



Abschlussbericht

Wasserstoffwirtschaft in Lehrte

Auftraggeber

Stadt Lehrte | Fachdienst Grünplanung und Umwelt

Rathausplatz 1

31275 Lehrte

Auftragnehmer

EMCEL GmbH

Marcel Corneille | Geschäftsführer

Am Wassermann 28 | 50829 Köln

Inhalt

1. Wasserstoff und Sektorenkopplung – Status Quo in der Stadt Lehrte	4
1.1. Wasserstoff-Kernetz	5
1.2. Wasserstoff und seine Bedeutung für die Stadt Lehrte	7
1.3. Vorgehen im Rahmen der Machbarkeitsstudie	8
2. Online-Umfrage lokaler Akteure	9
3. Potenzialanalyse zur Nutzung und Erzeugung von Wasserstoff	12
3.1. Abnahmepotenzial in der Stadt Lehrte	12
3.2. Erzeugungspotenzial in der Stadt Lehrte	16
3.3. Gegenüberstellung der Potenziale der Wasserstoffnachfrage und - erzeugung	28
4. Projektierung einer Wasserstoffinfrastruktur	29
4.1. Zeitplan	29
4.2. Genehmigungsrecht	30
5. Identifikation möglicher Projektstandorte	31
5.1. Infrastrukturanschlüsse	31
5.2. Anlagendimensionierung & Flächenbedarfe	34
5.3. Standortcheck – Checkliste und konkrete Standorte	40
6. Wirtschaftlichkeit der Wasserstofferzeugung	48
7. Handlungsempfehlungen	53
8. Ausblick	56

A. Anhang	57
A.1. Abkürzungsverzeichnis	57
A.2. Abbildungsverzeichnis	59
A.3. Tabellenverzeichnis	61
A.4. Technische Eckdaten Elektrolyseur	62
A.5. Kosten Wasserstoffgestehungskosten	63

1. Wasserstoff und Sektorenkopplung – Status Quo in der Stadt Lehrte

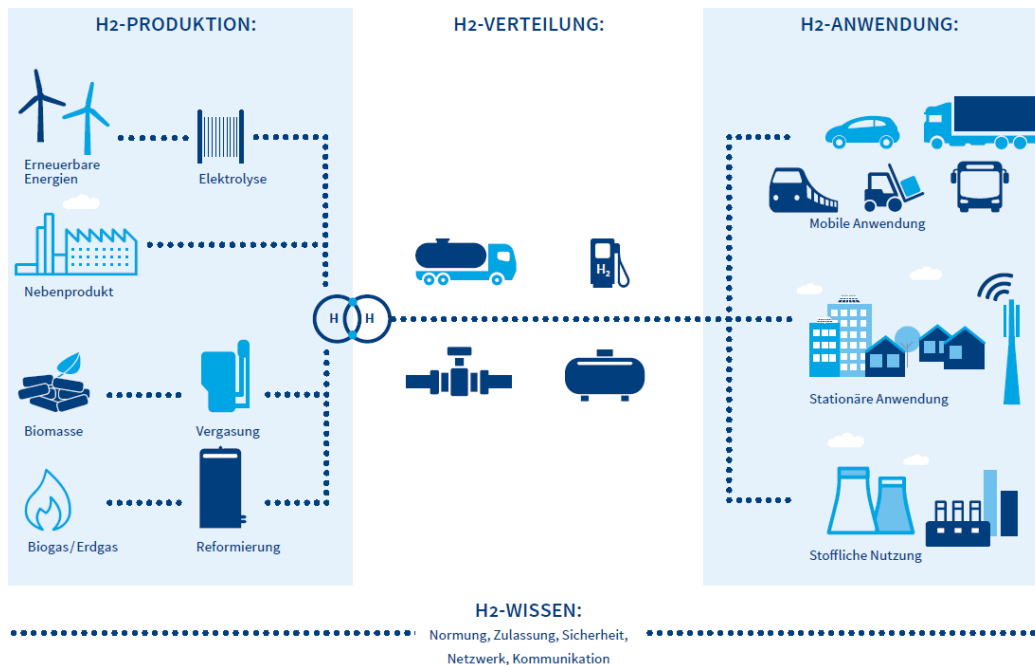


Abbildung 1-1 Wasserstoff und seine Wertschöpfungsstufen

Wasserstoff kann aufgrund seiner vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten in zukünftigen Energiesystemen als Kopplungselement der Sektoren Verkehr, Industrie und Energie eine wesentliche Rolle in der Energiewende spielen. Für das Ziel der Treibhausgasneutralität ist die Wasserstoffherzeugung auf der Grundlage von erneuerbaren Energien daher ein Schlüsselement. Zwar existieren schon seit Jahrzehnten Erfahrungen mit Wasserstoff als Grundstoff in der Industrie oder als Treibstoff, jedoch wird Wasserstoff bisher hauptsächlich auf Basis von fossilen Energieträgern, wie zum Beispiel Erdgas produziert. Schrittweise entwickeln sich in Deutschland erste Infrastrukturen für die Erzeugung aus alternativen erneuerbaren Erzeugungstechnologien, beispielsweise der Elektrolyse. Diese bilden die Grundlage für den Aufbau einer weltweiten Wasserstoffinfrastruktur. Niedersachsen verfügt als Flächen- und Küstenland dabei über optimale Voraussetzungen für die Produktion von grünem Wasserstoff.

1.1. Wasserstoff-Kernnetz

Neben den optimalen Voraussetzungen für die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff (vgl. Kapitel 3.2) ist auch eine Anbindung an das Wasserstoff-Kernnetz ein wichtiger Standortvorteil, unter anderem für die Einspeisung und Verteilung von lokal erzeugtem erneuerbarem Wasserstoff oder für die Verteilung von importiertem Wasserstoff.



Abbildung 1-2: Entwurf für das Wasserstoff-Kernnetz gemäß der Genehmigung der Bundesnetzagentur von Oktober 2024¹

Bis 2032 bauen die Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) das Wasserstoff-Kernnetz mit einer Länge von insgesamt 9.040 Kilometern, bestehend aus neuen

¹ <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>

Leitungen und umgewidmeten bestehenden Erdgasleitungen. Dies ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer deutschlandweiten Verteilung und Speicherung von Wasserstoff. Das Kernnetz verbindet Wasserstoffproduktionsstätten, Importterminals an der Küste, große Industriezentren sowie geplante Wasserstoffspeicher. Der Entwurf der FNB wurde am 22. Oktober 2024 von der Bundesnetzagentur offiziell genehmigt. Er sieht die Schaffung von bis zu 100 GW Einspeise- und 87 GW Ausspeisekapazitäten vor, was einer klimaneutralen Wasserstoffmenge von knapp 278 TWh entspricht.² Die Finanzierung des Netzes erfolgt über Netzentgelte. Die Investitionskosten belaufen sich auf 19 Milliarden Euro, wobei die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) den Aufbau mit einer Absicherung von bis zu 24 Milliarden Euro unterstützt. Zur Überbrückung der Differenz zwischen den notwendigen und den von der Bundesnetzagentur festgelegten Netzentgelten wird ein Amortisationskonto eingerichtet. Die Rückzahlung der Investitionen muss bis spätestens 2055 erfolgen.

Für Niedersachsen bietet das Wasserstoff-Kernnetz eine Grundlage für den Ausbau von Infrastrukturprojekten und ermöglicht die Etablierung als Vorreiter für den Einsatz von Wasserstofftechnologie in Deutschland. Lehrte spielt eine zentrale Rolle im Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur in der Region Hannover. Als verkehrstechnisch gut angebundene Stadt im Umland von Hannover hat Lehrte eine wichtige Funktion als logistisches Zentrum. Lehrte hat das Potenzial, sich weiter als Innovationszentrum zu etablieren, insbesondere im Bereich der grünen Technologien wie Wasserstoff. Dies könnte neue Arbeitsplätze und Investitionen in Forschung und Entwicklung anziehen und die Stadt auch weiterhin als wichtigen Wirtschaftsstandort in der Region Hannover positionieren.

Für Lehrte stellt das Wasserstoff-Kernnetz einen wichtigen Standortvorteil für Unternehmen dar, die Wasserstoff erzeugen und/oder nutzen wollen. In unmittelbarer Nähe von Lehrte wurden mehrere Pipelineprojekte beantragt, von denen eines genehmigt wurde: KLU046-01 von Kolshorn nach Sophiental/

² <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>

Peine. Die Inbetriebnahme ist für Ende 2027 geplant. Das Projekt ist Teil des IPCEI-Projekts „IPCEI-DE40: Hyperlink - Hydrogen Infrastructure“ von Gasunie³. Der genaue Verlauf der Pipeline ist derzeit noch nicht bekannt.

1.2. Wasserstoff und seine Bedeutung für die Stadt Lehrte

Durch den strategisch wichtigen Anschluss an das Wasserstoff-Kernnetz in den nächsten Jahren ergeben sich große Chancen für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur im Stadtgebiet Lehrte. Bereits im Dezember 2023 hatten Vertreter der Lehrter Stadtverwaltung und lokale Unternehmen im Rahmen eines gemeinsamen Workshops zum Thema „Wasserstoff-Wirtschaft Lehrte“ das breite Interesse an Wasserstoff in der Region bestärkt. Hierbei wurde die Mobilität als zentraler Sektor identifiziert. Die Anbindung fast aller Ortsteile an Autobahnauffahrten der A2 oder der A7 hat zu der Ansiedlung einer großen Anzahl an Logistik- und weiterer Gewerbeunternehmen geführt. Neben der hohen Anzahl potenzieller Akteure begünstigen weitere technische und regulatorische Rahmenbedingungen sowie Marktgegebenheiten die Chance einer wirtschaftlich tragfähigen Technologieumstellung in der Mobilität. Zusätzlich sind auch die Potenziale der Wasserstofferzeugung per Elektrolyse und der Nebenprodukte Wärme- und Sauerstoff für das Ziel der Klimaneutralität im Stadtgebiet von Interesse. Dies ermöglicht wertvolle Synergien zu weiteren Umstellungsstrategien in anderen Sektoren, wie beispielsweise der Kommunalen Wärmeplanung. Diese Möglichkeiten sollen nun im Rahmen einer Potenzialanalyse quantifiziert und qualifiziert werden, um den Weg zum Aufbau einer lokalen Wasserstoffinfrastruktur zu ebnen und die Potenziale des Wasserstoffs für Wertschöpfung und Klimaschutz zu heben.

³ [Hyperlink I https://www.hyperlink-gasunie.de/](https://www.hyperlink-gasunie.de/)

1.3. Vorgehen im Rahmen der Machbarkeitsstudie

Aufbauend auf den Ergebnissen des Workshops wurde in der Potenzial-, Bedarfs- und Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Thema Wasserstoff-Wirtschaft in Lehrte eine Bedarfserhebung für das Stadtgebiet durchgeführt. Hierfür war die Einbindung der regionalen Akteure von großer Bedeutung. Aus diesem Grund wurden die Akteure von Beginn an in die Strategieentwicklung involviert. Als erster Schritt wurde eine Online-Umfrage durchgeführt. Aufbauend hierauf wurden persönliche Interviews mit den Unternehmen zu ihren Zielen, Potenzialen und Herausforderungen durchgeführt (vgl. Abbildung 1-3).

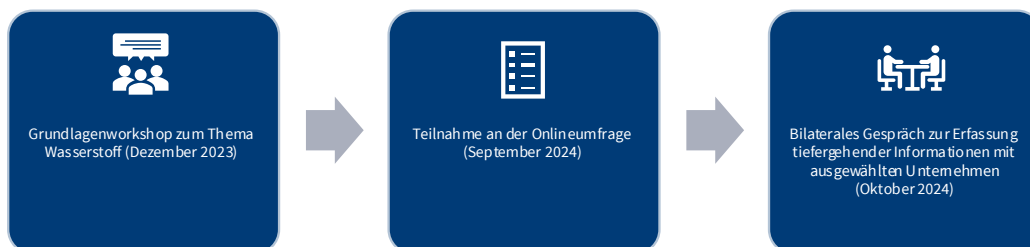


Abbildung 1-3 Vorgehen im Rahmen des Akteursmanagements

Auf der Basis der Ergebnisse der Umfrage und Interviews wurden die Wasserstoffabnahme- und Erzeugungspotenziale des Stadtgebiets bestimmt und abgeglichen. Von Bedeutung waren hierbei auch die Ausbaupotenziale erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen (EE-Anlagen), welche für die Produktion erneuerbaren Wasserstoffs erforderlich sind.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde die strategische Platzierung einer ersten Wasserstofftankstelle und eines Elektrolyseurs untersucht. Neben dem Input der Akteure wurden dazu für verschiedene Standorte vor allem der Flächenbedarf, die Genehmigungsfähigkeit und die Anbindung an die notwendige Infrastruktur untersucht. Zudem wird die Wirtschaftlichkeit geprüft.

Basierend auf dem Input der Akteure und der neu gewonnenen Erkenntnisse über das Stadtgebiet wurden abschließend Handlungsempfehlungen für die nächsten Schritte hin zu einer lokalen Wasserstoffinfrastruktur formuliert.

2. Online-Umfrage lokaler Akteure

Die Online-Umfrage diente als Datengrundlage, um einen aktualisierten Überblick über die Aktivitäten im Bereich Wasserstoff zu erhalten und erste Projektideen zu identifizieren. Insgesamt haben 16 Unternehmen aus Lehrte an der Online-Befragung teilgenommen, mit 13 wurden Telefoninterviews durchgeführt. Die Projektideen der Akteure liegen vor allem in dem Bereich der Wasserstoffnutzung. Nur jeweils ein Unternehmen sähe sich in der Verteilung oder der Erzeugung von Wasserstoff. (vgl. Abbildung 2-1)

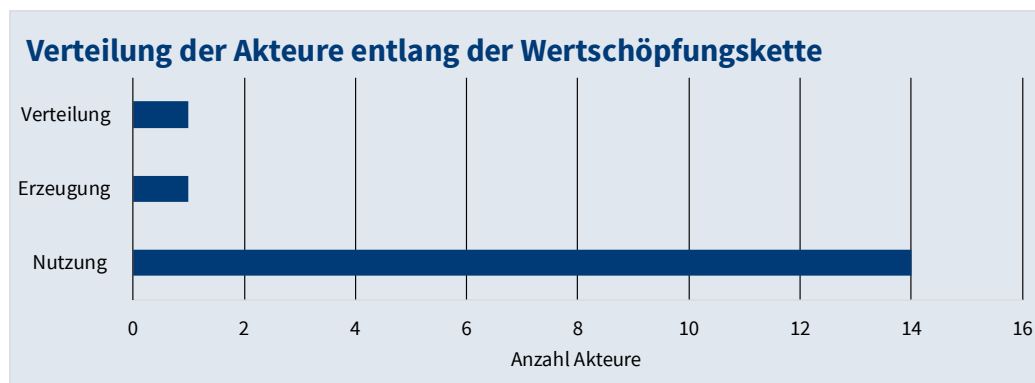


Abbildung 2-1 Verteilung der Akteure entlang der Wertschöpfungskette

Im Rahmen der Umfrage wurden die Akteure zu ihren Herausforderungen und Bedürfnissen befragt. Herausforderungen sehen die teilnehmenden Akteure insbesondere bei den Themen Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit eines Business Cases (vgl. Abbildung 2-2). Auch die technische Verfügbarkeit und Performance werden als Hürden angesehen. Die Verfügbarkeit von Brennstoffzellen-Lkw ist zurzeit noch gering. Noch fehlen Skaleneffekte durch große Stückzahlen in der Produktion, so dass Brennstoffzellen-Fahrzeuge und Wasserstofftankstellenanlagen noch relativ teuer sind. Hier sind jedoch in den nächsten Jahren deutliche Fortschritte seitens der Hersteller zu erwarten. Die Verfügbarkeit von Tankstellen kann ebenfalls eine Herausforderung darstellen, da derzeit keine Tankstelle im Stadtgebiet vorhanden ist. Umwege für Betankungsfahrten sollten möglichst gering gehalten werden, indem die Betankung in die täglichen Betriebsabläufe der Unternehmen integriert wird.

Der Bau einer strategisch günstig gelegenen öffentlichen Tankstelle als Leuchtturmprojekt könnte die Einstiegshürden für viele Akteure deutlich senken. Die Auslegung und Positionierung einer solchen Infrastruktur werden daher im Folgenden betrachtet.

Aus Sicht der Akteure ist darüber hinaus finanzielle und politische Unterstützung notwendig, um die Umsetzung von Wasserstoffprojekten in der Region voranzutreiben. Die derzeit teilweise noch hohen Mehrkosten gegenüber etablierten Referenztechnologien erschweren einen wirtschaftlich neutralen oder gar attraktiven Umstieg. Der Wegfall entsprechender Förderprogramme auf Bundesebene sowohl für die Fahrzeugbeschaffung als auch für den Infrastrukturaufbau hat zu einer großen Verunsicherung der Akteure geführt. Diese Inkonsistenz bei Förderungen auf der Bundesebene bremst den Wasserstoffhochlauf erheblich aus, da keine Planungssicherheit besteht und Investitionen somit verzögert werden. Dies führt zu einem Vertrauensverlust. Insgesamt bleibt der notwendige Impuls für die Wasserstoffwirtschaft aus, wodurch der Hochlauf massiv gebremst wird.

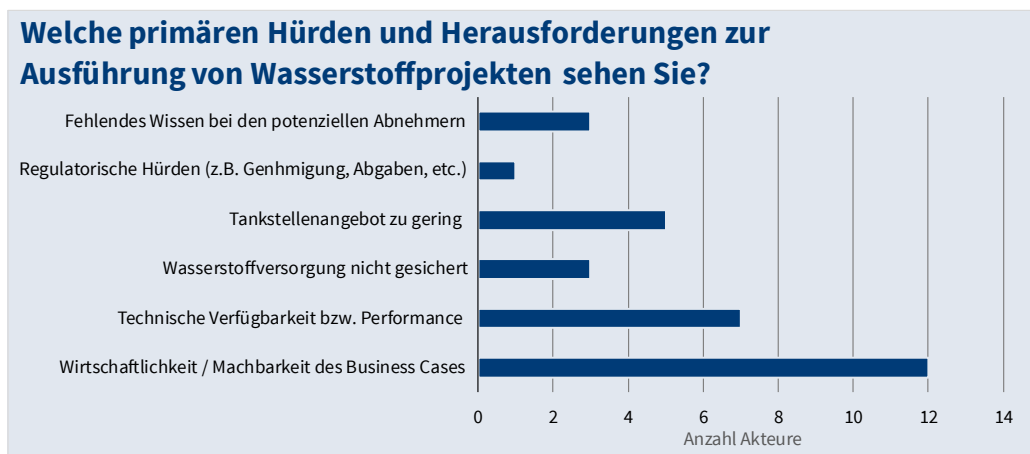


Abbildung 2-2 Hürden und Herausforderungen bei der Ausführung von Wasserstoffprojekten laut Online-Umfrage

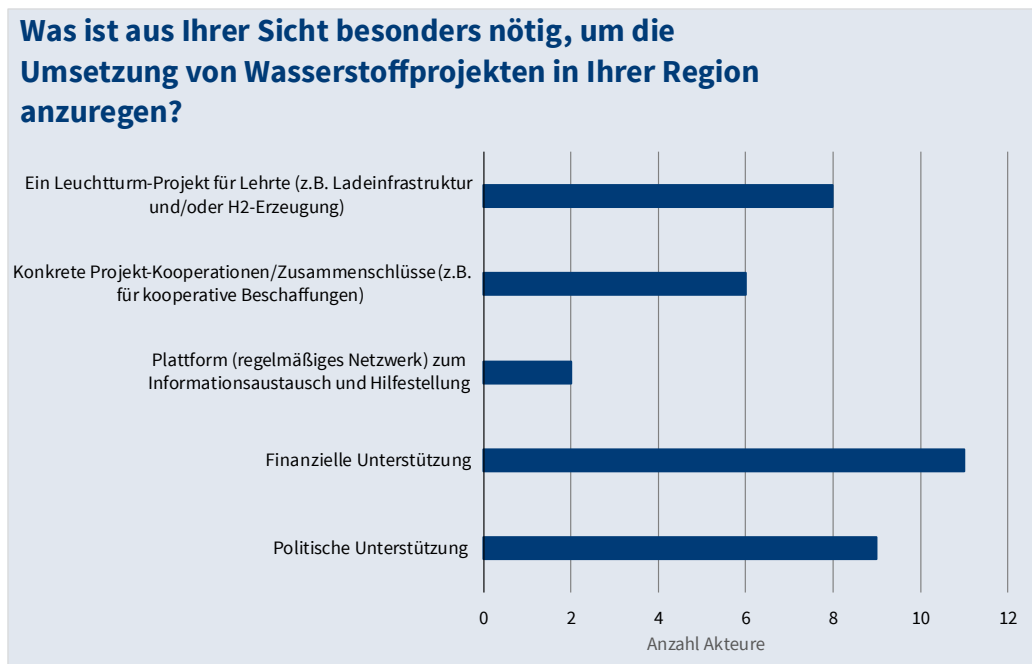


Abbildung 2-3 Notwendige Maßnahmen zur Umsetzung von Wasserstoffprojekten laut Online-Umfrage

3. Potenzialanalyse zur Nutzung und Erzeugung von Wasserstoff

Die Nutzung und Erzeugung von erneuerbar hergestelltem Wasserstoff ist die Grundlage für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft. Die theoretischen Potenziale für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff in Lehrte werden in diesem Kapitel untersucht. Die Nutzungs- und Erzeugungspotenziale basieren auf den Ergebnissen der Akteursumfrage.

3.1. Abnahmepotenzial in der Stadt Lehrte

Grundsätzlich existieren zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten für Wasserstoff in den Sektoren Industrie (inkl. stoffliche Nutzung), Verkehr und Gebäude (vgl. Abbildung 3-1).

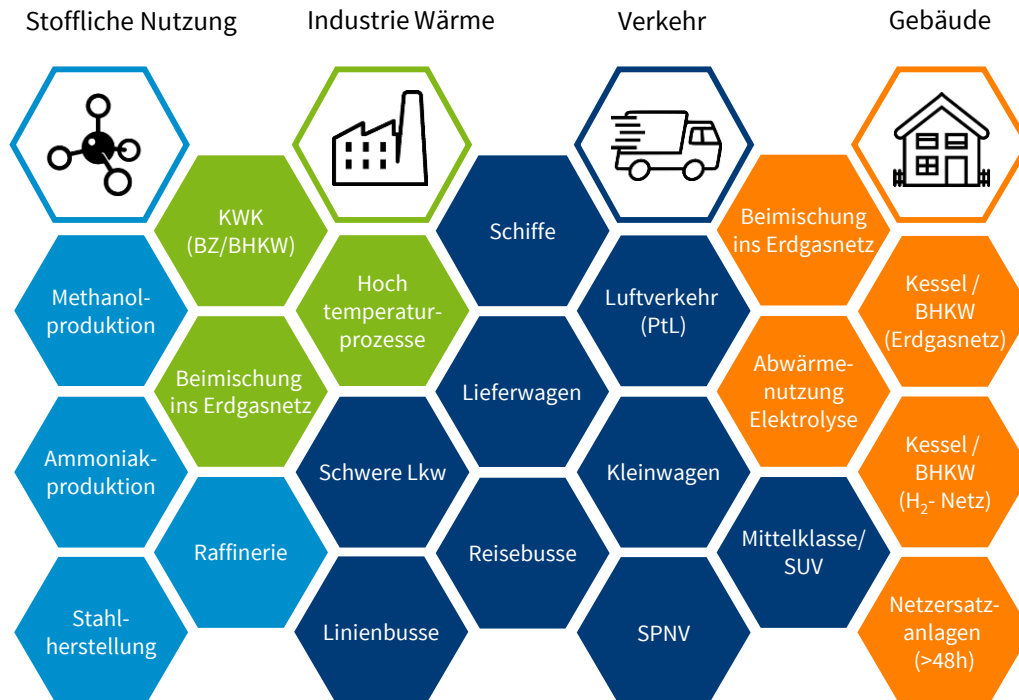


Abbildung 3-1 Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff untergliedert in verschiedene Sektoren

In Lehrte werden im Rahmen der theoretischen Potenzialanalyse der Verkehr und die Industriewärme berücksichtigt. Eine wasserstoffbasierte Wärmeversorgung von Wohngebieten wird ausdrücklich nicht angestrebt.

Verkehr

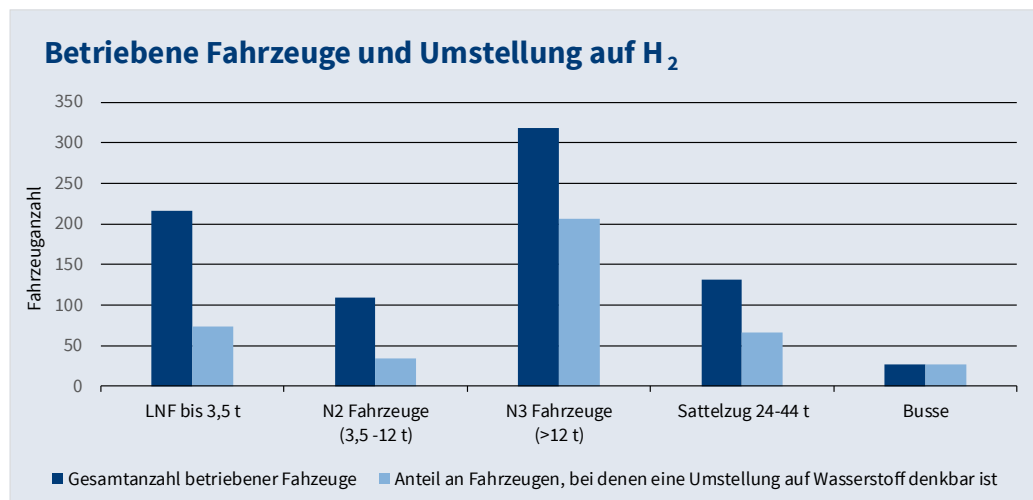


Abbildung 3-2 Fahrzeugflotte, die im Rahmen der Akteursbefragung betrachtet wurde

Konkreter Wasserstoffbedarf liegt in Lehrte insbesondere im Verkehrsbereich vor. Der theoretische Bedarf dieses Sektors beläuft sich auf bis zu 8.000 Tonnen (t) Wasserstoff pro Jahr (a) (vgl. Abbildung 3-3). Die Fahrzeuge wurden basierend auf Ihren Fahrzeugklassen aufgeschlüsselt: Leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Fahrzeugklasse N2 (N2) - Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t bis zu 12 t, Fahrzeugklasse N3 (N3) - Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 t, Sattelzugmaschinen mit einer Gesamtmasse von mehr als 24 t bis zu 44 t und Busse. Da ein Technologiewechsel nur schrittweise erfolgen kann, wird im Folgenden nur ein Anteil des theoretischen Bedarfs für eine erste Stufe erwartet. Für die Umstellungsphase wird daher ein anteiliger Bedarf von 10 % des Gesamtpotenzials von 400 Fahrzeugen angenommen, was ca. 800 t Wasserstoff pro Jahr und etwas über 2 t pro Tag entspricht. Je nach Fahrzeugtyp können hiermit 40 bis 80 Fahrzeuge versorgt werden. Dieser Wasserstoffbedarf könnte durch einen Elektrolyseur mit einer Kapazität von

10 Megawatt (MW) versorgt werden. Das größte Potenzial bietet die Umstellung auf Brennstoffzellenantriebe im Schwerlastverkehr. Hier ist insbesondere mittel- und langfristig eine steigende Nachfrage zu erwarten, die auf einer breiteren Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen und Brennstoffzellen- sowie Wasserstoffverbrennungsfahrzeugen basiert. Die Technologie befindet sich noch im Markthochlauf. Im Zuge dieses Markthochlaufs wird die Wirtschaftlichkeit von Brennstoffzellenfahrzeugen zunehmen. Eine Förderlandschaft für Brennstoffzellenfahrzeuge ist derzeit jedoch kaum vorhanden. Als wesentliches Hemmnis werden von den Akteuren die hohen Anschaffungskosten der Fahrzeuge genannt. Kurzfristig können sich viele Akteure die Umrüstung eines ersten Fahrzeugs vorstellen. Mittelfristige Umstellungspläne ganzer Flotten werden auch durch die Verfügbarkeit von Fördermitteln bestimmt. Je nach Anforderungen werden für die Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs unterschiedliche Technologien eingesetzt: Batterieelektrische Lkw eignen sich besonders im Nah- und Verteilerverkehr und wenn am Betriebshof die infrastrukturellen Rahmenbedingungen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur vorhanden sind. Brennstoffzellen-Lkw sind bei hohen Nutzlasten und langen Umläufen insbesondere im Fernverkehr vorteilhaft. Zudem bieten Brennstoffzellen-Fahrzeuge einen flexiblen Einsatz, auch im Mehrschichtbetrieb. Die technologische Entwicklung batteriebetriebener Fahrzeuge wird Einfluss auf die Wasserstoffantriebe haben und könnte zukünftige Einsatzmöglichkeiten weiter verändern. Dabei muss stets der Aufbau der erforderlichen Ladeinfrastruktur mit den entsprechenden Netzkapazitäten berücksichtigt werden. Fördermittel sind für beide Technologien ein kritischer Entscheidungsfaktor für einen langfristigen Infrastrukturaufbau. In einer ersten Phase könnte eine Brennstoffzellen-Fahrzeugmiete durch ein pay-per-use-Modell die Einstiegshürden senken und erste Betriebserfahrungen ermöglichen. Zusätzlich existieren regulatorische Rahmenbedingungen wie

Flottenzielwerte für Fahrzeughersteller, die zu einer Preisreduktion von batterieelektrischen und Brennstoffzellenfahrzeugen führen sollen.

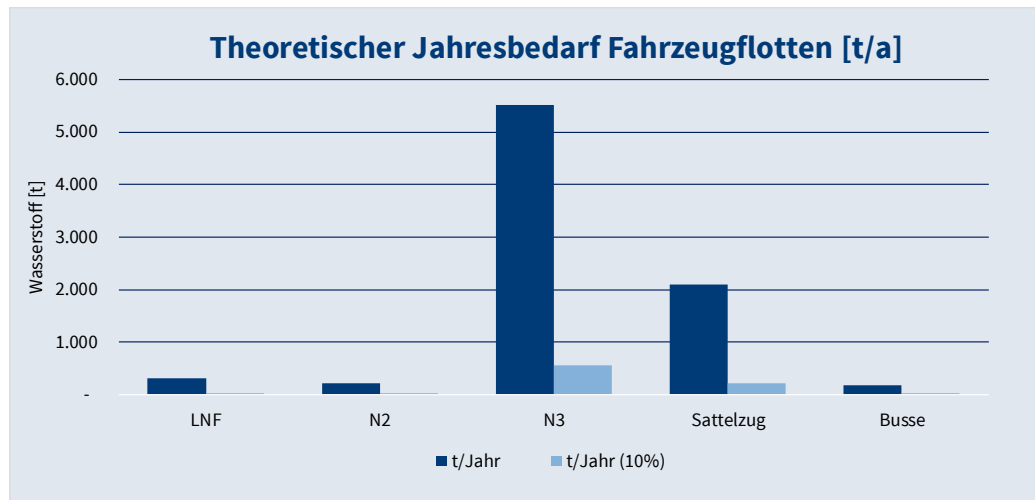


Abbildung 3-3 Theoretischer Jahresbedarf nach Fahrzeugklassen

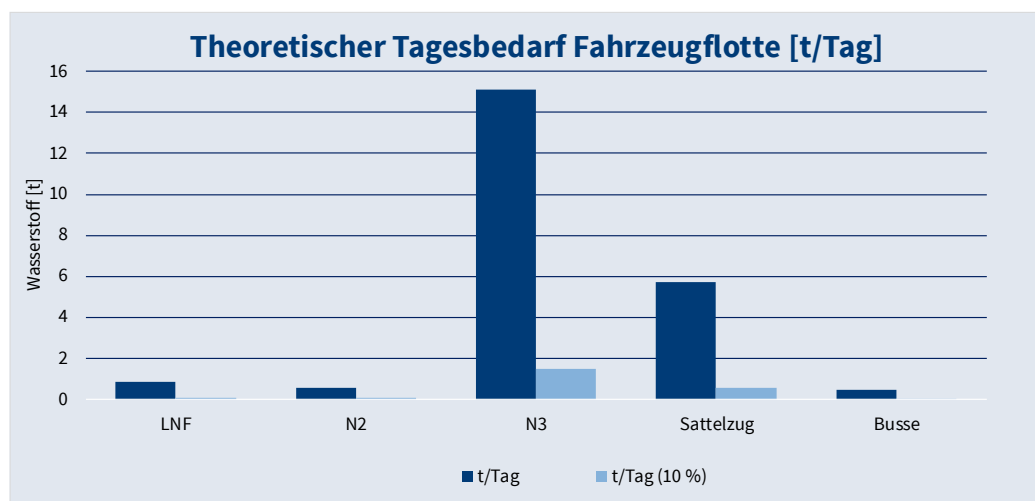


Abbildung 3-4 Theoretischer Tagesbedarf nach Fahrzeugklassen

Neben den Bedarfen der Akteure im Stadtgebiet kann eine strategisch gut gelegene Tankstelle weitere Mobilitätsbedarfe bedienen. Die direkte Lage an der Autobahn 2 (A2) und Autobahn 7 (A7) prädestinieren Lehrte für weitere Fahrzeuge aus dem Durchgangs- und Transitverkehr. Zudem sind in den Nachbarstädten und Gemeinden weitere Gewerbe- und Logistikunternehmen angesiedelt. Viele dieser Fahrzeuge fahren über Lehrte auf die Autobahnen auf und könnten ebenfalls eine entsprechende Tankstelleninfrastruktur nutzen.

Eine Quantifizierung dieses zusätzlichen Bedarfs müsste im späteren Verlauf erfolgen.

Industriewärme

Der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie ist in Lehrte insbesondere im Bereich Prozesswärme relevant. Erdgas könnte in Zukunft anteilig oder vollständig durch erneuerbares Gas, zum Beispiel Wasserstoff, ersetzt werden. Hier ist zu prüfen, ob die Anlagentechnik wasserstoffgeeignet – also H₂-ready – ist. Im Gasnetz selbst wäre derzeit eine Beimischung von bis zu 20 Vol. % zugelassen. Zwei Unternehmen haben in der Online-Umfrage angegeben, dass derzeit Erdgas zur Prozesswärmeerzeugung in Ihren Betrieben genutzt wird. Um die erforderlichen Prozesstemperaturen von 100-200°C bzw. 200-500°C zu erreichen, könnte perspektivisch auch Wasserstoff eingesetzt werden. Der Wärmeenergiebedarf liegt pro Jahr bei 1.000 bis 10.000 MWh. Dies entspricht einem jährlichen Wasserstoffbedarf von bis zu 570 t. Allerdings würde dies weitreichende Prozessumstellungen erfordern. Durch die räumliche Nähe vom Wasserstoff-Kernnetz ist eine leitungsgebundene Versorgung der Betriebe grundsätzlich denkbar. Es ist jedoch im Einzelfall zu prüfen, wie weit das Kernnetz von den Betrieben entfernt ist und welche Kosten mit einem Anschluss an das Wasserstoff-Kernnetz verbunden wären.

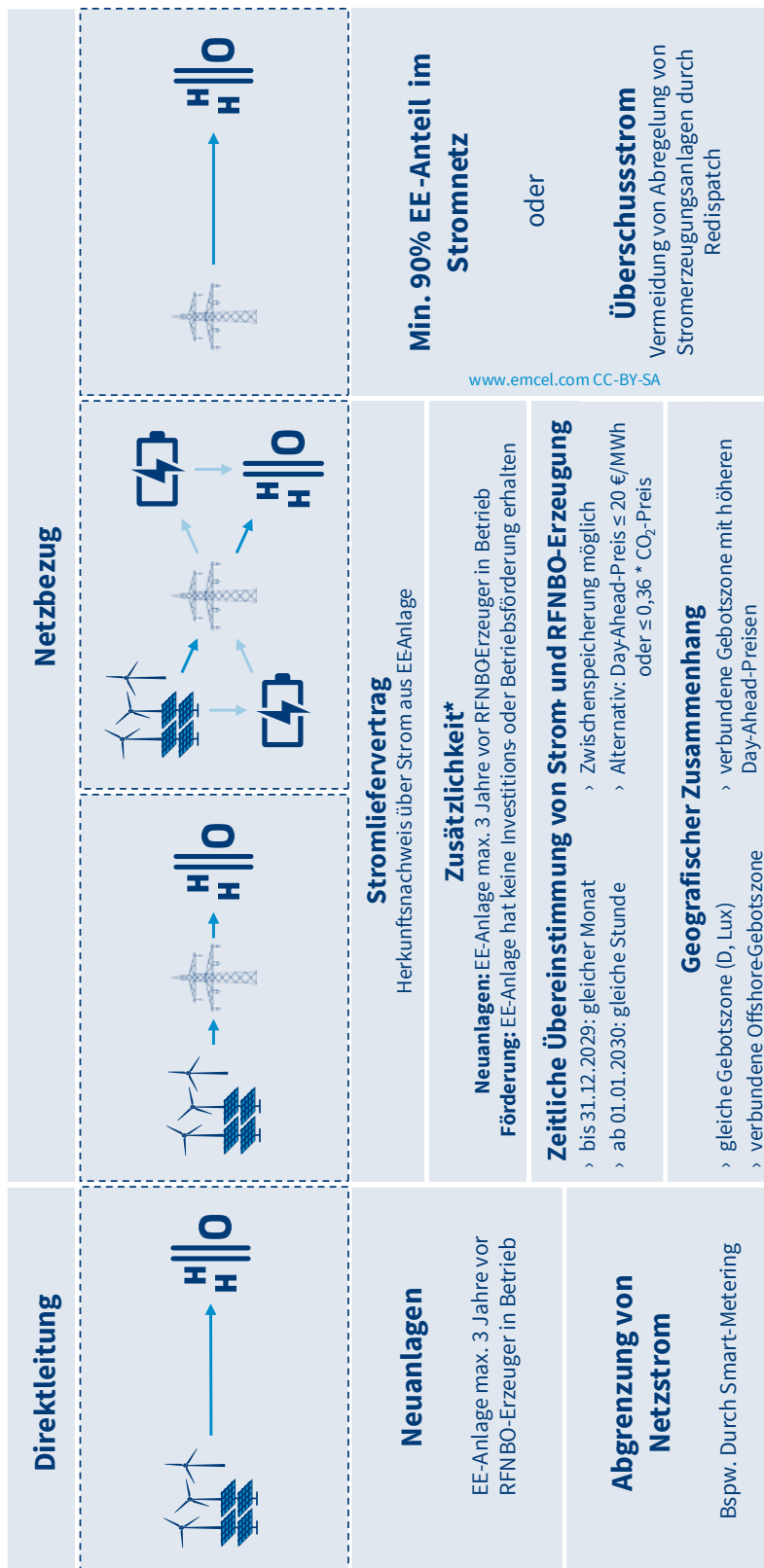
3.2. Erzeugungspotenzial in der Stadt Lehrte

Ein Elektrolyseur erzeugt neben Wasserstoff auch Abwärme und Sauerstoff. Diese werden typischerweise als Nebenprodukte betrachtet und nicht in jedem Projekt genutzt. Die Nebenprodukte können ausgekoppelt werden und so die Wertschöpfung erhöhen. Dabei ist zu beachten, dass die Nebenprodukte an die Wasserstoffproduktion gekoppelt sind. Die Wirtschaftlichkeit und der Mehrwert der Auskopplung von Sauerstoff und Wärme ist im Einzelfall zu prüfen.

Erneuerbarer Wasserstoff

Um die erneuerbare Produktion von Wasserstoff zu gewährleisten, wurden in Europa Anforderungen für die Herstellung von „Erneuerbarem Wasserstoff“ festgelegt. Diese gelten für Wasserstoff, der in der Mobilität und zukünftig auch anteilig in der Industrie eingesetzt werden soll. Erneuerbarer Wasserstoff wird als erneuerbarer Kraftstoff aus nicht biogenen Quellen klassifiziert. Entsprechend kann Strom aus nicht-biogenen Quellen wie Wind, Sonne oder Wasser erzeugt werden. Aufgrund der engen zeitlichen Kopplung der Stromerzeugungsanlagen in der Errichtung und im Betrieb an die Wasserstoffherzeugung sollte diese in der Projektierung parallel betrachtet werden. Wasserstoff aus biogenen Quellen wie Stroh, Gülle oder Algen wird im Folgenden als fortschrittlicher Biokraftstoff eingestuft und nicht weiter betrachtet.

Die in Abbildung 3-5 dargestellten Kriterien bestimmen vor allem den Strombezug. Im Fokus stehen dabei der parallele Hochlauf der Wasserstoffproduktion mit zusätzlichen EE-Kapazitäten - Zusätzlichkeitskriterium- und die zeitgekoppelte Nutzung von Strom in der Elektrolyse zum Zeitpunkt der Erzeugung - Zeitgleichheitskriterium. Das Zusätzlichkeitskriterium soll sicherstellen, dass durch die Produktion von Wasserstoff nicht die Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom in anderen Sektoren beschränkt wird. Daher wird mit dem Hochlauf der Elektrolysekapazitäten der Aufbau zusätzlicher EE-Kapazitäten gefordert. Das Zeitgleichheitskriterium fordert die Nutzung von EE-Strom innerhalb einer Stunde nach dessen Erzeugung. Dies soll der zusätzlichen Belastung der Stromversorgung in Flautezeiten der EE-Produktion entgegenwirken, stellt aber auch hohe Anforderungen an ein passendes Stromprofil für die Versorgung eines Elektrolyseurs. Der Strombezug wird zukünftig maßgeblich die Auslastung, die Strombezugskosten und damit auch die Wirtschaftlichkeit von Elektrolyseanlagen bestimmen.



* Elektrolyseure mit Inbetriebnahme bis 31.12.2027 sind bis einschl. 31.12.2037 davon befreit

Abbildung 3-5: Anforderungen aus dem delegierten Rechtsakt an den Strombezug für den Elektrolysebetrieb für die Qualifikation als Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO) -Flüssige oder Gasförmige erneuerbare Brenn- bzw. Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs

Erneuerbarer Wasserstoff kann auf die Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) angerechnet werden. Hieraus ergeben sich Erlöspotenziale im THG-Quotenhandel. Der THG-Quotenhandel ist eine politische Maßnahme, um die Einführung von Wasserstoff im Verkehrssektor zu beschleunigen. Sie verpflichtet die Inverkehrbringer von Kraftstoffen, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren, wobei diese Einsparungen in Quoten zusammengefasst werden. Die Europäische Kommission hat diese Quote für das Jahr 2030 auf 25 % festgelegt (vgl. Abbildung 3-6).

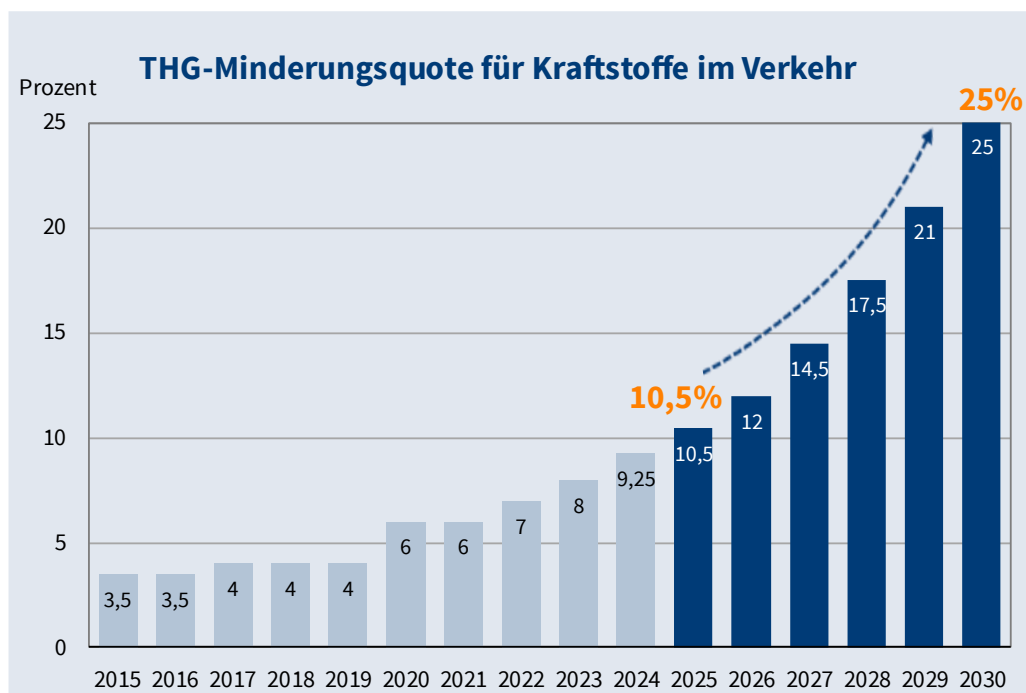


Abbildung 3-6 THG-Minderungsquote für Kraftstoffe im Verkehr

Werden die Quoten nicht eingehalten, müssen Strafzahlungen geleistet werden. Dadurch, dass Dritte diese Quote auch übererfüllen und anschließend verkaufen können, besteht die Möglichkeit, mit dem an Wasserstofftankstellen in Verkehr gebrachten Wasserstoff zusätzliche Erlöse zu erzielen. Die aktuelle Schätzung des möglichen Erlöses liegt zwischen 2 - 8 € pro Kilogramm (kg) Wasserstoff. Dieser war in den letzten Jahren starken Schwankungen unterworfen. Eine konservative Annahme prognostiziert derzeit Erlöse von ca. 3-4 €/kg. Ein Quotenhandel mit Wasserstoff ist aufgrund lange fehlender Regelungen noch nicht üblich. Ein entsprechendes Zertifizierungssystem wird

derzeit beim Umweltbundesamt entwickelt.⁴ Das zusätzliche Erlöspotenzial im Quotenhandel kann die Wirtschaftlichkeit von Projekten entscheidend positiv beeinflussen. Es erhöht auch die Attraktivität der Wasserstoffproduktion für Erzeuger erneuerbarer Energien durch direkte Stromlieferung, z.B. über sogenannte Power Purchase Agreements (PPAs).

Abwärmenutzung

Ein Elektrolyseur erzeugt im Nennlastbetrieb eine Abwärme von durchschnittlich 1 Kilowattstunden (kWh_{th}) pro erzeugtem Normkubikmeter Wasserstoff.⁵ Das Kühlmittel wird auf einem Temperaturniveau von ca. 60-70 °C ausgekoppelt. Unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs der gefahrenen Lastpunkte ergibt sich daraus für einen 1 MW Elektrolyseur eine Wärmeleistung von 120 kWh_{th} im Teillastbereich (durchschnittlich 60 % der Nennlast). Diese Potenziale könnten zukünftig für die Versorgung des Wärmebedarfs über ein Nahwärmenetz erschlossen werden. Dabei kann es sich um direkte betriebsinterne Wärmebedarfe oder sehr nahe gelegene Wärmesenken handeln. Zu große Verteilungsdistanzen mindern die technische und wirtschaftliche Attraktivität einer solchen Wärmeversorgung, da entsprechend lange Transportwege gebaut und Wärmeverluste in Kauf genommen werden müssten. Die Wärme könnte als Frischluftherwärmung durch Gasheizungen oder zur Heizungsunterstützung durch Wassererwärmung genutzt werden. Entscheidend ist das geeignete Temperaturniveau der Anwendung bzw. des Nahwärmenetzes.

Elektrolyseure können fluktuierende Stromerzeugungsprofile von EE-Anlagen flexibel nachfahren. Dies bedeutet, dass die Rate der Wasserstoffproduktion innerhalb kürzester Zeit auf Veränderungen der Stromzufuhr reagiert. Wird weniger Strom erzeugt und eingespeist, produziert der Elektrolyseur auch entsprechend weniger Wasserstoff und damit weniger Wärme. Dementsprechend wird allerdings keine grundlastfähige Wärme produziert,

⁴ [Vollzug der 37. BImSchV: Anrechnung strombasierter Kraftstoffe | Umweltbundesamt](#)

⁵ Ein Normkubikmeter entspricht 0,08 Kilogramm Wasserstoff.

auf die jederzeit im gleichen Maße zugegriffen werden könnte. Ein Abnehmer müsste daher über entsprechende Pufferkapazitäten verfügen. In Tabelle 1 sind mögliche Wärmepotenziale verschiedener marktüblicher Elektrolysegrößen in Abhängigkeit von der stündlichen Auslastung der Anlagen dargestellt. Die Elektrolysegröße von 10 MW wäre passend, um den identifizierten Wasserstoffbedarf im Verkehr abzudecken, die Elektrolysegröße von 20 MW wurde im Rahmen der Akteursbefragung als potenzielle Dimensionierung identifiziert.

Tabelle 1 Abwärmepotenziale des Elektrolyseurs

Leistungsklasse Elektrolyseur [MW]	1	5	10	20
Abwärme in GWh _{th} /a (Volllast 8.760 h/a)	1,98	9,88	19,75	39,50
Abwärme in GWh _{th} /a (Teillast 5.000 h/a)	1,13	5,63	11,25	22,50
Abwärme in GWh _{th} /a (Teillast 3.000 h/a)	0,68	3,38	6,75	13,50

Entsprechend der Vorgabe zur kommunalen Wärmeplanung im Niedersächsischen Klimagesetz (NKlimaG) werden die Möglichkeiten einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung im Stadtgebiet derzeit untersucht. In ersten Gesprächen mit dem lokalen Energieversorger konnte die Eignung des Temperaturniveaus der Abwärme bestätigt werden. Die identifizierten Wärmemengen im Stadtgebiet liegen im mehrstelligen Gigawattstundenbereich. Eine 20 MW Elektrolyseanlage mit 5.000 Volllaststunden pro Jahr erzeugt eine Wärmemenge von 22,5 Gigawattstunden (GWh_{th}) im Jahr. Die Wasserstoffproduktion vor Ort könnte folglich einen relevanten Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs in Lehrte leisten. Zu berücksichtigen bleibt hierbei die zeitliche Verfügbarkeit, die Distanzen zu den Wärmeverbrauchern und das Temperaturniveau. Ein regelmäßiger Austausch zur Abstimmung der relevanten Wärmemengen, Projektzeitplänen und Projektstandorten wird daher dringend empfohlen. Der

Anschluss an ein Nahwärmenetz kann ein entscheidender Faktor für die Standortwahl des Elektrolyseurs sein, da die Wirtschaftlichkeit der Wärmeauskopplung wesentlich von der Entfernung zur Wärmeanwendung bestimmt wird.

Sauerstoff

Bei der Elektrolyse wird neben Wasserstoff auch Sauerstoff erzeugt. Das Verhältnis der Produktion von Wasserstoff zu Sauerstoff (O_2) bezogen auf den Volumenstrom beträgt 2:1. Dieser Sauerstoff kann in verschiedenen industriellen Anwendungen eingesetzt werden. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob die Produkteigenschaften wie Reinheit, Anlagenfahrweise und produzierte Mengen mit dem Abnahmeprofil übereinstimmen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass der Sauerstoff ggf. abgefüllt und transportiert werden muss. Aus diesen Gründen ist Sauerstoff aus der Wasserstoffproduktion per Elektrolyse bisher selten eine wirtschaftlich attraktive Alternative zu konventionellen Sauerstoffquellen. Sauerstoff könnte unter anderem in folgenden Anwendungsbereichen eingesetzt werden: Medizin, Abwasserbehandlung, Eisen- und Stahlindustrie, Glasindustrie, Wärme- und Stromerzeugung. In der Stahlindustrie kann Sauerstoff im gesamten Herstellungsprozess eingesetzt werden. Beispielsweise kann Sauerstoff als Schutzgas im Elektrolichtbogenofen eingesetzt und in das Material eingeblasen werden. Außerdem kann Sauerstoff bei Umformprozessen wie Laserschneiden oder Schweißen eingesetzt werden. Potenziale könnten in Lehrte zudem an der Zentralkläranlage erschlossen werden. Je nach Prozess könnte die Umgebungsluft im Belebungsbecken mit Sauerstoff angereichert werden. Dadurch könnte der Energiebedarf der biologischen Reinigungsstufe reduziert werden. Hierfür wäre zu prüfen, inwieweit Sauerstoff bereits heute oder in Zukunft in der Anlage eingesetzt werden könnte. Um den Transportweg des Sauerstoffs zu minimieren, könnte eine Elektrolyseanlage in unmittelbarer Nähe der Kläranlage errichtet werden (siehe Kapitel 5.3). In die Vorüberlegungen zu einer Elektrolyseanlage sollte auch die zuständige

Kläranlage einbezogen werden, um über die Einleitung des Elektrolyseabwassers informiert zu sein.

Tabelle 2 Potenzielle Produktionsmengen Nebenprodukt Sauerstoff

Leistungsklasse Elektrolyseur [MW]	1	5	10	20
Sauerstoff in t/a (Volllast 8.760 h/a)	1.261	6.305	12.610	25.220
Sauerstoff in t/a (Teillast 5.000 h/a)	720	3.600	7.200	14.000
Sauerstoff in t/a (Teillast 3.000 h/a)	432	2.160	4.320	8.640

Theoretisches Erzeugungspotenzial in Lehrte

Die installierte Gesamtleistung der erneuerbaren Energien in Lehrte beträgt ca. 40 MW.⁶ Hierin eingeschlossen sind nur Anlagen, die eine Mindestleistung von 100 kW⁷ erzielen können. Kleinstanlagen wie beispielsweise Balkonkraftwerke oder ähnliches werden nicht mitbetrachtet. Mit rund 30 MW entfällt der größte Anteil der Erzeugungsleistung auf die 16 Windenergieanlagen⁸ im Stadtgebiet mit Bruttoleistungen von 1,5 MW bis 2,3 MW je Einheit.

Die Nutzung dieser erneuerbaren Energien erfolgt in unterschiedlichen Sektoren. Würden ca. 10 % der bereits installierten Leistung für den Betrieb von Elektrolyseuren genutzt, ergibt sich ein Potenzial von ca. 1 MW Elektrolyseleistung. Daraus ergibt sich eine Produktion von ca. 90 t Wasserstoff pro Jahr bei 5.000 Volllaststunden.

⁶ <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/>

⁷ PV | <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

⁸ Wind | <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

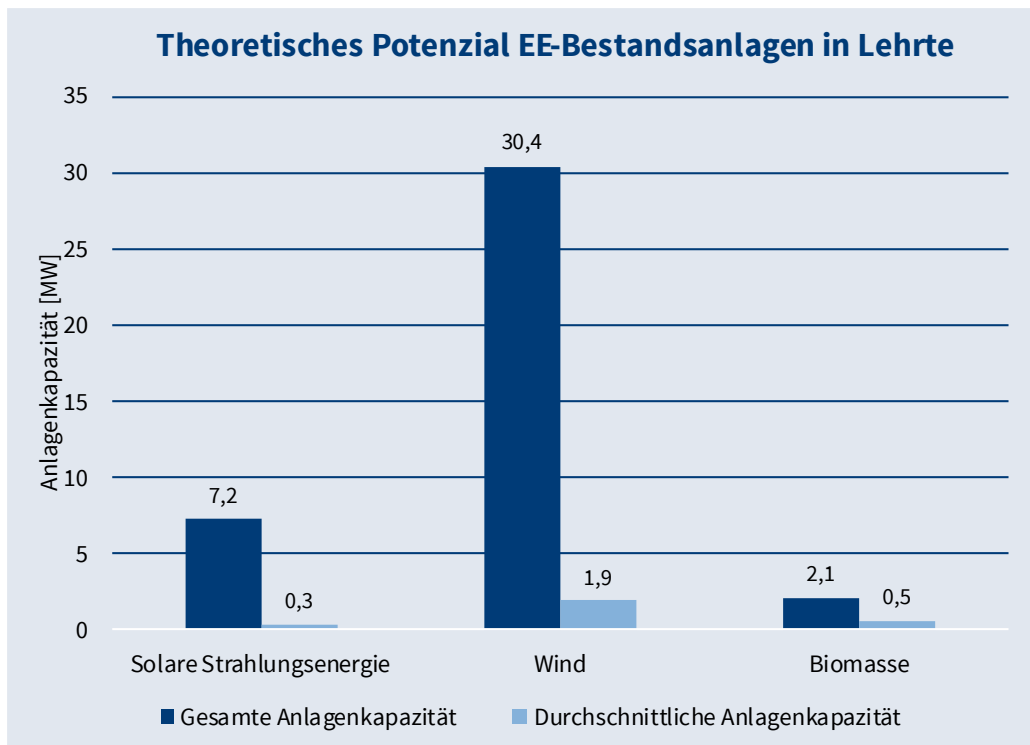


Abbildung 3-7 EE-Bestandsanlagen in Lehrte

Für eine optimale Auslastung des Elektrolyseurs sollte die installierte Leistung der EE-Anlage um ein Vielfaches größer sein als die installierte Elektrolyseleistung. Beispielhafte Dimensionierungen für verschiedene Anlagengrößen sind in Abbildung 3-8 dargestellt und könnten vergleichbar für größere Anlagen extrapoliert werden. Für eine reine Windkraftversorgung liegt das wirtschaftlich optimale Verhältnis bei ca. 1:3, für Photovoltaik-Anlagen bei 1:10. Eine geschickte Kombination beider Anlagenart kann eine deutlich verbesserte Auslastung erreichen und wird in den nächsten Jahren vor dem Hintergrund der Strombezugskriterien für erneuerbaren Wasserstoff zunehmend in den Fokus rücken. In diesem Zusammenhang ist auch das Kriterium der Zusätzlichkeit von Bedeutung, welches eine zeitlich gekoppelte Errichtung neuer Energieerzeugungsanlagen fordert. Elektrolyseure, die ab 2028 in Betrieb gehen müssen mit neu errichteten EE-Anlagen versorgt werden, damit der Wasserstoff als erneuerbar klassifiziert werden kann. Daher sind in Zukunft vor allem die Ausbaupotenziale im Stadtgebiet relevant.

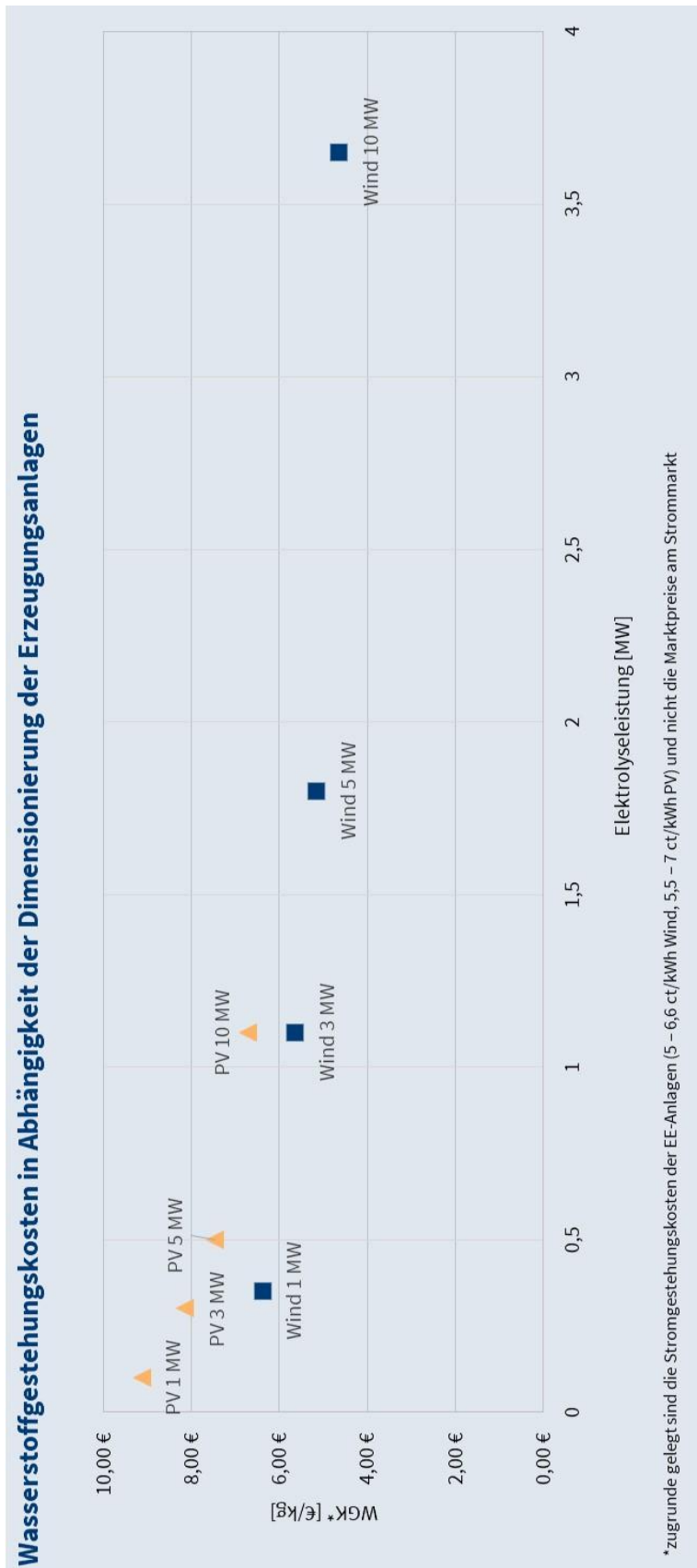


Abbildung 3-8 Wasserstoffgestehungskosten (WGK) in Abhängigkeit der Dimensionierung der EE-Anlage

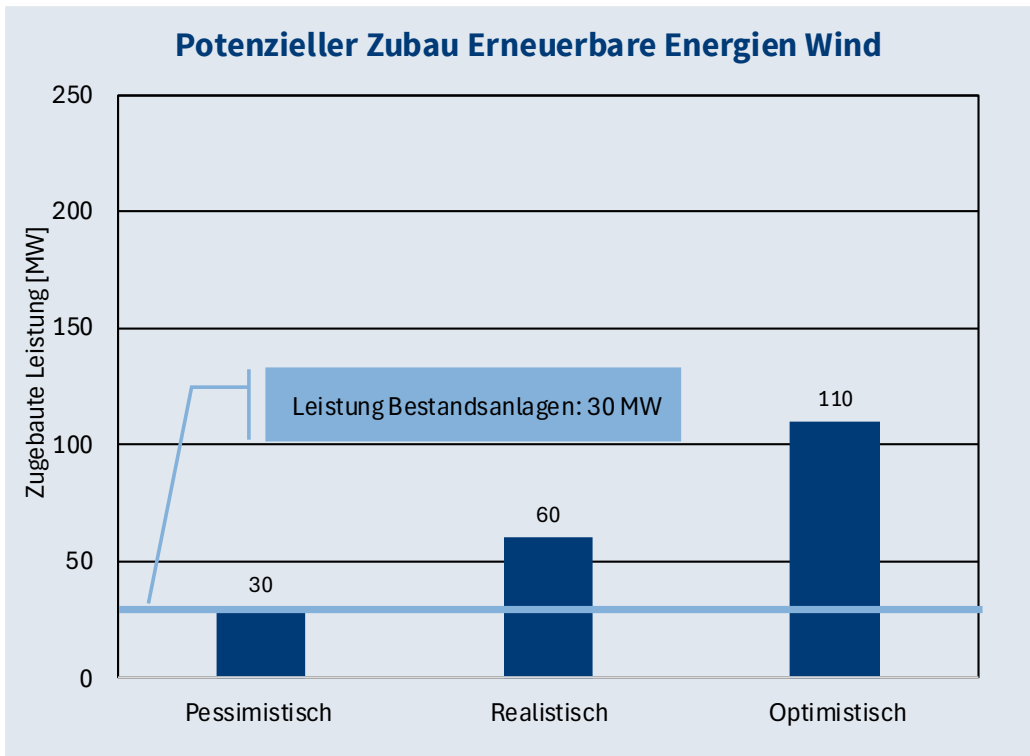


Abbildung 3-9 Potenzieller Zubau Erneuerbare Energien Wind

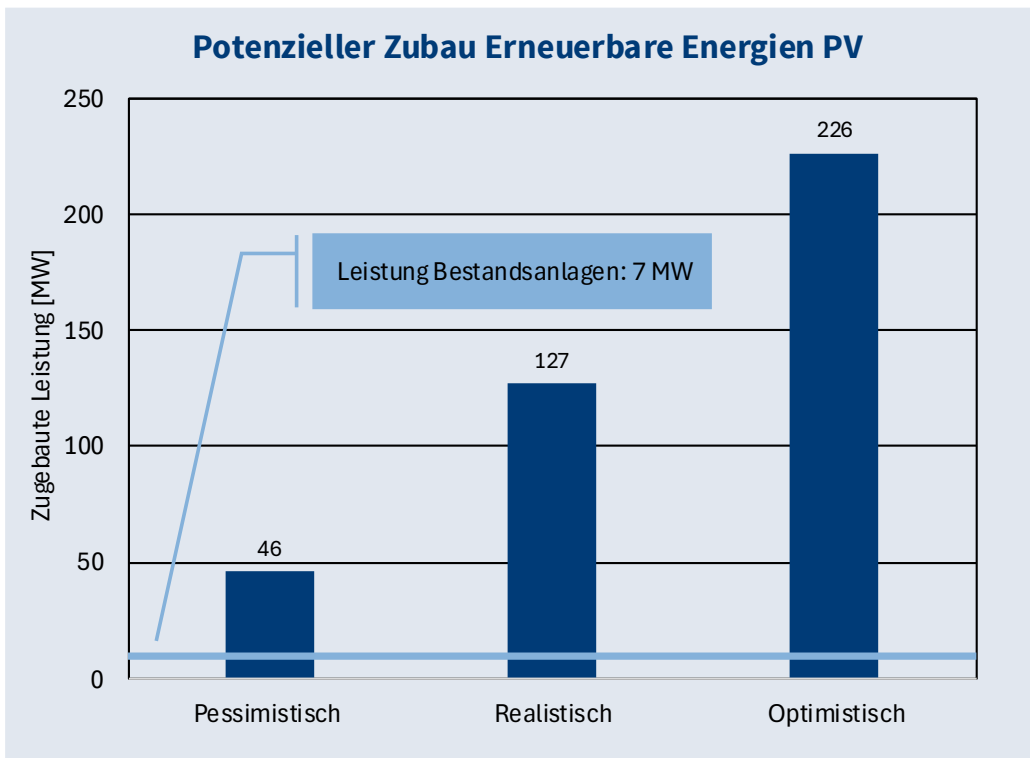


Abbildung 3-10 Potenzieller Zubau Erneuerbare Energien PV

In Abbildung 3-9 und Abbildung 3-10 sind verschiedene Ausbauszenarien für erneuerbare Energien im Stadtgebiet dargestellt. Da der Zubau weiterer EE-Anlagen derzeit nur begrenzt planbar ist, wurden folgende Szenarien für die nächsten fünf Jahre aufgestellt (vorbehaltlich der Zustimmung zur Neufestlegung der Windenergienutzung nach dem Regionalen Raumordnungsprogramm der Region Hannover in seiner zum Zeitpunkt dieses Berichtes gültigen Fassung):

- Wind**
- Pessimistisch: Zubau ausschließlich in Ahlten
 - Realistisch: Zubau in Ahlten und weiteren geplanten Vorranggebieten Windkraft
 - Optimistisch: Zubau in Ahlten und weiteren geplanten Vorranggebieten Windkraft sowie Repowering der Bestandsanlagen auf durchschnittlich 5 MW
- PV**
- Pessimistisch: Die Hälfte der privilegierten Flächen im 200-m-Korridor entlang der Autobahnen und Schienennetze
 - Realistisch: 100 % Umsetzung des 1 %-Ziels aus Ratsbeschluss Stadt Lehrte (Vorlage: A/040/2023)
 - Optimistisch: Die Hälfte der privilegierten Flächen im 200-m-Korridor entlang der Autobahnen sowie 50 % der „Vorbehaltsflächen Landwirtschaft“. Für diese Flächen müsste das Regionale Raumordnungsprogramm der Region noch angepasst werden.

Für die Versorgung eines 20 MW Elektrolyseurs (siehe Kapitel 5.2) würden im pessimistischen Fall die neuen Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet nicht ausreichen, wenn ausschließlich Wind- oder PV-Anlagen zum Einsatz kämen. Auch im optimistischen Fall würde ein Großteil der neuen Kapazitäten im Stadtgebiet für den Elektrolyseur benötigt. Für eine reale Auslegung müsste eine optimierte Kombination beider Technologien und ein Zukauf aus energiestarken Regionen erfolgen. Für eine 20 MW Anlage könnte ein theoretisches wirtschaftlich optimiertes Stromprofil bei einer fünffachen

Überbauung der EE-Anlagen, d.h. 100 MW EE-Kapazität, eine Auslastung von ca. 4000 -4.500 Volllaststunden erreichen. Hierbei sollte das Verhältnis von PV- und Windkraft zwischen 30 %/70 % und 70 %/30 % liegen⁹. Hierbei sind im realen Fall immer regionale Begebenheiten und Anlagenspezifikationen zu betrachten.

3.3. Gegenüberstellung der Potenziale der Wasserstoffnachfrage und -erzeugung

Im Rahmen der Umfrage konnten Wasserstoffbedarfe in Höhe von ca. 800 t/a in der Mobilität und weiteren 570 t/a in der Industrie identifiziert werden. Dies ergibt einen Gesamtbedarf von 1.370 t/a. Dem gegenüber wurde ein Erzeugungsprojekt von bis zu 20 MW Elektrolyseleistung bestimmt. Unter der Annahme einer Auslastung von 3.000-5.000 Volllaststunden im Jahr könnte ein Elektrolyseur zwischen 1.080-1.800 t/a (siehe Tabelle 3) produzieren. Bei ausreichend hoher Auslastung könnte folglich der gesamte lokale Bedarf durch die Elektrolyse vor Ort abgedeckt werden. Unterstellt man, dass an einem Mobilitätshub der Tankstellenbedarf durch eine Eigenproduktion abgedeckt werden soll, so würde ein Elektrolyseur mit einer Leistung von 10 MW benötigt. Diese Szenarien werden im vorliegenden Bericht weiterverfolgt. Sobald ein Anschluss an das Kernnetz hergestellt ist, könnten Über- oder Unterproduktion auch durch einen Pipelineanschluss gedeckt werden.

Tabelle 3 Wasserstoffpotenziale des Elektrolyseurs

Leistungsklasse Elektrolyseur [MW]	1	5	10	20
Wasserstoff in t/a (Volllast 8.760 h/a)	158	790	1.580	3.160
Wasserstoff in t/a (Teillast 5.000 h/a)	90	450	900	1.800
Wasserstoff in t/a (Teillast 3.000 h/a)	54	270	540	1.080

⁹ Auroroa Energy Research | <https://auroraer.com/media/green-hydrogen-production-at-2-eur-kg-in-europe/>

4. Projektierung einer Wasserstoffinfrastruktur

Die Planung einer Wasserstoffinfrastruktur ist an bestimmte zeitliche und genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen geknüpft. Diese frühzeitig zu kennen, Engpässe zu identifizieren und die notwendigen Prozesse aufeinander abzustimmen, ist elementar für eine erfolgreiche Projektumsetzung.

4.1. Zeitplan

Von der Vorplanung bis zum Regelbetrieb einer Wasserstofftankstelle oder eines Elektrolyseurs dauert es ca. 2,5 Jahre. Dieser Zeitraum wird vor allem durch die Lieferzeiten bestimmt. Wird die Bestellung von Komponenten erst nach erfolgreicher Genehmigung ausgelöst, kann dies zu weiteren Verzögerungen führen (vgl. Abbildung 4-1). Der gemeinsame Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur aus mehreren Teilen der Wertschöpfungskette, z. B. Fahrzeugbeschaffung und Tankstellenbau, erleichtert den Einstieg in die Technologie. Auf diese Weise wird die Verfügbarkeit bzw. Auslastung der Anlagen sichergestellt. Eine Synchronisierung der Projektzeitpläne wird daher empfohlen. Da die Startpunkte vieler Projekte an Förderaufrufe gebunden sind, können diese zeitbestimmend für eine Projektumsetzung sein.

Zeitplan in Monaten

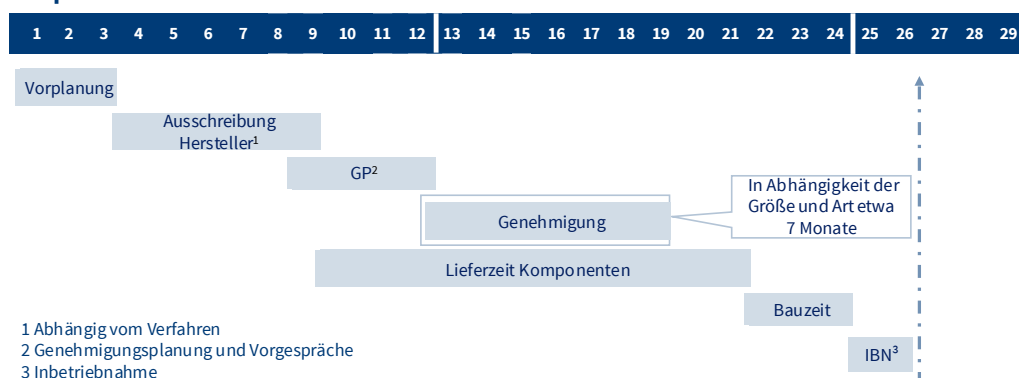


Abbildung 4-1 Zeitplan Genehmigungsprozess

4.2. Genehmigungsrecht

Der Betrieb einer Wasserstofftankstelle erfordert ein Erlaubnisverfahren nach §18 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Die weiteren benötigten Genehmigungsverfahren hängen im Wesentlichen von der vor Ort gelagerten Wasserstoffmenge ab (vgl. Abbildung 4-2). Eine Lagermenge von mehr als 3 t löst ein vereinfachtes Verfahren nach §19 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) aus. Ab Lagermengen von mehr als 5 t Wasserstoff ist zusätzlich die Störfall-Verordnung der 12. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) zu berücksichtigen. Da diese strengere Standortanforderungen und höhere Sicherheitsmaßnahmen erfordert, wird eine Lagerung von mehr als 5 t derzeit durch betriebliche Maßnahmen nach Möglichkeit vermieden.

Wasserstofflagermenge	< 3 t	Ab 3 t	Ab 5 t
Wasserstofftankstelle	Baugenehmigungsverfahren Erlaubnis-Verfahren nach § 18 BetrSichV	Baugenehmigungsverfahren Erlaubnis-Verfahren nach § 18 BetrSichV	Baugenehmigungsverfahren Erlaubnis-Verfahren nach § 18 BetrSichV
		Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG inkl. standortbezogene Vorprüfung nach UVPG	Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG inkl. standortbezogene Vorprüfung nach UVPG
			Störfallverordnung 12. BImSchV

Abbildung 4-2 Genehmigungsprozess Wasserstoff-Tankstelle

Die Genehmigungsverfahren für einen Elektrolyseur sind abhängig von der Nennleistung der geplanten Anlage oder der Produktionskapazität (vgl. Abbildung 4-3), je nachdem welche Grenze durch die Anlage überschritten wird. Sie wurden erst kürzlich mit der Novellierung der 4. BImSchV vom 18.10.2024 überarbeitet. Damit soll die Genehmigung von Elektrolyseuren vereinfacht und beschleunigt werden.

Nennleistung/ Produktionskapazität	< 5 MW	5 MW – 50 Tonnen pro Tag	Ab 50 Tonnen pro Tag
H ₂ -Erzeugung	Baugenehmigungsverfahren	Baugenehmigungsverfahren Allgemeine UVPG Vorprüfung	Baugenehmigungsverfahren Allgemeine UVPG Vorprüfung
		Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG	Förmliches Verfahren nach § 10 BImSchG

Abbildung 4-3 Genehmigungsprozess Elektrolyseur

5. Identifikation möglicher Projektstandorte

Die gemeinschaftliche Errichtung einer öffentlich zugänglichen Tankstelle, ggf. mit einem angeschlossenen Elektrolyseur im Stadtgebiet, wurde als möglicher nächster Schritt identifiziert. In diesem Kapitel werden die relevanten Faktoren für die Wahl und Prüfung eines möglichen Standortes dargestellt. Im Anschluss werden im Rahmen des Projektes identifizierte Flächen einer ersten Prüfung unterzogen.

5.1. Infrastrukturanschlüsse

Die Produktion und Vertankung von Wasserstoff erfordern eine Reihe von Anschlüssen. Sollten diese an einem Standort nicht, oder nicht in ausreichendem Maße, vorhanden sein ist zu prüfen, ob die Errichtung eines passenden Anschlusses technisch und wirtschaftliche sinnvoll ist. Hierbei kann die Entfernung zum relevanten Anschluss einen entscheidenden Einfluss haben.

Pipelineanschluss

Bis 2030 wird mit dem [Hyperlink](#) ein Strang des Wasserstoff-Kernnetzes in direkter Nähe zur Stadt Lehrte verlaufen. Die Nähe zum Kernnetz ist ein wichtiger Standortvorteil für die umliegenden Städte. Auch Lehrte kann von der Anbindung profitieren. Bereits heute gibt es mehrere Projektentwickler, die den Aufbau von Erzeugungskapazitäten in der Region prüfen. Elektrolyseanlagen können lokal nicht benötigten Wasserstoff flexibel in das Kernnetz einspeisen, Tankstellen können jederzeit sicher mit Wasserstoff versorgt werden.

Je näher ein Standort an einem möglichen Anschlusspunkt an das Kernnetz liegt, desto wirtschaftlicher ist der Anschluss. Alle betrachteten Standorte

befinden sich in relativer Nähe zu möglichen Trassenverläufen, da der Hyperlink in unmittelbarer Nähe zum Stadtgebiet verlaufen soll.

Wasser

Der sorgsame Umgang mit der Ressource Wasser wird in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die Prüfung einer ausreichenden Wasserversorgung an möglichen Standorten sollte daher frühzeitig berücksichtigt werden. Pro produziertem Kilogramm Wasserstoff werden ca. 10 Liter (l) Wasser verbraucht, dies entspricht 0,01 Kubikmeter (m³). Bei einer betrachteten maximalen Wasserstoffproduktion von ca. 2.000 t Wasserstoff pro Jahr würde dies einer Wassermenge von 20.000 m³ Wasser pro Jahr (rund 55 m³ pro Tag) entsprechen. Um die chemischen Vorgänge zu begünstigen, wird etwa die doppelte Menge Wasser zugeführt. Die nicht verbrauchten Wassermengen können in das Abwassernetz eingeleitet werden. Die verbrauchten Wassermengen entsprechen ca. 1,5 % des derzeitigen Wasserbedarfs im Stadtgebiet. In ersten Gesprächen wurde von Seiten der Versorger signalisiert, dass die Versorgung mit Wasser kein Ausschlusskriterium darstellt. Allerdings ist bei der Standortwahl zu prüfen, ob ein entsprechend dimensionierter Wasser- und Abwasseranschluss vorhanden ist. Insbesondere bei dezentralen Standorten kann dies erforderlich sein.

Strom

Die Produktion von Wasserstoff erfordert einen entsprechend groß dimensionierten Netzanschluss. Ein 20 MW Elektrolyseur mit Peripherie und Tankstelle benötigt ca. 25 MW Anschlussleistung. Insbesondere in Bestandsgebieten kann die Bereitstellung eines entsprechend groß dimensionierten Anschlusses zu Engpässen führen. Je nach Netzkapazität kann dies den Bau eines geeigneten Netzanschlusses bedeuten, im ungünstigsten Fall kann dies einen Standort disqualifizieren. Der Betrieb der Elektrolyseure wird im Rahmen dieser Studie produktionsorientiert ausgelegt. Alternativ können die Elektrolyseure auch zur Netzstabilisierung eingesetzt

werden. Dazu werden sie direkt an den Netzanschlusspunkten der erneuerbaren Erzeugungsanlagen errichtet und dann betrieben, wenn die Erzeugungsanlagen aufgrund von Überproduktion sonst ab- und abgeregelt werden müssten. Eine solche Fahrweise ermöglicht eine sehr kostengünstige Strombereitstellung, die ausschließliche Einspeisung von Überschussstrom würde jedoch zu einer geringen Anlagenauslastung und einem volatilen Erzeugungsprofil führen. In Lehrte wurde im Austausch mit dem Stromversorger ein solcher Punkt in Arpke identifiziert. Aufgrund einer sehr geringen erwarteten Auslastung, planungsrechtlicher Vorgaben und der vergleichsweise schlechten verkehrlichen Anbindung ist dieser allerdings kein attraktiver Standort und wird im Weiteren nicht betrachtet.

Abwärme

Wie in Kapitel 3.1 dargestellt kann Abwärme ein wertvolles Nebenprodukt sein. Hierfür sollte die Elektrolyse allerdings nicht weiter als 1-3 Kilometer (km) von der Wärmesenke entfernt sein. Größere Entfernungen würden zu unwirtschaftlichen Anschlusskosten und hohen Wärmeverlusten führen. Neben der Entfernung sollte auch die Temperatur des Vorlaufes und die mögliche Wärmeleistung abgeglichen werden. Dies sollte im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung weiter betrachtet werden.

Sauerstoff

Die Auskopplung von Sauerstoff ist nur dann wirtschaftlich umsetzbar, wenn der Sauerstoff direkt an den Verbraucher geliefert werden kann. In Lehrte ist dies nach aktuellem Stand nur am Standort der Zentralen Kläranlage verlässlich gegeben.

5.2. Anlagendimensionierung & Flächenbedarfe

Auf Basis der in Kapitel 3 ermittelten Potenziale werden drei Szenarien entwickelt. Anhand dieser werden im Folgenden beispielhaft Anlageneigenschaften und Anforderungen an einen geeigneten Standort dargestellt. Auf Basis der beispielhaften Anlagenkonfiguration wird eine repräsentative Aufstellungsskizze erstellt. Der tatsächliche Flächenbedarf ist abhängig vom gewählten Hersteller und Aufstellungskonzept. Sie skalieren mit der Leistung der Elektrolyseanlage bzw. der Wasserstofftankstelle. Die technischen Komponenten der Wasserstoffinfrastruktur werden in der Regel in standardisierten 20 Fuß. oder 40 Fuß. Containern installiert. Neben den technischen Komponenten sind Schutz- und Sicherheitsabstände sowie Zufahrtswege zu berücksichtigen. Der Platzbedarf kann durch gezielte Maßnahmen wie die vertikale Anordnung von Komponenten oder den Bau von Brandschutzwänden reduziert werden.

Szenario Tankstelle

In diesem Szenario wird der identifizierte Wasserstoffbedarf für den Verkehr in Lehrte durch eine öffentliche Tankstelle gedeckt, die per Trailer mit Wasserstoff versorgt wird. Damit können 10 % des potenziellen Wasserstoffbedarfs von 400 Fahrzeugen (ca. 2t/Tag) gedeckt werden. Die Tankstelle besteht aus

- zweieinhalb Kompressorcontainern,
- fünf stationären Mitteldruckspeichern,
- vier Kühleinheiten,
- zwei Anliefer tafeln,
- einer Transformatoreinheit.

Die Konfiguration einer Tankstelle hängt neben dem Tagesdurchsatz von weiteren Leistungskennzahlen ab. Insbesondere die erforderlichen Leistungsspitzen während der Betankungszeit und die Verteilung der Betankungsvorgänge (bspw. Anzahl tankender Lkw pro Stunde (h)) über den

Tag bestimmen die Anlagenauslegung. Der Flächenbedarf beträgt ca. 2.500 Quadratmeter (m²) (inkl. Betankungspur). Die erforderliche Strom-Anschlussleistung beträgt ca. 1.000 Kilovoltampere (kVA) (vgl. Abbildung 5-1).

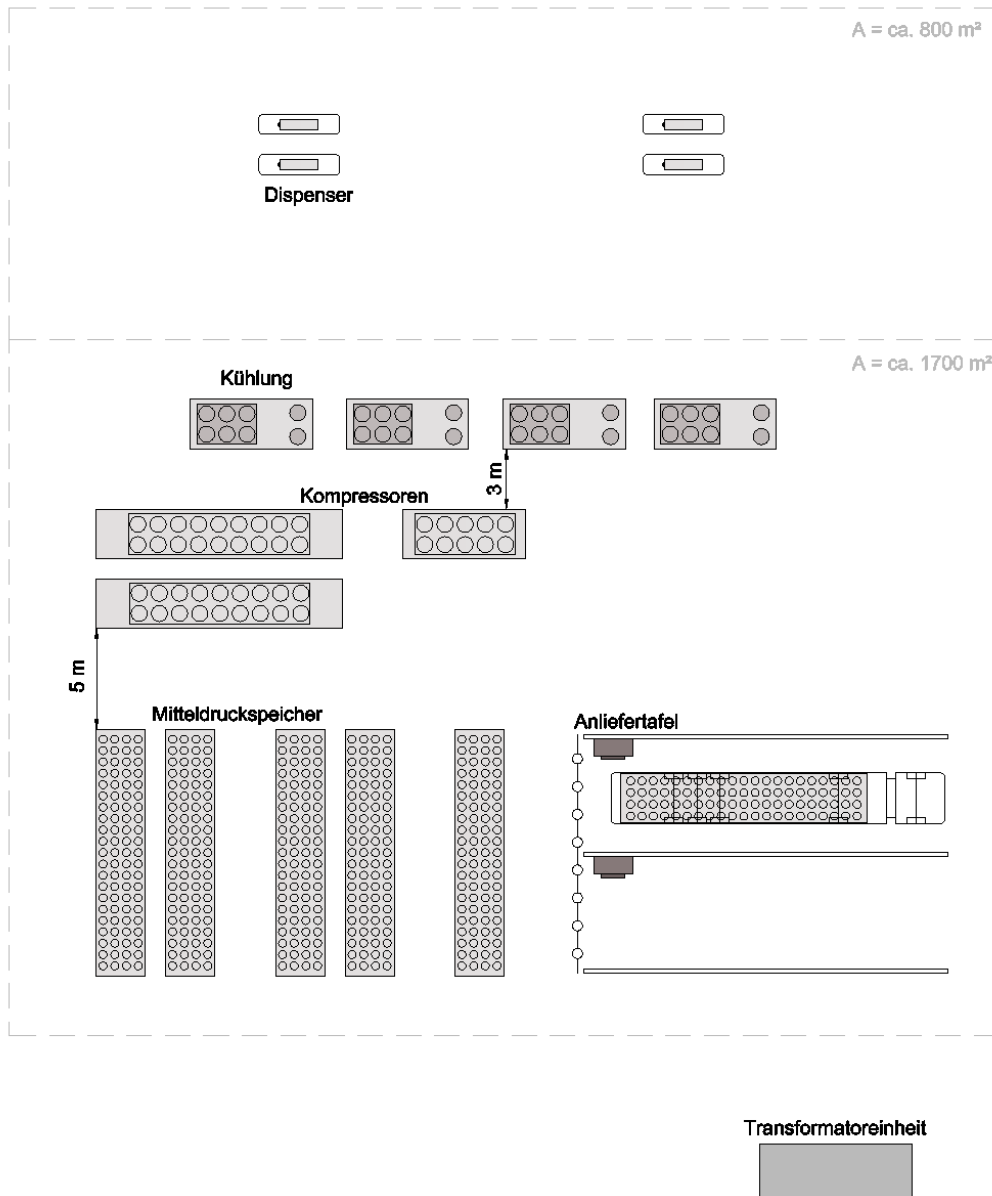


Abbildung 5-1 Beispielaufstellung Tankstelle

Szenario Eigenversorgung

Im Szenario Eigenversorgung wird der Wasserstoffbedarf des Verkehrs durch Eigenproduktion vor Ort über einen entsprechend groß dimensionierten

Elektrolyseur gedeckt. Ein 10 MW Elektrolyseur produziert ca. 2 t Wasserstoff pro Tag, bei einer angenommenen Volllaststundenzahl von 3.000 - 5.000 pro Jahr. Für dieses Szenario wird eine Fläche von 3.300 m² inkl. Betankungsspur benötigt (vgl. Abbildung 5-2). Die erforderlichen Komponenten sind:

- vier Kompressorcontainer,
- drei stationäre Mitteldruckspeicher,
- ein Pufferspeicher,
- vier Kühleinheiten,
- zwei Anliefer tafeln zur Versorgung bei Stillstand des Elektrolyseurs,
- eine Transformatoreinheit

Da der Wasserstoff den Elektrolyseur mit ca. 30 bar verlässt, ist tankstellenseitig eine höhere Kompressionsleitung erforderlich. Die erforderliche Strom-Anschlussleistung für die Tankstelle beträgt ca. 1.300 kVA und für den Elektrolyseur ca. 12,5 Megavoltampere (MVA). Der Wasserbedarf beläuft sich auf ca. 20 m³ pro Tag und durchschnittlich 1.240 kW_{th} Abwärmepotenzial könnten gehoben werden.

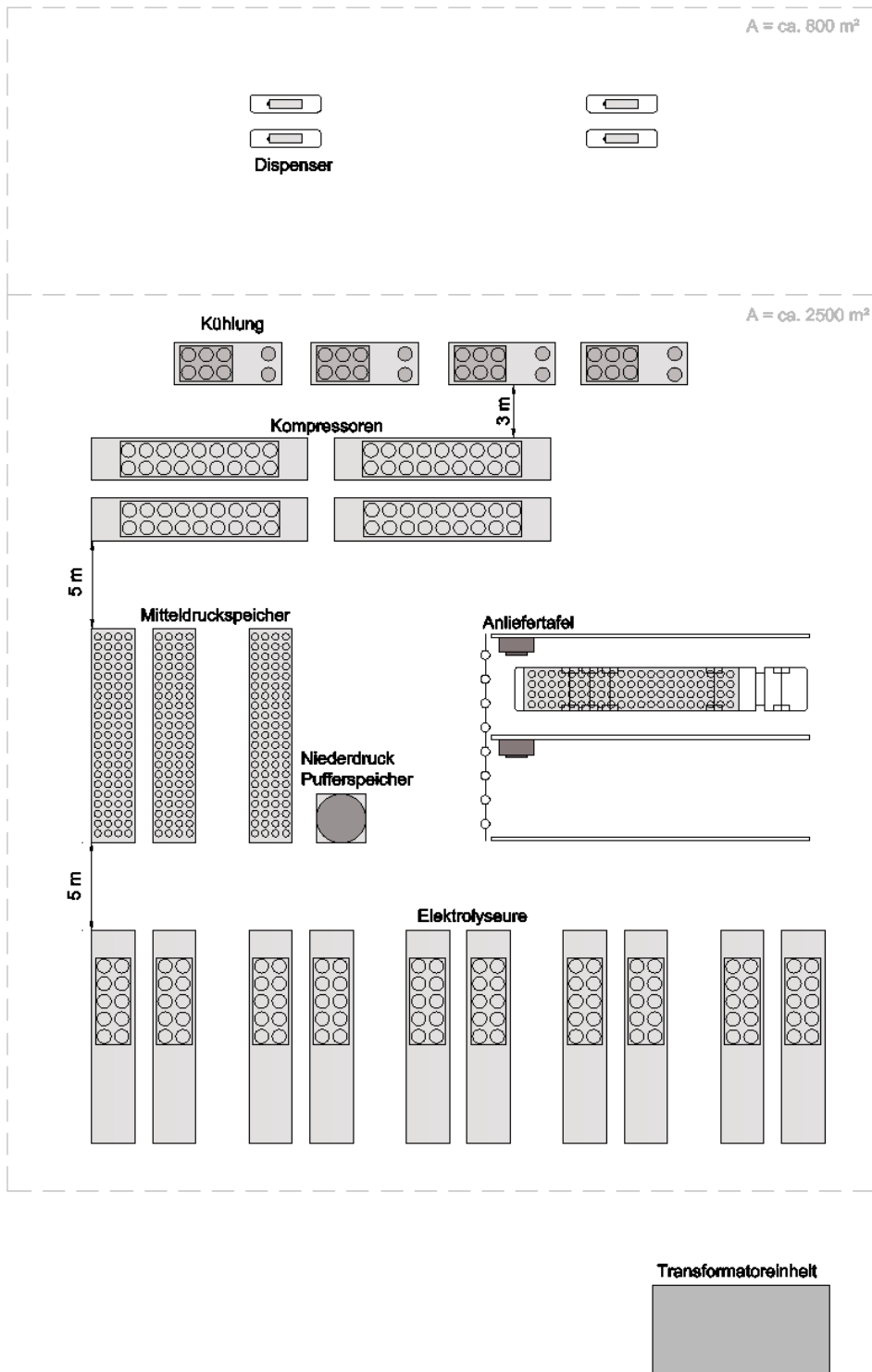


Abbildung 5-2 Beispielaufstellung Eigenversorgung

Szenario Pipelineeinspeisung

In diesem Szenario wird der Eigenbedarf gedeckt und die Überschussproduktion in das Wasserstoff-Kernnetz eingespeist. Es basiert auf der Elektrolysedimensionierung von 20 MW. Diese Dimensionierung wird derzeit von vielen Projektentwicklern als Einstiegsgröße in die großtechnische Wasserstoffproduktion untersucht. Diese Anlagengröße könnte sowohl den Bedarf des Verkehrs als auch den der Industrie abdecken. Bei einer Elektrolyseleistung von 20 MW werden unter der Annahme von 3.000 - 5.000 Volllaststunden pro Jahr ca. 4 t Wasserstoff pro Tag produziert. Der Flächenbedarf für dieses Szenarios beträgt 4.100 m² inkl. Betankungsspur (vgl. Abbildung 5-3). Die erforderlichen Komponenten sind:

- vier Kompressorcontainer,
- drei stationäre Mitteldruckspeicher,
- ein Pufferspeicher,
- vier Kühleinheiten,
- zwei Anliefer tafeln zur Versorgung bei Stillstand des Elektrolyseurs,
- eine Transformatoreinheit

benötigt. Der Strom-Netzanschluss muss für die Tankstelle eine Leistung von 1.300 kVA und für den Elektrolyseur eine Leistung von 25 MVA besitzen. Eine tägliche Produktionsmenge von 4 t Wasserstoff erfordert eine Wassermenge von 40 m³. Es können durchschnittlich 2.480 kW_{th} Abwärme ausgekoppelt werden.

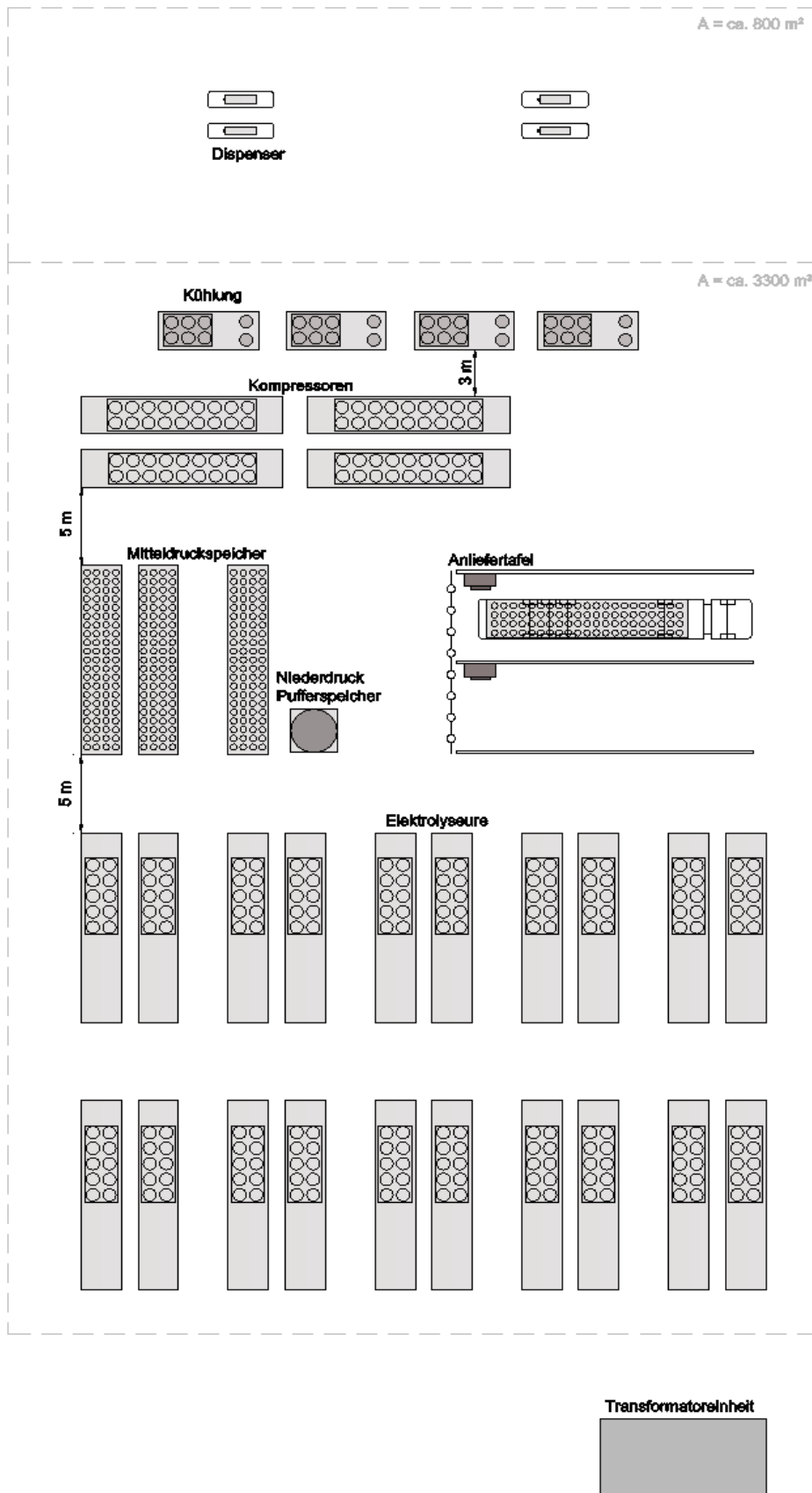


Abbildung 5-3 Beispielaufstellung Pipelineeinspeisung

5.3. Standortcheck – Checkliste und konkrete Standorte

Die Wahl eines geeigneten Standorts ist ein zentraler Punkt der Projektplanung. Die Prüfung der Eignung des Standortes sollte frühzeitig erfolgen, um einen späten Standortwechsel zu vermeiden.

Ein Standort sollte über ausreichende Flächen verfügen, möglichst auch für Ausbaustufen. Sind die erforderlichen Anschlüsse wie Wasser, Abwasser, Stromnetz, Datenschnittstelle oder Pipelineanschluss nicht oder nicht ausreichend vorhanden, ist eine Machbarkeitsprüfung durchzuführen. Die bau- und genehmigungsrechtliche Einordnung sollte mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden. Entscheidend für den erfolgreichen Betrieb ist eine gute verkehrstechnische Erschließung der Fläche. Die Fläche sollte in der Nähe der Standorte oder der Fahrwege identifizierter Abnehmer liegen. Auch die Anbindung an Wärme- oder Sauerstoffverbraucher kann für den Standort bestimmend sein. Im Folgenden werden verschiedene potenzielle Standorte auf ihre Eignung geprüft. Die Freifläche an der Westtangente im Nordwesten von Lehrte befindet sich im Eigentum der Stadt und könnte von dieser konkret beplant werden. Daher wird sie hier ausführlicher geprüft. Sobald für die in den folgenden Unterkapiteln aufgeführten Gebiete konkrete Grundstücke identifiziert worden sind, kann dies als Leitfaden einer tieferen Prüfung dienen.

Projektstandort 1: Westtangente

Die zur Verfügung stehende Fläche von ca. 13.500 m² wird von allen Szenarien nur anteilig beansprucht. In Abbildung 5-4 bis Abbildung 5-6 sind die verschiedenen Szenarien beispielhaft auf dem Grundstück angeordnet. Das Grundstück liegt unmittelbar an der Auffahrt zur A2 und grenzt an ein Gewerbegebiet, in dem ein Autohof und mehrere Logistikunternehmen angesiedelt sind. Im Flächennutzungsplan ist es als Gewerbliche Baufläche eingestuft, was einer Wasserstoffinfrastruktur nicht widerspricht. Bei der Darstellung des Flächennutzungsplanes handelt es sich jedoch um eine vorbereitende Bauleitplanung, die die beabsichtigte städtebauliche Entwicklung der Stadt Lehrte darstellt. Die konkrete Bodennutzung muss darauf aufbauend konkretisiert und mit einem Bebauungsplan rechtsverbindlich festgesetzt werden. Der Flächennutzungsplan stellt keine Grundlage für eine Genehmigung dar. Da der Standort nur ca. 1 km außerhalb der Wohnbebauung von Lehrte liegt, könnte die Abwärme ggf. in der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden. Allerdings beträgt der Abstand zur Zentralkläranlage über 6 km, was eine Sauerstoffauskopplung eher unattraktiv macht. Der Standort hat großes Potenzial für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur und könnte weiterverfolgt werden. Da nur ein Teil der Fläche benötigt wird, könnte das Projekt parallel zu anderen Projekten auf dem Grundstück entwickelt werden.



Abbildung 5-4 Beispielaufstellung Öffentliche H2-Tankstelle in Lehrte

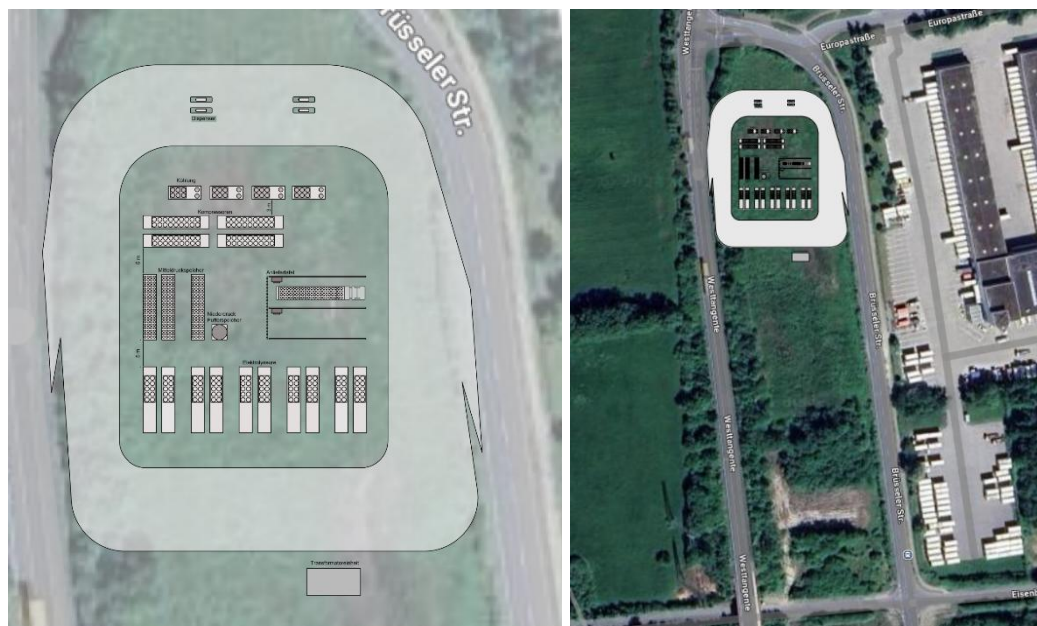


Abbildung 5-5 Beispielaufstellung Eigenversorgung- 10 MW Elektrolyseur inkl. H2-Tankstelle

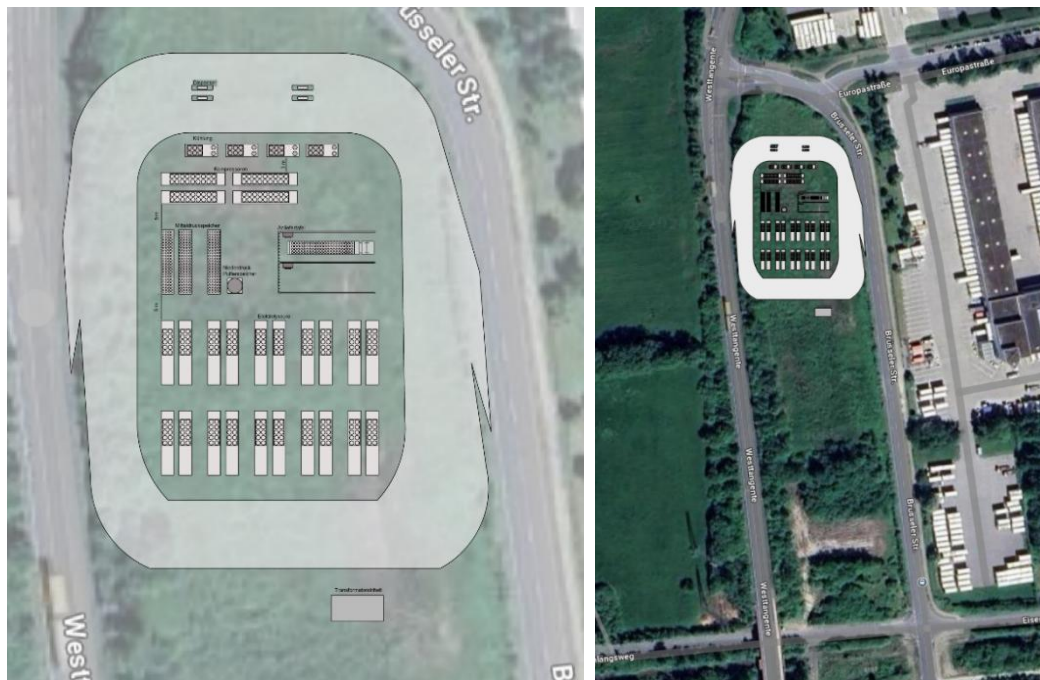


Abbildung 5-6 Beispielaufstellung Pipelineeinspeisung- 20 MW Elektrolyseur inkl. H₂-Tankstelle

Projektstandort 2: Gewerbegebiet Lehrte Ost



Abbildung 5-7 Gewerbegebiet Lehrte Ost

Tabelle 4 Gewerbegebiet Lehrte Ost

Bebauungsplan	Gewerbeflächen grundsätzlich geeignet. Erst bei einer konkreten Fläche kann geprüft werden, ob der Bebauungsplan die beabsichtigte Nutzung zulässt oder ob eine Änderung notwendig wäre.
Platzverhältnisse	Kein Grundstück identifiziert
Anfahrmöglichkeiten	Kein Grundstück identifiziert
Verkehrsanbindung	Direkte Nähe zur Abfahrt der A2 Mehrere potenzielle Abnehmer im Gewerbegebiet
Netzkapazitäten	Prüfung ausstehend
Pipelineanbindung	Potenzielle Anbindung an das Wasserstoff-Kernetz möglich
Anbindung an Wärmenetz	Potenzielle Nutzung für angrenzendes Wohngebiet oder das Gewerbegebiet selbst möglich
Nähe zum Klärwerk	Distanz zur Zentralkläranlage beträgt Luftlinie ca. 1 km
Wasserquellen	Ausreichend, in direkter Nähe zum Netzanschlusspunkt
Fazit	Sehr gute Anbindungen, allerdings ist noch keine konkrete Grundstücksverfügbarkeit geprüft worden

Projektstandort 3: Gewerbegebiet Sievershausen



Abbildung 5-8 Gewerbegebiet Sievershausen

Tabelle 5 Gewerbegebiet Sievershausen

Bebauungsplan	Gewerbeflächen grundsätzlich geeignet. Erst bei einer konkreten Fläche kann geprüft werden, ob der Bebauungsplan die beabsichtigte Nutzung zulässt oder ob eine Änderung notwendig wäre.
Platzverhältnisse	Kein Grundstück identifiziert
Anfahrmöglichkeiten	Kein Grundstück identifiziert
Verkehrsanbindung	Direkte Nähe zur Abfahrt der A2, außerhalb des zentralen Stadtgebiets, Mehrere potenzielle Abnehmer im Gewerbegebiet
Netzkapazitäten	Prüfung ausstehend
Pipelineanbindung	Potenziell Anbindung an das Wasserstoff-Kernetz möglich
Anbindung an Wärmenetz	Keine Informationen vorliegend
Nähe zum Klärwerk	Zentralkläranlage ca. 11 km entfernt Kläranlage Hämlerwald ca. 3 km entfernt
Wasserquellen	Kritisch zu prüfen
Fazit	Gute Anbindungen, weniger zentral als Westtangente oder Lehrte Ost, noch ist keine konkrete Grundstücksverfügbarkeit geprüft worden

Projektstandort 4: Gewerbegebiet Ahlten



Abbildung 5-9 Gewerbegebiet Ahlten

Tabelle 6 Gewerbegebiet Ahlten

Bebauungsplan	Gewerbeflächen grundsätzlich geeignet. Erst bei einer konkreten Fläche kann geprüft werden, ob der Bebauungsplan die beabsichtigte Nutzung zulässt oder ob eine Änderung notwendig wäre.
Platzverhältnisse	Kein Grundstück identifiziert
Anfahrmöglichkeiten	Kein Grundstück identifiziert
Verkehrsanbindung	Anschluss an A7 über B65 Potenzielle Abnehmer im Gewerbegebiet Sehr nah an der Grenze zu Hannover
Netzkapazitäten	Prüfung ausstehend
Pipelineanbindung	Potenziell Anbindung an das Wasserstoff-Kernnetz möglich
Anbindung an Wärmenetz	Keine Informationen vorliegend
Nähe zum Klärwerk	Zentralkläranlage ca. 6 km entfernt Kläranlage Ahlten ca. 1 km
Wasserquellen	Kritisch zu prüfen
Fazit	Gute Anbindungen, weniger zentral für Lehrte, noch ist keine konkrete Grundstücksverfügbarkeit geprüft worden

Projektstandort 5: Standort Zentralkläranlage Lehrte



Abbildung 5-10 Standort Zentralkläranlage Lehrte

Tabelle 7 Standort Zentralkläranlage Lehrte

Bebauungsplan	Ver- und Entsorgungsfläche im Flächennutzungsplan, zurzeit kein Baurecht
Platzverhältnisse	Mit Betreiber zu klären, im umliegenden Bereich landwirtschaftliche Freiflächen
Verkehrsanbindung	Trotz direkter Nähe zur A2 ungeeignet für eine Tankstelle
Netzkapazitäten	Prüfung ausstehend
Pipelineanbindung	Potenziell Anbindung an das Wasserstoff-Kernnetz möglich
Anbindung an Wärmenetz	Weniger geeignet, zu dezentral
Nähe zum Klärwerk	Direkte Nutzung des Sauerstoffs möglich, falls passender Aufbereitungsschritt vorhanden
Wasserquellen	Ausreichender Trinkwasseranschluss, gesonderter Anschluss vom Stadtgebiet
Fazit	Dezentral gelegen, schlechte Anbindung für Wärme oder Wasserstoffabnahme; nur relevant, falls Sauerstoffauskopplung attraktiv

6. Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffherzeugung

Die Wirtschaftlichkeit steht bei allen Akteuren im Mittelpunkt einer Umstellung auf Wasserstoff. Neben den Investitionskosten für die jeweiligen Technologien stehen auch die Betriebskosten, insbesondere die Wasserstoffkosten, im Fokus.

Unterschiedliche Anwendungsfälle akzeptieren unterschiedlich hohe Wasserstoffkosten. Dies liegt vor allem an der konkurrierenden Referenztechnologie. Die Vergleichskosten der Sektoren sind in Abbildung 6-1 dargestellt. Im Verkehr steht Wasserstoff in Konkurrenz zu Benzin und Diesel. In der Industrie und der Wärme wird derzeit hauptsächlich Erdgas genutzt. Die Kosten der Referenztechnologien werden durch den Markt, aber auch politische Instrumente bestimmt. Hier wird ein CO₂-Preis von 100 €/t angenommen. Derzeit ist die Zahlungsbereitschaft im Mobilitätssektor am höchsten. Hier könnte bei Wasserstoffkosten von ca. 6-8 €/kg eine Preisparität mit Diesel erzielt werden. Hier ergeben sich zusätzlich Einnahmepotenziale im THG-Quotenhandel. In der Industrie müsste Wasserstoffkosten von 2-4 €/kg erzielt werden, um eine vergleichbare Wirtschaftlichkeit zu Erdgas zu erreichen.

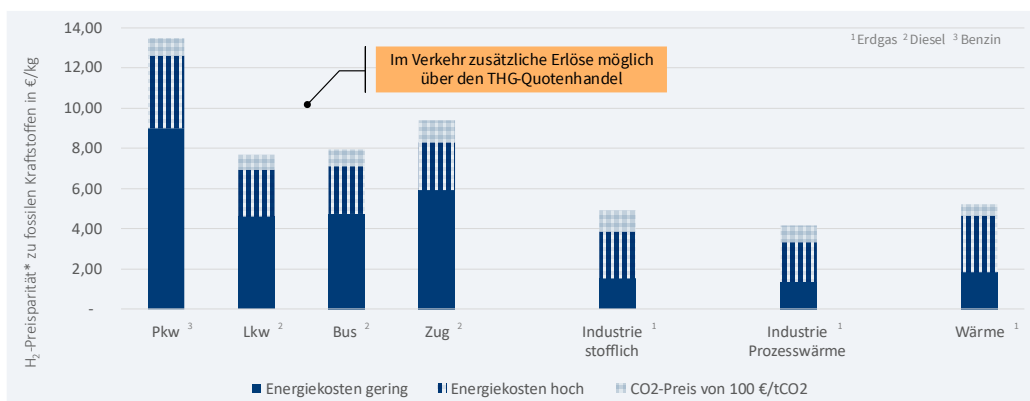


Abbildung 6-1 Wasserstoffvergleichskosten in Abhängigkeit des Einsatzbereiches

Die Wasserstoffgestehungskosten werden im Folgenden exemplarisch für drei Szenarien ermittelt:

- **Szenario Elektrolyseur** (reine Erzeugung)

Das Szenario betrachtet die reine Wasserstofferzeugung in einem Elektrolyseur. Es werden die Kosten am Elektrolyseurausgang bei ca. 30 bar bestimmt. Es werden keine Kosten für die Abfüllung, Betankung oder einen Pipelineanschluss inkludiert.

- **Szenario Eigenversorgung** (10 MW + Tankstelle 2t)

Das Szenario betrachtet die Wasserstofferzeugung für die Versorgung der identifizierten Bedarfe im Verkehr. Es werden die Kosten an der Zapfsäule bestimmt.

- **Szenario Pipelineinspeisung** (20 MW + Tankstelle 2t)

Das Szenario betrachtet die Wasserstofferzeugung für die Versorgung der identifizierten Bedarfe im Verkehr und einer Pipelineinspeisung der Überproduktion. Es werden die Kosten an der Zapfsäule bestimmt. Da die Kosten des Pipelineanschlusses stark standortabhängig sind werden diese nicht inkludiert.

In den Abbildungen 6-2 bis 6-4 sind die Wasserstoffkosten für die jeweiligen Szenarien, aufgebrochen in die Kostenbestandteile, dargestellt. Die Tankstellenkosten beinhalten die Investitions-, Wartungs- und Stromkosten für den Tankstellenanteil. Die zugrundeliegenden Anlagen- und Baukosten sind im Anhang in Tabelle 9 bis Tabelle 11 aufgeführt. Für die Kostenberechnung wird der Mittelwert der dargestellten Spanne gewählt. Die Kosten beinhalten keine Marge. Die Verfügbarkeit von Fördergeldern ist derzeit ungewiss und wurde entsprechend auch nicht berücksichtigt. Die identifizierten Gestehungskosten liegen zwischen 8 €/kg für die reine Wasserstoffproduktion und knapp 12 €/kg an der Tankstelle bei Eigenversorgung. Diese Kosten liegen unter den im Dezember 2024 an der öffentlichen Tankstelle in Laatzen geforderten Kosten von 14,92 € netto.

Die Wasserstoffkosten werden hauptsächlich durch die Stromkosten bestimmt. Diese sollten daher so niedrig wie möglich liegen. Eine geschickte Kombination von Anlagen aus verschiedenen Quellen kann einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Die Auswirkungen der Anforderungen an die Qualifizierung als erneuerbarer Wasserstoff sind dabei nicht zu vernachlässigen. Insbesondere die Gleichzeitigkeit könnte zukünftig das Strombezugsprofil bestimmen. Eine Abwägung zwischen höherer Anlagenauslastung und steigenden Stromkosten bei komplexen Strombezugskonzepten ist im Einzelfall zu prüfen. Da die Wasserstoffkosten einen entscheidenden Einfluss auf die Attraktivität der Technologien haben, sollte der strategische Ausbau von Wind und PV frühzeitig berücksichtigt werden.

Da in Szenario Pipelineeinspeisung die gleiche Tankstelle wie in Szenario Eigenversorgung gebaut wird, aber eine größere Menge Wasserstoff produziert wird, erscheinen diese Kosten hier niedriger zu liegen. Allerdings fehlen hier noch die Kosten für den Pipelineanschluss. Die Pipelinekosten können ohne einen festen Standort nicht seriös abgeschätzt werden und sind daher in den Kosten exkludiert und müssten noch zusätzlich bestimmt werden. Neben der Erzeugung vor Ort könnte auch ein Wasserstoffbezug über das Kernnetz in Betracht gezogen werden. Hierfür liegen jedoch noch keine belastbaren Kostenprognosen vor. Zudem ist unklar, ob dieser Wasserstoff aufgrund möglicher Verunreinigungen direkt in Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzt werden kann oder ob zunächst eine kostenintensive Reinigungsstufe erforderlich ist.

Wird der Wasserstoff in den Verkehr gebracht können Erlöse im THG-Quotenhandel erzielt werden. Einnahmen von 3-4 €/kg würden die Wirtschaftlichkeit deutlich verbessern. Diese Erlöse fluktuieren allerdings und werden mit Aufwänden und Risiken in der Nachweisführung und Vermarktung behaftet sein. Durch den erwarteten Markthochlauf und Skaleneffekte können

sich die Kosten der Wasserstoffproduktion in Zukunft senken. Jedoch ist in dieser Betrachtung eine volle Abnahme des produzierten Wasserstoffs unterstellt. Besonders in den ersten Jahren wird die lokale Nachfrage noch nicht so hoch sein, und die Überproduktion kann noch nicht in das Kernnetz eingeleitet werden. In dieser Zeit müsste der Verkaufspreis deutlich höher liegen. Daher ist der parallele Aufbau der Nachfrage elementar, um einen wirtschaftlich Betrieb sicherzustellen.

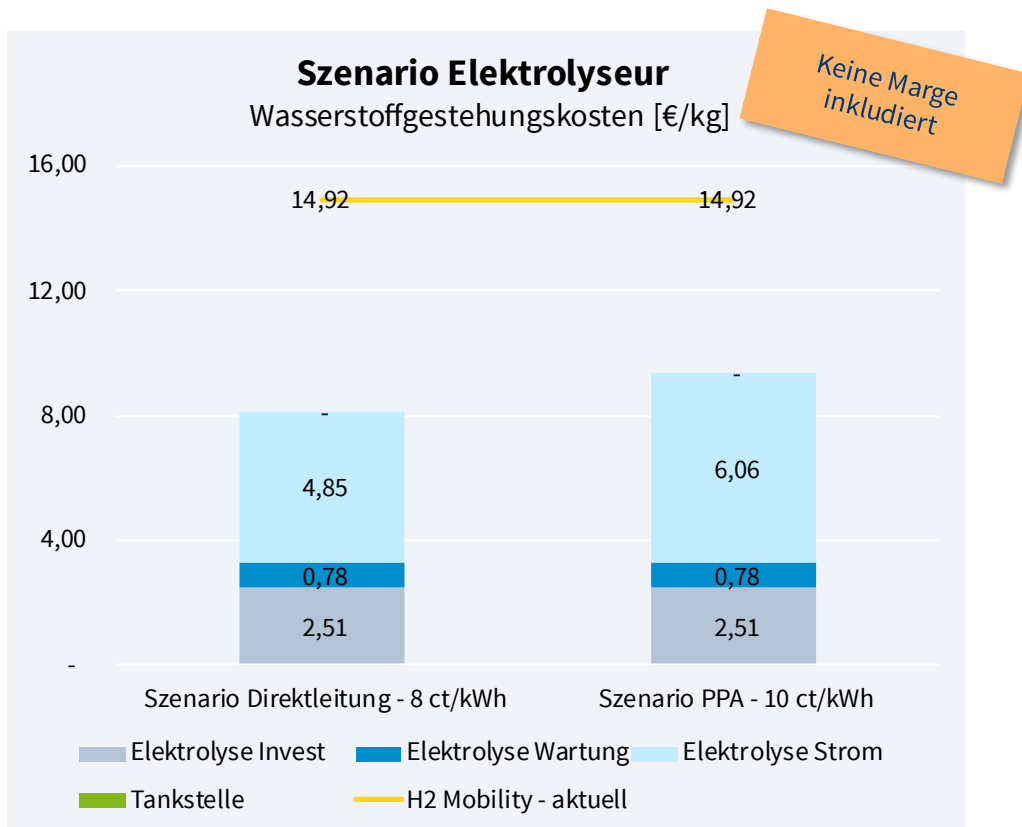


Abbildung 6-2 Wasserstoffkosten Szenario Elektrolyseur

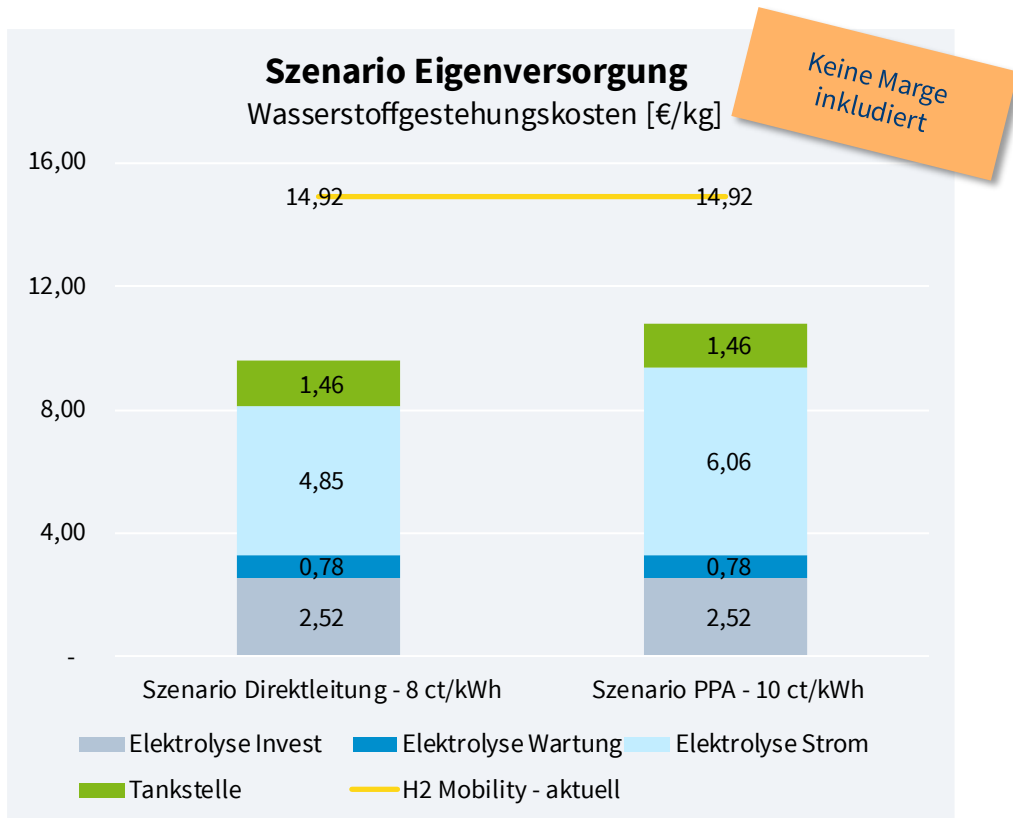


Abbildung 6-3 Wasserstoffkosten Szenario Eigenversorgung (10 MW & Tankstelle 2 t)

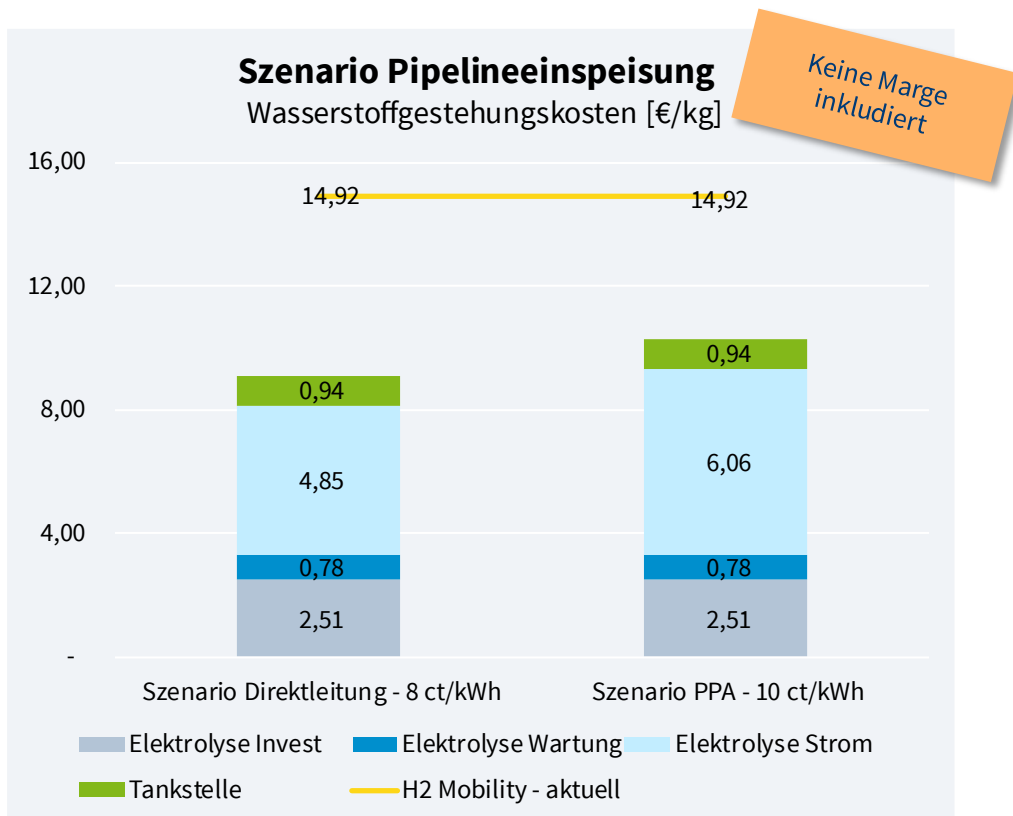


Abbildung 6-4 Wasserstoffkosten Szenario Pipelineeinspeisung (20 MW & Tankstelle 2 t)

7. Handlungsempfehlungen

Die folgenden Handlungsempfehlungen sollen als Leitfaden für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in der Stadt Lehrte dienen. Dabei sollten die einzelnen Teile der Wertschöpfungskette jeweils für sich vorangetrieben werden, aber in einem ständigen Austausch stehen:

1. Erzeugung

Im Stadtgebiet hat ein Akteur Interesse an der Errichtung einer großen Elektrolyseanlage bekundet. Dieser sollte in seinen Bemühungen unterstützt werden. Dabei muss die Versorgung des lokalen Wasserstoffbedarfs im Vordergrund stehen. Eine reine Einspeisung in das Kernnetz unter Vernachlässigung der lokalen Nachfrage würde eine verpasste Chance darstellen. Insbesondere bei der Standortsuche sind die Bedürfnisse der Akteure im Stadtgebiet mit denen der Projektierer in Einklang zu bringen. Neben dem Elektrolyseur müssen in der Region zusätzliche Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien errichtet werden.

2. Verteilung

Die Errichtung und der Betrieb einer öffentlichen Tankstelle senken die Hürden für potenzielle Fahrzeugbetreiber deutlich. Daher sollte dieses Thema weiter intensiv vorangetrieben werden. Die in der Studie beschriebenen Einflussfaktoren auf die Wahl eines geeigneten Standortes sind zu prüfen und zu priorisieren. Dabei ist auch die tatsächliche Verfügbarkeit bzw. Erwerbsmöglichkeit der Flächen zu berücksichtigen. Neben der Wahl eines geeigneten Standortes ist auch die Frage der Eigentumsverhältnisse der Tankstelle und die Betreiberin offen. Hier sollten lokale Akteure angesprochen werden, aber auch der Austausch mit deutschlandweit agierenden Tankstellenprojektierern mit Erfahrung kann hilfreich sein.

3. Abnahme

Einige lokale Akteure können sich die Anschaffung erster Fahrzeuge vorstellen, sofern die Wirtschaftlichkeit gegeben und eine nahe und zuverlässige Tankstelleninfrastruktur vorhanden ist. Hier empfiehlt sich der Aufbau eines lokalen Netzwerkes. Ein solches Netzwerk könnte z.B. von der Stadt Lehrte initiiert und betreut werden. Vergleichbare Projekte sind vor allem dann erfolgreich, wenn sie kontinuierlich vorangetrieben werden können. Die Bereitstellung ausreichender personeller und materieller Ressourcen ist daher wichtig. Ein solcher Zusammenschluss kann nicht nur eine gemeinsame Tankstelleninfrastruktur initiieren, sondern auch die Realisierung einer wasserstofftauglichen Werkstatt vorantreiben. Auch Beschaffungsinitiativen könnten im Verbund eine stärkere Verhandlungsposition gegenüber den Fahrzeugherstellern haben. Neben den bereits identifizierten Akteuren sollten weitere potenzielle Akteure in der Region angesprochen werden.

Neben den Akteuren entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette muss auch der Austausch zu technologischen Schnittstellen, wie z.B. der Wärmenutzung, intensiv fortgeführt werden. Hierbei ist festzuhalten, dass die Wärmeversorgung von Wohngebieten auf der Nutzung der Abwärme eines Elektrolyseurs betrachtet wird, nicht auf dem stofflichen Einsatz von Wasserstoff. Auf diese Weise kann durch einen ganzheitlichen Ansatz die Wasserstoffinfrastruktur nachhaltig aufgebaut werden.

4. Bildung

Der Bau von Infrastruktur muss immer auch von einem Aufbau der zugehörigen Kompetenzen und Qualifikationen begleitet werden. Die Stadt Lehrte ist hierfür in vielfacher Weise gut positioniert: Die Region Hannover fördert den Wissensaufbau um das Thema Wasserstoff im Rahmen des Wasserstoff-Campus Hannover und mit Angeboten wie der Weiterbildung „Wasserstoff für

Fach- und Führungskräfte“¹⁰. Lokal schreitet die BBS Burgdorf im Bereich der Wasserstoffbildung voran. Wasserstoff wird in einem Kompetenzzentrum „Grüner H2“, in Kooperationen und in der Aus- und Weiterbildung, vor allem im Kfz-Bereich, etabliert.¹¹ Das Wissen und die Qualifikation mit den Anlagen und Fahrzeugen umzugehen, ist ein elementarer Bestandteil einer langfristig erfolgreichen Anwendung. Durch die in diesen Programmen ausgebildeten Fachkräfte können in Zukunft Fahrzeuge im Stadtgebiet nicht nur betrieben, sondern auch vor Ort gewartet werden. Die Notwendigkeit eines passenden Werkstattangebotes wurde auch von den Akteuren als wichtige Voraussetzung einer erfolgreichen Umstellung identifiziert. Viele Werkstätten haben derzeit noch kein ausreichend qualifiziertes Personal. Daher sollten mit passenden Partnern, bspw. der Industrie- und Handelskammer, den Handwerkskammern/Innungen, Werkstätten und den benannten Hochschulen Bildungsangebote entwickelt und ausgebaut werden. Auf diesem Weg kann frühzeitig die Fachkräfteentwicklung, auch im Sinne der regionalen Wertschöpfung, gestärkt werden.

¹⁰ Wasserstoff-Campus Hannover | https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Beratung_von_Unternehmen/Innovation/Wasserstoff-Campus_Hannover.php

¹¹ Projekt H2-Lastenrad | www.bibb.de/dokumente/ablage/H2_Burgdorf%20%20Niggemann.pdf

8. Ausblick

Der Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes wird in den nächsten Jahren die Präsenz des Themas Wasserstoff in Niedersachsen und insbesondere der Region Hannover deutlich erhöhen. Die Anbindung an das Kernnetz macht die Region und damit auch die Stadt Lehrte für Wasserstoffproduzenten attraktiv und bietet gleichzeitig eine verlässliche Quelle für Wasserstoffanwendungen. Mit dem Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft werden in den nächsten Jahren Kostensenkungen erwartet. Derzeit fehlt jedoch die politische Unterstützung, insbesondere in Form von Förderprogrammen.

In der Stadt Lehrte gibt es bereits eine Reihe von interessierten Akteuren, die ähnliche Ziele verfolgen. Eine gemeinsame Wasserstofftankstelle an einem attraktiven Standort, die von Brennstoffzellenfahrzeugen verschiedener Unternehmen genutzt werden kann, könnte in den nächsten Jahren als Leuchtturmprojekt in der Region dienen. Insbesondere wenn sie durch eine Elektrolyseanlage mit Pipelineanschluss ergänzt wird. Darüber hinaus wird die Vernetzung der Akteure weiter intensiviert. Damit kann die Basis für weitere Kooperationen - etwa im Bereich der Wasserstoffproduktion, der Fahrzeugbeschaffung oder der Werkstattnutzung - gelegt werden. Auf diese Weise kann die Etablierung von Wasserstoff in Lehrte und der Region in den nächsten Jahren nachhaltig vorangetrieben werden.

A. Anhang

A.1. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	
a	Jahr
A2	Autobahn 2
A7	Autobahn 7
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
EE	Erneuerbare-Energien
h	Stunde
GWh	Gigawattstunde
H₂	Wasserstoff
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kVA	Kilovoltampere
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
MVA	Megavoltampere
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
N2	Fahrzeugklasse für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 Tonnen bis zu 12 Tonnen

Abkürzungsverzeichnis

N3	Fahrzeugklasse für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 Tonnen
NKlimaG	Niedersächsischen Klimagesetz
O₂	Sauerstoff
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	leichte Nutzfahrzeuge
PPA	Power Purchase Agreement
PV	Photovoltaik
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin
THG-Quote	Treibhausgasminderungsquote
t	Tonne
WGK	Wasserstoffgestehungskosten

A.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Wasserstoff und seine Wertschöpfungsstufen	4
Abbildung 1-2: Entwurf für das Wasserstoff-Kernnetz gemäß der Genehmigung der Bundesnetzagentur von Oktober 2024	5
Abbildung 1-3 Vorgehen im Rahmen des Akteursmanagements	8
Abbildung 2-1 Verteilung der Akteure entlang der Wertschöpfungskette	9
Abbildung 2-2 Hürden und Herausforderungen bei der Ausführung von Wasserstoffprojekten laut Online-Umfrage	10
Abbildung 2-3 Notwendige Maßnahmen zur Umsetzung von Wasserstoffprojekten laut Online-Umfrage	11
Abbildung 3-1 Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff untergliedert in verschiedene Sektoren	12
Abbildung 3-2 Fahrzeugflotte, die im Rahmen der Akteursbefragung betrachtet wurde	13
Abbildung 3-3 Theoretischer Jahresbedarf nach Fahrzeugklassen	15
Abbildung 3-4 Theoretischer Tagesbedarf nach Fahrzeugklassen	15
Abbildung 3-5: Anforderungen aus dem delegierten Rechtsakt an den Strombezug für den Elektrolysebetrieb für die Qualifikation als Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO) - Flüssige oder Gasförmige erneuerbare Brenn- bzw. Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs	18
Abbildung 3-6 THG-Minderungsquote für Kraftstoffe im Verkehr	19
Abbildung 3-7 EE-Bestandsanlagen in Lehrte	24
Abbildung 3-8 Wasserstoffgestehungskosten (WGK) in Abhängigkeit der Dimensionierung der EE-Anlage	25
Abbildung 3-9 Potenzieller Zubau Erneuerbare Energien Wind	26
Abbildung 3-10 Potenzieller Zubau Erneuerbare Energien PV	26
Abbildung 4-1 Zeitplan Genehmigungsprozess	29

Abbildung 4-2 Genehmigungsprozess Wasserstoff-Tankstelle	30
Abbildung 4-3 Genehmigungsprozess Elektrolyseur	30
Abbildung 5-1 Beispielaufstellung Tankstelle	35
Abbildung 5-2 Beispielaufstellung Eigenversorgung	37
Abbildung 5-3 Beispielaufstellung Pipelineeinspeisung	39
Abbildung 5-4 Beispielaufstellung Öffentliche H ₂ -Tankstelle in Lehrte	42
Abbildung 5-5 Beispielaufstellung Eigenversorgung- 10 MW Elektrolyseur inkl. H ₂ -Tankstelle	42
Abbildung 5-6 Beispielaufstellung Pipelineeinspeisung- 20 MW Elektrolyseur inkl. H ₂ -Tankstelle	43
Abbildung 5-7 Gewerbegebiet Lehrte Ost	44
Abbildung 5-8 Gewerbegebiet Sievershausen	45
Abbildung 5-9 Gewerbegebiet Ahlten	46
Abbildung 5-10 Standort Zentralkläranlage Lehrte	47
Abbildung 6-1 Wasserstoffvergleichskosten in Abhängigkeit des Einsatzbereiches	48
Abbildung 6-2 Wasserstoffkosten Szenario Elektrolyseur	51
Abbildung 6-3 Wasserstoffkosten Szenario Eigenversorgung (10 MW & Tankstelle 2 t)	52
Abbildung 6-4 Wasserstoffkosten Szenario Pipelineeinspeisung (20 MW & Tankstelle 2 t)	52

A.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Abwärmepotenziale des Elektrolyseurs	21
Tabelle 2 Potenzielle Produktionsmengen Nebenprodukt Sauerstoff	23
Tabelle 3 Wasserstoffpotenziale des Elektrolyseurs	28
Tabelle 4 Gewerbegebiet Lehrte Ost	44
Tabelle 5 Gewerbegebiet Sievershausen	45
Tabelle 6 Gewerbegebiet Ahlten	46
Tabelle 7 Standort Zentralkläranlage Lehrte	47
Tabelle 8 Leistungsdaten verschiedener Elektrolyseurklassen	62
Tabelle 9 Kostenbestandteile Szenario Elektrolyseur	63
Tabelle 10 Kostenbestandteile Szenario Eigenversorgung	63
Tabelle 11 Kostenbestandteile Szenario Pipelineversorgung	64

A.4. Technische Eckdaten Elektrolyseur

Tabelle 8 Leistungsdaten verschiedener Elektrolyseurklassen

Leistungsklasse Elektrolyseur [MW]	1	5	10	20
Wasserstoff in t/a (Volllast 8.760 h/a)	158	790	1.580	3.160
Wasserstoff in t/a (Teillast 5.000 h/a)	90	450	900	1.800
Wasserstoff in t/a (Teillast 3.000 h/a)	54	270	540	1.080
Abwärme in GWh/a (Volllast 8.760 h/a)	1,98	9,88	19,75	39,50
Abwärme in GWh/a (Teillast 5.000 h/a)	1,13	5,63	11,25	22,50
Abwärme in GWh/a (Teillast 3.000 h/a)	0,68	3,38	6,75	13,50
Sauerstoff in t/a (Volllast 8.760 h/a)	1.261	6.305	12.610	25.220
Sauerstoff in t/a (Teillast 5.000 h/a)	720	3.600	7.200	14.400
Sauerstoff in t/a (Teillast 3.000 h/a)	432	2.160	4.320	8.640
Strombedarf in GWh/a (Volllast 8.760 h/a)	8,76	43,80	87,60	175,20
Strombedarf in GWh/a (Teillast 5.000 h/a)	5,00	25,00	50,00	100,00
Strombedarf in GWh/a (Teillast 3.000 h/a)	3,00	15,00	30,00	60,00
Wasserbedarf in m ³ /a (Volllast 8.760 h/a)	1.580	7.900	15.800	31.600
Wasserbedarf in m ³ /a (Teillast 5.000 h/a)	900	4.500	9.000	18.000
Wasserbedarf in m ³ /a (Teillast 3.000 h/a)	540	2.700	5.400	10.800

A.5. Kosten Wasserstoffgestehungskosten

Tabelle 9 Kostenbestandteile Szenario Elektrolyseur

	Anzahl	Kosten [von]	Kosten [bis]
Elektrolyseur	20	30.000.000 €	40.000.000 €
*zzgl. Kosten Pipelineanschluss			
Summe		30.000.000 €	40.000.000 €

	Ausführung	Kosten
Erschließung, Schutzmaßnahmen	z. B. Betonflächen, Brandschutzwände, etc.	ca. 300 Tsd. €
Genehmigung, Gutachten, Sachverständiger	z. B. Brand-, Explosionschutzgutachten, etc.	ca. 150 Tsd. €
Planung und Architekt		ca. 350 Tsd. €
Summe		ca. 800 Tsd. €

Tabelle 10 Kostenbestandteile Szenario Eigenversorgung

	Anzahl	Kosten [von]	Kosten [bis]
Elektrolyseur	10	15.000.000 €	20.000.000 €
Kompressoreinheit	4	3.200.000 €	3.520.000 €
Kühleinheit	4	600.000 €	660.000 €
Niederdruck-Speicher	1	30.000 €	60.000 €
Mitteldruck-Speicher	3	2.250.000 €	2.475.000 €
Wasserstoffanlieferntafel	2	70.000 €	77.000 €
Dispenser	4	400.000 €	440.000 €
Summe		21.550.000 €	27.232.000 €

	Ausführung	Kosten
Erschließung, Schutzmaßnahmen	z. B. Betonflächen, Brandschutzwände, etc.	ca. 300 Tsd. €
Genehmigung, Gutachten, Sachverständiger	z. B. Brand-, Explosionschutzgutachten, etc.	ca. 150 Tsd. €
Planung und Architekt		ca. 350 Tsd. €
Summe		ca. 800 Tsd. €

Tabelle 11 Kostenbestandteile Szenario Pipelineversorgung

	Anzahl	Kosten [von]	Kosten [bis]
Elektrolyseur	20	30.000.000 €	40.000.000 €
Kompressoreinheit	4	3.200.000 €	3.520.000 €
Kühleinheit	4	600.000 €	660.000 €
Niederdruck-Speicher	1	30.000 €	60.000 €
Mitteldruck-Speicher	3	2.250.000 €	2.475.000 €
Wasserstoffanlieferntafel	2	70.000 €	77.000 €
Dispenser	4	400.000 €	440.000 €
*zzgl. Kosten Pipelineanschluss			
Summe		36.550.000 €	47.232.000 €

	Ausführung	Kosten
Erschließung, Schutzmaßnahmen	z. B. Betonflächen, Brandschutzwände, etc.	ca. 450 Tsd. €
Genehmigung, Gutachten, Sachverständiger	z. B. Brand-, Explosionschutzgutachten, etc.	ca. 150 Tsd. €
Planung und Architekt		ca. 350 Tsd. €
Summe		ca. 950 Tsd. €