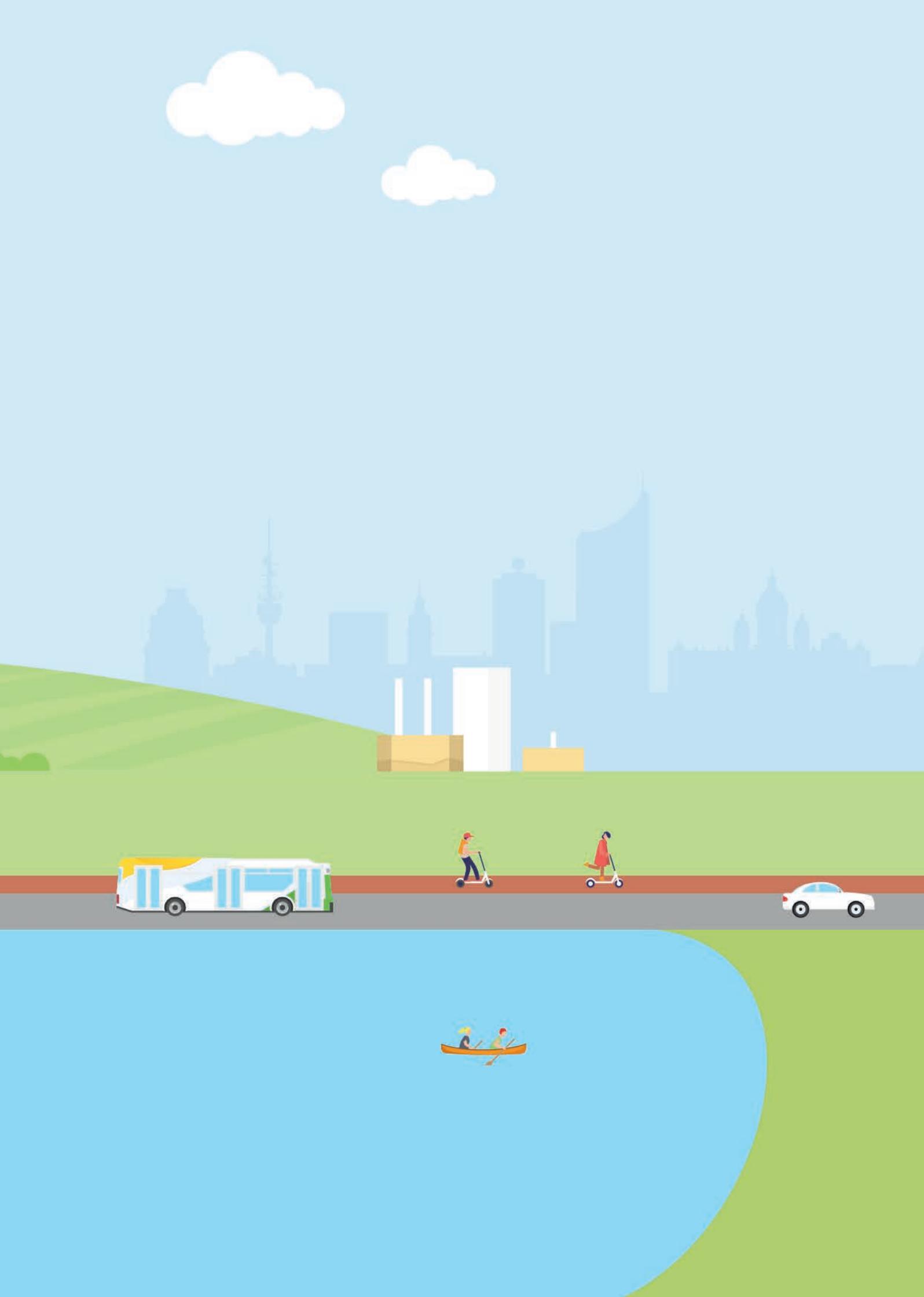




# Wasserstoffperspektiven für Leipzig – Potenzialeinschätzung

Im Auftrag der Leipziger Gruppe



# Wasserstoffperspektiven für Leipzig – Potenzialeinschätzung

## Autoren

Dr. Daniel Strecker  
Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

Dr. Frank Pothen, Dr. Christoph Gerhards, Dr. Thomas Kirschstein  
Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie  
Außenstelle Center für Ökonomik der Werkstoffe CEM

Dr. Klemens Ilse  
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Jochen Bard, Marie Plaisir  
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Dr. Olga Naumov  
Stadtwerke Leipzig GmbH

Christoph Friedrich  
LVV Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft



# Inhalt

Vorwort	7
1 Klima- und wirtschaftspolitische Bedeutung von Wasserstoff	9
2 Hintergrundwissen grüner Wasserstoff	13
2.1 Wasserstoffproduktion heute	13
2.2 Farbenlehre Wasserstoff	13
2.3 Kostenentwicklung und Vorteile von grünem Wasserstoff	15
3 Potenziale für Erzeugung und Transport von grünem Wasserstoff in der Region	17
4 Potenziale für die Nutzung von Wasserstoff in Leipzig und Umgebung	21
4.1 Chemie und Raffinerien	21
4.2 Mobilität und Logistik	22
4.3 Strom- und Wärmeerzeugung	22
5 Chancen für Wirtschaft und Wissenschaft in der Region	25
5.1 Hochschulen und Forschungseinrichtungen	26
5.2 Wirtschaft	26
6 Voraussetzungen für eine lokale Wasserstoffwirtschaft	29
7 Zusammenfassung der Studie	33
Literaturverzeichnis	35
Abbildungsverzeichnis	38

---



# Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Grüner Wasserstoff ist ein zentraler Baustein für die Energie-, Wärme- und Verkehrswende. Die Bundesregierung bezeichnet grünen Wasserstoff daher zu Recht als Schlüsseltechnologie für die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens.

Auch für uns, die Leipziger Gruppe als Unternehmensgruppe der Daseinsvorsorge mit ihren Tochtergesellschaften Leipziger Stadtwerke, Leipziger Verkehrsbetriebe und Leipziger Wasserwerke, ist der Klimaschutz zentrales Thema für eine nachhaltige Stadtentwicklung mit hoher Lebensqualität. Deshalb treibt die Leipziger Gruppe in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Leipzig die Dekarbonisierung des Energie- und Verkehrssektors voran, unter anderem durch den Ausbau der erneuerbaren Energien, innovative Energiekonzepte für ganze Stadtviertel, Dekarbonisierung der Fernwärme und klimaneutrale Mobilität:

- Ab 2023 werden wir die Abhängigkeit von der Fernwärmeversorgung aus einem Braunkohlekraftwerk beenden.
- Wir ersetzen dieselbetriebene Fahrzeuge auf unseren Stadtbuslinien sukzessive mit Elektrobussen.
- Wir bauen klimaneutrale Photovoltaik-, Solarthermie- und Windkraftanlagen.
- Durch unsere klimafreundliche Fernwärme binden wir neue Quartiere in Leipzig ein und sorgen durch eine weitere Verdichtung für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung.
- Und wir nehmen im Jahr 2022 das sauberste gasbetriebene Heizkraftwerk der Welt in Betrieb. Diese hochmoderne Anlage kann in Zukunft auch mit 100 Prozent Wasserstoff betrieben werden.

Große Aufgaben sind nur gemeinsam zu bewältigen. Deshalb bauen wir zur Vorbereitung der Wasserstoffwirtschaft gezielt Know-how mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft auf und entwickeln Konzepte für den Einsatz von Wasserstoff in den Sektoren Mobilität und Energie.

Diese Kurzstudie gibt einen Überblick über die ökologische und wirtschaftspolitische Bedeutung des Themas, einen Einblick in die Technologie der Wasserstoffherzeugung und zeigt Potenziale zur Wasserstoffnutzung vor Ort auf.

Geschäftsführung



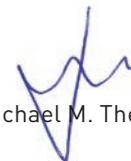
Ulf Middelberg



Volkmar Müller



Karsten Rogall



Michael M. Theis

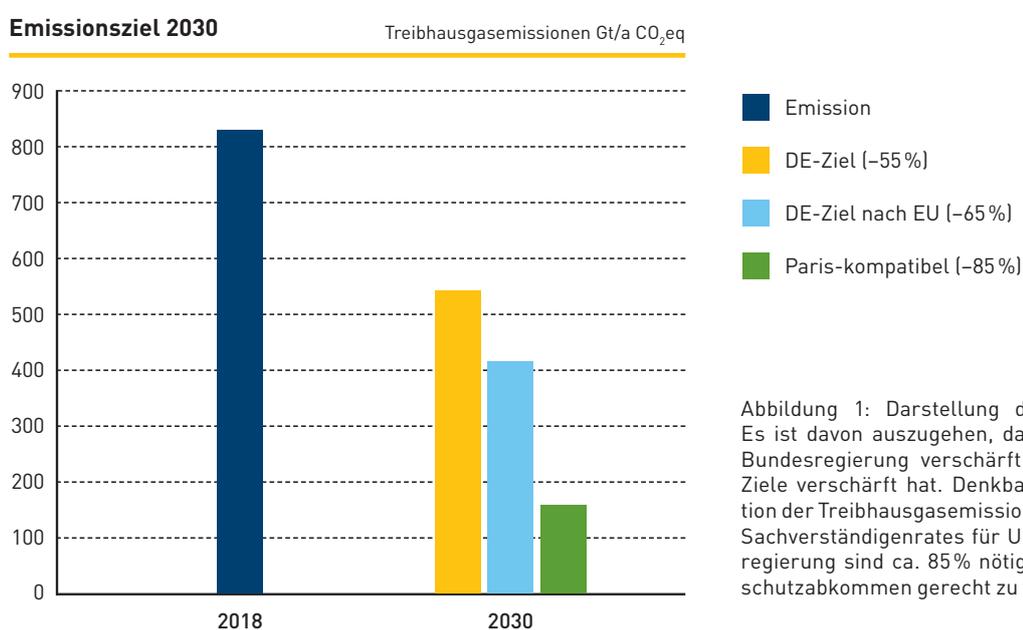
# Mit Wasserstoff schaffen wir gemeinsam die Energie-, Wärme und Mobilitätswende

**Karsten Rogall, Geschäftsführer Leipziger Gruppe und  
Leipziger Stadtwerke**



# 1 Klima- und wirtschaftspolitische Bedeutung von Wasserstoff

Die Folgen der vom Menschen verursachten Erderwärmung sind inzwischen auch in Deutschland spürbar. Hierzu zählen insbesondere auch in der Region häufiger auftretende extreme Wetterlagen wie die Dürreperioden der vergangenen Jahre sowie Hitze- und Kältewellen. Nachhaltigkeit und innovative, klimaschützende Lösungen stehen deshalb im Mittelpunkt unserer Leipziger Strategie „Zukunft für unser Zuhause“.



Grundlage der globalen Klimapolitik ist das Pariser Klimaschutzabkommen von 2015, demzufolge der Temperaturanstieg im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf 1,5°C begrenzt werden soll. Langfristig streben die Vereinten Nationen ebenso wie die EU das Ziel der Klimaneutralität an.<sup>1</sup>

Die bisher beschlossenen Maßnahmen reichen hierfür bei Weitem nicht aus. Angesichts der von der EU beschlossenen Emissionsreduktion um 55% bis 2030 wird auch Deutschland seine Maßnahmen in den kommenden Jahren verschärfen müssen. Mit konsequenten Maßnahmen ist eine 65%ige Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 im Vergleich zu 1990 möglich.<sup>2</sup> Für die Erreichung dieses Ziels sind verschärfte Maßnahmen zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr und Industrie zwingend notwendig.

<sup>1</sup> Vgl. United Nations (2020); Europäische Kommission (2019-1); Sachverständigenrat für Umweltfragen (2020).  
<sup>2</sup> Eigene Abbildung auf Grundlage von Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021); SRU (2020).

Die Stadt Leipzig hat 2020 den Klimanotstand ausgerufen, bleibt aber in ihren Beschlüssen zur Reduktion von Treibhausgasen derzeit noch deutlich unter den Empfehlungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung. In Sachsen betrug z.B. der Anteil erneuerbarer Energien am Nettostromverbrauch 2019 erst knapp 29%, wogegen er bezogen auf den gesamtdeutschen Stromverbrauch bereits bei rund 42%<sup>1</sup> lag. Die Leipziger Stadtwerke wiesen 2019 aber bereits einen Anteil erneuerbarer Energien von 66% an ihren Gesamtstromlieferungen aus.<sup>2</sup>

Zur Senkung der deutschen Emissionen sind insbesondere im Energiesektor weitergehende Maßnahmen erforderlich, um zusätzlich zur Stromerzeugung die geringen Anteile erneuerbarer Energien im deutschen Wärmesektor (15%) und im Verkehr (6%) zu erhöhen<sup>3</sup>.

Wesentliche Herausforderungen sind dabei die Senkung des Energiebedarfs, der Ausbau von Wind- und Solarenergie sowie die Dekarbonisierung im Wärme- und Mobilitätssektor.

Diese müssen durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. die Nutzung von weiteren klimaneutralen Energiequellen und Abwärme, Prozessoptimierung und Etablierung einer Kreislaufwirtschaft sowie Sektorkopplung und Effizienzsteigerung („Efficiency first“) begleitet werden.

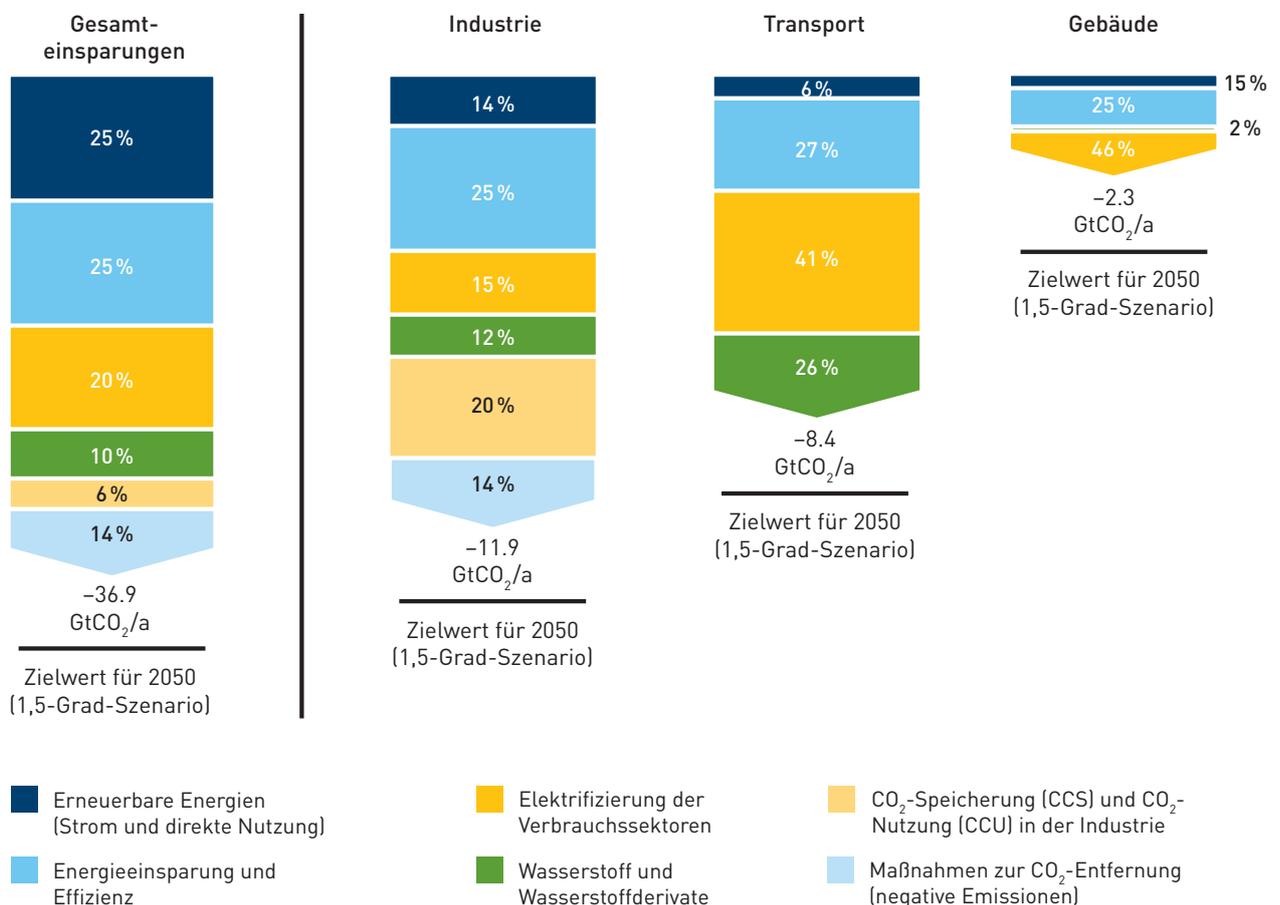


Abbildung 2: Notwendige CO<sub>2</sub>-Einsparmaßnahmen zur Erreichung des 1,5°C-Ziels und vorgeschlagene Reduktionspfade für die Sektoren Industrie, Transport und Gebäude. Die Rolle von Wasserstoff und seinen Derivaten ist in grün dargestellt.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vgl. BUND Landesverband Sachsen e.V.; Weiterdenken – Heinrich-Böll-Stiftung Sachsen (2020).  
<sup>2</sup> Vgl. Stadtwerke Leipzig (2020).  
<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021).  
<sup>4</sup> Vgl. IRENA (2021).

Zu den besonders erfolgversprechenden Technologien zählt dabei grüner Wasserstoff (chemisch: H<sub>2</sub>), der neue Wege zu einer drastischen Reduktion des Anteils fossiler Energieträger ermöglicht. Zusammen mit den aus ihm erzeugten synthetischen Energieträgern (sog. „Powerfuels“ wie Methan, Methanol, Kerosin oder Ammoniak) wird grüner Wasserstoff in einem zukünftigen Energie- und Wirtschaftssystem eine bedeutende Rolle einnehmen. Dies betrifft insbesondere die folgenden Bereiche:

- In der Industrie als Rohstoff (z. B. zur Herstellung von bisher auf fossiler Basis produzierten Grundstoffen) oder Reduktionsmittel (z. B. in der Stahlindustrie),
- als Energiespeicher für Strom und Wärme zum Ausgleich der schwankenden Erzeugung erneuerbarer Energien sowie
- zur Bereitstellung von Kraftstoffen für Verkehrsmittel, die nicht direkt über Leitungen oder Batterien elektrisch betrieben werden können (insb. Flugzeuge und Schiffe).<sup>1</sup>

2020 wurde die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung verabschiedet.<sup>2</sup> Der Freistaat Sachsen engagiert sich ebenfalls stark im Wasserstoffsektor und hat im zweiten Quartal 2021 die sächsische Wasserstoffstudie veröffentlicht, die neben der klima- und energiepolitischen Bedeutung auch die wirtschafts- und industriepolitische Relevanz des Themas betont.<sup>3</sup> So bewirbt sich Chemnitz als Standort für den Aufbau des nationalen Wasserstofftechnologie-Zentrums und möchte im HIC – Hydrogen and Mobility Innovation Center die Kompetenz von überregionalen Partnern aus der Wirtschaft, Spitzenforschung, Verbänden und Ausbildung bündeln. In Görlitz entsteht in Kooperation mit Siemens das Fraunhofer Hydrogen Lab zur Entwicklung und Erprobung von nachhaltigen Wasserstofftechnologien.

Die Stadt Leipzig positioniert sich durch Umstellungen des Erzeugungsportfolios u. a. auf Wasserstoff als Vorreiter in der Energiewirtschaft und versteht sich aufgrund der breiten industriellen Basis in der Region als Anwendungsplattform für die Skalierung von Wasserstofftechnologien (Sektorkopplung). Zahlreiche Gemeinschaftsprojekte von Forschung und Industrie fördern den Technologietransfer von Wasserstoffkompetenzen. Die starke politische Unterstützung zeigt sich auch in der Mitwirkung an mehreren Konzeptstudien<sup>4</sup> und der Erarbeitung einer Potenzialanalyse zum Aufbau der Wasserstoffwirtschaft Leipzigs („Wasserstoffstadt Leipzig“)<sup>5</sup>. Ziel ist es, den Standort Leipzig im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie zu einem „Leuchtturm“ für Mitteldeutschland auszubauen. Auf die herausragenden Rahmenbedingungen für die Wasserstoffwirtschaft in der Region wird im Folgenden noch näher eingegangen.

---

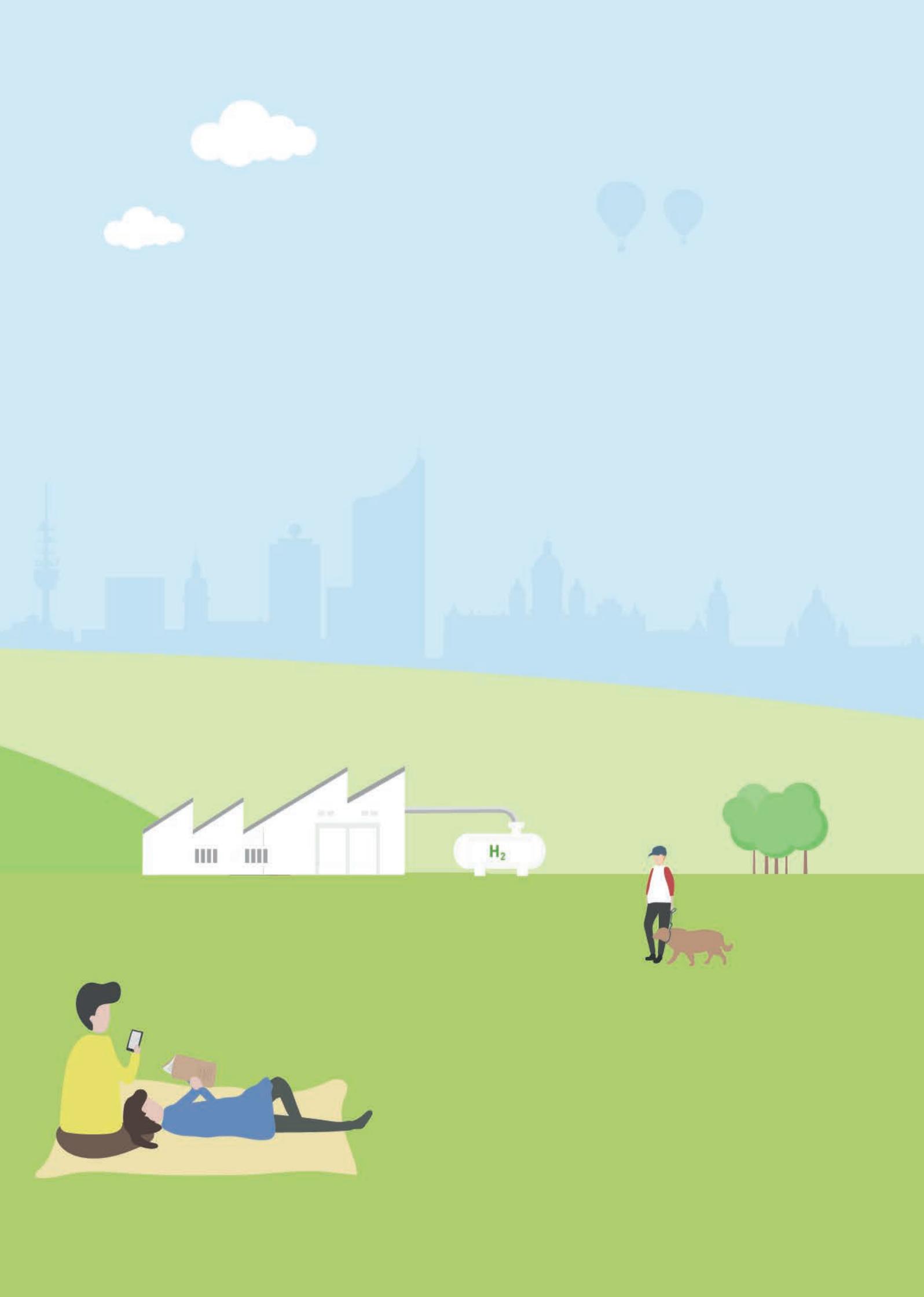
<sup>1</sup> Die EU hat eine Verbesserung der Treibhausgasbilanz von Kraftstoffen im Rahmen von FQD und RED II vereinbart, vgl. Rat der Europäischen Union (2015); Europäische Kommission (2021).

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-1); Europäische Kommission (2020).

<sup>3</sup> Vgl. HZwo e.V. (2021-1).

<sup>4</sup> Vgl. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH; Schultz projekt consult; Fraunhofer IMW; HYPOS e.V. (2021); DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (2020).

<sup>5</sup> Vgl. Stadt Leipzig (2020).



# 2 Hintergrundwissen grüner Wasserstoff

## 2.1 Wasserstoffproduktion heute

Die Wasserstoffindustrie ist gut etabliert und verfügt über jahrzehntelange Erfahrung in Industriesektoren, die Wasserstoff als Einsatzstoff verwenden. Der größte Anteil der Wasserstoffnachfrage kommt aus dem Chemiesektor für die Herstellung von Ammoniak und für das Hydrocracken sowie die Entschwefelung von Kraftstoffen in Raffinerien.

Das prognostizierte Wachstum des Wasserstoffmarkts liegt in internationalen Klimaschutzbestrebungen begründet. Energie aus fossilen Kraft- und Brennstoffen wird künftig ersetzt durch erneuerbare Energien. Die direkte Elektrifizierung von Prozessen vermeidet Umwandlungsverluste und ist daher in der Regel der effizienteste Ansatz zur Dekarbonisierung. Wo dies nicht möglich ist, kann Wasserstoff eine Alternative sein. Die aktuelle Wasserstoffherstellung ist jedoch oftmals selbst mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden. Zu einer Dekarbonisierung kann daher nur grüner Wasserstoff führen.

## 2.2 Farbenlehre Wasserstoff

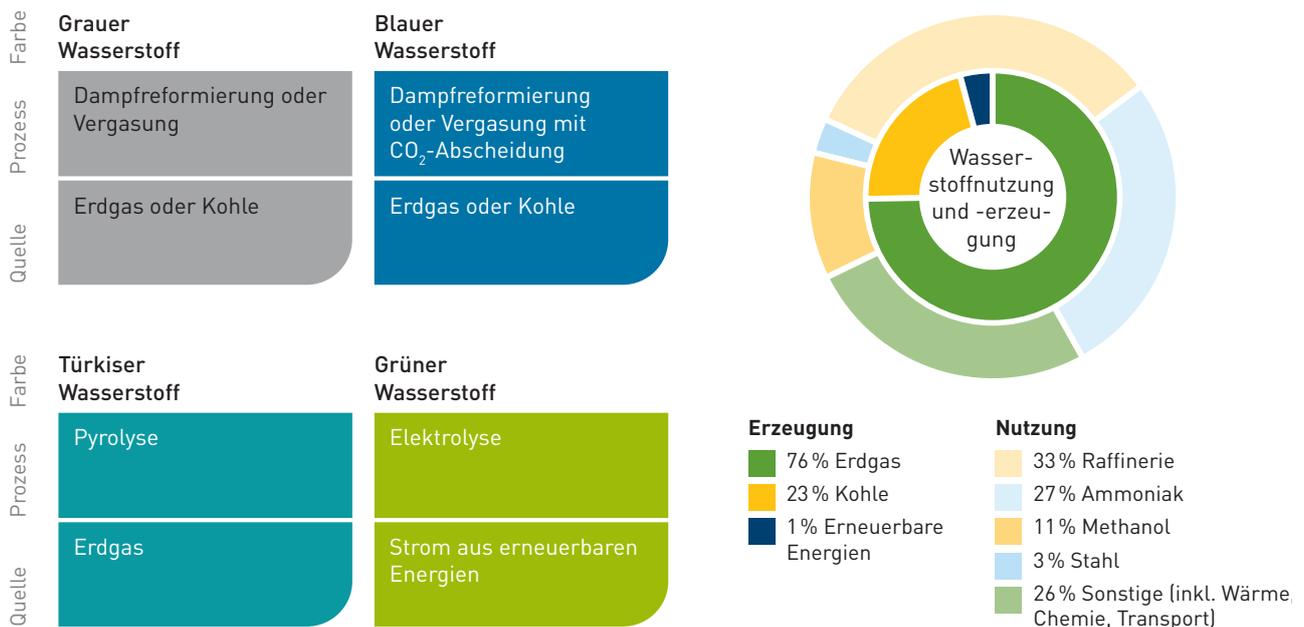


Abbildung 3: Links: „Farbenlehre“ zur Wasserstoffherzeugung: Dampfreformierung aus Erdgas (grau), Dampfreformierung + CCS (blau), Pyrolyse + CCS (türkis), Elektrolyse mit erneuerbaren Energien (grün).<sup>1</sup> Rechts: Erzeugungsquellen (innerer Kreis) und Verwendung (äußerer Kreis) von Wasserstoff. Aktuell liegt der Anteil von grünem Wasserstoff bei unter 2%, der Verbrauch erfolgt größtenteils in der chemischen Industrie.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. IRENA (2020).  
<sup>2</sup> Vgl. KPMG (2020).

Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Brennstoffen gewonnen. In der Regel wird dabei Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und  $\text{CO}_2$  umgewandelt (Dampfreformierung). Das  $\text{CO}_2$  wird in die Atmosphäre abgegeben und verstärkt so den globalen Treibhauseffekt: Bei der Produktion einer Tonne Wasserstoff entstehen so rund 10 Tonnen  $\text{CO}_2$ .

Blauer Wasserstoff ist grauer Wasserstoff, dessen  $\text{CO}_2$  bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert wird (engl. Carbon Capture and Storage, CCS). Das bei der Wasserstoffproduktion erzeugte  $\text{CO}_2$  gelangt nicht in die Atmosphäre. Die Wasserstoffproduktion kann selbst unter der Annahme einer sicheren Speicherung wegen der Vorkettenreduktion von Erdgas nicht als  $\text{CO}_2$ -neutral betrachtet werden.

Türkiser Wasserstoff wird durch die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt, wobei statt  $\text{CO}_2$  fester Kohlenstoff entsteht. Da auch hier die Vorkettenemission zu berücksichtigen ist, kann dieses Verfahren ebenfalls nicht als  $\text{CO}_2$ -neutral angesehen werden.

Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt. Hierbei kommt ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz, so dass die Produktion von Wasserstoff unabhängig von der gewählten Elektrolysetechnologie  $\text{CO}_2$ -frei ist.<sup>1</sup> Die Nutzung von grünem Wasserstoff erzielt gegenüber grauem Wasserstoff eine Einsparung von 10 Tonnen  $\text{CO}_2$  je Tonne Wasserstoff, die Substitution von Kohle durch Wasserstoff vermeidet sogar 19 Tonnen  $\text{CO}_2$ . In der Produktion von Derivaten wie Ammoniak oder Methanol ließen sich ebenfalls enorme Treibhausgasemissionen vermeiden, da bei deren Herstellung vor allem die Erzeugung des notwendigen Wasserstoffs zu Emissionen führt. Allein die Herstellung von Ammoniak ist für ca. 1% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich, die durch die Nutzung von grünem Wasserstoff vermieden werden könnten.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020).

<sup>2</sup> Vgl. Morlanés, Natalia, et al. (2021).

### 2.3 Kostenentwicklung und Vorteile von grünem Wasserstoff

Grüner Wasserstoff ist im Vergleich zu grauem Wasserstoff heute noch nicht wirtschaftlich einsetzbar. Den größten Einfluss auf die Wasserstoffgestehungskosten haben die Stromgestehungskosten der erneuerbaren Energien sowie die Auslastung (Volllaststunden) und die Investitionskosten der Elektrolyse. Es ist jedoch von einer starken Kostendegression in den kommenden Jahren auszugehen. Treiber sind insbesondere die sinkenden Kosten für erneuerbaren Strom. Darüber hinaus sind Effizienzsteigerungen der Elektrolyseure und Kostenreduktionen in der Herstellung zu erwarten, u. a. durch die Skalierung der Produktion und Lernkurveneffekte.

Dies führt dazu, dass grüner Wasserstoff schon innerhalb dieses Jahrzehnts zu vergleichbaren Kosten wie grauer oder blauer Wasserstoff hergestellt werden kann. Langfristig kann grüner Wasserstoff sogar deutlich preiswerter als die Alternativen werden. Optimistische Szenarien gehen für Standorte mit optimalen Bedingungen mit viel Sonne und Wind schon ab 2025 von wettbewerbsfähigen Preisen aus. Hinzu kommt, dass die Erzeugung des Wasserstoffs zur Flexibilisierung und Stabilisierung der Stromnetze eingesetzt werden kann, u. a. durch Abnahme von Überlasten. Parallel entsteht bei der Elektrolyse Abwärme, die für die Gebäudewärmeversorgung genutzt werden und damit den Energienutzungsgrad der Elektrolyse auf bis zu 95 % heben kann. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass die Elektrolyse zu einer entscheidenden Komponente im deutschen Energiesystem werden wird.

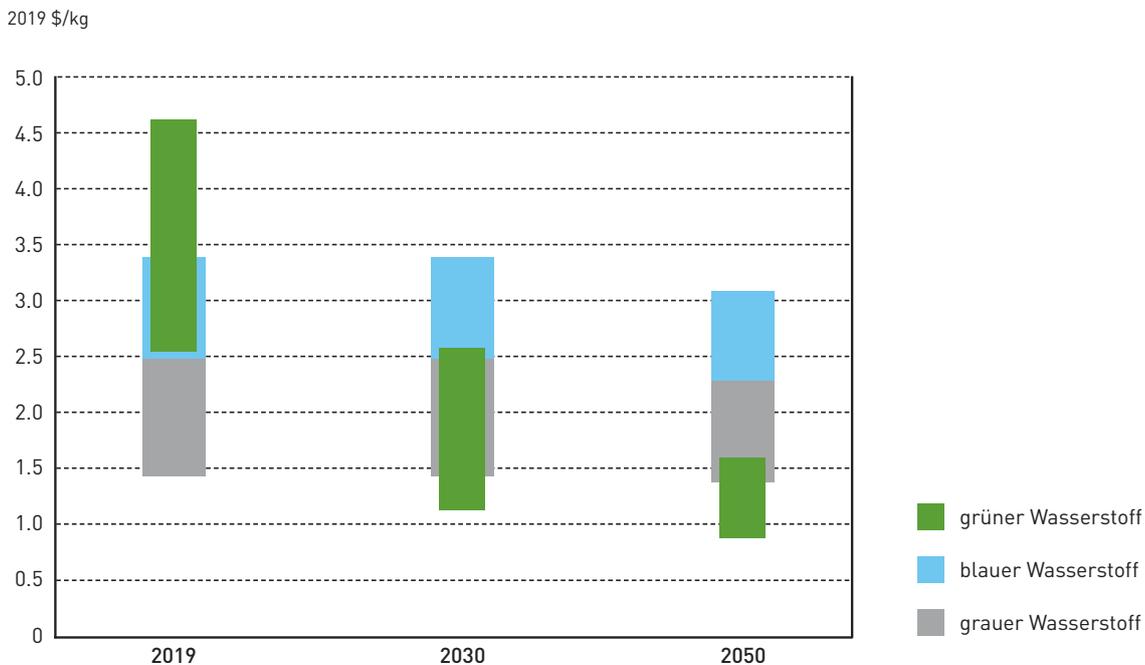
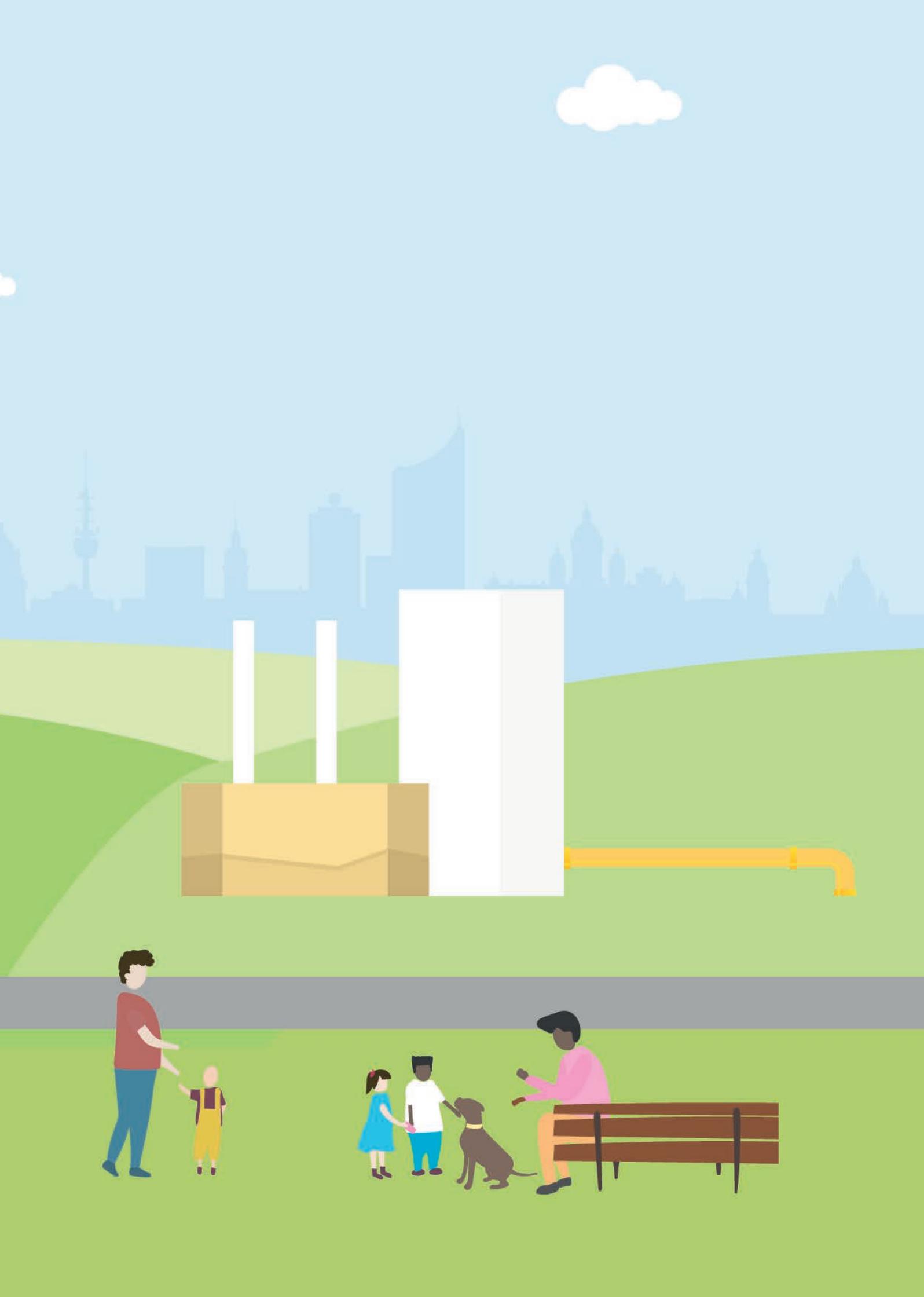


Abbildung 4: Entwicklung der Wasserstoffgestehungskosten nach Erzeugungstechnologie.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vgl. BloombergNEF (2020).



# 3 Potenziale für Erzeugung und Transport von grünem Wasserstoff in der Region

Die Herstellung von grünem Wasserstoff erfordert Strom aus erneuerbaren Energien, Wasser und einen oder mehreren Elektrolyseure. Im Fokus steht dabei auch die Nutzung von Strom, der nicht ins Stromnetz integrierbar ist und abgeregelt werden müsste. Betriebswirtschaftlich ist dies jedoch unter den aktuellen Rahmenbedingungen noch nicht sinnvoll. Hierzu bedarf es regulatorischer Änderungen, u. a. die Einführung von Regelungen im Strommarkt zur wettbewerblichen Bewirtschaftung von Engpässen durch Nutzen-statt-Abregeln-Modelle und eine Reform des Systems von Abgaben und Umlagen.<sup>1</sup>

Nur mit Überschussstrom ist ein wirtschaftlicher Betrieb eines Elektrolyseurs derzeit nicht möglich, da die relativ hohen Investitionskosten eine gute Auslastung (hohe Volllaststundenzahl) erfordern. Auch muss vermieden werden, dass die Nutzung von erneuerbarem Strom für die Elektrolyse dazu führt, dass an anderer Stelle mehr fossiler Strom verbraucht wird. Ein Ausbau von Elektrolysekapazitäten muss daher mit einem schnellen Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor einhergehen.

Die Stadt Leipzig hat sich zum Ziel gesetzt, die Wasserstoff-Technologieführerschaft auszubauen. Das HKW Leipzig Süd soll ein Wasserstoff-„Leuchtturm“ werden, indem Wasserstoff im Gasturbinen-Kraftwerk zum Einsatz kommen soll. Der Umbau soll bis 2030 stattfinden, damit in Zeiten, wenn keine Sonne scheint und kein Wind weht, Wasserstoff zur Stromproduktion und Einspeisung der Wärme in das Fernwärmenetz genutzt werden kann.

In der Region Mitteldeutschland laufen aktuell verschiedene Projekte, die sich mit der Erzeugung von grünem Wasserstoff befassen. Das vom BMWi geförderte Reallabor „Energiepark Bad Lauchstädt“ soll die Windstrom-basierte Erzeugung von grünem Wasserstoff (ca. 30 MW), die großtechnische Speicherung in einem Kavernenspeicher (50 Mio. m<sup>3</sup>) und die Anbindung an das bestehende Wasserstoffnetz des mitteldeutschen Industriedreiecks mittels einer umgewidmeten Erdgasleitung (20 km Länge) umfassen. Am Chemie- und Raffinerie-Standort Leuna wurde zudem durch die ITM Linde Electrolysis GmbH der bei Inbetriebnahme weltgrößte PEM-Elektrolyseur (24 MW) zur Erzeugung von grünem Wasserstoff angekündigt.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. auch Empfehlungen in BEE, 8KU, AGFW (2020).

<sup>2</sup> Vgl. ITM Power (2020).

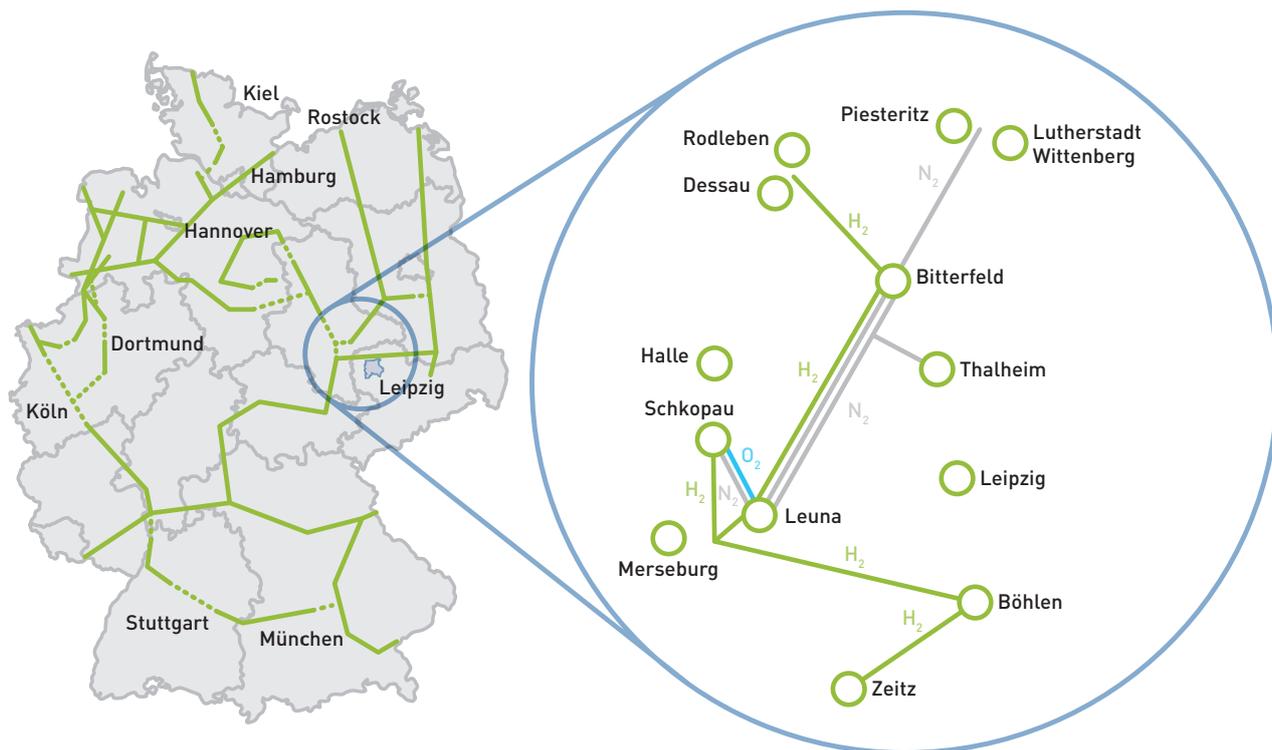


Abbildung 5: Das bestehende Wasserstoffnetz der Region (rechts) und die geplante überregionale Vernetzung (links).<sup>1</sup>

Der in der Region hergestellte grüne Wasserstoff kann durch das vorhandene Wasserstoffnetz sehr effizient transportiert werden, was einen wesentlichen Standortvorteil und die Basis für den Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur in der Region bietet. Denkbar wäre, das zukünftige Leipziger Wasserstoffnetz im Norden oder im Süden von Leipzig an die überregionalen H<sub>2</sub>-Leitungen anzuschließen. Durch eine Kombination von Neubau und Umstellung vorhandener Erdgasleitungen ist eine Vernetzung der großen Erzeuger (Reallabor Bad Lauchstädt/Leuna) und potentiellen Verbraucher (HKW Leipzig Süd, Betriebshöfe der LVB, Flughafen Halle/Leipzig, BMW-Werk) kosteneffizient möglich. Zusätzlich können – wo wirtschaftlich sinnvoll – kleine Mengen Wasserstoff auch per LKW effizient transportiert werden. Auch Containerlösungen lassen sich als mobile Speicher in das Logistikkonzept integrieren.

Mittel- bis langfristig ist zudem eine direkte Anbindung an das europäische H<sub>2</sub>-Netzwerk (Hydrogen Backbone) möglich. Hierdurch können perspektivisch Importe von grünem Wasserstoff aus Regionen mit niedrigen Herstellungskosten (z.B. Südeuropa, Nahost und Nordafrika) attraktiv werden.

Die L-Gruppe ist an der Studie „Wasserstoffnetz Mitteldeutschland. Ausbau der Wasserstoff-Pipeline im Mitteldeutschen Chemiedreieck“ als Partner der Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH beteiligt, die ab 2021 durchgeführt wird.

<sup>1</sup> Karte links: FNB Gas (2021), Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V. (Hypos) (2021).



Sektorenübergreifende  
Lösungen sind der Schlüssel  
für eine signifikante Verringerung  
von Treibhausgasemissionen  
im urbanen Raum.

**Ulf Middelberg, Geschäftsführer Leipziger Gruppe und  
Leipziger Verkehrsbetriebe**



# 4 Potenziale für die Nutzung von Wasserstoff in Leipzig und Umgebung

In der Region Leipzig bestehen durch die energieintensive industrielle Basis, z. B. im Mitteldeutschen Chemiedreieck, und die Verflechtungen mit der Nachbarstadt Halle hervorragende Voraussetzungen für eine breite Anwendung von Wasserstoff. Der Einsatz von Wasserstoff in Mobilität und Logistik, im produzierenden Gewerbe und in der Energiewirtschaft ermöglicht die Weiterentwicklung bestehender ebenso wie die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle mit dem übergeordneten Ziel eines nachhaltigeren Wirtschaftssystems.

Die L-Gruppe ist an der Langzeitstudie „Potenzialstudie Grüne Gase. Analyse und Bewertung der Potenziale von Grünen Gasen in der Innovationsregion“ als Partner der Innovationsregion Mitteldeutschland beteiligt. Die Ergebnisse werden 2021 veröffentlicht.

## 4.1 Chemie und Raffinerien

Die Region Leipzig zählt aufgrund der ansässigen chemischen Industrie zu den größten Wasserstoffverbrauchern in Deutschland.

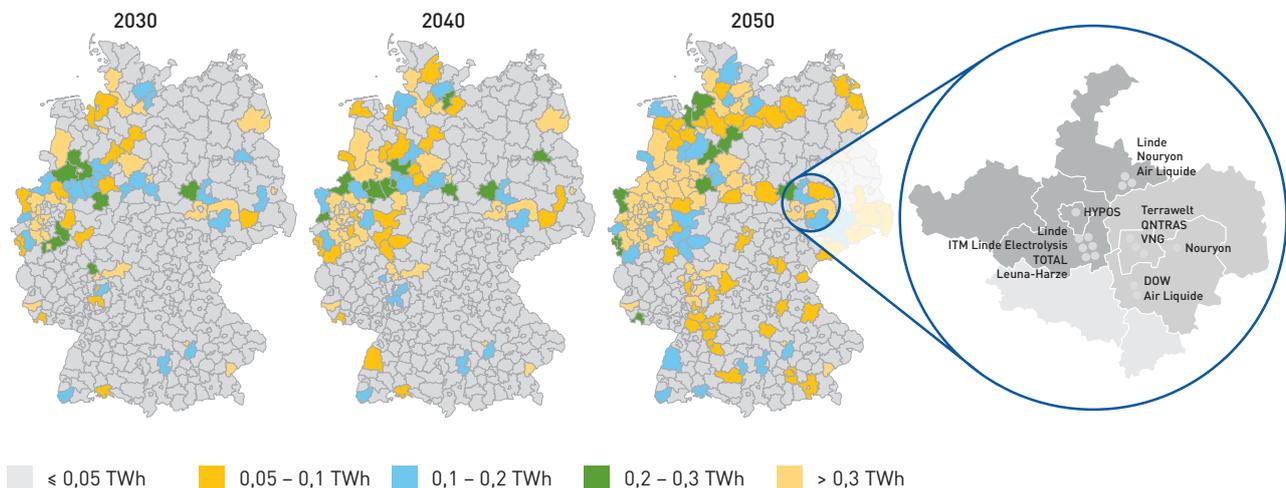


Abbildung 6: Die Region Leipzig gehört zu den größten Wasserstoffverbrauchern in Deutschland

Derzeit werden in der Industrieregion Mitteldeutschland pro Tag mehr als 8,5 Mio. Normkubikmeter Wasserstoff verwendet. Pro Jahr entspricht dies dem über 90-Fachen des Wasserstoffverbrauchs des geplanten HKW Leipzig Süd in Leipzig (2 x 62 MW). Wasserstoff wird derzeit u. a. in Leuna für die Entschwefelung in der Rohölverarbeitung und für die Herstellung von Methanol eingesetzt. Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Unternehmen in der Region, die große Mengen an Wasserstoff teils selbst erzeugen und für die Herstellung verschiedener chemischer Produkte wie Ammoniak und Wasserstoffperoxid verwenden<sup>1</sup>.

## 4.2 Mobilität und Logistik

In Deutschland steigt die Nachfrage nach elektrisch betriebenen Fahrzeugen exponentiell an. Der öffentliche Nahverkehr nimmt dabei eine Vorreiterrolle ein und ist hierzu durch die europäische Gesetzgebung (Clean Vehicles Directive der EU)<sup>2</sup> auch verpflichtet. 2020 wurden in Deutschland 676 Elektrobusse betrieben (1,4% der gesamten ÖPNV-Busflotte), davon 64 Busse mit Brennstoffzellenantrieb auf Basis von Wasserstoff. Bis 2025 (2030) ist die Anschaffung von rund 3.000 (4.800) elektrisch betriebenen Bussen geplant, davon 215 (409) mit Brennstoffzellenantrieb. Im Schienenverkehr gibt es Projekte zum Einsatz von Brennstoffzellenzügen auf nicht elektrifizierten Strecken.<sup>3</sup>

Grundsätzlich bieten batterie- und wasserstoffbetriebene Fahrzeuge verschiedene Vor- und Nachteile, die Einsatzschwerpunkte und der langfristige Technologiemitx sind umstritten. Aus Kosten- und Effizienz­sicht sind z.B. batterieelektrisch-betriebene Busse (BEV) klar im Vorteil, da die reinen operativen Kosten (Antriebsenergie und Wartung) pro gefahrenem Kilometer sogar niedriger als bei einem Dieselbus liegen. Allerdings sind für die batterieelektrischen Fahrzeuge erhebliche Mehrkosten (Faktor 3 bis 4) für Fahrzeugbeschaffung sowie Errichtung der erforderlichen Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen, welche ohne entsprechende Förderzuwendungen in einem höheren Gesamtbudget verglichen mit dem Dieselantrieb resultieren. Der Betrieb eines brennstoffzellenelektrischbetriebenen Busses (FCEV) ist allerdings deutlich teurer, im Vergleich zum Elektrobus liegen die Kosten aktuell teilweise beim Zwei- bis Fünffachen pro gefahrenem Kilometer. Wasserstoffbusse punkten dagegen mit einer höheren Reichweite und flexiblen Einsatzmöglichkeiten, was unter anderem die Optimierung der Linienführung im ÖPNV (z. B. bei Baustellen) erleichtert. Diese Aspekte sind auch für die Leipziger Verkehrsbetriebe von Bedeutung, sodass ihr Einsatz schon mittelfristig im Pilotbetrieb erprobt werden soll. Ein schneller und umfassender Umstieg auf Wasserstofffahrzeuge ist wegen der limitierten Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und aus ökonomischen Gründen derzeit jedoch nicht sinnvoll. Zuschüsse bei Betriebskosten und Infrastruktur sind derzeit notwendig, um eine emissionsfreie und kostengünstige Mobilität im öffentlichen Nahverkehr zu ermöglichen.

## 4.3 Strom- und Wärmeerzeugung

Aktuell stammt ca. die Hälfte des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien. Verkehr und Wärme sind dagegen weit abgeschlagen. Im Wärmesektor waren z. B. 2019 im Schnitt nur ca. 15% des Endenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien abgedeckt,<sup>4</sup> so dass weitere Schritte zur Dekarbonisierung erforderlich sind. Hierzu können Effizienzmaßnahmen, wie z. B. die Nutzung von Abwärme und die Erschließung neuer Wärmequellen (z. B. Umweltwärme), sowie die Sanierung des Gebäudebestands eingesetzt werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. FfE Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (2019); Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Schulttz projekt consult, Fraunhofer IMW, HYPOS e. V. (2021).

<sup>2</sup> Vgl. Europäische Kommission (2019-2).

<sup>3</sup> Deutsche Welle (2018), Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018), NOW GmbH (2019), Staatsministerium Baden-Württemberg (2021).

<sup>4</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021).

In der Gebäudewärmeversorgung von Neubauten und Einfamilienhäusern stellt die Elektrifizierung mit Wärmepumpen eine effiziente Möglichkeit zur Dekarbonisierung dar, da diese pro eingesetzter elektrischer Energieeinheit ca. das Drei- bis Fünffache an Wärme aus der Umgebung gewinnen.<sup>1</sup> Dies setzt jedoch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien in der Stromversorgung voraus. In verdichteten Gebieten und Bestandsgebäuden, wo Wärmepumpen aufgrund des Sanierungsaufwandes, unzureichend vorhandener Wärmequellen sowie Netzanforderungen nicht ökonomisch sind, sind Fernwärme, die schrittweise steigenden EE-Anteile und die Nutzung von Abwärme ökologische und wirtschaftliche Optionen, die eine Umstellung der Wärmeerzeugungstechnologien und -brennstoffe ermöglichen.

Strombasierte Energieträger wie grüner Wasserstoff oder synthetisches Gas werden aufgrund der hohen Kosten nur in geringem Maß für die Wärmeerzeugung eingesetzt. Allerdings ist vermehrt mit Phasen zu rechnen, in denen nicht genügend erneuerbarer Strom zur Verfügung steht und gespeicherter Strom die Erzeugungsschwankungen ausgleichen muss. Grüner Wasserstoff kann dann in Kraft-Wärme-Kopplungs(KWK)-Anlagen wie H<sub>2</sub>-Gasturbinen, konventionellen Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen-BHKW mit Wirkungsgraden von bis zu 90% in Strom und Wärme gewandelt werden. Moderne Erzeugungsanlagen für die Strom- und Wärmeerzeugung können bereits heute teilweise von Erdgas auf H<sub>2</sub> umgestellt werden, indem H<sub>2</sub> beigemischt wird. Die benötigte Menge erneuerbarer Energie ist bei der Verbrennung von grünem Wasserstoff oder grünem Methan aufgrund der hohen Umwandlungsverluste der vielen Stufen von Strom zu Wasserstoff zu Methan zu Wärme gegenüber der Wärmepumpe nach heutigem Stand der Technik um ein Vielfaches höher.

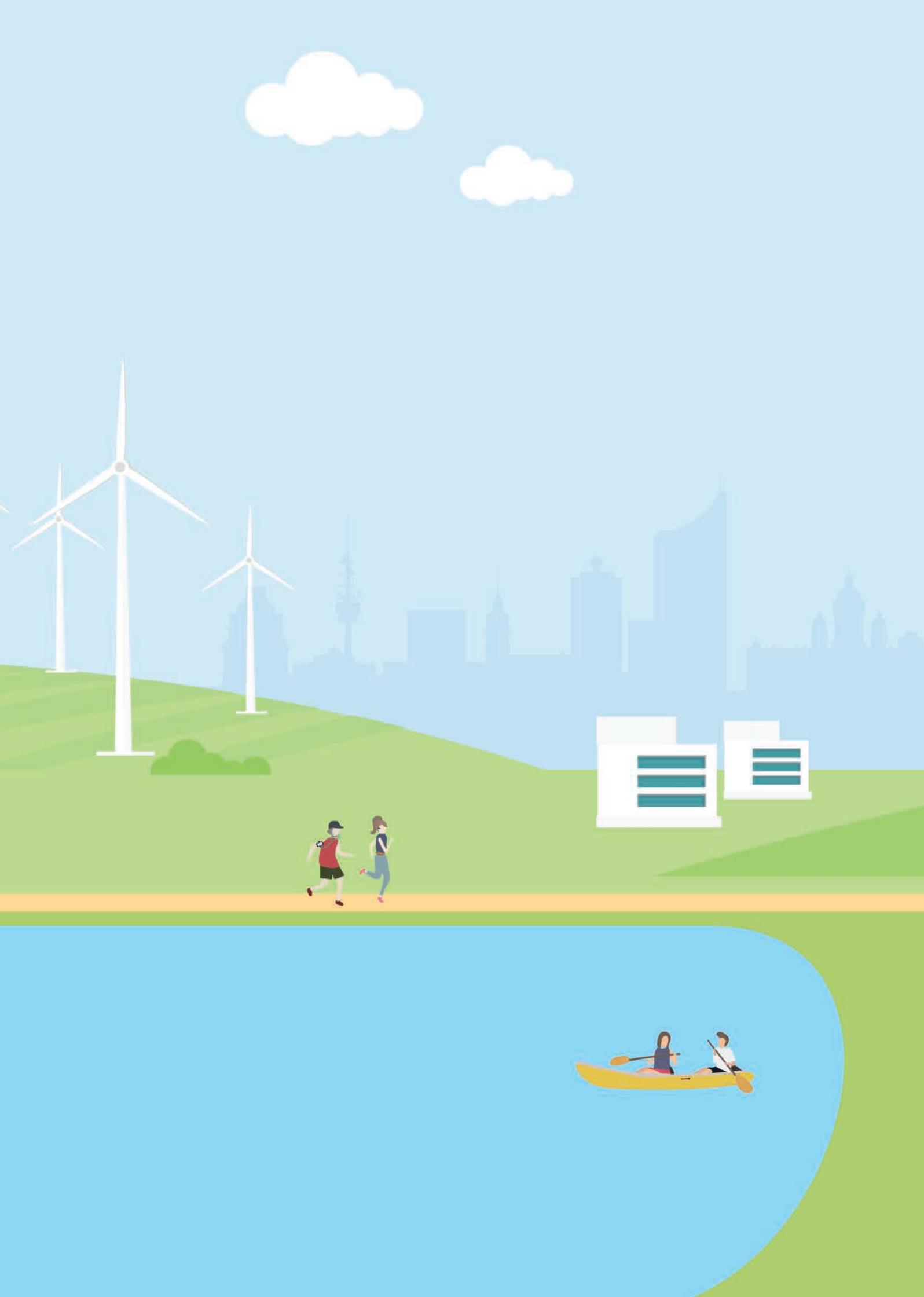
Die Leipziger Stadtwerke planen, das Kraftwerk Süd bis zum Jahre 2030 „H<sub>2</sub>-ready“ zu machen. Darüber hinaus wird das Potenzial zur Erzeugung von grünem Wasserstoff zu Zeiten, in denen ausreichend Strom aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht, geprüft. Die dabei entstehende Abwärme des Elektrolyseurs könnte via Wärmepumpe dem Fernwärmenetz zugeführt werden. Zu „Dunkelflaute“-Zeiten könnte am Standort gespeicherter Wasserstoff dann im Kraftwerk verbrannt werden und so Strom und Wärme erzeugen.

Die Beimischung von H<sub>2</sub> in das Erdgasnetz leistet bislang nur einen geringen Beitrag zur Treibhausgas-Emissionsreduktion, führt aber zu einem Investitionsdruck in die Komponenten im Gasnetz sowie bei Endkunden. Die Beimischung ist derzeit auf 10% limitiert. Selbst wenn dieser Wert perspektivisch auf 20% steigt, würde der energetische Anteil aufgrund der geringeren volumetrischen Energiedichte als Methan auf 7 bis 8% zunehmen und hätte nur geringen Einfluss auf den Klimaschutz.

Die L-Gruppe ist an der Studie „Kompendium Wasserstoff in Gasverteilnetzen“ der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH beteiligt, die seit 2018 die Wasserstoff-Verträglichkeit von technischen Komponenten im Gasverteilnetz untersucht.

---

<sup>1</sup> Vgl. Fraunhofer ISE (2020).



# 5 Chancen für Wirtschaft und Wissenschaft in der Region

Die Metropolregion Leipzig/Halle ist von einer großen Dichte verschiedener Akteure mit Bezug zur Wasserstoffindustrie gekennzeichnet. Neben Bildungseinrichtungen wie Universitäten und Fachhochschulen sowie Forschungseinrichtungen wie Fraunhofer-Instituten befinden sich im Großraum auch zahlreiche Unternehmen aus der chemischen Industrie und der Energiewirtschaft. Die genannten Akteure interagieren in verschiedenen Netzwerken zur Erforschung und Implementierung von Wasserstofftechnologien, konkret in gemeinsamen Forschungsprojekten, Joint-Ventures sowie Explorations- und Investitionsvorhaben.

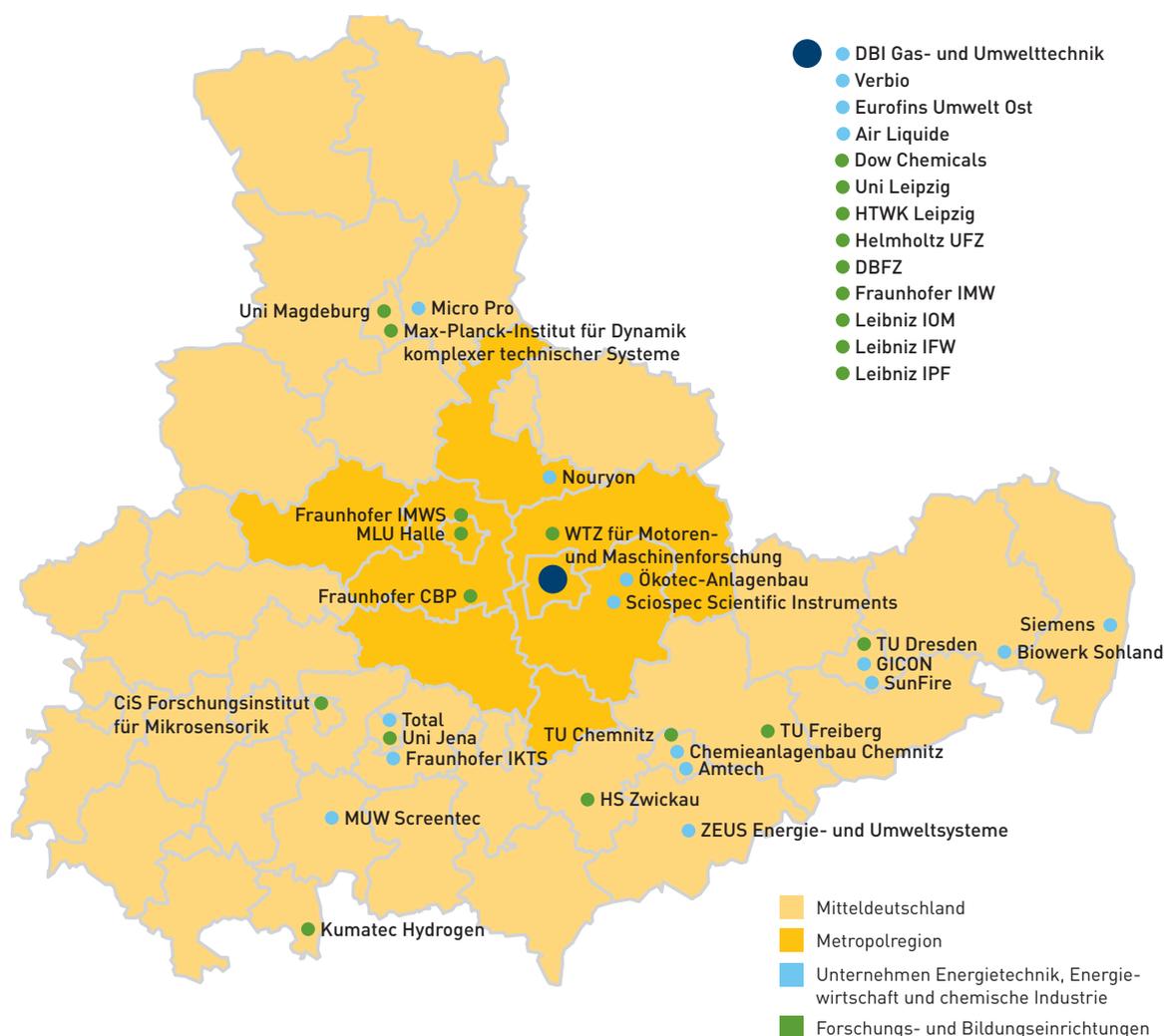


Abbildung 7: Bi- und multilaterale Kooperationsprojekte zu den Themen grüner Wasserstoff und grüne Gase.

Gut erkennbar ist die Vielzahl der Akteure in den Ballungszentren Leipzig und Halle sowie den Industrieclustern der Region. Ferner verdeutlicht die Abbildung den hohen Vernetzungsgrad, der sich unter anderem in vielfältigen Transferprojekten zwischen Forschungseinrichtungen und wasserstoffaffinen Industrieunternehmen niederschlägt.

## 5.1 Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Leistungsfähige Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind eine entscheidende Voraussetzung für die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit einer Region. Sie vermitteln Grundlagenwissen an Fachkräfte, die in der Wirtschaft benötigt werden, und ermöglichen den Transfer von technologischen Innovationen in Unternehmen.

Der Forschungsstandort Leipzig und Umgebung verfügt bundesweit über die größte Dichte an Forschungseinrichtungen mit direktem oder indirektem Bezug zu Wasserstoffanwendungen.<sup>1</sup> Dazu zählen u. a. die Universität Leipzig und die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) mit wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlichen Forschungsschwerpunkten zur Gestaltung von grünen Wasserstoffproduktionsanlagen. An beiden Hochschulen bestehen umfangreiche Kompetenzen und Erfahrungen mit Projekten insbesondere zur Erforschung innovativer Produktionsverfahren für grünen Wasserstoff. Darüber hinaus bestehen enge Kooperationen mit verfahrenstechnischen Forschungsclustern und -einrichtungen in Dresden, Chemnitz, Freiberg und Halle.

Das Profil der Hochschulen zeigt sich auch im Lehrbetrieb mit verschiedenen, stark nachgefragten Studiengängen insbesondere zu Energietechnik und -wirtschaft. Der Zugang zu hochqualifizierten Fachkräften ist für alle Wertschöpfungsstufen der Wasserstoffwirtschaft ein entscheidender langfristiger Wettbewerbsvorteil. Darüber hinaus sind Hochschulen Quellcluster für Unternehmensgründungen in sich entwickelnden Industriezweigen.

In der Metropolregion Leipzig/Halle sind verschiedene Forschungseinrichtungen sowohl in der Grundlagenforschung als auch der Transferforschung tätig, z. B. die Fraunhofer-Institute IMW, IMWS und IGB, das Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) sowie das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ). Die außeruniversitären Forschungseinrichtungen bündeln und verstärken die Wissensakkumulation in der Wasserstoffwirtschaft. Sie wirken als Akzeleratoren für die Akquise und Koordinierung öffentlicher wie privater Forschungsprojekte und wirken so entscheidend am Aufbau und der Weiterentwicklung der regionalen Wasserstoffwirtschaft mit.

Umfangreiche Forschungsprogramme von EU sowie Bundes- und Landesregierung unterstützen kooperative Transferprojekte zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Allein 2019 wurden im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung 81 neue Projekte mit Fördermitteln i. H. v. ca. 97 Mio. Euro für Forschungsprojekte im Bereich Sektorkopplung und Wasserstofftechnologien bewilligt.<sup>2</sup> In den Reallaboren der Region werden erste Pilotprojekte im Verbund von Forschungseinrichtungen und ansässigen Unternehmen der Gas- und Prozessindustrie durchgeführt (Energiepark Bad Lauchstädt). Insgesamt beinhaltet das 7. Energieforschungsprogramm bis 2022 jährlich ca. 816 Mio. Euro für die Förderung von Energiewendeprojekten.<sup>3</sup> Zusätzlich stellt z. B. die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) des BMWi bis 2026 Fördermittel i. H. v. ca. 300 Mio. Euro für die Erforschung nachhaltiger Mobilität bereit.<sup>4</sup>

## 5.2 Wirtschaft

Mitteldeutschland ist durch den Kohleausstieg stark vom Strukturwandel betroffen. Steigende CO<sub>2</sub>-Preise im Europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS) könnten das Ende der Braunkohleverstromung weiter beschleunigen. Der Wechsel zu alternativen Energieträgern ist auch aus wirtschaftlichen Gründen notwendig. Die Industrie im Chemiedreieck Bitterfeld – Wolfen – Leuna – Böhlen kann sich zu einem bedeutenden Abnehmer von Wasserstoff entwickeln, so dass sich die Region für eine Vorreiterrolle in der Wasserstoffwirtschaft anbietet.

---

<sup>1</sup> In Bezug zur Einwohnerzahl, vgl. Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (2020).

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-2).

<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018).

<sup>4</sup> Vgl. NOW GmbH (2021).

Bereits heute verfügt die Region über ein einzigartiges Umfeld für die Entwicklung einer leistungsfähigen Wasserstoffindustrie. Als historisch gewachsener Energie- und Industriestandort verfügt Mitteldeutschland als eine von nur zwei Regionen in Deutschland bereits über eine Wasserstoffinfrastruktur und -kompetenz. Durch den weiteren Ausbau und die gemeinsame Nutzung der bestehenden Wasserstoffinfrastruktur ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für die breite und kosteneffiziente Nutzung von Wasserstoff. Die chemische Industrie bietet einen enormen Standortvorteil für eine kostenoptimierte Sektorenkopplung und die Ausweitung der Wasserstoffwirtschaft auf Bereiche wie Mobilität oder Strom- und Wärmeerzeugung. Positiv wirkt sich ferner der ausgeprägte Mobilitätssektor durch die Transitslage an einem weit über Deutschland hinaus bedeutenden logistischen Knotenpunkt aus.

Die energieintensive chemische Industrie weist ein hohes Potenzial zur Substitution bisheriger Energieträger und Rohstoffe durch grünen Wasserstoff auf. Breite Anwendungsmöglichkeiten bestehen auch in der erdölverarbeitenden Industrie (z.B. Raffinerie in Leuna) sowie der Energiewirtschaft (Kohle- und Solarindustrie). Mit der wirtschaftlichen Stärke der Region verbunden sind auch die zahlreichen Fachkräfte aus den verschiedensten Bereichen der Energie- und Verfahrenstechnik.

In Bezug auf den Mobilitätssektor ist die Region ein logistischer Knoten für den Frachtumschlag, wobei wasserstoffbasierte Technologien sowohl im Langstrecken-Güterverkehr auf der Straße als auch im Flugverkehr als nachhaltige Antriebsformen entwickelt werden.<sup>1</sup> Die Bedeutung des Knotens umfasst neben den überregionalen Strömen von Handelswaren (Logistikzentren z.B. von DHL, Amazon) auch die Elektrizität (Südost-Link) und die Wasserstoff-Infrastruktur. So besteht eine große Dichte vorhandener Gasleitungen, u. a. die zweitlängste Wasserstoffpipeline in Deutschland, und mit dem Kavernenspeicher Bad Lauchstädt werden großvolumige Speichermöglichkeiten für Wasserstoff verfügbar.

Im Rahmen der gewachsenen Strukturen vermitteln und organisieren verschiedene Unternehmensnetzwerke wasserstoffbezogene Forschungs- und Umsetzungsprojekte zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dazu zählen die Netzwerke HYPOS e.V., in dem die Leipziger Gruppe Mitglied ist, HZwo e.V., Metropolregion Mitteldeutschland oder Energy Saxony e.V. Diese Netzwerke bündeln die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Kompetenzen in der Region auf zentralen Plattformen und ermöglichen so Wissenstransfers zwischen den beteiligten Partnern. Allein HYPOS e.V. betreut momentan 31 Projekte, an denen 130 Institutionen beteiligt sind.<sup>2</sup> Innovative und praxisnahe Forschungs- und Experimentierumgebungen für zukunftsfähige Energietechnologien bieten die Möglichkeit, Erfahrungen für die Errichtung und den Betrieb von Industrieanlagen unter realistischen Bedingungen zu sammeln.

Ebenso wie im gesamten Energiesektor spielen schließlich auch in der Wasserstoffwirtschaft die Themen Plattformökonomie und Digitalisierung eine zunehmende Rolle. Beispiele entlang der Wertschöpfungskette sind intelligente Netze und Steuerungssysteme, Monitoringsysteme in der Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sowie die umfassende Datengenerierung und -auswertung zur kontinuierlichen Optimierung des Betriebs der Einrichtungen. Die Voraussetzungen und interdisziplinären Strukturen für diese neuen Geschäftsmodelle sind in der Region ebenfalls vorhanden.

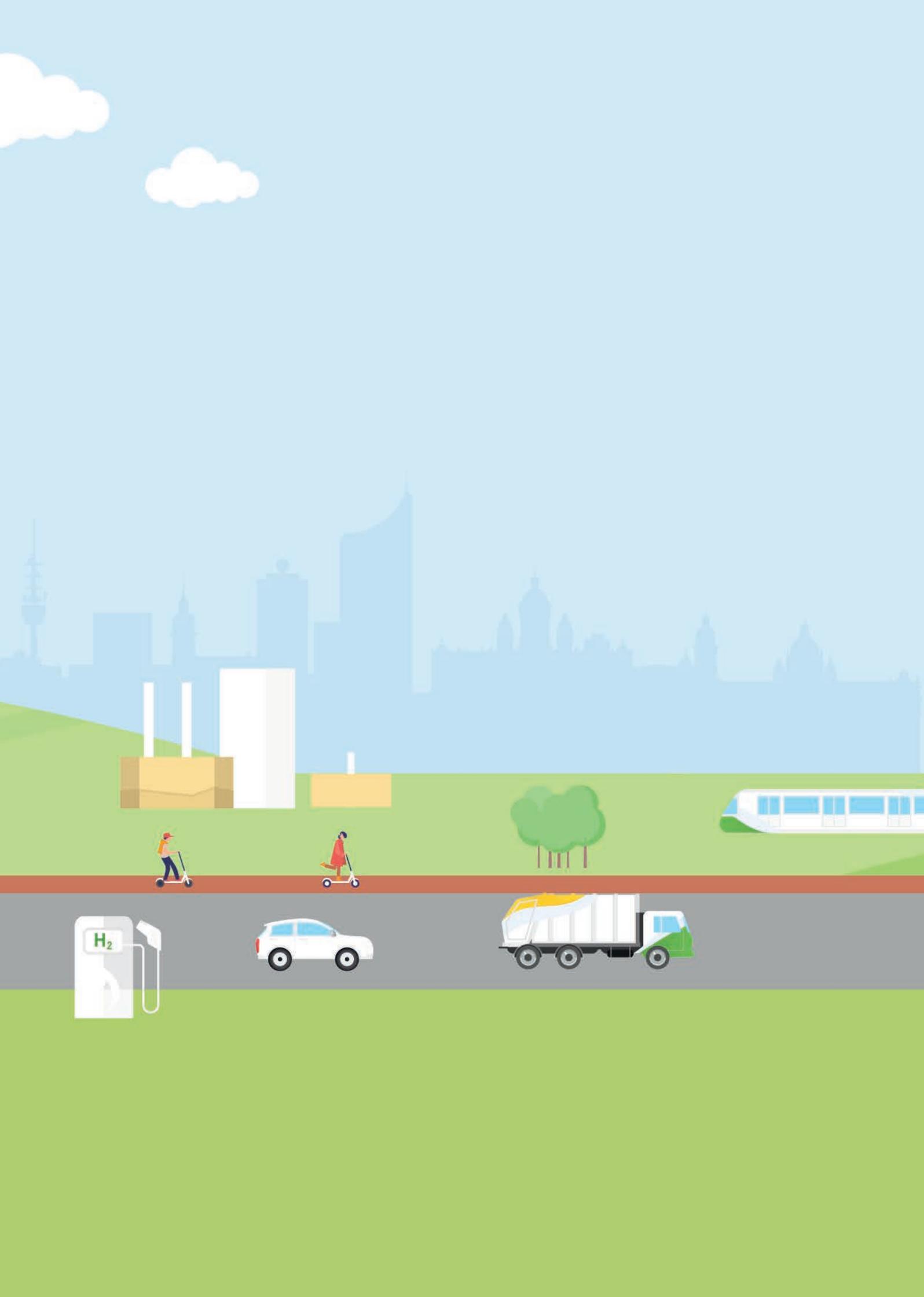
Zusammenfassend ergeben sich erhebliche Potenziale für die Weiterentwicklung der Metropolregion als Produktions- und Anwendungsstandort für grünen Wasserstoff sowie grüne Grundstoffchemikalien (wie z.B. Biomethanol, Powerfuels). Durch die vorhandenen Rahmenbedingungen und Strukturen eignet sie sich hervorragend als überregionale Wasserstoff-Hub im Sinne der in der EU-Wasserstoffstrategie beschriebenen „Hydrogen-Valleys“. Damit bestehen ideale Voraussetzungen für den Aufbau eines Wasserstoffmarktes, auf dem industrielle H<sub>2</sub>-Produktion, Logistik und Verbrauch effizient zusammenfinden. Neben den erwarteten Synergien sind mit der Entwicklung einer Wasserstoffregion auch zusätzliche Chancen für die Exportwirtschaft entlang der im sächsischen Innovationscluster komplett vorhandenen Wasserstoff-Wertschöpfungskette verbunden, so dass Wasserstoff in Sachsen nicht nur ein energiepolitisches, sondern auch ein bedeutendes wirtschafts- und industriepolitisches Thema ist.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Airbus S.A.S. (2021).

<sup>2</sup> Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V. (Hypos) (2021).

<sup>3</sup> Vgl. HZwo e.V. (2021-1); HZwo e.V. (2021-2).



# 6 Voraussetzungen für eine lokale Wasserstoffwirtschaft

Wesentliches Ziel beim Einsatz von Wasserstoff ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen, so dass diese über ihren gesamten Lebenszyklus mit den jeweiligen technologischen Alternativen zu vergleichen sind. Um einen nachhaltig effizienten Technologiemix zu gestalten, sind neben der Umweltbilanz auch ökonomische und soziale Bewertungen sowie die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung der betrachteten Technologien einzubeziehen.

Bei der Gewinnung von Wasserstoff über Elektrolyse ist zu berücksichtigen, wie der erforderliche Strom erzeugt wird. Der Aufbau von Elektrolysekapazität ist nur sinnvoll, wenn die Bereitstellung erneuerbarer Energie entsprechend ausgebaut wird, wobei der aktuell geplante Ausbau auf einen Anteil von 65% erneuerbarer Energie im Stromsektor bis 2030 nicht mehr ausreichend ist. Die Bundesregierung geht ferner davon aus, dass sich der Strombedarf bis 2030 auf dem heutigen Niveau bewegt.<sup>1</sup> Der umfassende Einsatz von grünem Wasserstoff in der Industrie und im Mobilitätssektor würde zu einer deutlichen Steigerung des Bedarfs führen, so dass auf politischer Ebene der Ausbau erneuerbarer Energien deutlich schneller vorangetrieben werden muss als bisher geplant. Nach dem Anpassungsvorschlag des Bundeskabinetts von Mitte Mai 2021 liegen die Ziele bis zum Jahr 2030 bei mindestens 90 GW Wind onshore (Ziel EEG 2021: 71 GW) und mindestens 125 GW PV (Ziel EEG 2021: 100 GW).

Zur Beurteilung der Klimabilanz ist ferner relevant, ob der zur Erzeugung von Wasserstoff genutzte Strom alternativ in das Stromnetz eingespeist werden und fossile Energiequellen ersetzen könnte. Bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien können Elektrolyseure gut als flexible Lasten eingesetzt werden und dennoch eine ausreichend hohe Anzahl von Volllaststunden erreichen. Auch die Abwärme der Anlagen kann und sollte z. B. in Wärmenetzen genutzt werden.

Die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Wasserstoff im Vergleich zu fossilen Energieträgern hängt wesentlich vom CO<sub>2</sub>-Preis ab. Differenzverträge für CO<sub>2</sub>-Preise (sog. „Carbon Contracts for Difference“) können Anreize für Investitionen in umweltfreundliche Technologie schaffen. Dabei ist kritisch abzuwägen, in welchen Bereichen aus heutiger Sicht eingeschätzt werden kann, dass der Einsatz von Wasserstoff langfristig ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist. Mit hoher Sicherheit trifft dies für die stoffliche Verwendung in der Industrie und zur Absicherung der Energieversorgung in Zeiten, in denen nicht ausreichend Energie aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht, sowie für Kraftstoffe im internationalen Flug- und Schiffsverkehr zu.<sup>1</sup> In diesen Bereichen sollte der Aufbau der entsprechenden Infrastruktur bevorzugt vorangetrieben werden.

Für den Individualverkehr erscheint der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur momentan hingegen nicht sinnvoll, da batterieelektrische Pkw aktuell ökonomisch und ökologisch effizienter betrieben werden können. Im Güterverkehr und ÖPNV besteht bei sehr schweren Fahrzeugen oder hoher Reichweitenanforderung ein hoher Energiespeicherbedarf, so dass wasserstoffbetriebene gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen zumindest heute noch Vorteile aufweisen. Ist die Entwicklung im jeweiligen Sektor unsicher, sind Fördermittel zur Erprobung verschiedener Technologieoptionen nötig. Praxiserfahrungen und technologischer Fortschritt, z.B. Kostenreduktionen und Lernkurveneffekte infolge hoher Produktionsvolumina, ermöglichen zu einem späteren Zeitpunkt die Beurteilung, welche Technologie ausgerollt werden soll.<sup>2</sup>

---

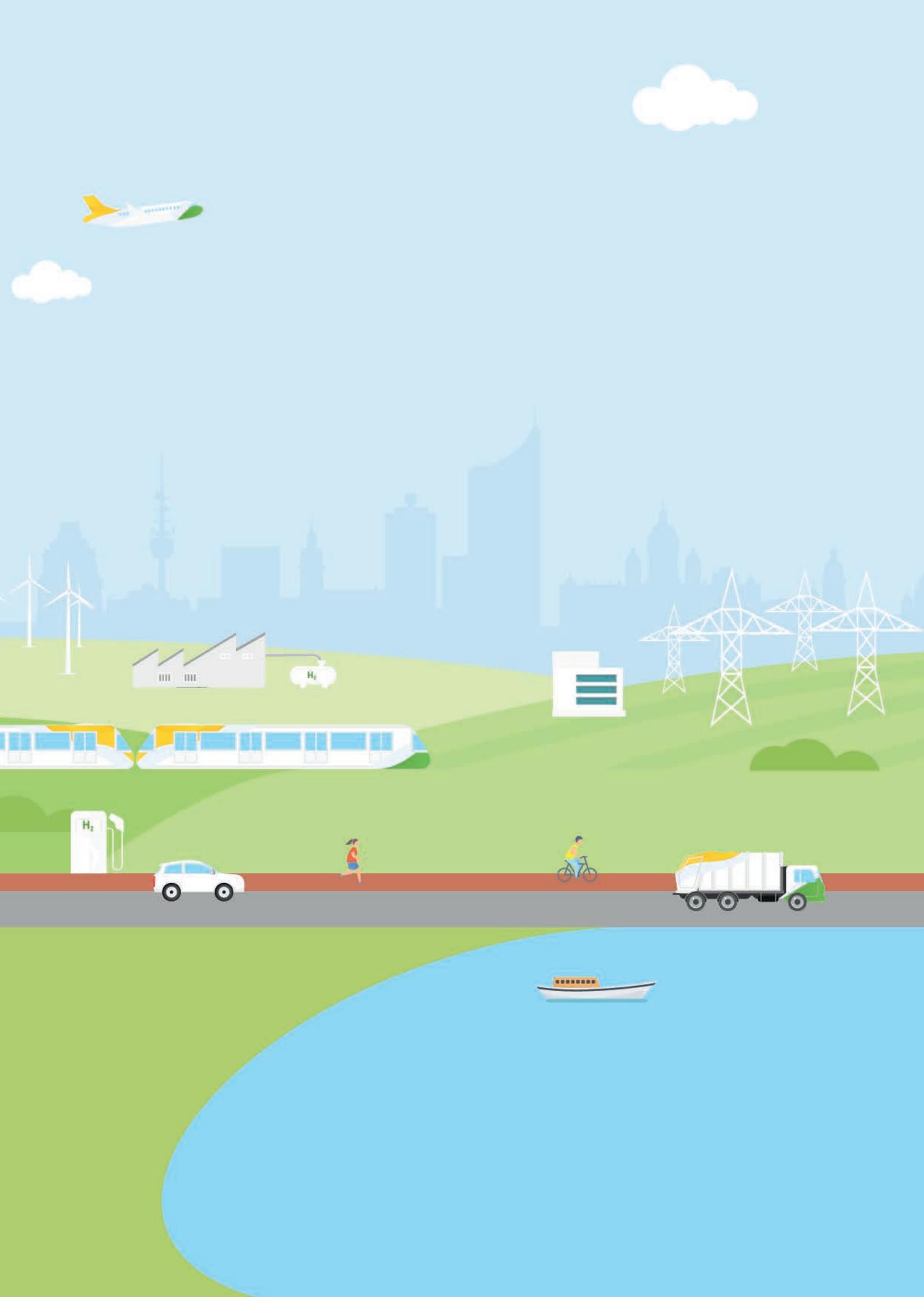
<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-3)

<sup>2</sup> Vgl. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021)

Zusammenfassend lassen sich somit zwei Kernpunkte formulieren: Zum einen ist für den Export von Maschinen und Technologien ein Heimatmarkt nötig oder zumindest sehr hilfreich. Weiterhin wird sich die Industrie für die Produktion von Materialien, die nicht schwer zu transportieren sind und für die Wasserstoff erforderlich ist, in Regionen ansiedeln, in denen grüner Wasserstoff in ausreichenden Mengen und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung steht. Die Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen ist somit die wesentliche Voraussetzung für die Ansiedlung oder den Erhalt von Industriezweigen im Rahmen einer lokalen Wasserstoffwirtschaft.

Angesichts der hohen Kosten für die Umstellung auf grüne Wasserstofftechnologien sowie der damit verbundenen langen Entwicklungs- und Investitionszyklen sind politische Unterstützung sowie ein rasches wie konsequentes Handeln erforderlich. Die breitere Anwendung erfordert auch den Willen zu einem deutlich beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien. Vor diesem Hintergrund entwickelt die Leipziger Gruppe gemeinsam mit ihren Partnern aus Politik, Forschung, Industrie und Verbänden ihr Konzept für die Energieversorgung der Zukunft rund um den Energieträger grüner Wasserstoff kontinuierlich weiter.





# 7 Zusammenfassung Studie

Grüner Wasserstoff ist eine der vielversprechendsten Technologien zur Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeerzeugung, der Mobilität und der energieintensiven Industrie in unserer Region. Der Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen bietet ebenso einen wesentlichen Standortvorteil und die Basis für einen erfolgreichen klimafreundlichen Strukturwandel.

In Leipzig bestehen durch die Nähe zu energieintensiven Industrien, dem mitteldeutschen Wasserstoffnetz und der Vielzahl herausragender Forschungseinrichtungen sowie die großen Potenziale zur Sektorenkopplung hervorragende Voraussetzungen für eine breite Anwendung von Wasserstoff. Die Region zählt bereits heute insbesondere wegen der ansässigen chemischen Industrie zu den größten Wasserstoffverbrauchern in Deutschland und verfügt daher bereits über umfangreiche Wasserstoffkompetenzen.

Obwohl grüner Wasserstoff im Vergleich zu Wasserstoff aus fossilen Quellen heute noch nicht wirtschaftlich einsetzbar ist, werden mit dem Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft Kostenreduktionen aufgrund sinkender Preise für Strom auf Basis erneuerbarer Energien und Effizienzsteigerungen der Elektrolyseure erwartet.

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass Wasserstoff zu einer wichtigen Komponente im Energie- und Mobilitätssystem werden wird:

- Strombasierte Energieträger wie grüner Wasserstoff können in Phasen, in denen nicht genügend erneuerbarer Strom („Dunkelflaute“) zur Verfügung steht, Erzeugungsschwankungen ausgleichen. Hierfür kann Wasserstoff in KWK-Anlagen in Strom und Wärme gewandelt werden.
- Im öffentlichen Nahverkehr ist der Betrieb von Wasserstofffahrzeugen (Brennstoffzellenfahrzeugen) noch deutlich teurer als der Einsatz von Elektrofahrzeugen. Daher sind langfristig Zuschüsse bei Betriebskosten und Infrastruktur notwendig, um eine emissionsfreie und kostengünstige Mobilität im öffentlichen Nahverkehr zu ermöglichen. Nichtsdestotrotz ist von einem Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor, u. a. in der Logistik, zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors auszugehen.

Voraussetzung für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ist die langfristige politische Unterstützung und das Herstellen von Planungssicherheit für kapitalintensive Wasserstoffprojekte. Hierzu zählen:

- Der Abbau bestehender Hemmnisse für den Ausbau erneuerbarer Energien, die für die Erzeugung von grünem Wasserstoff benötigt werden,
- der Ausbau des Wasserstoffnetzes durch Kombination von Neubau und Umstellung vorhandener Erdgasleitungen sowie durch Vernetzung der Wasserstoffherzeuger mit potenziellen Verbrauchern (z. B. Kraftwerken auf KWK-Basis) sowie
- Investitionsanreize in Wasserstoffherzeugungsanlagen (Elektrolyseure) und wasserstoffkompatible Anlagen, wie z. B. Kraftwerke und Nutzfahrzeuge.



# Literaturverzeichnis

Zum Abrufen der jeweiligen Studie bitte QR Code scannen!



Airbus SAS (2021): ZEROe

Towards the world's first zero-emission commercial aircraft.



BEE, 8KU, AGFW (2020): Strategien zur Treibhausgas-Reduktion und zum systemrelevanten Ausbau der leitungsgebundenen Wärme und Kälte in Deutschland.



BloombergNEF (2020): Hydrogen Economy Outlook, March 30, 2020.



BUND Landesverband Sachsen e.V.; Weiterdenken – Heinrich-Böll-Stiftung Sachsen (Hrsg., 2020): Kohleatlas Sachsen 2020.



Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020): Eine kleine Wasserstoff-Farbentlehre.



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung.



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-1): Die Nationale Wasserstoffstrategie.



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-2): Bundesbericht Energieforschung 2020



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020-3): BT-Drucksache: 19/16946 – Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Martin Neumann, Michael Theurer, Reinhard Houben, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP betr.: „Entwicklung des Strombedarfs bis 2030“.



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland – unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand: Februar 2021.



DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (2020): Kompendium Wasserstoff in Gasverteilnetzen (H<sub>2</sub>-Kompendium VNB) – Folgeaktivität Produkt-Steckbriefe.



Europäische Kommission (2019-1): The European Green Deal



Europäische Kommission (2019-2): Clean Vehicles Directive



Europäische Kommission (2020): A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe.



Europäische Kommission (2021): RED II: Renewable Energy Directive



FfE Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (2019): Studie zur Regionalisierung von PtG-Leistungen für den Szenariorahmen NEP Gas 2020-2030.



FNB Gas (2021): Vision für ein H2-Netz



Fraunhofer ISE (2020): Presseinformation #19: Auch in Bestandsgebäuden funktionieren Wärmepumpen zuverlässig und sind klimafreundlich.



Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V. (Hypos) (2021)



HZwo e.V. (2021-1): Wertschöpfungspotenziale von Wasserstoff für Sachsen.



HZwo e.V. (2021-2): Pressemitteilung vom 11.03.2021: Wasserstofftechnologien im Gigawattbereich aus Sachsen – sieben Unternehmen wollen Produktion und Transportkapazität massiv ausbauen.



Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V. (2020): Wasserstoffranking 2020 - Wo steht das Ruhrgebiet im Metropolismvergleich?



IRENA (2020): Green Hydrogen: A guide to policy making, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.



IRENA (2021): World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi (Preview).



ITM Power (2021), Pressemitteilung vom 13.01.2021: Sale to Linde of World's Largest PEM Electrolyser.



KPMG (2020): The hydrogen trajectory, basierend auf Daten der IEA 2019 (The Future of Hydrogen. Report prepared by the IEA for the G20, Japan, 2019).

Links zu Mobilität und Logistik (2018-2021):



Deutsche Welle (2018): Der erste ohne Emissionen: Brennstoffzellen-Zug startet.



Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018): Zug um Zug mit Wasserstoff.



NOW GmbH (2019): Pressemitteilung vom 22.05.2019: Weltweit größte Brennstoffzellenzug-Flotte für den Taunus geplant.



Staatsministerium Baden-Württemberg (2021): Pressemitteilung vom 25.02.2021: Brennstoffzellenzug im Netz der Zollernalbbahn.



Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH; Schultz projekt consult; Fraunhofer IMW; HYPOS e.V. (2021): Potenzialstudie Grüne Gase – Analyse und Bewertung der Potenziale von Grünen Gasen in der Innovationsregion, 1. Zwischenbericht (Revision).



Morlanés, Natalia, et al. (2021): A technological roadmap to the ammonia energy economy: Current state and missing technologies, in: Chemical Engineering Journal 408 (2021): 127310.



NOW GmbH (2021) – Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie: NOW-Jahresbericht 2020.



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.



Rat der Europäischen Union (2015): FQD: Fuel Quality Directive.



Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020): Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO<sub>2</sub>-Budget.



Stadt Leipzig, Stadtratsbeschluss vom 07.10.2020: Leipzig auf dem Weg zur „Wasserstoffstadt“ (VII-A-01499).



Stadwerke Leipzig (2020): Stromkennzeichnung der Stromlieferungen im Jahr 2019, Stand 1. November 2020.



United Nations (2020): Nationally Determined Contributions (NDCs). The Paris Agreement and NDCs.

Die in diesem Dokument angegebenen Verweise auf Quellen im Internet wurden zuletzt am 18.06.2021 geprüft. Für die Richtigkeit der Links können wir keine Gewähr übernehmen.

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Emissionsziele 2030

Abbildung 2: Notwendige CO<sub>2</sub>-Einsparmaßnahmen zur Erreichung des 1,5°-Ziels und vorgeschlagene Reduktionspfade

Abbildung 3: Farbenlehre zur Wasserstoffherzeugung / Erzeugungsquellen und Verwendung von Wasserstoff

Abbildung 4: Entwicklung der Wasserstoffgestehungskosten nach Erzeugungstechnologie

Abbildung 5: Das bestehende Wasserstoffnetz der Region und die geplante überregionale Vernetzung

Abbildung 6: Die Region Leipzig im Zentrum der größten Wasserstoffverbraucher in Deutschland

Abbildung 7: Bi- und multilaterale Kooperationsprojekte zu den Themen grüner Wasserstoff und grüne Gase

# Impressum

<b>Kontakt</b>	LVV Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH Reichsstraße 4 04109 Leipzig lyhve@L.de www.lyhve.de	<b>Projektnummer</b>	202055
		<b>Herausgeber und Auftraggeber</b>	Leipziger Gruppe
		<b>Konzept und Gestaltung</b>	Centralgestalt GmbH www.centralgestalt.de
<b>Verantwortlich</b>	Karsten Rogall, Geschäftsführer Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft Ulf Middelberg, Geschäftsführer Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft		
<b>Studienpartner</b>	Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie Neumarkt 9 – 19 04109 Leipzig www.imw.fraunhofer.de		

## Wir sind Leipziger.

LVV Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH  
Reichsstraße 4, Speck's Hof (Aufgang A)  
04109 Leipzig

[www.L.de](http://www.L.de)