wirtschaftlichkeit und die momentan noch geringe Auswahl der am Markt verfügbaren Modelle. Dennoch haben schon einige Unternehmen H₂-PKW in Betrieb, wofür Berlin mit aktuell fünf H₂-Tankstellen gute Voraussetzungen bietet.

Entgegen den aktuellen Herausforderungen sind viele Unternehmen sehr interessiert, ihre Nutzfahrzeuge auf den Betrieb mit Wasserstoff umzustellen, da aus ihrer Sicht die technischen Vorteile gegenüber batterieelektrischen Antrieben überwiegen. Auch für die Umstellung von Schiffsantrieben und den Schienenverkehr gibt es schon konkrete Projekte.

Insgesamt ist ein starkes Interesse und ein positiver Ausblick zur Einbeziehung wasserstoffbasierter Antriebe in Mobilitäts- und Logistikkonzepte zur Dekarbonisierung zu erkennen.

3.2. Strom- & Wärmeversorgung

Im Sektor Strom- & Wärmeversorgung wurden alle Anwendungsfälle der Kraft-Wärme-Kopplung analysiert.

Anwendungsfelder und aktuelle Projekte

Zur Dekarbonisierung der Strom- & Wärmeversorgung wird Wasserstoff als grüner, speicherbarer Energieträger eine hohe Bedeutung zugemessen. Derzeit verfolgt die GASAG AG das Ziel, im Jahr 2030 den Betrieb des Berliner Erdgasnetzes mit einer Mischung aus Erdgas und 20 %-Vol Wasserstoff zu realisieren. Im Hinblick auf den Kohleausstieg bis zum Jahr 2030 beabsichtigt Vattenfall, die bestehenden Kohle- und Gaskraftwerke der Vattenfall Wärme Berlin AG in den kommenden Jahren umzurüsten und H₂-ready zu machen, was die Nutzung von Wasserstoffgasgemischen in der Fernwärmeerzeugung ermöglichen soll. Einzelne neue Gasturbinen der KWK-Anlagen sollen perspektivisch komplett mit Wasserstoff betrieben werden (z.B. das HKW Marzahn). Hierfür müsste allerdings neben einer möglichen Erzeugung vor Ort eine dezidierte Wasserstoffpipeline die Versorgung absichern. Aufgrund der aktuellen Markt- und Rahmenbedingungen ist die Umstellung von Kraftwerken auf reinen Wasserstoffbetrieb derzeit nicht vor 2040 absehbar.

Mehrere große Unternehmen des Industrie- und des Dienstleistungssektors decken ihren Wärme- und Strombedarf in großen Teilen durch eigene KWK-Kraftwerke. Konkret sei hierbei die Bayer AG, die Charité und Vivantes erwähnt, die besonders hohe Anforderungen hinsichtlich der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit an ihre Energieversorgung formulierten. Sobald bewährte Technologien auf dem Markt vorliegen und eine wettbewerbsfähige Wasserstoffversorgung gewährleistet wird, wären auch diese Unternehmen grundsätzlich bereit aktuelle Erdgasanwendungen umzustellen. Die Bayer AG hat sich konzernweit das Ziel gesetzt bis 2030 die bilanzielle Klimaneutralität zu erreichen und evaluiert hierfür geeignete Pfade. Die Dekarbonisierung der öffentlichen und halb-öffentlichen Einrichtungen wie die Charité und Vivantes ist vor Allem durch die Vorgaben und Beschaffungsvorschriften an das Energiemanagement getrieben, welche durch das Land verfasst werden. Hier könnten Vorzeigeprojekte im Sektor Wärme- und Stromversorgung aufgebaut werden.

Hinsichtlich der Versorgung von Quartieren mit Strom und Wärme wurden im Rahmen der Interviews das Quartier Neulichterfelde und die Siemensstadt 2.0 betrachtet. Im Quartier Neulichterfelde sollen 2.500 Wohneinheiten für ca. 6.000 Menschen mit einer emissionsneutralen Wärmeversorgung durch den Einsatz von Wärmepumpen und Biogas-BHKW umgesetzt werden. Auch auf dem neuen Siemens-Campus in der Siemensstadt 2.0 soll ein CO₂-neutraler Wohn- und Technologiestandort mit etwa 3.000 Wohnungen bis 2030 entstehen. Nach Aussagen von Siemens ist Wasserstoff unter den heutigen Kenntnissen und dem gegebenen Umsetzungszeitraum des Projekts, vor allem in der Mobilität relevant. In der Wärme- und Stromversorgung der Siemensstadt 2.0 sowie in Neulichterfelde, konnten konkrete Wasserstoffanwendungen bis 2025 nicht identifiziert werden.

Zusammenfassung Strom- und Wärmeversorgung

Laut Aussagen der befragten Unternehmen kommt einer Anwendung von Wasserstoff in der Wärmeversorgung aufgrund der aktuell günstigen Energie- und CO₂-Preise, kurzfristig keine Bedeutung zu. Dennoch sehen Unternehmen die Substitution von Erdgas essenziell für die Dekarbonisierung der Strom- & Wärmeversorgung. Unternehmen mit eigenen KWK-Anlagen zeigen sich diesbezüglich generell offen in Pilotprojekten Erfahrung zu sammeln und eventuell nötige Investitionen für die Anpassung der Technik vorzunehmen.

3.3. Hemmnisse für H₂-Anwendungen

Im Rahmen der Studie wurden neben aktuellen Absichten auch die Hemmnisse zur Anwendung von Wasserstoff in den Sektoren Mobilität, Logistik und Strom- und Wärmeversorgung aufgenommen. Diese sind grafisch in der Abbildung 10 dargestellt.

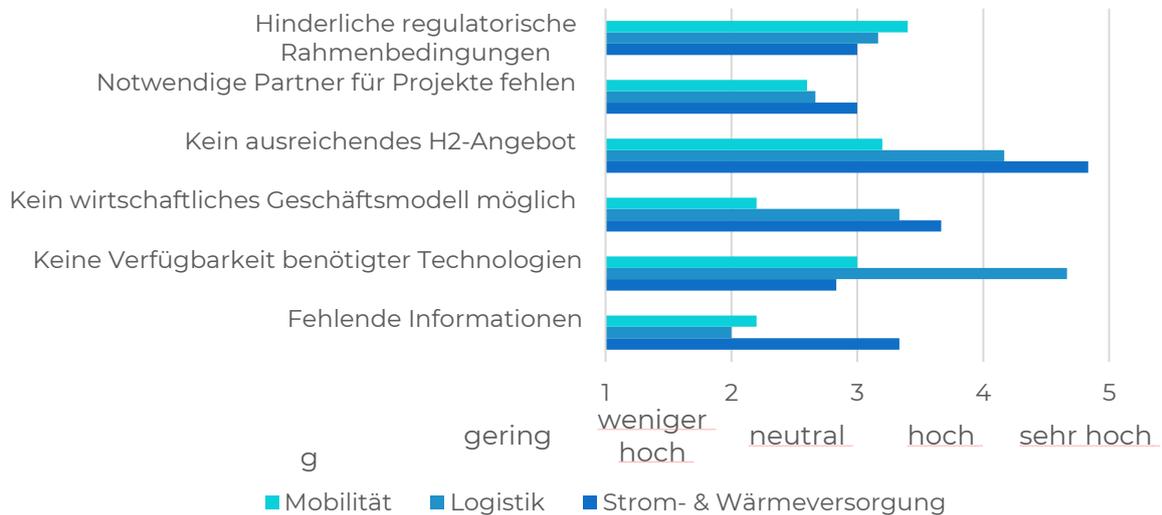


Abbildung 10: Einschätzung der Hemmnisse und notwendigen Rahmenbedingungen zur Nutzung von Wasserstoff

Mobilität & Logistik

Wie in Abbildung 10 ersichtlich, wird der Hemmnisfaktor *fehlender Technologien* im Logistiksektor als hoch bis sehr hoch bewertet. Im Rahmen der Interviews wurde in diesem Zusammenhang mehrheitlich die Problematik hervorgehoben, dass es derzeit im Bereich der Nutzfahrzeuge noch keine wirtschaftlichen Konzepte und standardisierte, wasserstoffbetriebene Fahrzeuge am Markt gibt. Erste Forschungs- und Pilotprojekte, wie die Entwicklung des Schubschiffes Elektra (siehe Kapitel 4), zeigen jedoch eine fortschreitende Entwicklung auf.

In der Betrachtung Hemmnisfaktoren fällt auf, dass im Mobilitäts- und Logistiksektor der Faktor *Kein wirtschaftliches Geschäftsmodell* nur mit neutral bis hoch jedoch der Faktor *Kein ausreichendes Wasserstoffangebot* also hoch bis sehr hoch eingestuft wird. Der Bezug und die temporäre Speicherung von grünem Wasserstoff obliegen hierbei zunächst hohen Investitionen in die Infrastruktur, sofern eine Anbindung über das örtliche Gasnetz nicht möglich ist. In Verbindung mit der Anschaffung neuer Fahrzeuge und dem Bezug von grünem Wasserstoff ist hiermit aus Sicht der befragten Unternehmen aktuell kein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Unter den Faktoren *Hinderliche regulatorische Rahmenbedingungen* und *Fehlende Informationen* werden zudem nationale und regionale Regulierungen und Vorgaben in Verbindung mit Fördermodellen erwartet, um den Unternehmen die Investition in Wasserstofftechnologien zu erleichtern.

Strom- & Wärmeversorgung

Für dezentrale Strom- und Wärmeversorgung sowie zentrale KWK-Kraftwerke wird der Bezug des Energieträgers meist durch den direkten Anschluss an das Erdgasnetz realisiert. Das bedeutet, dass eine Substitution des Energieträgers im Gasnetz zwangsläufig eine Dekarbonisierung beim Abnehmer herbeiführen wird. Die dafür nötigen Technologien werden generell als verfügbar eingestuft, in diesem Zusammenhang wurde das Hemmnis *Fehlende Technologien* nur mit weniger hoch bis neutral bewertet.

Der Faktor *Kein wirtschaftliches Geschäftsmodell* wird jedoch mit neutral bis hoch bewertet, da Wasserstoff aus heutiger Sicht nicht mit fossilen Energieträgern in der Strom- und Wärmeversorgung konkurrieren kann. Da die Dekarbonisierung von Gasanwendungen durch Wasserstoff in jedem Fall notwendig erscheint, bereiten sich Wärme- und Energieversorger dennoch darauf vor. Um das Dekarbonisierungspotenzial zeitnah zu heben müssten geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche die Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz oder die dezentrale Nutzung für die Strom- und Wärmeversorgung wirtschaftlich attraktiv machen.

4. Projekte, Absichten & Optionen

Unternehmen	Umsetzbar bis 2025	Umsetzbar bis und nach 2030
BEHALA GmbH	Schubschiff Elektra	
Berliner Feuerwehr		Umstellung der bestehenden Flotte auf Wasserstoffantrieb
BSR		Umrüstung von Nutzfahrzeugen auf Wasserstoffantrieb
Vattenfall Wärme Berlin AG		Vorbereitung des Heizkraftwerkes Marzahn auf H ₂
Berliner Wasserbetriebe	Umrüstung von 2 Nutzfahrzeugen auf Wasserstoff	Umrüstung von Nutzfahrzeugen auf Wasserstoffantrieb
BEHALA GmbH		Umrüstung der Nutzfahrzeug-Flotte auf Wasserstoffantrieb
Berliner Wasserbetriebe		Ersatz der Wärmeversorgung durch Gas über Wasserstoff
BSR		Wärmeversorgung über Wasserstoff
Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin	Umrüstung der Kaiser-Friedrich auf Wasserstoff	
Project Everywh2ere	Verwendung von Brennstoffzellen auf Veranstaltungen	
Meyer & Meyer Holding SE & Co. KG		Verwendung eines H ₂ -LKW's im Mittel- und Langstreckentransport
	Projektiertes Verbrauch	Beabsichtigter Verbrauch
	37,1 t H₂/a	6.480,9 t H₂/a

Unter der Annahme, dass die wichtigsten Akteure in Bezug auf die Umsetzung von Wasserstoffprojekten in Berlin abgefragt wurden, fällt das große Delta zwischen dem aufgefunden projektierten Wasserstoffbedarf für 2025 von 37,1t H₂ und dem modellbasiertem Bedarf von ca. 9000 t H₂ auf. Dies legt nahe, dass die notwendigen Rahmenbedingungen weiterentwickelt werden müssen, um Möglichkeiten und Anreize zur Nutzung von Wasserstoff zu schaffen.

4.1. Aufteilung identifizierter Vorhaben

Auf Grundlage der in den Interviews aufgenommenen Informationen wurden die identifizierten Vorhaben und Absichten analysiert und in aktuelle (bis 2025 geplant), derzeit mittelfristige (nach 2025 geplant) und potenzielle Projekte (bisher keine Planung vorhanden) differenziert.

Projektideen die zur Evaluierung einer weiteren Untersuchung bedürfen

Aufgrund von fehlenden Informationen oder konkreten Plänen konnten einige potentielle Vorhaben im Rahmen der Studie nicht genauer betrachtet werden.

	Projektidee
Potenzielle Projekte	Umrüstung von Teilen der Busflotte auf H ₂ -Betrieb (Modell Köln und London)
	Umrüstung von Teilen der Personenschifffahrt auf H ₂ -Betrieb
	Umrüstung von Schwerlast Lkw auf H ₂ -Antrieb (Diesel Maut für die Stadt, Einführung eines pay-per-use Modells wie in der Schweiz)
	Umrüstung stationäre Stromgeneratoren auf H ₂ -Betrieb (Dieselbann in der Stadt, Modell Amsterdam bis 2025)
	H ₂ -Taxibetrieb (Erfolgsmodell Hype in Paris)
	Umrüstung von Teilen der Flughafenbodenflotte auf H ₂ -Antrieb (Hamburger Modell, klimaneutral in 2021)
	Ersatz von Dieselloks im Bahnbetrieb mit H ₂ -Triebwagen
	Umrüstung von BHKWs auf H ₂ -Betrieb
	Produktion und Nutzung von H ₂ in Reuther West (BSR-Vattenfall)
	Einsatz des Energieträger H ₂ in den neuen Quartieren Siemensstadt 2.0 und Lichterfelde Süd

4.2. Darstellung aktueller Projekte

BEHALA

Kurzbeschreibung Schubschiff ELEKTRA

Die Behala entwickelt in Kooperation mit der TU Berlin, Schiffswerft Hermann Barthel, Ballard Power Systems, Anleg, Schiffselektronik Rostock, EST-Floattech und Imperial Logistics ein Schubschiff, das künftig zwischen Hamburg und Berlin pendeln wird. Es besteht ebenfalls die Bereitschaft die Fahrzeugflotte (250.000 Liter_{Diesel}/Jahr) auf Wasserstoff umzustellen.

Steckbrief

Parameter	Wert	Kommentar
Voraussichtlicher Bedarf bis 2025	20 – 25 t _{H₂} /a	Schubschiff Elektra im Regelbetrieb
H ₂ -Bedarfspotenzial	92 – 98 t _{H₂} /a	Schubschiff Elektra inklusive einer Umstellung der gesamten Flotte auf Wasserstoff
Potenzial zur Dekarbonisierung	12.133 t _{CO₂} /a	Bzgl. Gesamtpotenzial
Skalierbarkeit	70 t _{H₂} /a	<ul style="list-style-type: none"> • Bezogen auf das H₂-Potenzial von Schiffen Berlins in 2030 • Es wird ebenfalls ein zunehmender Containerverkehr in der Region Berlins durch die Eröffnung des Elbe-Havel Kanals erwartet

Übertragung der Technologie des Schubschiffes auf:

- Passagierschiffe
- Polizeiboote

Übertragung der Technologie von Nutzfahrzeugen auf:

- Schwertransport
- Spezialfahrzeuge

Wie kann dieses Potenzial ausgeschöpft werden?

- Bereitstellung der notwendigen Technologie
- Sicherstellung einer belastbaren Versorgungsinfrastruktur innerhalb Berlins
- Finanzierungshilfe in der Beschaffung der Technologie (80 %- 90% des Gaps zwischen den Technologien)
- Wasserstoffpreis unter 5 €/kg_{H₂}

Berliner Wasserbetriebe

Nutzfahrzeuge**Gesamtpotenzial****330,08 t H₂/a****Kurzbeschreibung der Projektidee**

Die Berliner Wasserbetriebe arbeiten aktuell daran zwei Nutzfahrzeuge für den Betrieb mit Wasserstoff umzurüsten. Insgesamt sind ca. 600 unterschiedliche Nutzfahrzeuge in Betrieb, die perspektivisch mit Wasserstoff betrieben werden können.

Wie kann das Potenzial aktiviert werden?

- Bereitstellung notwendiger Rahmenbedingungen für eine wirtschaftlich vertretbare Nutzung von Wasserstoff

Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin

Personenschiffahrt**Gesamtpotenzial****0,6 t H₂/a****Kurzbeschreibung der Projektidee**

Das Deutsche Technikmuseum möchte den Berliner Dampfer KAISER FRIEDRICH auf Wasserstoffbetrieb umrüsten. Der Dampfer soll in Zukunft für Konferenzen und Schulungen verwendet werden und für Wasserstofftechnologien werben. Eine positive Machbarkeitsstudie liegt bereits vor. Aktuell wird nach einer Finanzierungsmöglichkeit gesucht, um das Projekt umzusetzen.

Wie kann das Potenzial aktiviert werden?

- Finanzierungshilfe zur Umsetzung des Projektes

Everywh₂ere**Stationäre Stromgeneratoren****Gesamtpotenzial****2 t H₂/a****Kurzbeschreibung der Projektidee**

Für das Lollapalooza Festival 2020 wurde vorgesehen zwei Brennstoffzellen des Projekts Everywh₂ere für die Stromversorgung zu verwenden.

Seitens des Projektes wird ein immenses Potenzial darin gesehen Festivals mit Brennstoffzellen zu versorgen, da die Dieselaggregate auf Peak-Loads ausgelegt werden, die nur zu Stoßzeiten gebraucht werden. Die restliche Zeit werden die Geräte auf 15 % - 20 % der Maximallast gefahren, wodurch bereits jetzt ein wirtschaftlicher Business Case für Wasserstoff gesehen wird. Es wird explizit nach Partnern gesucht, um diese Chance in dem Umfeld für Wasserstoff auszunutzen.

4.3. Darstellung derzeit mittelfristiger Projekte

4.3.1. H₂-Fahrzeuge, Verkehr und Logistik

Berliner Stadtreinigung

Kurzbeschreibung Umrüstung von Nutzfahrzeugen auf Wasserstoffbetrieb

Im Sinne der Nachhaltigkeit ist die Berliner Stadtreinigung (BSR) bereits lange aktiv. So betreibt sie schon seit mehreren Jahren die Hälfte ihrer Abfallsammelfahrzeuge mit Biogas aus der eigenen Bioabfallvergärung. Ebenso fahren bereits rund 75 % der PKWs und Kleintransporter batterieelektrisch. Im nächsten Schritt, zur Dekarbonisierung weiterer Nutzfahrzeuge sieht die BSR neben dem Einsatz von Biogas nur die Verwendung von Wasserstoff als realistisch an, da beispielsweise beim Gewicht eines batteriebetriebenen Fahrzeuges die erforderliche Nutzlast nur mit erheblichem Aufwand erreicht werden kann. Bereits 2013 hat die BSR ein Pilotprojekt durchgeführt, um Teilfunktionen eines Abfallsammelfahrzeuges mit Wasserstoff zu betreiben. Mit Blick auf das BEK 2030 ist die BSR bestrebt, neben der PKW-Flotte auch den Betrieb ihrer Nutzfahrzeugflotte zu dekarbonisieren.

Steckbrief

Parameter	Wert	Kommentar
Voraussichtlicher Bedarf bis 2025	0 t _{H₂} /a	Aktuell sind keine kurzfristigen technischen Anwendungen für Wasserstoff vorgesehen
H ₂ -Bedarfspotenzial	898 t _{H₂} /a	Umstellung der Nutzfahrzeug-Flotte auf Wasserstoff
Potenzial zur Dekarbonisierung	8.022 t _{CO₂} /a	bzgl. Gesamtpotenzial
Skalierbarkeit	2.229 t _{H₂} /a	Bezogen auf Berlins H ₂ -Potenzial von Nutzfahrzeugen und LKW in 2030

Übertragung der Technologie auf:

- Schwertransport
- Spezialfahrzeuge
- Nutzfahrzeuge

Wie kann dieses Potenzial ausgeschöpft werden?

- Bereitstellung der notwendigen Technologie
- Sicherstellung einer belastbaren Versorgungsinfrastruktur innerhalb Berlins
- Minimierung der Störanfälligkeit
- Finanzierungshilfe in der Beschaffung der Technologie

Berliner Feuerwehr

Kurzbeschreibung Wasserstoffbetriebene Einsatzfahrzeuge

Vor dem Hintergrund der Vorgaben des BEK, CO₂-neutrale Flotten in städtischen/öffentlichen Betrieben bis 2030 umzusetzen sucht die Berliner Feuerwehr aktiv nach Möglichkeiten ihre Flotte klimaneutral zu machen. Im Rahmen ihrer regelmäßigen Tätigkeiten verbraucht der Fuhrpark (928 Fahrzeuge insgesamt) der Berliner Feuerwehr bis zu ca. 2 Mio. Liter_{Diesel}/Jahr. Vor dem Hintergrund der Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) wird die Feuerwehr dazu angehalten, den anspruchsvollsten Abgasstandard einzuhalten. Zusätzlich wird die Berliner Feuerwehr über das BEK 2030 dazu angehalten, ihre Flotten zu dekarbonisieren. Die Berliner Feuerwehr sieht sehr viel Potenzial in der Nutzung von Wasserstoff, da Batterietechnologien allein das Anforderungsprofil der Einsatzfahrzeuge nicht erfüllen. Aktuell verfügt die Berliner Feuerwehr über 4 Wasserstoff-PKW.

Steckbrief

Parameter	Wert	Kommentar
Voraussichtlicher Bedarf bis 2025	0,5 t _{H₂} /a	Aktuell werden 4 PKW mit Wasserstoff betrieben.
H ₂ -Bedarfspotenzial	582 t _{H₂} /a	Umstellung der gesamten Flotte auf Wasserstoff
Potenzial zur Dekarbonisierung	5.200 t _{CO₂} /a	Ersetzen von 2 Mio. Liter Diesel durch Wasserstoff
Skalierbarkeit	2.229 t _{H₂} /a	Bezogen auf Berlins H ₂ -Potenzial von Nutzfahrzeugen und LKW in 2030

Übertragung der Technologie auf:

- Schwertransport
- Spezialfahrzeuge
- Nutzfahrzeuge

Verwendung von mobiler Versorgungsinfrastruktur im Gesundheitswesen oder für Veranstaltungen

Wie kann dieses Potenzial ausgeschöpft werden?

- Die Berliner Feuerwehr sucht nach Partnern, die die entsprechende Technologie zur Verfügung stellen können. Aktuell sind Wasserstoff-Einsatzfahrzeuge (RTW etc.) nicht auf dem Markt vorhanden.
- Eine sichere Versorgungsinfrastruktur muss gegeben sein, um ebenfalls den Katastrophenschutz gewährleisten zu können (H₂ wird zu den Einsatzfahrzeugen gebracht)
- Finanzielle Förderung in der Investition in den Aufbau der Flotte

BEHALA

Gesamtpotenzial**72,83 t H₂/a****Kurzbeschreibung
der Projektidee**

Die Behala arbeitet aktuell bereits an dem Projekt Schubschiff Elektra. Über dieses Projekt hinaus werden ebenfalls weitere Wasserstofftechnologien gesucht (für Baumaschinen, Triebfahrzeuge und andere Hafenfahrzeuge, Nutzfahrzeuge oder auch Technologie für den Schienenverkehr), um den Dieserverbrauch zu reduzieren. Eine Vermeidung von Dieseldieselkraftstoff wird bevorzugt, sofern technisch und wirtschaftlich möglich.

**Wie kann das
Potenzial aktiviert
werden?**

- Es wird erwartet, dass seitens der OEMs die Entwicklung von Wasserstofftechnologien getrieben wird, bis auf das Schubschiff sind eigene Entwicklungen nicht vorgesehen
- Ein Wasserstoffpreis von unter 5€/kg H₂
- Verfügbarkeit einer Belastbaren und störsicheren Versorgungsinfrastruktur innerhalb Berlins, um Umwege zu vermeiden

Meyer & Meyer

**Langstrecken-
transport****Gesamtpotenzial 11 t H₂/a****Kurzbeschreibung
der Projektidee**

Die Meyer & Meyer-Gruppe setzt sich seit mehreren Jahren damit auseinander, ihre Nutzfahrzeugflotte im Nahverkehrsbereich (Verteilerflotten) und ihren Mittel- bzw. Langstreckentransporte zu dekarbonisieren. Wasserstoff ist für Meyer & Meyer im Mittel- & Langstreckentransport interessant, interne Studien sehen im Verteilernahverkehrsbetrieb aktuell keinen Business Case für wasserstoffbetriebene LKWs. Als erstes Einsatzszenario wurde ein LKW im Pendelverkehr zwischen Berlin und Peine Osnabrück identifiziert, dessen Verbrauchspotenzial hier beispielhaft aufgenommen ist.

**Wie kann das
Potenzial aktiviert
werden?**

- Sichtbarkeit einer Technologieentwicklung bzgl. Wasserstoff seitens der OEMs
- Förderung der Investition in wasserstoffbetriebene Flotten

Taxibetrieb

Gesamtpotenzial 12,04 t H₂/a**Kurzbeschreibung
der Projektidee**

CleverShuttle verwendete bis Juni 2020 zwanzig wasserstoffbetriebene PKW, die ca. 12 t H₂/a benötigen. Für die Beschaffung weiterer Wasserstofffahrzeuge erschienen vor Allem Großraumtaxi attraktiv. Den neuesten Entwicklungen zufolge wird der Ridepooling Dienst allerdings **in Berlin eingestellt**.

**Wie kann das
Potenzial aktiviert
werden?**

- Verfügbarkeit eines wirtschaftlichen Business Case (beispielsweise über Fördermaßnahmen)
- Störfreier Betrieb der Wasserstofftechnologien

4.3.3. Wärme

Vattenfall Wärme

Kurzbeschreibung Umrüstung des HKW Marzahn auf H₂-Betrieb

Vattenfall Wärme bereitet sich schrittweise auf die Nutzung von Wasserstoff vor. Es ist beabsichtigt, neue und bestehende Gasturbinen für eine teilweise bis vollständige Umrüstung auf Wasserstoff vorzubereiten. Der Betrieb der Kraftwerke mit reinem Wasserstoff wird unter den absehbaren Bedingungen erst ab dem Jahr 2040 als realistisch gesehen. Unter Betrachtung der Versorgungsinfrastruktur (Pipelines und H₂-Elektrolyseanlagen) bietet sich das Heizkraftwerk Marzahn an, perspektivisch als eines der ersten Kraftwerke auf Wasserstoff umgestellt zu werden. Bis zum Jahr 2030 ist die Errichtung eines 30 MW Elektrolyseurs als Pilotprojekt zur anteiligen Versorgung des Heizkraftwerks Marzahn mit Wasserstoff, geplant.

Steckbrief

Parameter	Wert	Kommentar
Voraussichtlicher Bedarf bis 2025	0 t _{H₂} /a	Aktuell wird keine Verwendung von Wasserstoff bis 2025 vorgesehen
H ₂ -Bedarfspotenzial	3.600 t _{H₂} /a	Anteiliger Betrieb des HKW Marzahn mit Wasserstoff unter Eigenversorgung durch den 30 MW Elektrolyseur ⁸ .
Potenzial zur Dekarbonisierung	2.112 t _{CO₂} /a	Bzgl. Gesamtpotenzial
Skalierbarkeit	53.243 t _{H₂} /a	Basierend auf dem GASAG-Szenario, 20 %-Vol. Wasserstoff bis 2030 im Gasnetz einzuspeisen.

Übertragung der Brenntechnologie auf andere Anwendungen:

- Blockheizkraftwerke

Wie kann dieses Potenzial ausgeschöpft werden?

- Bereitstellung der notwendigen Technologie (aktuell ist nicht klar, ab welchem Zeitpunkt ein Betrieb mit hohen Anteilen von Wasserstoff möglich ist)
- Flexibilität im Einsatz von Wasserstoff und Erdgas, da nicht von einer konstanten Verfügbarkeit von Wasserstoff ausgegangen wird
- Sicherstellung einer belastbaren Versorgungsinfrastruktur innerhalb Berlins

⁸ Annahmen Elektrolyseur: 70 % elektrische Effizienz; 4.000 Vollaststunden (orientiert an der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung)

Berliner Wasserbetriebe

Wärmeversorgung **Gesamtpotenzial** **660,53 t H₂/a****Kurzbeschreibung der Projektidee**

Die Berliner Wasserbetriebe sehen einen perspektivischen Einsatz von Wasserstoff in der Wärmeversorgung, beispielsweise BHKWs.

Wie kann das Potenzial aktiviert werden?

- Es ist notwendig, eine verlässliche Versorgungsinfrastruktur von Wasserstoff zu gewährleisten

Berliner Stadtreinigung

Wärmeversorgung **Gesamtpotenzial** **300,07 t H₂/a****Kurzbeschreibung der Projektidee**

Die Berliner Stadtreinigung sieht in der Wärmeversorgung über Wasserstoff in BHKWs ein Potenzial von bis zu 10 GWh. Der ausschließliche Einsatz von Wärmepumpen für die Wärmeversorgung ist wirtschaftlich nicht optimal, da die Pumpen außerhalb ihres effizienten Betriebspunktes betrieben werden müssten.

Wie kann das Potenzial aktiviert werden?

- Bereitstellung einer technisch sinnvollen (Effizienz) und wirtschaftlich vertretbaren Lösung

4.4. Potenziale außerhalb der aufgenommenen Projekte

Im vorangehenden Kapitel wurden Berliner Unternehmen zu ihren Absichten in Bezug auf den Einsatz von Wasserstoff befragt. Dabei konnte der Berliner Busverkehr und die Luftfahrt nicht abgedeckt werden, welche allerdings in Bezug auf die Technologie bzw. bezüglich der Dekarbonisierung als großes Potenzial erscheinen. Deshalb werden diese Anwendungen nachfolgend theoretisch abgeschätzt.

Doppeldeckerbusse der BVG

Die BVG beabsichtigt bis 2030 ihre komplette Busflotte auf alternative Antriebe umzustellen [14]. Aufgrund des hohen Gewichts und dementsprechend hohen Treibstoffverbrauchs, ist hierbei die Dekarbonisierung der Doppeldeckerbusse über batterieelektrische Antriebe eine besondere Herausforderung. Ein Wasserstoffantrieb mit relativ hoher Leistungsdichte erscheint hierfür jedoch vorteilhaft. Würden alle 383 Doppeldeckerbusse der BVG auf einen Wasserstoffantrieb umgestellt werden, ergäbe sich ein Jahresbedarf von ca. **2.970 Tonnen Wasserstoff**.

Im Jahr 2018 wurde auf der Euro Bus Expo 2018 von Wrightbus erstmalig ein wasserstoffbetriebener Doppeldeckerbus vorgestellt, von dem im Folgejahr 15 Stück von der Stadt Aberdeen in Schottland und weitere für London bestellt wurden [16, 18]. Auf Grundlage dieser Beispiele erscheint eine Implementierung in Berlin realistisch. Neben der Markt-Verfügbarkeit der Busse, ist deren Wirtschaftlichkeit unter Einbezug der benötigten Betankungsinfrastruktur mit zu betrachten. Ob und welcher Anteil der Busse auf Wasserstoff umgestellt werden, ist aktuell offen.

Einsatz von E-Fuels im Flugverkehr

Der Flugverkehr war im Jahr 2017 für ca. 20 % der Gesamtemissionen verantwortlich und führte in den letzten Jahren zu erheblichen Steigerungen [5]. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Energiedichte und das Handling von Flugzeugtreibstoff, kommt für die Dekarbonisierung des Flugverkehrs voraussichtlich nur die Verwendung synthetischer Kraftstoffe (E-Fuel) in Frage, welcher auf Basis von strombasiertem Wasserstoff und Kohlenmonoxid hergestellt wird.

Ein Konsortium um das Dresdener Start-Up Sunfire hat die Errichtung einer der ersten kommerziell betriebenen Anlage zur Herstellung von E-Fuels für das Jahr 2023 angekündigt, welche nach zwei Jahren 100 Millionen Liter E-Fuels jährlich produzieren soll [19]. Die Inbetriebnahme weiterer größerer E-Fuel Produktionen ist in Norwegen und Marokko für die nächsten fünf Jahre angekündigt [20]. Sofern sich die Rahmenbedingungen günstig entwickeln, kann davon ausgegangen werden, dass die Herstellung synthetischer Treibstoffe stark ansteigt und einem großen Anzahl von Verbrauchern zur Verfügung steht.

Zur Herstellung eines Anteils von **0,38 % E-Fuels am Kerosinverbrauch des BER wären im Jahr 2025 760 t Wasserstoff** nötig. Hierfür wird angenommen, dass sich der Treibstoffbedarf des BER aus den Bedarfen des Flughafens Tegel und Schönefeld⁹ zusammensetzt, und darüber hinaus angenommen, dass dieser zu 70 % dem Land Berlin zugerechnet wird. Aktuell wird durch die Bundesregierung eine verpflichtende E-Fuels Quote von 2 % des Treibstoffverbrauchs diskutiert. Zur Erfüllung dieser Quote im Jahr 2030 könnte in einem moderaten HochlaufszENARIO im Jahr 2025 0,38 % der 470 Mio. Liter Kerosin durch E-Fuels ersetzt werden. Der Wasserstoffbedarf würde nicht direkt in Berlin generiert werden, da synthetische Kraftstoffe in Raffinerien in der Nähe von CO₂-Quellen

⁹Für den Treibstoffverbrauch des Flughafen Schönefeld wird der Gesamtbedarf des Landes Brandenburg angenommen.

hergestellt werden. Dennoch kann Berlin als Großverbraucher bei richtungsweisenden Entscheidungen zur Einführung von E-Fuels und dem Aufbau der nötigen Infrastruktur Einfluss nehmen.

Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz

Aufgrund des hohen Wirkungsgrades stellt die Wärmepumpen aus ökonomischer und ökologischer Sicht vielfach die sinnvollste Alternative zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden dar [21]. Da Wärmepumpen jedoch nur vergleichsweise niedrige Temperaturen erreichen, eignen sie sich vor allem für die Versorgung von Gebäuden, die über eine gute Isolierung und große Radiatoren (idealerweise Fußbodenheizungen) verfügen. In Berlin gibt es jedoch zahlreiche Altbauten mit teilweise schlechter Wärmedämmung und daher ungünstigen Bedingungen für Wärmepumpen [1].

Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die häusliche Wärmeversorgung absehbar u.a. auf Gasheizungen und Fernwärmeversorgung basieren wird. Laut der Machbarkeitsstudie zum Kohleausstieg wird die Fernwärme auch in Zukunft zu großen Teilen durch Gas KWK-Anlagen bereitgestellt und zu gewissen Anteilen durch Direktnutzung von erneuerbaren Energien und Abwärme erzeugt. Die Machbarkeitsstudie Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung 2030 sieht im Szenario einer Emissionsminderung um 95 % als Ersatz der Kohlewärme im westlichen Fernwärmenetz von Vattenfall in den noch bestehenden Gaskraftwerken im Jahr 2031 schon den Einsatz von 5 % synthetischem Gas (der mithilfe von grünem Wasserstoff hergestellt wird) vor, dessen Anteil steigt bis 2050 auf 100 % an [13].

Aus den oben genannten Gründen ist davon auszugehen, dass Wasserstoff in der Wärmeversorgung Berlins eine wichtige Rolle zukommt. Auch wenn unter den aktuellen Rahmenbedingungen der Business Case für die Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz schwierig ist, so gilt es doch den besonderen Anforderungen der Wärmeversorgung Berlins Rechnung zu tragen. Wird emissionsfrei hergestellter Wasserstoff in das Erdgasnetz eingespeist, können sowohl Gebäude, deren Heizungssysteme auf Erdgas basieren, als auch Gaskraftwerke oder Blockheizkraftwerke (BHKW), die ihren Brennstoff über das Erdgasnetz beziehen, ihre Emissionsbilanz verbessern. Falls keine kritischen Verbraucher in den Gasnetzen vorhanden sind, können 10 %-Vol. Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist werden [22]. Falls diese in einzelnen Netzsträngen vorhanden sind, muss die Beimischung ggf. auf 2 %-Vol begrenzt werden.

Im Sinne einer schrittweisen Umstellung des Gassystems wurde die Absichtserklärung der GASAG AG aufgenommen, bis 2030 die Beimischung von bis zu 20 %-Vol. Wasserstoff ins Erdgasnetz zu ermöglichen [23]. Aufgrund der großen Gasmengen und der derzeitigen rechtlichen Begrenzung wurde ein gemäßigter Hochlauf angenommen der für das Jahr 2025 einen **Wasserstoff-Anteil von 2 %-Vol.** ergibt. Basierend auf dem Gasdurchsatz im Berliner Gasnetz im Jahr 2019 von 31 TWh, würde eine Beimischung von 2 %-Vol. Wasserstoff einen **jährlichen Verbrauch von 5.046 t Wasserstoff** ergeben.

Mit einer Beimischung von 2 %-Vol. Wasserstoff in das Erdgasnetz können ca. 0,64 % der Emissionen (36.161 t CO₂) eingespart werden. Bei einer Beimischung von 20 %-Vol. Wasserstoff werden die Emissionen um ca. 7,3 % reduziert. Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen in der häuslichen Wärmeversorgung stehen im Spannungsfeld steigender Energiepreise durch eine Substitution des Energieträgers und steigender Mieten durch Investitionen in energetische Sanierungen. Es gilt im Detail zu prüfen, welche Kombination den sozial verträglichsten Kompromiss darstellt.

5. Rechtlicher Rahmen für Wasserstoff in Berlin

Für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur spielen genehmigungsrechtlichen Bestimmungen für die Errichtung und den Betrieb (Elektrolyseure, Tankstellen, Pipelines etc.) sowie Vorgaben und Quoten für den Einsatz alternativer Antriebe bzw. Energieträger im Mobilitätsbereich und Vorschriften bezüglich der Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz eine wichtige Rolle.

5.1. Genehmigung von Elementen der Wasserstoffinfrastruktur

Ein zentraler Bestandteil jedes Genehmigungsverfahrens ist die effektive Zusammenarbeit zwischen Antragssteller und der zuständigen Genehmigungsbehörde. Für die Genehmigung von Anlagen der Wasserstoffinfrastruktur kommen in Berlin grundsätzlich das Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LAGeSi) sowie die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz als zuständige Behörden in Frage. Bereits realisierte Wasserstofftankstellen fielen dabei in den Aufgabenbereich des LAGeSi, weshalb davon auszugehen ist, dass auch die Genehmigungsverfahren für andere Elemente der Wasserstoffinfrastruktur zukünftig von dem LAGeSi bearbeitet werden [24].

Die Art des Genehmigungsverfahrens für Wasserstofftankstellen ist im Wesentlichen davon abhängig, ob der Wasserstoff vor Ort produziert werden soll. Wird die Tankstelle mit einer Onsite-Erzeugung (z.B. Elektrolyse) geplant, muss ein förmliches Genehmigungsverfahren nach den Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) durchlaufen werden. Handelt es sich um eine Tankstelle, bei der der Wasserstoff nicht vor Ort produziert wird, kann in jedem Fall ein vereinfachtes Verfahren nach dem BImSchG durchgeführt werden. Beträgt die Lagerkapazität der Tankstelle für Wasserstoff weniger als drei Tonnen, ist kein Verfahren nach den Vorgaben des BImSchG notwendig und die Bauordnung für Berlin (BauO Bln) sowie die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) sind entscheidend [25].

Laut einem der befragten Anlagenbauer sind auf Seiten des LAGeSi der Aufbau weiterer Expertise und die Etablierung standardisierter Prozesse im Bereich Wasserstoff notwendig, damit zukünftig effiziente Genehmigungsprozesse gewährleistet werden können. Gleiches gilt für den TÜV Berlin, der voraussichtlich eine zentrale Rolle bei der Begleitung des Genehmigungsprozesses und der Abnahme von Infrastrukturelementen der Wasserstoffökonomie in Berlin spielen wird.

Zur übersichtlichen Darstellung der einzelnen Prozess- und Planungsschritte, die bei der Genehmigung einer Wasserstofftankstelle zu beachten sind, hat die NOW GmbH einen allgemeingültigen Leitfaden erstellt. Der Leitfaden bietet sowohl für Antragssteller als auch für die zuständige Genehmigungsbehörde Hilfestellungen und kann bei der effizienten Durchführung des Genehmigungsprozesses helfen [26].

5.2. Förderung von Wasserstoffanwendungen im Verkehrssektor

Der Einsatz von alternativen Antrieben im Verkehrssektor wird durch verschiedene rechtliche Vorgaben und Bestimmungen gefördert bzw. angereizt. Dabei spielen zwei Richtlinien der Europäischen Union eine zentrale Rolle. Die Richtlinie 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen (RED II) formuliert zunächst das Ziel, bis zum Jahr 2030 den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch der Union über alle Sektoren hinweg auf mindestens 32 % zu erhöhen (vgl. Art. 3). Im Hinblick auf den Verkehr sollen die EU-Mitgliedstaaten sicherstellen, dass bis zum Jahr 2030 der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Sektors auf mindestens 14 % steigt (Art. 25 Abs. 1) [27]. In der jüngst veröffentlichten

Nationale Wasserstoffstrategie bekräftigt die Bundesregierung ihren Willen zu einer zeitnahen und ambitionierten Umsetzung der RED II. So soll der Mindestanteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors in Deutschland im Jahr 2030 signifikant höher liegen als von der EU vorgegeben. Außerdem kündigt die Bundesregierung an, den Einsatz von grünem Wasserstoff, als Alternative und zur Integration in konventionelle Kraftstoffe, bei der Umsetzung der RED II in nationales Recht eine besondere Rolle zukommen zu lassen. Es ist zu erwarten, dass durch die noch zu verabschiedenden nationalen Gesetze zur vollständigen Umsetzung der RED II neue Anreize zur Nutzung von grünem Wasserstoff entstehen.

Neben der RED II kann auch die „Clean Vehicles Directive“ (CVD) einen Beitrag zur verstärkten Nutzung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen leisten. So gibt die CVD Mindestquoten für die Beschaffung von emissionsfreien bzw. emissionsarmen Fahrzeugen durch öffentliche Aufträge vor, die für die Zeiträume bis 2025 sowie bis 2030 einzuhalten sind. Für Deutschland ergeben sich folgende Mindestquoten für „saubere Fahrzeuge“:

Fahrzeugklasse	Mindestquote
leichte Nutzfahrzeuge	38,5 % bis 2025 bzw. auch bis 2030
Lkw	10 % bis 2025 bzw. 15 % bis 2030
Busse	45 % bis 2025 bzw. 65 % bis 2030

Tabelle 4: Mindestquoten für die Beschaffung von emissionsfreien/ -armen Fahrzeugen durch öffentliche Aufträge nach CVD

Leichte Nutzfahrzeuge gelten für den Zeitraum bis zum Jahr 2025 als „sauber“, wenn sie höchstens 50 g CO₂/km ausstoßen. Ab 2026 sinkt dieser Grenzwert auf 0 g CO₂/km. Für Lkw und Busse hingegen gilt, dass Fahrzeuge „sauber“ sind, wenn sie mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden. Neben Strom, Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen zählt im Sinne der Richtlinie auch Erdgas zu den alternativen Kraftstoffen. Für die öffentliche Anschaffung von Bussen schreibt die CVD darüber hinaus für beide Perioden vor, dass mindestens die Hälfte der sauberen Fahrzeuge einen emissionsfreien Antrieb haben müssen. Als emissionsfreie Busse kommen faktisch nur Fahrzeuge mit einem reinen Elektroantrieb (Batterie oder Brennstoffzelle) in Frage [28].

Der Berliner Senat hat im Zuge der Verabschiedung des Berliner Mobilitätsgesetzes Vorgaben erlassen, die insbesondere im Bereich des Busverkehrs weit über die Anforderungen der CVD hinausgehen. So heißt es in § 26 Absatz 9 des Gesetzes, dass die „Leistungserbringung im ÖPNV auf Schiene und Straße [...] schrittweise bis spätestens 2030 auf einen vollständigen Betrieb mit alternativen Antrieben beziehungsweise nicht fossilen Antriebsenergien umgestellt werden“ soll [29].

Es kann also festgehalten werden, dass verschiedene rechtliche Vorgaben den verstärkten Einsatz von alternativen Antrieben in Behörden und öffentlichen Unternehmen fördern bzw. vorgeben. Insbesondere die öffentliche Hand wird in Berlin dazu verpflichtet, bei Anschaffungen emissionsneutrale Antriebsformen in besonderem Maße zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem für die Anschaffung von Bussen, aber auch für leichte Nutzfahrzeuge und Lkw. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge können eine zentrale Rolle bei der Erfüllung der geforderten Quoten spielen. Mit dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) und dem Energie- und Klimafonds (EKF) stellen zwei Fördertöpfe finanzielle Mittel bereit, um die Anschaffung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen zu unterstützen [8].

5.3. Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz

Aus § 34 und § 19 Abs. 1 Satz 3 der Gasnetzverordnung ergibt sich für Biogas ein vorrangiger Anspruch auf Einspeisung in das Gasnetz und eine Befreiung von Netzentgelten. Nach § 3 Nr. 10c des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) fällt elektrolytisch hergestellter Wasserstoff dann unter die Regelungen für Biogas, wenn der für die Elektrolyse eingesetzte Strom zu mindestens 80 % aus erneuerbaren Energien stammt [30].

Die zulässige Wasserstoffkonzentration im Erdgasnetz wird in Deutschland grundsätzlich nicht durch Gesetze geregelt. Allerdings sind Gasnetzbetreiber dazu verpflichtet, sicherzustellen, dass eingespeistes Gas kompatibel mit der Netzinfrastruktur und den nachgeschalteten Anwendungen ist. Die technischen Voraussetzungen dazu sind in zwei DVWG-Arbeitsblättern festgehalten (G 260 & G262). Nach den DVWG-Arbeitsblättern ist eine Einspeisung zulässig, solange die Wasserstoffkonzentration im Netzabschnitt 10 %-Vol. nicht überschreitet und es keine Einschränkungen durch spezifische Endanwendungen gibt. In einer Pressemitteilung machte der DVWG im vergangenen Jahr deutlich, dass für das zukünftige Regelwerk eine Zielgröße von etwa 20 %-Vol. Wasserstoffeinspeisung angepeilt wird [31]. Die notwendige Berücksichtigung von Verbrauchern mit deutlich geringeren Toleranzen, wie Gasturbinen und Erdgasfahrzeuge führt derzeit dazu, dass in der Praxis in vielen Netzgebieten die zulässige Wasserstoffbeimischungsgrenze auf 2 %-Vol. oder weniger begrenzt ist [27].

6. Mögliche Bezugsoptionen für Wasserstoff

Der aktuell in Deutschland genutzte Wasserstoff, der vor allem mithilfe der Erdgasreformierung erzeugt wird, wird hauptsächlich in der Industrie zur Herstellung von chemischen Grundstoffen wie Methanol oder Ammoniak sowie in Raffinerien verwendet. Weiterer Verbrauch entsteht durch Spezialanwendungen wie Glasbearbeitung oder der Stahlbehandlung. Momentan ist in Berlin kein größerer industrieller Wasserstoffverbraucher angesiedelt. Bei einem Hochlauf der Wasserstoffnachfrage müsste in der Stadt dementsprechend eine Infrastruktur zum Bezug und ggf. auch zur Herstellung von Wasserstoff aufgebaut werden.

In der theoretischen Abschätzung des Wasserstoffbedarfs in Berlin wurde für das Jahr 2025 ein jährlicher Wasserstoffbedarf von ca. 9.000 t Wasserstoff ermittelt. Um diese Menge an grünen Wasserstoff herzustellen, müsste in etwa eine Elektrolyseleistung von ca. 170 MW aufgebaut werden¹⁰.

6.1. Versorgung in der Stadt

Beim Aufbau einer innerstädtischen Wasserstoffversorgung bietet es sich an die Infrastruktur direkt für unterschiedliche Verbraucher zu planen und modular auszulegen. Logistisch günstig gelegene, multimodale Wasserstoff-Hubs zur Produktion, Speicherung, Betankung und Verteilung von grünem Wasserstoff könnten die Versorgung mehrerer Wasserstoffverbraucher übernehmen. Somit werden von Anfang an sektorübergreifende Synergie- und Skaleneffekte realisiert. Größere Wasserstoffsinken, wie z.B. Betriebshöfe oder Quartiere könnten in der Nähe von größeren Verbrauchern entstehen und, von dort aus, kleinere Verbraucher per Trailer bedienen.

Aufgrund des im Stromnetz punktuell konzentrierten Stromverbrauchs eines Elektrolyseurs, spielen die Netzanschlussbedingungen bei der Standortfindung eine große Rolle. Um die Flexibilität eines Elektrolyseurs vorteilhaft zur Netzstabilisierung und damit netzdienlich zu nutzen, ist die Errichtung und der Betrieb mit dem Stromnetzbetreiber rechtzeitig abzustimmen.



Abbildung 11: Wasserstoff-Tankstelle der H2Mobility [51]

Derzeit werden in Berlin fünf Wasserstofftankstellen durch H2Mobility betrieben und zwei weitere sind in Planung bis 2023 in Betrieb zu gehen. Je nach Bedarf wird die Anzahl der Tankstellen in den Folgejahren weiter ergänzt. Die Tankstellen werden nach Bedarf mit Wasserstoff beliefert, der perspektivisch 100 % grün sein soll. Eine weitere Tankstelle steht am BER, welche über eine eigene Elektrolyseanlage mit einer Kapazität von 200 - 300 kg Wasserstoff pro Tag verfügt und sich somit selbst versorgen kann. Es besteht die Möglichkeit diese Anlage unter Nutzung der gegebenen Infrastruktur auf eine Produktionskapazität von bis zu 1 t pro Tag modular zu erweitern [32].

¹⁰ Annahmen für Elektrolyseur: 70% elektrische Effizienz; 2.500 Volllaststunden

Alternativ zur Produktion von grünem Wasserstoff über eine Wasserelektrolyse existiert ein Verfahren zur Gewinnung von Wasserstoff aus Abwasser. Bei der sogenannten Plasmalyse wird Wasserstoff aus den im Abwasser vorhandenen Stickstoff- und Kohlenwasserstoffverbindungen gewonnen. Da dabei elementarer Stickstoff und Kohlenstoff als Abfallprodukt entstehen, ist diese Methode verfahrenstechnisch sogar eine CO₂-Senke. Das Unternehmen Graforce hat eine entsprechende Anlage entwickelt und ist dabei eine Pilotanlage mit den Berliner Wasserbetrieben in der Kläranlage Waßmannsdorf aufzubauen, welche zunächst 25 kg Wasserstoff pro Tag produziert. Das gesamte Potenzial aus dem in der Kläranlage anfallenden Abwasser liegt nach Angaben von Graforce bei ca. 650 t Wasserstoff pro Jahr. Zusätzlich könnten weitere Abwasserquellen in der Stadt erschlossen werden.

Für die Betreiber der Berliner Heizkraftwerke steht nach dem Ausstieg aus der Kohlenutzung die Reduzierung der Nutzung von fossilem Erdgas an. Um den Gasausstieg vorzubereiten, plant Vattenfall Wärme zeitnah Erfahrung im Betrieb ihrer Heizkraftwerke mit Wasserstoff-Erdgasgemischen zu sammeln und die technologische Machbarkeit zu demonstrieren. Im Heizkraftwerk Marzahn ist hierfür ein Pilotprojekt zum Betrieb einer 200 MW Turbine mit einem H₂-Gemisch geplant. Der dafür notwendige Wasserstoff soll ab 2030 direkt vor Ort durch einen 30 MW Elektrolyseur bereitgestellt werden. Perspektivisch könnte der für das Kraftwerk vorgesehene Wasserstoff zum Teil auch zur Versorgung weiterer Wasserstoffanwendungen in der Stadt genutzt werden.

Aktuell beträgt der Berliner Stromverbrauch rund 13,2 TWh, wobei 60 % inländisch produziert werden. Der Berliner Senat hat mit dem Masterplan Solarcity das Ziel gesetzt den Ausbau von Photovoltaikanlagen im Stadtgebiet stark zu erhöhen. Bis 2050 soll ein Viertel des Stromverbrauchs durch inländisch erzeugten Solarstrom gedeckt werden, wofür die Installation von Solaranlagen mit einer Leistung von 4,4 GW_p erforderlich ist [33]. Ein Potenzial für Windenergie ist nicht in nennenswertem Umfang vorhanden. Neben der Erzeugung durch Solaranlagen werden die restlichen 75 % des Strombedarfs perspektivisch hauptsächlich durch KWK-Anlagen und Bezug aus benachbarten Bundesländern gedeckt [9].

Die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyseure im Stadtgebiet befindet sich also im Spannungsfeld einer begrenzten Möglichkeiten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energie in Berlin und der vorteilhaften Lage in der Nähe der städtischen Verbraucher.

6.2. Bezug aus dem Umland

Der Nord-Osten Deutschlands und auch das Berliner Umland bieten ausgezeichnete Bedingungen für die Erzeugung erneuerbaren Stroms durch Solar- und Windenergieanlagen. Brandenburg produziert heute schon viel Strom für den Berliner Ballungsraum. In Brandenburg sind Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 7,3 GW installiert, damit ist das gesamte Windenergiepotenzial allerdings nur zu ca. 50 % ausgeschöpft [34]. Mit abnehmender Kohleverstromung und zunehmendem Ausbau der erneuerbaren Energien in Brandenburg werden großtechnische Speicher zum Ausgleich der Einspeisung und Netzlast immer wichtiger. Brandenburgs Energiestrategie sieht hierfür auch die Nutzung der Power-to-Gas Technologie vor, welche in großem Maßstab in einem Reallabor in der Lausitz demonstriert werden soll. Die Umwandlung der Salzkaverne bei Bad Lauchstädt zur H₂-Speicherung ist in Vorbereitung. Darüber hinaus besteht das Potenzial zur Nutzung weiterer Kavernen der EWE Gasspeicher GmbH zur Speicherung von 446 GWh (13.380 t) Wasserstoff [35]. Zukünftig könnte Brandenburg der nächstgelegene und damit erste Lieferant für grünen Wasserstoff nach Berlin sein.

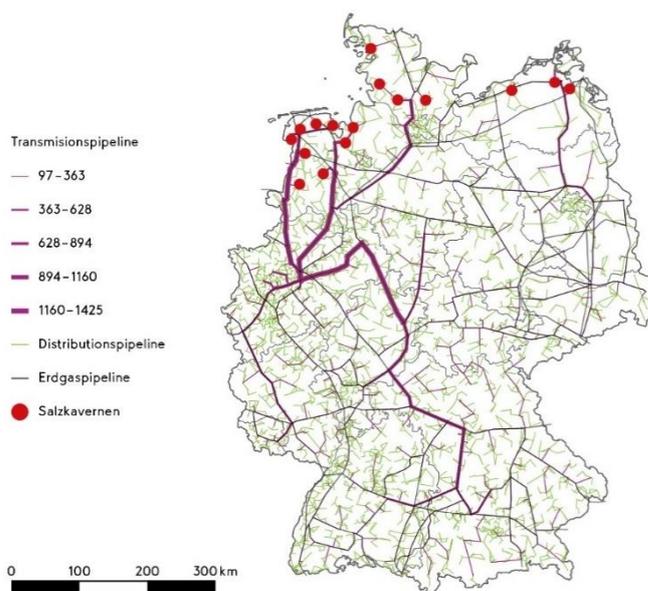
Darüber hinaus haben die norddeutschen Länder, wie Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen großes Potenzial zur Herstellung von grünem

Wasserstoff durch die Nutzung von On- als auch Off-Shore Windstrom. Diese Länder haben sich bereits 2019 auf eine gemeinsame Wasserstoffstrategie verständigt, welche den Ausbau der Elektrolyseleistung in Norddeutschland auf 500 MW bis 2025 bzw. auf 5 GW bis 2030 vorsieht [36]. Allerdings wird auch in dieser Strategie schon deutlich, dass zur Versorgung der gesamten Wasserstoffnachfrage Importe aus dem Ausland nötig werden. Ob deutsche Bundesländer grünen Wasserstoff im nationalen Markt vertreiben, hängt also langfristig auch stark von der Entwicklung der internationalen Märkte ab.

6.3. Wasserstoffinfrastruktur

Durch Direktanschluss von Elektrolyseuren an erneuerbare Energie Anlagen können nach derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen Netzentgelte und Umlagen eingespart werden. Zudem können durch die Nähe zur Stromerzeugung (oder auch zu Netzengpässen) die Stromnetze entlastet werden. Große Elektrolyseure werden daher häufig in der Nähe von großen erneuerbaren Energien Anlagen aufgestellt.

Ausgehend von großen dezentralen Elektrolyseuren im Berliner Umland würde Wasserstoff zunächst per LKW-Trailer zu den Verbrauchern gebracht werden. Über wenige hundert Kilometer hinaus und für große Mengen, ist der Transport auf der Straße allerdings nicht wirtschaftlich. Langfristig sollte daher ein Gasnetz für den Transport von Wasserstoff aufgebaut werden, für das in großen Teilen die vorhandene Infrastruktur der Erdgasleitungen und Speicher genutzt werden kann. Zunächst werden voraussichtlich kleinere regionale Pipelines große Wasserstoff-Erzeuger und Verbrauchszentren miteinander verbinden, bevor eine zunehmende Anzahl an Verbrauchern über ein zusammenhängendes Netz verbunden werden. In diesem Zusammenhang wird aktuell die Nutzung des Berliner Gasspeichers unter dem Grunewald zur Speicherung von erneuerbaren Energien mittels Wasserstoffes geprüft. Die Fernleitungsnetzbetreiber haben Anfang 2020 einen Entwurf für den Netzentwicklungsplan Gas 2020-2030 veröffentlicht, der erstmals konkrete Pläne zum Aufbau eines deutschlandweiten H₂-Transportnetzes enthält. Laut dem NEP-Entwurf würde Berlin allerdings erst nach 2030 an ein deutschlandweites H₂-Netz angeschlossen werden.



Um langfristig den entstehenden Wasserstoffbedarf in Deutschland kosteneffizient zu decken, müssen Importwege aufgebaut werden. Aus Ländern mit sehr geringen Kosten für erneuerbare Energien wird verflüssigter Wasserstoff nach Deutschland und Europa transportiert. Der Wasserstoff wird anschließend in großen Terminals angelandet und per Pipeline weiter verteilt. Abbildung 12 zeigt den Aufbau eines möglichen Wasserstoffnetzes, das sich von Norden her aufbaut.

Abbildung 12: Mögliche Pipelineinfrastruktur Deutschlands angelehnt an das Erdgasnetz [1]

7. Ausblick

Den Plänen der nationalen Strategie zufolge ist grüner Wasserstoff ein wichtiger Baustein der Energiewende. Deutschland ist mit dieser Meinung nicht allein, auch für den European Green Deal ist grüner Wasserstoff ein Schlüsselement zur Erreichung der Klimaneutralität. Im Sinne einer deutschen und internationalen Vorbildfunktion sollte auch die Bundeshauptstadt den Hochlauf der Wasserstoffnutzung mitgestalten.

Die in dieser Studie analysierten Projekte und Absichten der Berliner Unternehmen im Bereich Wasserstoff zeigen allerdings, dass auch für Berliner Unternehmen noch einige Hemmnisse (bspw. Wirtschaftlichkeit, fehlende Angebote am Markt, Infrastrukturaufbau etc.) bestehen, um in die Wasserstoffnutzung großskalig einzusteigen. Es herrscht eine große Lücke zwischen dem abgeschätzten theoretischen Bedarf in Berlin und dem für das Jahr 2025 tatsächlich projektierten Wasserstoffbedarf. Folgt die Nachfrage Berlins der angenommenen nationalen Entwicklung, so ist schon im Jahr 2025 eine Nachfrage von ca. 9000 t Wasserstoff vorhanden.

Um dem Anspruch der Führung im Klimaschutz gerecht zu werden, muss Berlin eine Vorreiterrolle bei der geeigneten Implementierung von Wasserstoff in das Energie- und Mobilitätssystem einnehmen. Bundesländer wie Bayern, aber auch Stadtstaaten wie Bremen und Hamburg haben sich bereits eine Wasserstoffstrategie gegeben.

Handlungsfelder

Aufgrund der Berliner Wirtschaftsstruktur spielt gerade die **Wärmeversorgung der Wohn- und Bürogebäude eine große Rolle**. Hier werden die Klimaziele im Jahr 2020 voraussichtlich nicht erreicht. Aufgrund der vielen KWK-Kraftwerke und des hohen Bestandes an schwer sanierbaren Altbauten wird Wasserstoff voraussichtlich Teil der Wärmeversorgung sein. In der Machbarkeitsstudie Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung Berlin 2030 ist bereits skizziert, dass Gaskraftwerke 5% synthetisches Gas in 2031 einsetzen, um **die Kohlewärme zu ersetzen und Fernwärme zu dekarbonisieren**. Dies erfordert jetzt bereits Vorkehrungen, um den Brennstoffwandel umsetzen zu können.

Über die schrittweise Dekarbonisierung der Wärmeversorgung wird eine stabile Nachfrage aufgebaut, die zum Aufbau und Skalierung der Erzeugungs- und Versorgungsinfrastruktur führt, von der weitere Verbraucher profitieren werden.

Ein großer Handlungsbedarf liegt außerdem im **Bereich des Verkehrs**, der auch in Berlin seit Jahren ansteigende Emissionen verzeichnet. Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb werden die batterieelektrischen Fahrzeuge dort ergänzen, wo deren Leistungsfähigkeit nicht ausreicht. Insbesondere in den Bereichen der **Nutzfahrzeuge und der Logistik**. Die Absichten zur Umrüstung von Nutzfahrzeugen der Unternehmen BWB, BSR und der Feuerwehr deuten auf ein kurzfristig zu hebendes Potenzial hin. Auch die BVG muss ihre Busflotte bis 2030 emissionsfrei betreiben, wofür unter anderem wasserstoffbetriebene Busse vorteilhaft erscheinen.

Zum Anstieg der Emissionen im Verkehrssektor trug maßgeblich der zunehmende Flugverkehr bei. Auch wenn die regionale Umsetzung einer Substitution des konventionellen Flugtreibstoffes schwierig erscheint, so muss Berlin doch langfristig auf eine Versorgung mit synthetischen Kraftstoffen vorbereiten.

Handlungsempfehlungen

Für die Realisierung der Potenziale zum Klimaschutz und der Technologieentwicklung sind in den nächsten Jahren zielgerichtete Maßnahmen notwendig. Neben der Schaffung politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene, welche die Nutzung von Wasserstofftechnologien nachhaltig unterstützen, sollte sich Berlin aktiv für den regionalen Hochlauf von Wasserstoff-Anwendungen einsetzen.

Um die Strahlkraft Berlins optimal zu nutzen, sollten **lokale „H₂-Leuchtturmprojekte“** unter Einbezug des lokalen Wirtschaftsnetzwerks ausgewählt und gefördert werden. Den Anspruch Deutschlands Clean Tech, darunter Wasserstofftechnologie, weltweit zu exportieren, sollte mit ambitionierten Projekten in der Bundeshauptstadt gestützt werden.

Obwohl Berlin wenig Anreize setzt Wasserstofftechnologien zu verwenden, haben Unternehmen großes Interesse Wasserstoff in den Bereichen Nutzfahrzeuge und Logistik zu verwenden. Es gilt nun das bestehende Momentum zu nutzen, um den Initiativen der Unternehmen zur Realisierung zu verhelfen. Hierfür ist eine **Wasserstoff-Roadmap** hilfreich, die einen verlässlichen Rahmen für Investitionen schafft.

Es ist ein Konsens nötig, der für Berlin den **Ausstieg aus den fossilen Kraftstoffen** festlegt. Dieser sollte effiziente Substitutionen priorisieren und über verpflichtende Nachhaltigkeitsregeln sowie Anreizinstrumente den Einstieg in synthetische Brennstoffe ermöglichen. Dabei ist Wasserstoff keine Alternative, sondern eine Ergänzung zu Anwendungen mit geringen Umwandlungsverlusten wie Elektroautos oder Wärmepumpen.

Weitere Untersuchungen

Die Bedarfsermittlung ist noch nicht abgeschlossen und muss fortgeführt werden. Die vorliegende Studie zeigt hierfür den Fokus für nähere Untersuchungen auf.

Im Bereich der Strom- und Wärmeversorgung werden auch in Zukunft gasförmige Energieträger benötigt. Es bleibt zu untersuchen, welche Synergien für die Klimazielerreichung durch eine Wasserstoffbeimischung in das Erdgasnetz oder die schrittweise Umstellung einzelner Quartiere auf wasserstoffbasierte Wärmeversorgung hervorgerufen werden. Hierbei sollten nicht nur die reinen Effekte der Dekarbonisierung betrachtet werden, sondern auch die positive Auswirkung auf den Hochlauf von Anwendungen außerhalb der Wärmeversorgung.

Im Bereich der Mobilität steht der Berliner Wirtschaftsverkehr im Fokus weiterer Untersuchungen. Die BVG gehört hier perspektivisch zu den größeren Wasserstoffabnehmern, deren Potenzial genauer evaluiert werden sollte. Des Weiteren gilt es ein Konzept zu entwickeln, mit dem Nutzfahrzeuge und Einsatzwagen zeitnah dekarbonisiert werden können. Hierbei können die Erfahrungen aus europäischen Pilotprojekten der FCH-JU hilfreich sein.

Für die relevanten Anwendungen sollten spezifische Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt und die Effekte auf regionale Wertschöpfung und Arbeitsplätze untersucht werden. Hierfür wäre eine detaillierte Analyse unter Einbezug der urbanen Charakteristika Berlins, wie Wirtschaftsstruktur, Wirtschaftsverkehr sowie der vorhandenen Gasinfrastruktur, nötig.

Um die Versorgung in der Stadt zu gewährleisten sind Infrastrukturanalysen für Netze und die Untersuchung bestehender Erdgaspipelines zur Umwidmung sowie das Aufzeigen von Feed-in-Pfaden nötig. Weiterhin sollte eine quantitative Bewertung des Potenzials zum Wasserstoffbezug aus Brandenburg und einer gemeinsamen Wertschöpfungskette durchgeführt werden.

8. Vorstellung H2Berlin

8.1. Partner der Initiative

„Nach der Kohle kommt der Wasserstoff“ ist das neue Leitbild der Brandenburgischen Landesregierung. Die strategische Entscheidung Brandenburgs als traditioneller Energielieferant der Hauptstadt in Zukunft vom Energieträger Kohle auf den Energieträger Wasserstoff zu setzen, wird einen einschlägigen Einfluss auf die Versorgung und die Wertschöpfungsketten Berlins haben. Zudem zeigen die gesammelten Erfahrungen der letzten Jahre, dass eine rein auf Elektrizität fußende Energiewirtschaft der Stadt den Bedarf der Verbraucher wirtschaftlich und technisch vertretbar nur begrenzt befriedigen wird.

Dies war in Anbetracht der fixierten Klimaziele Berlins der Auslöser für die führenden Versorger und Entsorger der Hauptstadt zusammen mit Toyota und der Sustainable Hydrogen GmbH die Initiative H2Berlin ins Leben zu rufen.



Starthilfe bekam H2Berlin von HyCologne, die seit vielen Jahren erfolgreiche Wasserstoff-Vereinigung aus dem Rheinland, dem Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband DWV und der NOW GmbH (Nationale Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie). Zwischenzeitlich konnte die Initiative auch die Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe und die Wirtschaftsförderung Berlin Partner gewinnen, die die Durchführung dieser Studie ebenfalls unterstützt haben.

8.2. Ziele

Die Initiative H2Berlin verfolgt folgende Ziele in der Hauptstadtregion:

- eine Wasserstoff-Wirtschaft zu fördern und zu entwickeln,
- die Energiewende, die Reduktion der Emissionen von CO₂ und die Einhaltung der Klimaziele zu ermöglichen,
- die Förderung einer nachhaltigen zyklischen Ökonomie aus erneuerbaren Energien und den Verzicht, soweit möglich, auf fossile Energieträger,
- einen Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoff Strategie (NWS) zu leisten und dabei insbesondere die erste Phase des darin formulierten Markthochlaufs der Wasserstoffwirtschaft bis 2023 zu unterstützen,
- die Strahlkraft Berlins als internationaler Ort für junge Talente und Start-ups, Hauptstadt und größte Metropole Deutschlands zu nutzen, um innovative Ideen und vorteilhafte Geschäftsmodelle in die Welt zu tragen und damit die deutschen und europäischen Aktivitäten für die Nutzung des Wasserstoffs als Energieträger zu stärken,
- in der Gesellschaft das Bewusstsein für die Bedeutung des Wasserstoffs zu schärfen und den Entscheidungsträgern in der Wirtschaft sowie Behörden (Feuerwehr, Ordnungsamt, Polizei) die wichtigen Aspekte der Technologie aufzuzeigen (z.B. Sicherheitstechnik),
- die politische Entscheidungsfindung zu fördern,
- ein regionales Netzwerk von Unternehmen, wissenschaftlichen Einrichtungen und anderen Institutionen rund um das Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen zu bilden.

8.3. Erste Aktivitäten

- Untersuchung des Wasserstoffbedarfs in Berlin
- Ableitung eines ersten Unternehmens- und Sektorenübergreifenden „Show-Case“, der hinreichend dimensioniert ist, um als Leuchtturmprojekt eine Wasserstoffwirtschaft in Berlin anzukurbeln
- Erstellung einer Wasserstoff-Roadmap für Berlin, die von der Senatsverwaltung als Grundlage für die Entwicklung einer Wasserstoffstrategie der Hauptstadt genutzt werden kann

Abkürzungen

BauO Bln	Bauordnung für Berlin
BEK	Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm
BER	Flughafen Berlin Brandenburg
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
CVD	Clean Vehicle Directive
DVWG	Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft e.V.
FCEV	Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell Electric Vehicle)
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
H₂	Wasserstoff
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LAGetSi	Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit
NEP	Netzentwicklungsplan
NWS	Nationale Wasserstoffstrategie
OEM	Original Equipment Manufacturer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
RED II	Renewable Energy Directive II
THG	Treibhausgase
VwVBU	Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt

Quellen

- [1] Senatsverwaltung für Umwelt; Verkehr und Klimaschutz: Monitoringbericht zur Umsetzung des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (BEK 2030). Berichtsjahr 2019. Berlin, 2020.
- [2] Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz und nukleare Sicherheit; www.bmu.de: Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung (2016).
- [3] Senatsverwaltung für Justiz, Verbraucherschutz und Antidiskriminierung: Berliner Energiewendegesetz, 2016.
- [4] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz: Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm Berlin.
- [5] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Energie- und CO₂-Bilanz in Berlin 2017 (2019).
- [6] Thomas, N.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2018 (2020).
- [7] Dr. Werner Reh; Günter Treudt: BUND Luftverkehrskonzept Berlin und Brandenburg, 2016.
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Die Nationale Wasserstoffstrategie, 2020.
- [9] Fritz Reusswig; Bernd Hirschl, Wiebke Lass et al.: Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050, 2014.
- [10] Robinius, M., Markewitz, P., Lopion, P. et al.: Wege für die Energiewende. Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050, 2019.
- [11] AG Energiebilanzen e.V.: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2017 (2018).
- [12] Umweltbundesamt: Kraftwerke in Deutschland (ab 100 Megawatt elektrischer Leistung). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/kraftwerke_de_ab_100_mw.xls.
- [13] BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH: Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung Berlin 2030. Machbarkeitsstudie, 2019.
- [14] Berliner Verkehrsbetriebe (BVG): Lagebericht & Jahresabschluss der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) Anstalt des öffentlichen Rechts, Berlin, für das Geschäftsjahr 2018, 2019.
- [15] Niederbarnimer Eisenbahn AG: Wasserstoffzüge auf der Heidekrautbahn starten voraussichtlich Ende 2024. <https://www.lifepur.de/pressemitteilung/niederbarnimer-eisenbahn-ag-berlin/Wasserstoffzuege-auf-der-Heidekrautbahn-starten-voraussichtlich-Ende-2024/boxid/783579> (Abruf: 20.07.20).
- [16] Matt Ross: Wrightbus debuts world's first fuel-cell double-deck bus. <https://www.electrichybridvehicletechnology.com/news/buses-commercial-vehicles/wrightbus-debuts-worlds-first-fuel-cell-double-deck-bus.html> (Abruf: 14.07.2020).
- [17] Carrie Hampel: Scotland awaits 15 fuel cell double-decker buses in spring. <https://www.electrive.com/2020/03/09/scotland-awaits-15-fuel-cell-double-decker-buses-in-spring/> (Abruf: 14.07.2020).
- [18] Gwyn Topham: London to have world-first hydrogen-powered doubledecker buses. <https://www.theguardian.com/uk-news/2019/may/10/london-to-have-world-first-hydrogen-powered-doubledecker-buses>.

- [19] Witsch, K.: Wasserstoff-Start-up Sunfire startet Produktion von E-Fuels im industriellen Maßstab. Handelsblatt 2020 (2020).
- [20] Dolf Gielen, Gabriel Castellanos, Kilian Crone: The outlook for Powerfuels in aviation, shipping. energypost.eu/the-outlook-for-powerfuels-in-aviation-shipping/ (Abruf: 19.06.2020).
- [21] Hecking, H.; Kruse, J.; Hennes, O. et al.: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, 2018.
- [22] Dr. Holger Dörr; Kerstin Kröger; Dr. Frank Graf et al.: Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz, 2016.
- [23] Seelos, C.: GASAG-Chef hält 25 Prozent Wasserstoff bis 2030 für machbar, S. 23. <https://www.energate-messenger.de/news/188972/gasag-chef-haelt-25-prozent-wasserstoff-bis-2030-fuer-machbar>.
- [24] Industrie- und Handelskammer zu Berlin: Anlagenbetreiber in Industrie und Gewerbe. Zuständigkeit der Behörden. <https://www.ihk-berlin.de/service-und-beratung/energie-und-umwelt/immission-naturschutz/errichtung-und-betrieb-von-anlagen-2252532>.
- [25] Hof, E.; Kupferschmid, S.; Faltenbacher, M.: Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV. Fahrzeuge, Infrastruktur und betriebliche Aspekte, 2018.
- [26] NOW GmbH: Genehmigungsleitfaden für Wasserstoff-Stationen.
- [27] Europäisches Parlament: Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, 2018.
- [28] Europäisches Parlament: Richtlinie (EU) 2019/1161 zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge, 2020.
- [29] Abgeordnetenhaus von Berlin: Berliner Mobilitätsgesetz, 2018.
- [30] Bundesregierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Verordnung über den Zugang zu Gasversorgungsnetzen. Gasnetzzugangsverordnung - GasNZV, 2019.
- [31] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V: Mehr Wasserstoff technisch sicher verankern. DVGW-Regeln für klimafreundliche Energieinfrastruktur, 2020.
- [32] NOW GmbH: H2-BER – Errichtung und der Betrieb einer Wind-Wasserstoff Produktionsanlage. <https://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/projektfinder/verkehr/wind-wasserstoff-produktionsanlage-und-tankstelle-ber> (Abruf: 17.06.2020).
- [33] Gerhard Stryi-Hipp, Sebastian Gölz, Christian Bär, Stefan Wieland, Bin Xu-Sigurdsson, Till: Expertenempfehlung zum Masterplan Solarcity Berlin. Masterplanstudie und Maßnahmenkatalog, 2019.
- [34] Maier, M.: Hintergrundinformationen zur Energiepolitik in Brandenburg 2010-2019. Zusammenfassung der Energiepolitik und der Entwicklung wichtiger Indikatoren. Berlin, 2019.
- [35] Nozharova, D.; Diwald, W.: H2-Industrie Potenzialstudie Brandenburg. Studie zur Identifizierung und Analyse der Chancen und Potenziale zur Wasserstoffnutzung und Ansiedlung einer Wasserstoffindustrie im Land Brandenburg, insbesondere unter Beachtung der energie- und industriepolitischen Aspekte.
- [36] Tolkmitt-Junk, U.: Norddeutsche Wasserstoffstrategie, 2019.

Impressum

Diese Studie wurde erstellt durch

umlaut energy GmbH

Am Kraftversorgungsturm 3
D-52070 Aachen

info.energy@umlaut.com

www.umlaut.com

ETC Energy Transition Consulting GmbH

Sperberweg 2
D-52076 Aachen

Robinius@Energy-Transition-
Consulting.de

Autoren:

Felix Schimek

Jakub Glegola

Marvin Heimann

Fabian Carels

Dr. Martin Robinius

Prof. Dr. Detlef Stolten

im Auftrag der Initiative H2Berlin

Stand Juli 2020

Partner der Initiative:

GASAG



VATTENFALL

**INFRA BER
LAB LIN**



Stromnetz Berlin

Die Studie wurde unterstützt durch:

