



# **Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen**

## Executive Summary

# WASSERSTOFFSTUDIE NORDRHEIN-WESTFALEN

## EXECUTIVE SUMMARY

EINE EXPERTISE FÜR DAS MINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT, INNOVATION, DIGITALISIERUNG  
UND ENERGIE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Jan Michalski  
Matthias Altmann  
Ulrich Bünger  
Werner Weindorf

Mai 2019



ludwig bolkow  
systemtechnik

## **HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG:**

### **Welche ökonomischen und klimarelevanten Potenziale hat der Wasserstoff in einem künftigen Energiesystem?**

Durch den zunehmenden Ausbau der erneuerbaren Energien und die voranschreitende Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und Industrie unterliegt das deutsche Energiesystem einem grundlegenden Wandel, der nicht nur einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz leistet, sondern auch wirtschaftliche Chancen durch neue Arbeitsplätze, Wirtschaftswachstum und eine Reduktion der Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen bietet. In diesem Zusammenhang kann Wasserstoff, der vornehmlich mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom produziert werden wird, als universeller Energieträger in den genannten Sektoren und als Langzeitspeicher großer Energiemengen einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Die wesentliche Zielsetzung der vorliegenden Studie besteht in einer Untersuchung der ökonomischen und klimarelevanten Wirkungspotenziale von Wasserstoff in einem künftigen Energiesystem in Nordrhein-Westfalen und Deutschland. Dazu wird der Einsatz von Wasserstoff aus Wasserelektrolyse im Rahmen einer umfassenden Sektorenkopplung (Strom, Wärme, Verkehr und Industrie) im künftigen Energiesystem mit einem zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien systematisch modelliert und analysiert. Neben den wirtschaftlichen Chancen und Anforderungen an die relevanten Energieinfrastrukturen durch Wasserstoff stehen dabei auch mögliche Wertschöpfungspotenziale sowie die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Bundesebene im Vordergrund.

Die detaillierte Untersuchung des Energiesystems von Nordrhein-Westfalen und Deutschland erfolgt mithilfe einer integrierten Modellierung der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST). Insgesamt werden sechs Szenarien näher betrachtet, die grundsätzlich anhand der Treibhausgas (THG) Minderungsziele von -55% in 2030 sowie -80% bis -95% in 2050 charakterisiert sind. Für jedes dieser Klimaschutzziele wird zudem jeweils zwischen einem Szenario mit Fokus auf Elektrifizierung (Strom als Hauptenergieträger für überwiegend elektrische Endanwendungen) und Fokus auf Wasserstoff (mit dedizierten H<sub>2</sub>-Rohrleitungen für überwiegend H<sub>2</sub>-Endanwendungen) unterschieden, um so aus dem Vergleich der beiden Szenarien die Kosten und den Nutzen von Wasserstoff abzuleiten.

## WESENTLICHE ERKENNTNISSE

### **Ambitionierte Klimaschutzziele erfordern große Elektrolyseleistung, saisonale Speicherung und umfangreichen Energietransport.**

Die optimale Auslegung und Funktionsweise des Energiesystems hängen maßgeblich von den jeweiligen Klimaschutzzielen und dem Anteil erneuerbarer Energien ab. Bei einem THG-Ziel von -80% spielen Erdgas-Kraftwerke bei der Energieerzeugung und zur Deckung der Stromspitzenlast bis 2050 eine wesentliche Rolle. Der Bedarf an zusätzlicher saisonaler Energiespeicherung ist damit begrenzt. Bei einem ambitionierten Klimaschutzziel von -95% verändert sich das Energiesystem grundlegend. Aufgrund der unvermeidbaren Restemissionen aus Industrie und Landwirtschaft müssen nicht nur der Verkehrs- und Gebäudesektor, sondern auch die Energieversorgung THG-neutral werden. Daher werden in den entsprechenden Szenarien zum Ausgleich der fluktuierenden und saisonalen Stromproduktion große Kapazitäten an H<sub>2</sub>-Rückverstromung von bis zu 90 GW und an H<sub>2</sub>-Speicherung von 40-60 TWh zugebaut.

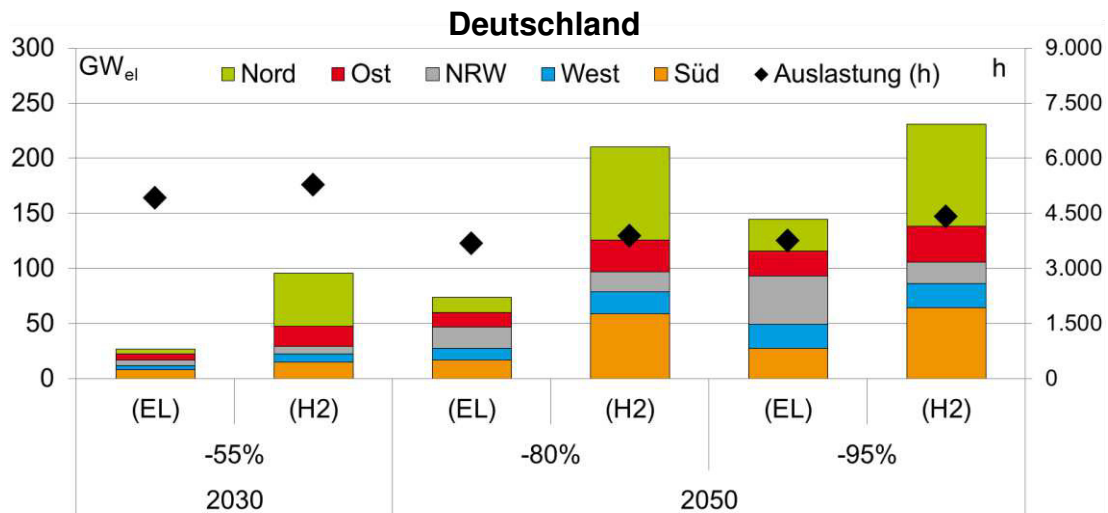
Wie in Abbildung 1 dargestellt bewegt sich die optimale Leistung der Elektrolyse in Deutschland in einer relativ großen Bandbreite. Bei einem THG-Minderungsziel von 55% liegt sie bei 25-100 GW und steigt in den -80% Szenarien auf 75-210 GW. Bei dem ambitionierten Klimaschutzziel von -95% beträgt die benötigte Elektrolyseleistung 150-250 GW. In Nordrhein-Westfalen werden langfristig besonders große verbrauchernahe Elektrolyseure (bis zu 40 GW) und H<sub>2</sub>-Röhrenspeicher im Szenario mit dem Fokus auf Elektrifizierung installiert, da sich im Ruhrgebiet durch die Stahlindustrie eine sehr hohe H<sub>2</sub>-Nachfrage entwickeln kann. Auf diese Weise kann die Stahlindustrie für den Aufbau der H<sub>2</sub>-Infrastruktur in NRW eine bedeutende Rolle spielen und kann als potenzieller „Game Changer“ betrachtet werden. Die Elektrolyse weist zudem in allen Szenarien eine relativ gute Auslastung von 4.000-5.000 Vlh<sup>1</sup>/a auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es im Optimum günstiger ist, die überschüssige Einspeisung aus erneuerbaren Energien abzuregeln, statt die Elektrolyse weiter auszubauen.

Durch den Zubau erneuerbarer Energien fällt der Bedarf an Stromnetzausbau insbesondere in ambitionierten Szenarien mit Fokus auf Elektrifizierung deutlich höher aus als im aktuellen Netzentwicklungsplan prognostiziert. In den Szenarien mit dem Fokus auf Wasserstoff reduziert sich der Ausbaubedarf der Stromnetze deutlich, da der Großteil der Elektrolysekapazität in der Nähe energiereicher

---

<sup>1</sup> Vlh: Volllaststunden

Standorte (z.B. Windenergie im Norden) errichtet wird und das H<sub>2</sub>-Rohrleitungssystem die entsprechende Funktion des übergeordneten Energietransports übernimmt. Dabei ist traditionell der Energietransport von Nord nach Süd durch Nordrhein-Westfalen aufgrund der hier bereits vorhandenen Gasleitungskapazitäten auffallend.



**Abbildung 1: Installierte Leistung sowie Auslastung der Elektrolyse in Deutschland in GW bzw. Volllaststunden**

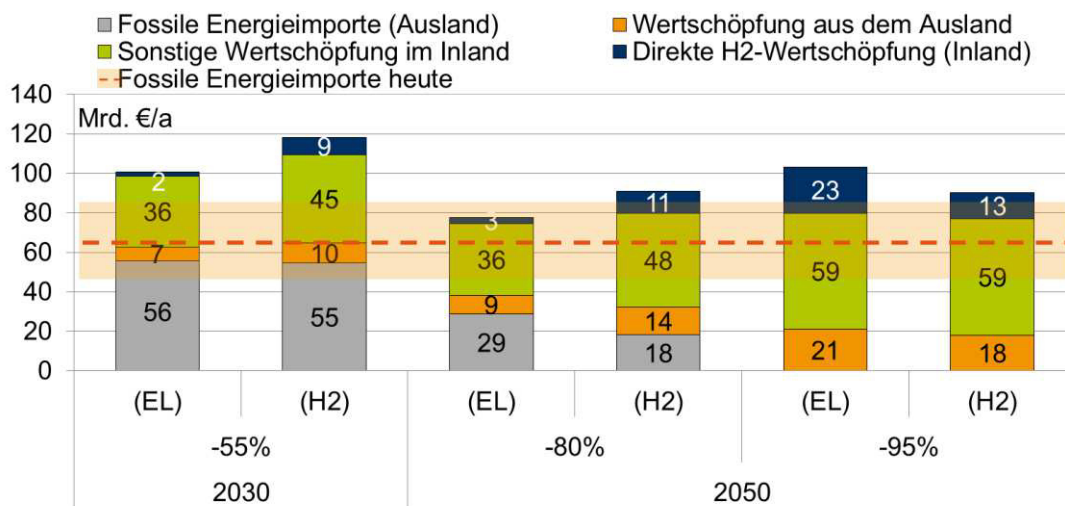
**Durch die verstärkte Nutzung von Wasserstoff werden langfristig die Systemkosten minimiert und die Integration erneuerbarer Energien begünstigt.**

Insgesamt können die minimalen Kosten in einem Energiesystem mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien als ein Kompromiss zwischen den Kosten der Einspeisung erneuerbarer Energien und der Systemflexibilität verstanden werden. Mittelfristig bis 2030 und langfristig bis 2050 bei einem THG-Minderungsziel von -80% überwiegen die ökonomischen Vorteile eines Energiesystems mit geringerem H<sub>2</sub>-Anteil in den Szenarien mit Fokus auf Elektrifizierung. Bei einem ambitionierten THG-Ziel von -95% dreht sich das Verhältnis jedoch um und das System mit Fokus auf Wasserstoff weist deutlich geringere Gesamtkosten aus. Dabei ist jedoch zu beachten, dass im -80% Szenario mit Fokus auf Wasserstoff eine deutlich größere Menge erneuerbarer Energien bei gleichbleibenden Systemkosten eingespeist wird und das als Obergrenze gesetzte Klimaschutzziel übererfüllt wird. Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine langfristig verstärkte H<sub>2</sub>-Nutzung die Integration der erneuerbaren Energien bzw. die zunehmende THG-Neutralität

des Energiesystems begünstigt. Zudem werden dadurch in den entsprechenden Szenarien auch die durchschnittlichen Gesteungskosten für Strom und Wasserstoff reduziert.

**Wasserstoff hat positive volkswirtschaftliche Effekte durch zusätzliche Wertschöpfung, vermiedene Energieimporte und Arbeitplatzeffekte.**

Die durchgeführten Analysen zeigen die positiven Effekte in der Wertschöpfung durch Wasserstoff auf. Insgesamt kann eine mit einer H<sub>2</sub>-Nutzung verbundene zusätzliche Wertschöpfung je nach Szenario von 10-50 Mrd. €/a in Deutschland entstehen, wovon ca. 1-10 Mrd. €/a auf Nordrhein-Westfalen entfallen. Einen dominanten Anteil daran hat die indirekte Wertschöpfung durch die Stromproduktion erneuerbarer Energien für die H<sub>2</sub>-Erzeugung, gefolgt von der Elektrolyse. In NRW spielen außerdem die Herstellung von H<sub>2</sub>-Röhrenspeichern und der H<sub>2</sub>-Transport eine wichtige Rolle. Weitere Potenziale für die heimische Wirtschaft können sich aus H<sub>2</sub>-Anwendungstechnologien unabhängig von ihrem Einsatzort, d.h. sowohl bei der Nutzung in NRW als auch im Export dieser Produkte, ergeben.



**Abbildung 2: Jährliche Gesamtkosten des deutschen Energiesystems im Vergleich zu heutigen Energieimporten in Mrd. €/a**

In einem weitestgehend THG-neutralen Energiesystem können fossile Energieimporte nach Deutschland von bis zu 10 Mrd. €/a in 2030 und bis zu 65 Mrd. €/a in 2050 vermieden werden (siehe Abbildung 2). Außerdem befinden sich die Systemkosten, die um die inländische Wertschöpfung bereinigt sind, bereits

mittelfristig bis 2030 beim Fokus auf Wasserstoff in der gleichen Größenordnung wie beim Fokus auf Elektrifizierung. Langfristig bis 2050 sind in einer solchen Betrachtung die Szenarien mit Fokus auf Wasserstoff klar im Vorteil. Die Arbeitsplatzeffekte sind grundsätzlich vergleichbar mit der inländischen Wertschöpfung. Dabei können durch den Einsatz von Wasserstoff ca. 20.000 bis 130.000 Arbeitsplätze in NRW entstehen.

## **HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN:**

### **Strom und Wasserstoff sind bereits heute ideale Partner auf dem Weg zum THG-neutralen Energiesystem der Zukunft**

Auch wenn Wasserstoff seine Stärken insbesondere bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien ausspielen kann, erfordert eine intelligente Energiewende schon heute sektorenübergreifende Ansätze und Infrastrukturen, die die Einbindung von Wasserstoff in das Energiesystem vorbereiten und etablieren. Nur so können unerwünschte Fehlinvestitionen und unnötige Lock-in-Effekte vermieden werden. In diesem Zusammenhang sind die beiden Energieträger Wasserstoff und Strom bereits heute ideale Partner auf dem Weg zu einem THG-neutralen Energiesystem der Zukunft. Im Hinblick auf den Energieträger Wasserstoff ergeben sich basierend auf den Ergebnissen der Analysen folgende Handlungsempfehlungen.

### **Allgemeine Empfehlungen:**

- Erstellung einer detaillierten und umfassenden H<sub>2</sub>-Roadmap für NRW, um den Aufbau der H<sub>2</sub>-Infrastruktur möglichst effizient zu gestalten;
- Identifikation und Analyse früher Business Cases für Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen inkl. der möglichen Synergieeffekte;
- Aufklärungs- und Informationskampagnen zur Erhöhung der öffentlichen Akzeptanz von Wasserstoff durchführen;
- Politischen Diskurs bzgl. des anzustrebenden Niveaus an Energieautarkie bzw. Energieimporten anstoßen und konsequent durchführen;
- Verwendung von Strukturmitteln für den Kohleausstieg zur Etablierung der H<sub>2</sub>-Technologie in NRW als neuen, starken Industriezweig;
- Förderung von konkreten Projekten zur Umsetzung von H<sub>2</sub>-Systemen mit dem Potenzial zur späteren kommerziellen Nutzung;

- Technische Weiterentwicklung und Innovationen verfolgen und ggf. rechtzeitig fördern. Neuentwicklungen sollten durch fortlaufende Anpassung der Regulatorik flankiert werden;
- Kooperation mit dem Ausland (z.B. Niederlande) etablieren bzgl. möglicher H<sub>2</sub>-Importe, eines grenzüberschreitenden Erfahrungsaustausches und eines synergetischen Ausbaus der H<sub>2</sub>-Gasinfrastrukturen.

#### **Empfehlungen H<sub>2</sub>-Produktion:**

- Förderung der H<sub>2</sub>-Produktion durch Befreiung von Abgaben (z.B. EEG-Umlage) bei der Strombeschaffung für die Elektrolyse;
- Aufbau eines Zertifizierungssystems für H<sub>2</sub>-Herkunftsnachweise;
- Erarbeitung und Umsetzung von Marktmechanismen (z.B. in Form von Kapazitätsmärkten), die die Systemflexibilität durch Wasserstoff entsprechend honorieren.

#### **Empfehlungen H<sub>2</sub>-Infrastruktur:**

- Anpassung der Regulatorik für einen netzdienlichen Einsatz der H<sub>2</sub>-Technologie durch Netzbetreiber,
- Unterstützung verbindlicher und einheitlicher Regelungen zur H<sub>2</sub>-Zumischung in das Gasnetz auf Verteil- und Transportnetzebene;
- Abstimmung im Ausbau von EE sowie Strom-, Gas- und Wärmenetzen;
- Genauere Untersuchung und Umsetzung der Speicherfunktion von Gasverteilnetzen;
- Kurzzeitspeicher mit Langzeitspeichern in einem integrierten Energiesystem in Einklang bringen.

#### **Empfehlungen H<sub>2</sub>-Nachfrage:**

- Weiterer Ausbau der H<sub>2</sub>-Tankstellen in NRW und Deutschland zur Anreizung der Nutzung von Wasserstoff im Verkehr;
- Beschaffung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen durch die öffentliche Hand (z.B. als Flottenfahrzeuge) zur Schaffung zusätzlicher H<sub>2</sub>-Nachfrage.



# Impressum

## Herausgeber:

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie des Landes  
Nordrhein-Westfalen

Berger Allee 25  
40213 Düsseldorf  
Tel.: +49 (0) 211/61772-0  
Fax: +49 (0) 211/61772-777  
E-Mail: [poststelle@mwide.nrw.de](mailto:poststelle@mwide.nrw.de)  
Internet: [www.wirtschaft.nrw](http://www.wirtschaft.nrw)

Referat VII.5 „Sektorübergreifende  
Energiesysteme der Zukunft; Klimaschutz in  
der Industrie“

Diese Studie wurde durch die Ludwig-Bölkow-  
Systemtechnik GmbH im Auftrag des  
Ministeriums für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie des Landes  
Nordrhein-Westfalen erstellt.

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH  
Daimlerstrasse 15  
85521 Ottobrunn  
Tel.: +49 (0) 89 608110-0  
E-Mail: [info@lbst.de](mailto:info@lbst.de)

## Bildnachweise:

© shutterstock.com/de/g/kodda (Deckblatt),  
Csaba Mester (Rückseite)

Die Publikation ist auf der Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen unter [www.wirtschaft.nrw/broschuerenservice](http://www.wirtschaft.nrw/broschuerenservice) als PDF-Dokument abrufbar.

## Hinweis:

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt auch für Landtags-, Bundestags-, und Kommunalwahlen sowie für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt hiervon unberührt. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin oder dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen**  
Berger Allee 25, 40213 Düsseldorf  
[www.wirtschaft.nrw](http://www.wirtschaft.nrw)

