

2021 —

W a s s e r s t o f f S t a r t u p s

**sind Innovationstreiber –
eine Chance für das Ruhrgebiet**



V O R W O R T

Katherina Reiche

Vorstandsvorsitzende der Westenergie AG und
Vorsitzende des Nationalen Wasserstoffrats



Was haben das kalifornische Silicon Valley und das südostasiatische Perlfussdelta gemeinsam? Sie haben Hightech-Revolutionen und den Markthochlauf bahnbrechender Technologien vorangetrieben und dann selbst erfolgreich genutzt. Sie haben wirtschaftliche Ökosysteme aufgebaut, die Innovationen fördern, Wertschöpfung im Superlativ ermöglichen und dadurch viele neue Arbeitsplätze schaffen.

Deutschland hingegen hat erst die Ökonomisierung des Internets und dann die Einführung des Smartphones verschlafen, obwohl hierzulande wichtige Vorarbeiten für diese Technologien geleistet wurden. Dies darf uns bei der nächsten Sprunginnovation nicht noch einmal passieren. Und das ist Wasserstoff.

H₂ ist die Voraussetzung für das Erreichen der Pariser Klimaziele. Er wird überall dort ge-

braucht, wo Strom nicht eingesetzt werden kann. Wasserstoff wird den Weg zu einer dekarbonisierten Wirtschaft, zu emissionsfreier Mobilität und zu klimaneutraler Wärmezeugung ebnen. Damit kann dieser Energieträger ein neues deutsches Wirtschaftswunder auslösen. Und das Ruhrgebiet hat das Zeug dazu, Keimzelle und Zentrum dieser Entwicklung zu sein.

Als größter Ballungsraum Deutschlands ist das Ruhrgebiet prädestiniert für urbane H₂-Projekte, an denen Millionen Menschen partizipieren können. Forschungsinstitute in Mülheim und Oberhausen treiben Technologien wie die Brennstoffzelle voran. Die Chemieindustrie in Essen nutzt Wasserstoff seit Jahrzehnten. In Duisburg soll Wasserstoff Koks-kohle für die Herstellung „grünen Stahls“ ersetzen. Und die Umstellung der vorhande-

nen Erdgasnetze für den H₂-Transport bringt den Wasserstoff schließlich in die eigenen vier Wände – ein kostengünstiger Weg zu dekarbonisierter Wärme. Auch das wird im Ruhrgebiet – in Holzwickede bei Dortmund – erprobt.

Der Startup-Szene an der Ruhr kommt eine Schlüsselrolle zu: Sie kann unserer Region den entscheidenden Vorsprung verschaffen. Als ein führendes Cluster in Deutschland für H₂-Startups kann das Ruhrgebiet für die Beschleunigung sorgen, auf die wir im globalen Wettrennen zur ersten dekarbonisierten Wirtschaft dringend angewiesen sind. Junge Unternehmen und praxisnahe Universitäten können in Bochum und Dortmund H₂-Lösungen mit weltweitem Einsatzpotenzial entwickeln. Dieser H₂-Report zeigt eindrucksvoll: Wenn alle Kräfte aus Forschung, New Economy, traditioneller Industrie und Politik für ein Ziel

zusammenwirken, ist Großes möglich. Dann kann im Ruhrgebiet ein „Hydrogen Valley“ entstehen – eingebettet in Deutschland und Europa. Und wer weiß? Vielleicht wird dann aus Bottrop das „Palo Alto“ der Brennstoffzelle und aus Gelsenkirchen das „Shenzhen“ der Wasserstoff-Wirtschaft!

Katherina Reiche



K E R N E R G E B N I S S E

1 **Ökologische Transformation:** Wasserstoff spielt für die Energiewende in den kommenden Jahrzehnten eine fundamentale Rolle – die Steigerung der jährlich weltweiten neuen Elektrolysekapazitäten um das 24-Fache zwischen 2015 und 2019 deutet bereits auf das enorme Marktvolumen des Sektors hin.

4 **Ruhrgebiet als H₂-Startup Cluster:** Startups bilden ein zentrales Vehikel, um die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft zu beschleunigen. Die Verteilung der H₂-Startups in Deutschland zeigt, dass NRW und Bayern über die Hälfte der Unternehmen auf sich vereinen – dabei stechen das Ruhrgebiet und der Raum München als Cluster mit jeweils 18 % klar hervor.

2 **Innovation durch Zusammenarbeit:** Das Ruhrgebiet bringt die entscheidenden Voraussetzungen zur Entwicklung eines Wasserstoffökosystems mit – starke H₂-Forschung, eine enorme Dichte an relevanten Akteurinnen und Akteuren, eine Fülle von Anwendungsmöglichkeiten in der etablierten Industrie und strategische Initiativen, die vorhandene Projekte bündeln.

5 **Hardware meets Software:** Startups tragen digitale Innovationen in die Wasserstoffwirtschaft, die für die Effizienz der Technologie mittel- bis langfristig entscheidende Wettbewerbsvorteile generieren. Der Aufbau des ersten europäischen H₂-Startup-Hubs im Ruhrgebiet bringt der Region daher einen weiteren wichtigen Standortvorteil.

3 **Dynamik steigern:** Aktuell fehlt es noch an Geschwindigkeit, um hierzulande eine international führende H₂-Wirtschaft aufzubauen. Während Europa 2014 global noch 16 % der neuen Elektrolysepatente registrierte, liegt der Wert 2019 nur noch bei 9 % – die USA und vor allem China haben sich hier deutlich gesteigert.

1 . H I N T E R G R U N D

1.1. Ausgangspunkt und Zielsetzung

Die Bekämpfung des globalen Klimawandels und die dafür notwendige Reduzierung der Treibhausgasemissionen erfordern eine enorme wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformationsleistung. Das ist keine neue Erkenntnis und doch nehmen verbindliche und koordinierte politische Initiativen in Europa aktuell deutlich an Fahrt auf – allen voran der European Green Deal, mit dem der europäische Kontinent bis 2050 das Ziel der Klimaneutralität erreichen will. Dieser politische Kraftakt eröffnet ein Zeitfenster, in dem grüne Innovationen in allen Wirtschaftssektoren durch neue rechtliche Rahmenbedingungen und finanzielle Förderungen forciert werden. Dabei sind es, im Gegensatz zur digitalen Transformation der letzten Jahrzehnte,

vor allem industriell geprägte Regionen, für die sich besondere Herausforderungen, aber auch Chancen ergeben.

Ein zentraler Hoffnungsträger in diesem Transformationsprozess ist der Wasserstoff. Im Bereich der industriellen Produktion ebenso wie in den Sektoren Wärme und Mobilität kann er eine echte CO₂-arme und insbesondere in seiner grünen Variante sogar CO₂-freie Alternative zu anderen Energieträgern sein. Denn beim Einsatz von Wasserstoff, etwa in Brennstoffzellen, entsteht kein Kohlendioxid, sondern neben Elektrizität nur Wärme und Wasser. Damit kann (grüner) Wasserstoff eine Schlüsselrolle bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen in Deutschland einnehmen, ohne die industrielle Produktion einzuschränken.

Das Ruhrgebiet hat als industrielles Zentrum im Herzen Europas die Chance, sich zu einem der wichtigsten Innovationscluster im Bereich des (grünen) Wasserstoffs zu entwickeln. Die Region zeichnet sich durch eine sehr hohe Gründungsaktivität im Bereich Wasserstoff aus, was für die Dynamik und Innovationskraft an der Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie spricht. Ziel dieses Reports ist es, diese Stärke herauszuarbeiten und deutlich zu machen, was es braucht, um das H₂-Cluster im Ruhrgebiet auf die nächste Stufe zu heben.



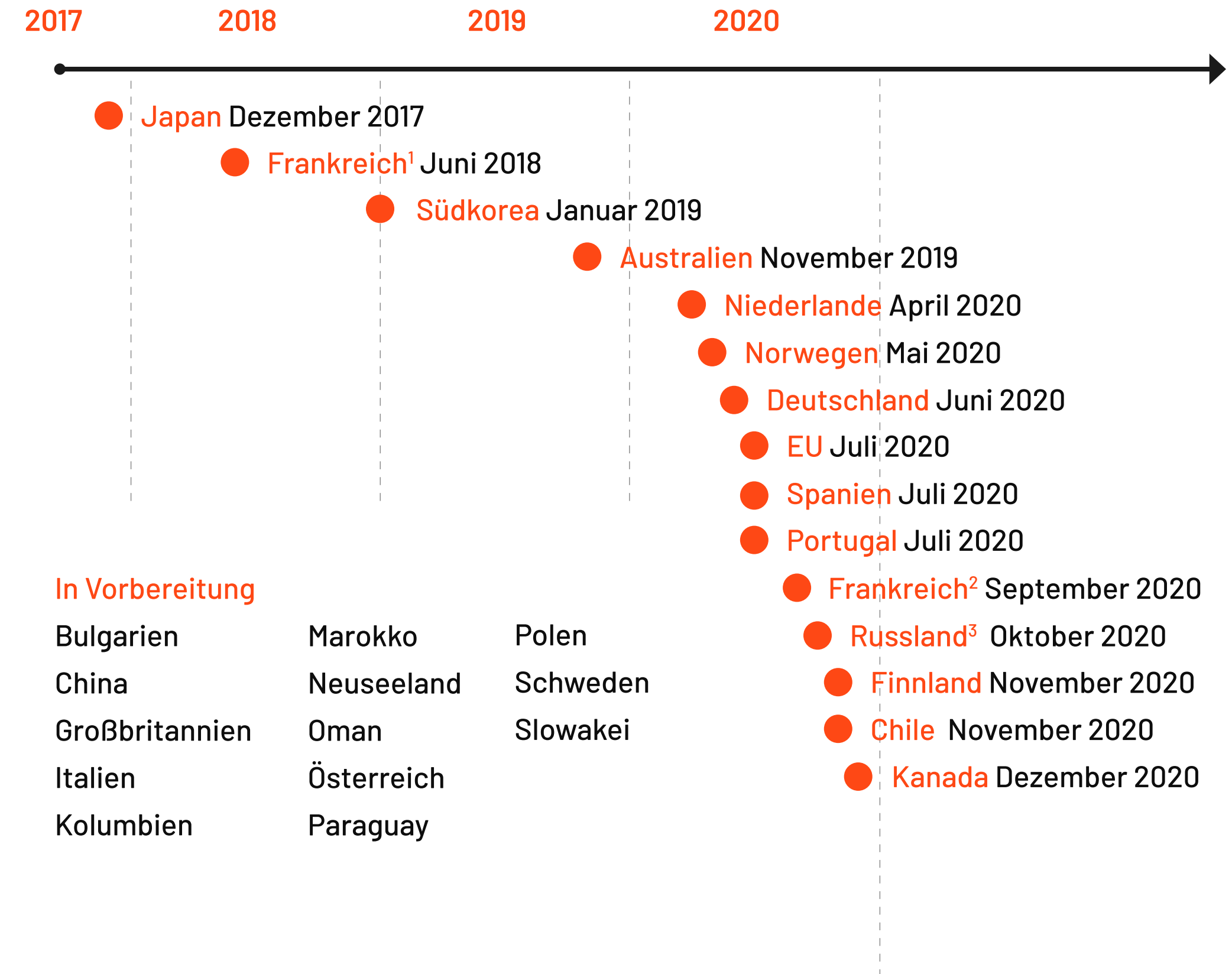
1.2. Die politische Transformation

Auch in der öffentlichen Wahrnehmung spielen die wirtschaftlichen Chancen des Wasserstoffs eine zunehmend wichtige Rolle, wobei der Diskurs von einer deutlichen Polarisierung geprägt ist. Ohne die Debatte im Detail zu rekonstruieren, ist es wichtig festzuhalten: Grüner Wasserstoff, auf den die Entwicklungen langfristig ausgerichtet sind, ist keine vorhandene Energiequelle, sondern ein Energieträger. Als solcher muss er immer durch den Einsatz elektrischen Stroms hergestellt werden. Um mit Blick auf die Energiewende seine Bedeutung zu entfalten, braucht es daher vor allem einen weltweit verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien. Mit Blick auf den European Green Deal ist genau das die politische Zielrichtung der kommenden Jahrzehnte, die von einer breiten politischen Mehrheit unterstützt wird – und deshalb gewinnt Wasserstoff an Relevanz.

Da die Folgen energiepolitischer ebenso wie technischer Entwicklungen nicht im Detail abzusehen sind, birgt es Risiken, auf Wasserstoff zu setzen. Mindestens genauso riskant ist es aber, abzuwarten und nichts zu tun. Die Mobilitätsbranche und der Automobilkonzern Tesla sind die prominentesten Beispiele dafür, wie über Jahrzehnte gewachsene Sektoren aufgebrochen werden können und selbst etablierte Player mit Innovationsrückständen zu kämpfen haben. Vor diesem Hintergrund ist es nicht überraschend, dass 13 der 56 global stärksten Volkswirtschaften in den letzten Jahren H₂-Strategien verabschiedet haben. Weitere 13 Staaten bereiten Strategien vor und in 28 laufen zumindest erste Diskussionen (Weltenergierat Deutschland 2021). Nicht zuletzt durch diese politischen Aktivitäten werden in dem noch unsicheren Markt neue Rahmenbedingungen und damit zunehmend Fakten geschaffen.

Abb. 1: H₂-Strategien in den 56 global stärksten Volkswirtschaften

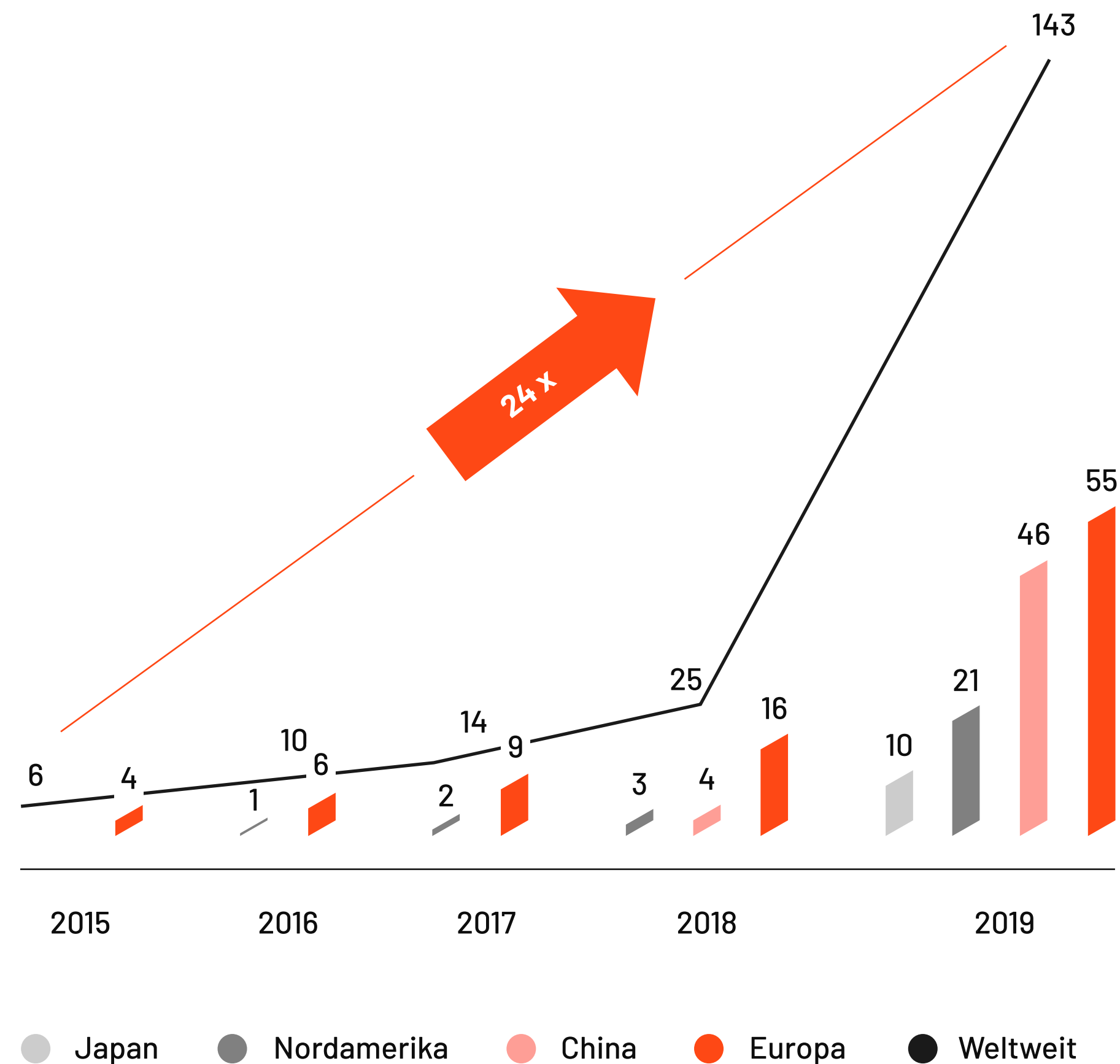
Quelle: Weltenergierat Deutschland 2021



1) H₂-Entwicklungsplan 2) H₂-Aktionsplan 3) Grüne H₂-Strategie

Abb.2: Kapazität (in Megawatt) aller im jeweiligen Jahr in Betrieb genommenen Elektrolyseure nach Regionen 2015-2019

Quelle: Eigene Darstellung nach Internationale Energieagentur 2020



Staatliche Investitionen, Fördermittel und verbindliche Maßnahmen zur CO₂-Regulierung sind die wichtigsten politischen Rahmenbedingungen zur Entstehung einer globalen Wasserstoffwirtschaft. Das Wachstum des Sektors lässt sich dabei anhand des rapiden Anstiegs in der Herstellung von Wasserstoff grob ablesen (Abbildung 2). Während Europa aktuell noch tonangebend ist, ziehen die USA und insbesondere China deutlich nach. Chancen ergeben sich in diesem Veränderungsprozess vor allem für industriell geprägte Länder und Regionen, die neben etablierten Unternehmen in den relevanten Sektoren – wie beispielsweise der Energiebranche und Stahlproduktion – auch das wissenschaftliche Know-how und die nötige Infrastruktur (etwa Gasleitungen) mitbringen. Im Unterschied zur digitalen Ökonomie ist für die Wasserstoffwirtschaft dabei ein Ökosystem vor Ort elementare Voraussetzung. Genau das macht das Ruhrgebiet zu einem der erfolgverspre-

chendsten europäischen Standorte für diese Zukunftstechnologie. Die Region sowie die deutsche Wirtschaft insgesamt können hier langfristig profitieren, indem einerseits die heimische Industrie zukunftsfest gemacht wird und andererseits durch den Export neuer Maschinen und Technologien.

„Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft birgt für das Land Nordrhein-Westfalen immense Chancen für Ökologie und Ökonomie: Konsequenterweise eingesetzt können wir durch Wasserstoff künftig ein Viertel unserer heutigen CO₂-Emissionen einsparen. Bis zu 130.000 zusätzliche Arbeitsplätze können so entstehen. Durch unsere zentrale Lage in Europa und industrielle Stärke haben wir die besten Voraussetzungen, zum Wasserstoffstandort Nummer Eins in Europa zu werden. Den Weg dorthin haben wir in unserer Wasserstoff-Roadmap Nordrhein-Westfalen aufgezeigt – eine Ermutigung für Unternehmen, Startups und Forschungseinrichtungen, jetzt mit voller Kraft an innovativen Lösungen im Bereich Wasserstoff zu arbeiten.“

– Prof. Dr. Andreas Pinkwart, Minister für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

1.3. Bedeutung des Ökosystems

Grundvoraussetzung für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft ist die Existenz eines Ökosystems, das die gesamte Wertschöpfungskette abdeckt. Von der Erzeugung und Bereitstellung der (erneuerbaren) Energie zur Herstellung des Gases durch große Elektrolyseanlagen, über die Lagerung und den Transport bis hin zum Einsatz – etwa in Brennstoffzellen im Bereich Mobilität oder als Energieträger in der Stahlproduktion. Um dieses funktionierende und nachhaltig gewinnbringende Ökosystem aufbauen zu können, braucht es das Zusammenspiel aus Forschung und Industrie: es geht darum, wissenschaftliche Innovationen mit der praktischen Erfahrung aus der Industrie zu verbinden, Synergien zu schaffen und gemeinsam das wirtschaftliche Potenzial des Wasserstoffs zu heben (Hebling et al. 2019).

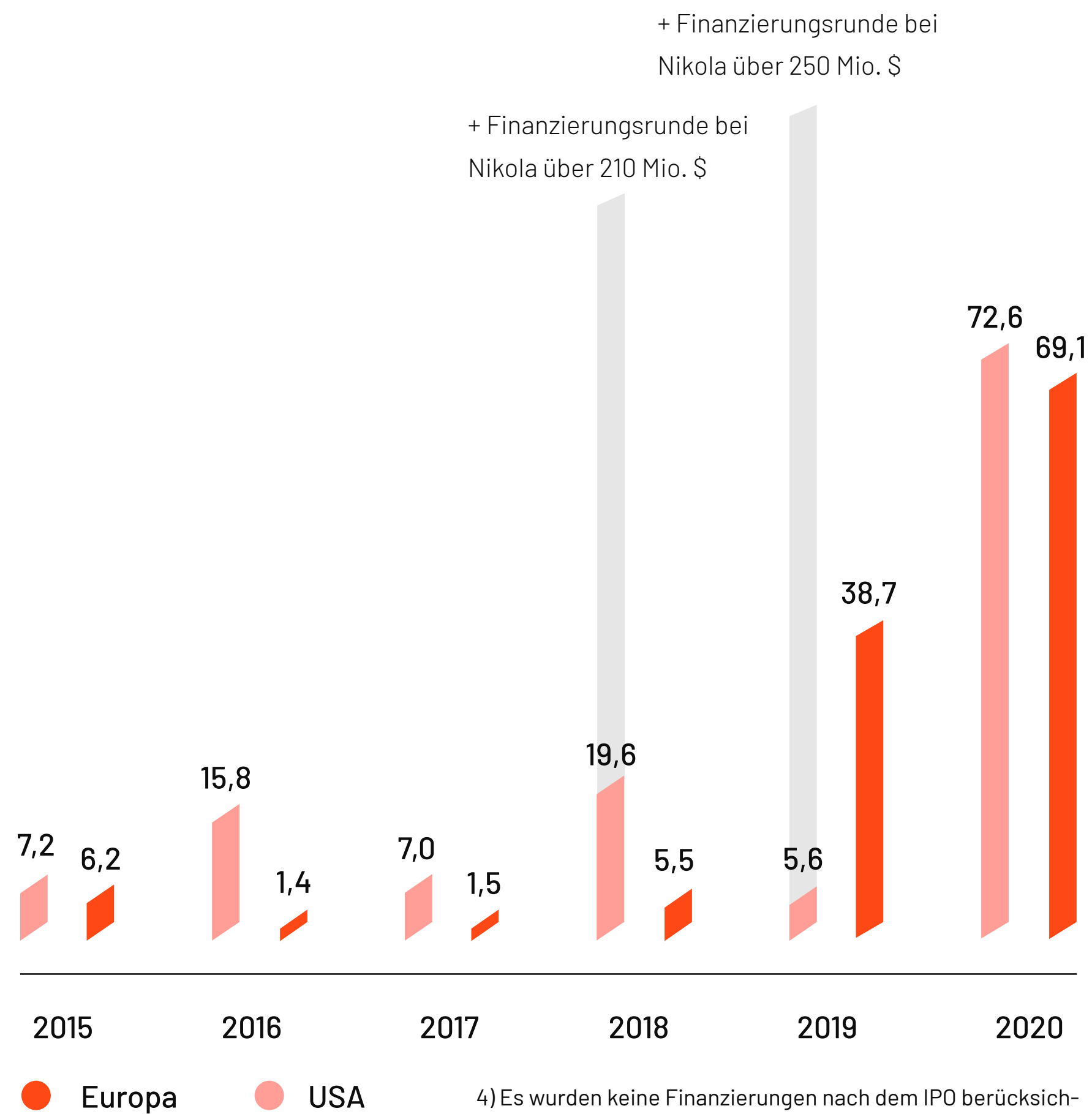
Darüber hinaus sind politische Unterstützungsprogramme und Anreizsysteme für den Innovationsschub in der Wasserstoffwirtschaft entscheidend. Noch ist der Preis für nachhaltig produzierten Wasserstoff bei gleichzeitig überschaubarem Marktvolumen verhältnismäßig hoch – eine Konstellation, die durch politische Initiativen und finanzielle Anreize überbrückt werden soll. Ziele dieser Programme auf nationaler und multilateraler Ebene sind ein enger Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, die Durchführung von Machbarkeitsstudien oder die Umsetzung von Pilotprojekten in Städten und Kommunen – bekannte Beispiele sind H₂-Busse im öffentlichen Nahverkehr.

Beim Thema Wasserstoff geht es darum, vorhandene technische Innovationen schnell in die Praxis zu bringen. Voraussetzung dafür ist, wie bereits hervorgehoben, ein Ökosystem,

das die gesamte Wertschöpfungskette abbildet. Die Politik forciert diese Entwicklungen, aber zusätzlich braucht es Akteurinnen und Akteure, die mutig genug sind, Innovationen auf die Straße zu bringen. Mit ihrer Dynamik und Risikobereitschaft spielen Startups hier eine entscheidende Rolle (Seitz et al. 2020). Sie können der Wasserstoff-Wirtschaft den nötigen Push geben und ihre steigende Bedeutung im H₂-Sektor ist anhand der Investitionszahlen bereits klar erkennbar (Abbildung 3).

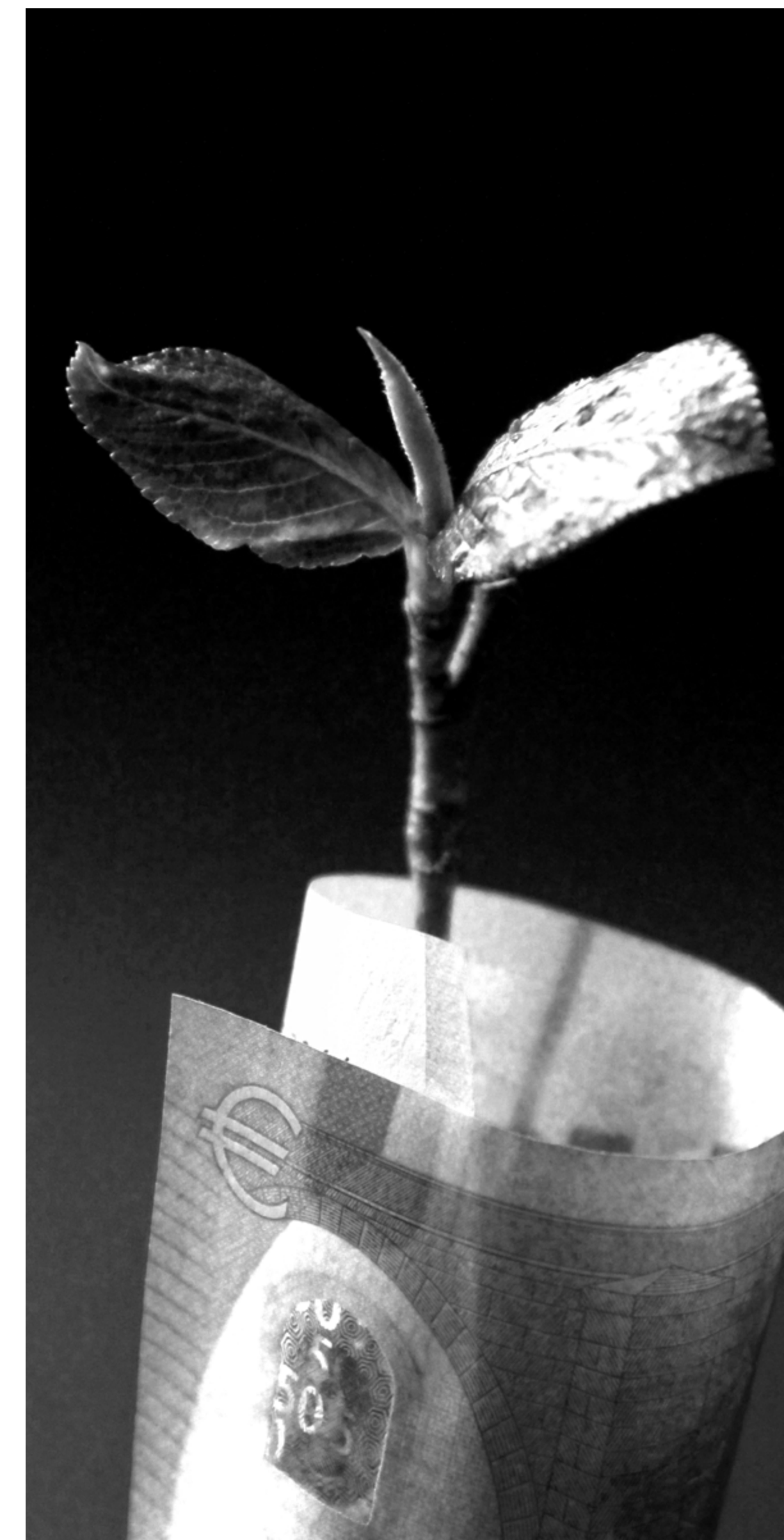
Abb. 3: Investments in junge Wasserstoff-
unternehmen (ab 2000 gegründet) in Europa
und den USA in Mio. US-Dollar⁴

Quelle: Eigene Auswertung
Crunchbase



„Endlich werden die Möglichkeiten von H_2 zur Dekarbonisierung weiter Industriebereiche erkannt. Da das Potenzial von H_2 erst im großindustriellen Maßstab wirkt, ist es wichtig, dass Investoren entlang der gesamten Wertschöpfungskette gleichzeitig auf Skalierung setzen: Es braucht Investitionen in neue Technologien zur Optimierung und Effizienzsteigerung, in den Ausbau von Produktionskapazitäten sowie in Infrastruktur. Hier können und müssen die Impulse in industriellen Zentren wie dem Ruhrgebiet gesetzt werden und öffentliche Hand, Großindustrie, private Investoren sowie auch Mittelstand und Startups gleichermaßen aktiv werden. Ein extrem großer Zukunftsmarkt ist am Entstehen!“

– Robert Gallenberger, Partner beim Industrial Technologies Fund von btov Partners



2 . D A S R U H R G E B I E T

als Wasserstoffregion

2.1. Grundlagen und Anwendungsfelder

Die Wasserstoffwirtschaft lässt sich grob in drei Bereiche einteilen: die Herstellung, die Verteilung und Lagerung sowie die Verwendung des Energieträgers. Bisher wird Wasserstoff hauptsächlich aus Gasen wie Methan oder Erdgas gewonnen. Eine weitere Möglichkeit ist die Herstellung aus Wasser mittels Elektrolyse – ein Verfahren, dem mit Blick auf die langfristige Zielsetzung der CO₂-Neutralität perspektivisch die größte Bedeutung zukommt. Dabei wird von grünem Wasserstoff gesprochen, wenn der eingesetzte Strom vollständig aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Elektrolyseverfahren sind somit eine Schlüsseltechnologie der Wasserstoffwirtschaft.

Mit Blick auf die Verteilung des Wasserstoffs spielt unter anderem das vorhandene Gasleitungsnetz eine zentrale Rolle. Daraus ergeben sich massive Standortvorteile für das Ruhrgebiet: Air Liquide betreibt im Ruhrgebiet und den angrenzenden Regionen bereits eine 240 Kilometer umfassende H₂-Pipeline – die längste in Europa –, die industrielle Großabnehmer versorgt. Darüber hinaus plant der Essener Gasnetzbetreiber OGE, bestehende Gasleitungen umzubauen und so das erste öffentlich zugängliche Wasserstoffnetz zu schaffen.

Basistechnologie der Verwendung von Wasserstoff ist die Brennstoffzelle, die in verschiedenen Kontexten eingesetzt werden kann: etwa in der Mobilität und Logistik, also bei Personen- sowie Lastkraftwagen, in Zügen und sogar in der Luftfahrt. Weit entwickelt ist

zudem der Einsatz von Brennstoffzellensystemen in den Bereichen Strom und Wärme. Während die genannten Anwendungsfelder an einigen Stellen noch mit Effizienzproblemen kämpfen, ist ein besonders vielversprechender Einsatzbereich die Industrie. Genau hier liegt die Stärke des Ruhrgebiets, das eine Vielfalt und Dichte an Industrien beheimatet, die vom klimafreundlichen Wasserstoff profitieren – von der Stahlproduktion über die chemische Industrie bis hin zu Raffinerien (Internationale Energieagentur 2019). Das enorme Potenzial in der Region illustriert das Beispiel des Duisburger Stahlwerks von Thyssenkrupp, das allein für 2,5 % der deutschen CO₂-Emission verantwortlich ist und bis 2050 die CO₂-Neutralität anpeilt (Handelsblatt 2019).

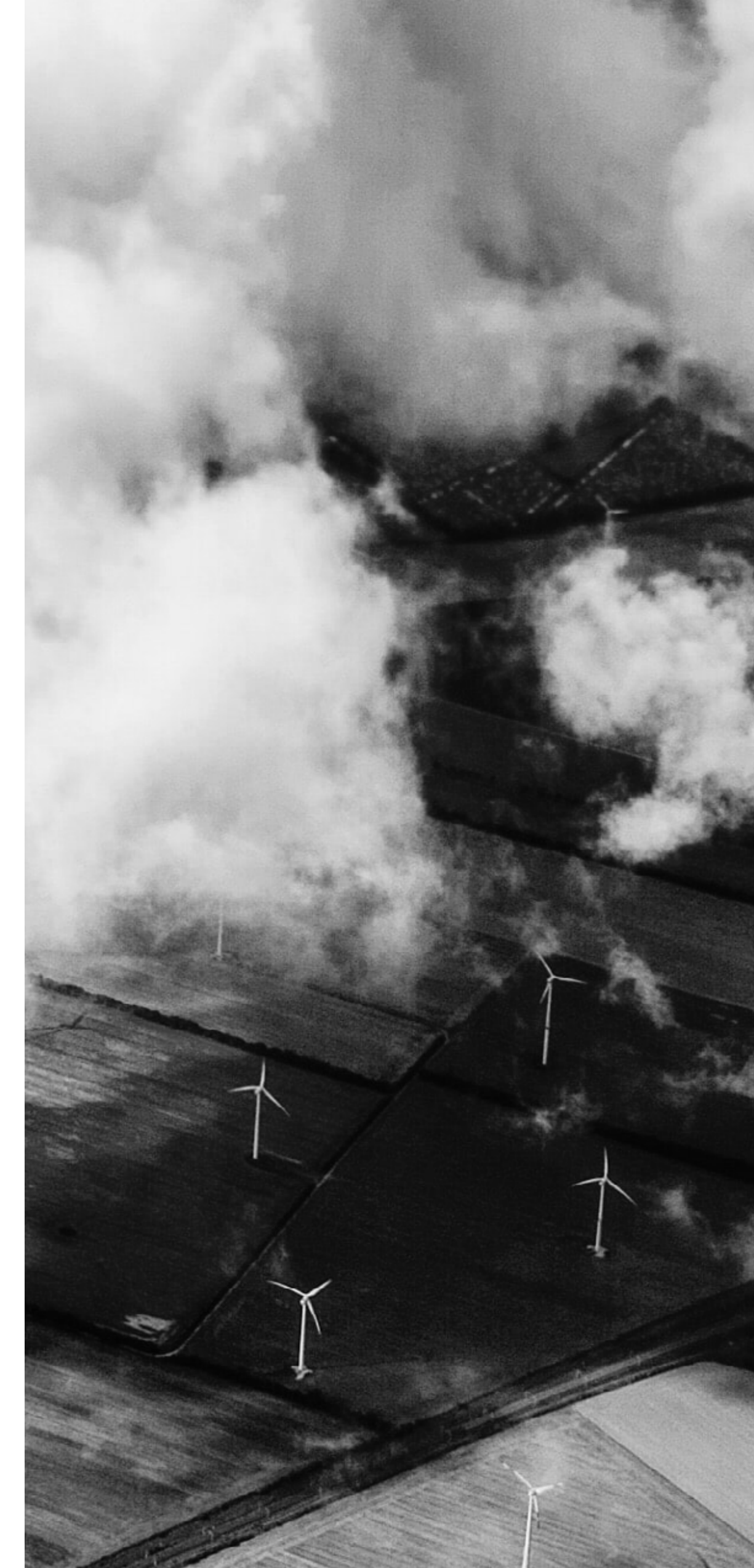
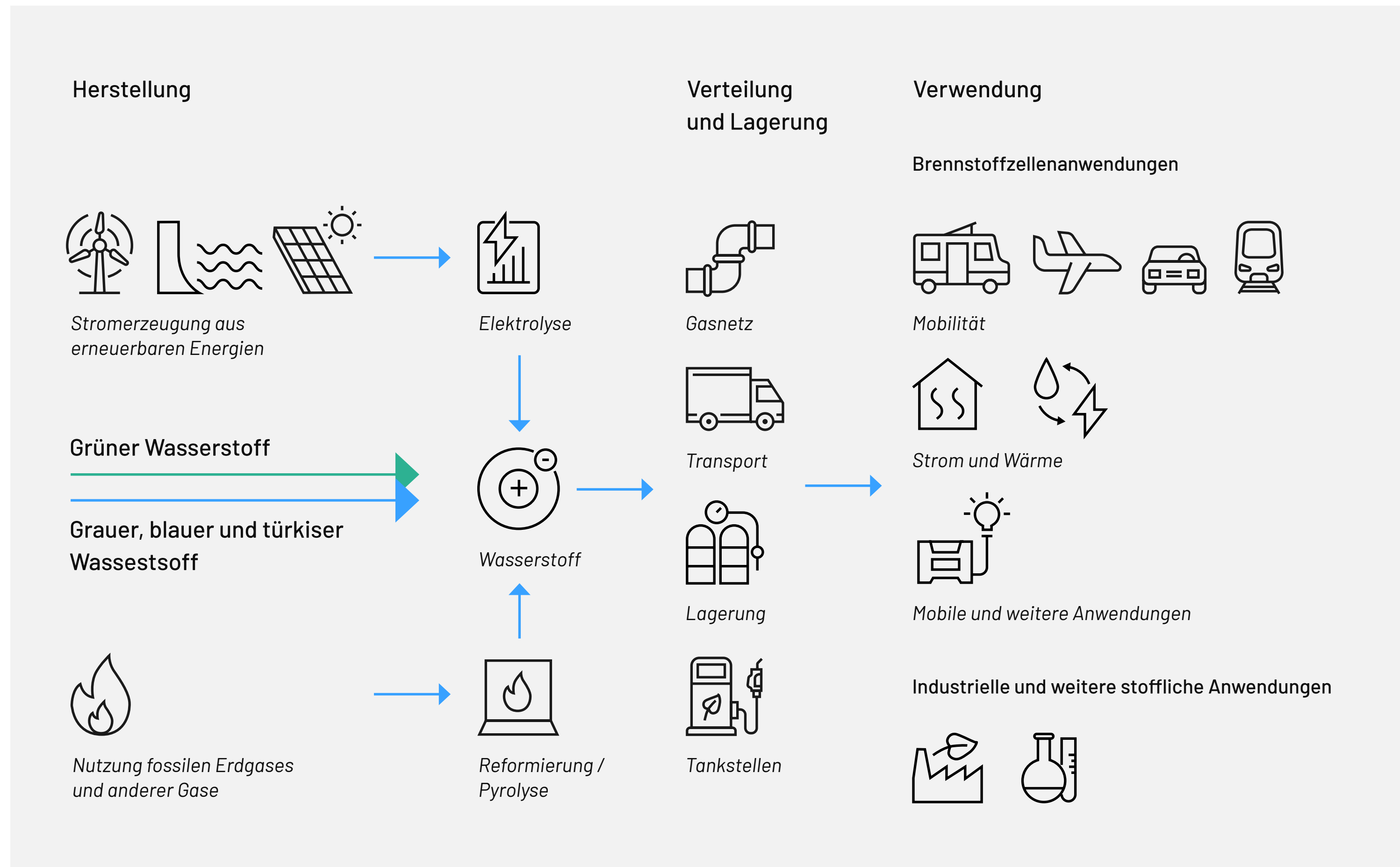


Abb.4: Skizze der Wasserstoffwirtschaft:
„Vom Windrad zum Elektromotor“



„Evonik setzt sich für die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft ein: Wir sind mit mehreren Gliedern in der Wertschöpfungskette der Wasserstoffwirtschaft eingebunden. Wir transportieren und stellen bereits Wasserstoff für unsere Kunden und unsere Prozesse her, wir forschen an neuen Lösungen, um Spezialchemieprodukte emissionsärmer herzustellen und wollen die Lücken in der Wasserstoffökonomie schließen.“

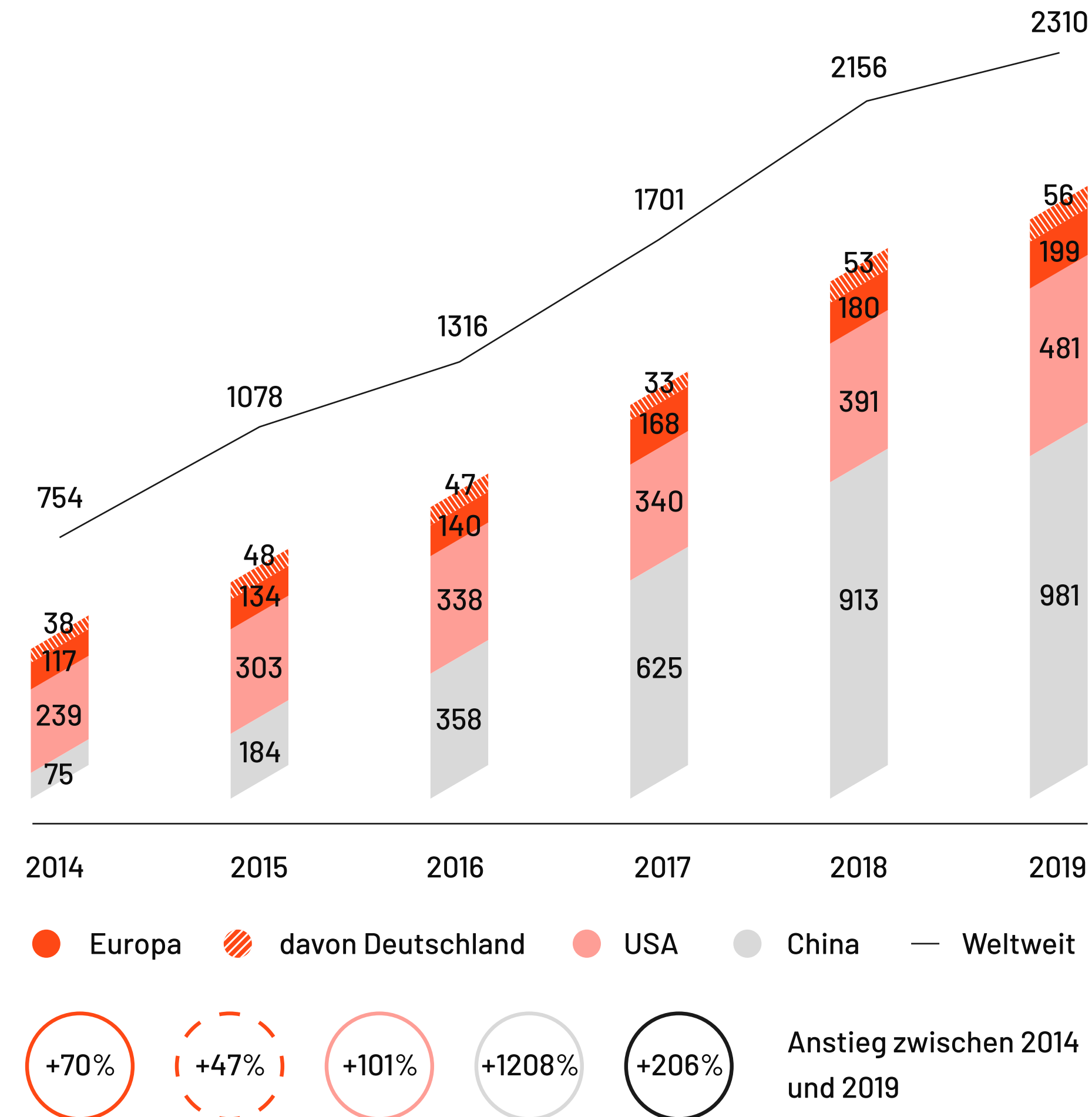
– Dr. Harald Schwager, stellvertretender Vorsitzender des Vorstands Evonik

2.2. Forschung trifft Industrie

Im internationalen Wettbewerb um Innovationen sind praxisnahe Forschungsleistungen ein entscheidender Faktor. Zur internationalen Standortbestimmung Deutschlands im Bereich Wasserstoff lohnt ein Blick auf die Entwicklung relevanter Patente. Insgesamt hat sich die Zahl der jährlich angemeldeten Patente im Bereich Elektrolyse – als Indikator für den anstehenden Markthochlauf – zwischen 2014 und 2019 weltweit etwa verdreifacht. Besonders stark war der Anstieg in China, das ausgehend von einem relativ niedrigen Niveau mittlerweile deutlich an den USA und Europa vorbeigezogen ist – so sank der europäische Anteil an den neu angemeldeten Patenten von 15,5 % 2014 auf 8,6 % im Jahr 2019. Diese Zahlen belegen eindrucksvoll, wie wichtig es ist, vorhandene Forschungscluster insbesondere in der Region Ruhr weiter zu stärken und gezielt mit der Praxis zu verbinden.

Abb.5: Anzahl der neuangemeldeten Patente im Bereich Elektrolyse zwischen 2014 und 2019

Quelle: Eigene Auswertung nach Daten des Fuel Cells and Hydrogen Observatory



Mit seinen einzigartigen Spezifika sowie der industriellen Entwicklung und Erfahrung hat das Ruhrgebiet das notwendige Potenzial und die Chance, sich zu einem der zentralen Wasserstoffcluster in Europa zu entwickeln. Die Region verfügt zudem über eine breite Hochschullandschaft und über große Forschungskapazitäten im Wasserstoffsektor – etwa an den Universitäten Bochum, Dortmund und Duisburg-Essen sowie an der Westfälischen Hochschule. Ergänzt werden diese durch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit entsprechenden Schwerpunkten: Hier sind vor allem das Fraunhofer Institut UMSICHT in Oberhausen, das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion in Mülheim, das Zentrum für Brennstoffzellentechnik in Duisburg sowie das Gas- und Wärme-Institut in Essen hervorzuheben.



Für die Entstehung und Weiterentwicklung eines Wasserstoffökosystems bedarf es neben der Forschung und einzelnen Praxisprojekten allerdings koordinierter Anstrengungen etablierter Player, die den infrastrukturellen Rahmen sowie eine breite Nachfragebasis durch größere Investitionsprojekte schaffen. Auch hier verfügt das Ruhrgebiet über eine leistungsfähige Akteurslandschaft: Neben den Initiativen regional verwurzelter Unternehmen wie E.ON, Westenergie, Thyssenkrupp, RWE und EVONIK profitiert man zusätzlich von in der Region aktiven Konzernen wie Air Liquide oder Linde. Hinzu kommen Netzbetreiber wie OGE und Amprion, die planen, Produktionskapazitäten und Verteilernetze – auch überregional – aufzubauen.

Die Stärke des Ruhrgebiets besteht vor allem darin, die industrielle Schlagkraft mit der wissenschaftlichen Expertise in Kooperationsprojekten zu bündeln (IW Consult 2020).

Darüber hinaus ist mit der Initiative GET H₂ im Ruhrgebiet ein echtes Leuchtturmprojekt an der Schnittstelle zwischen Industrie und Forschung entstanden, das Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette miteinander verbindet, um eine bundesweite Wasserstoffinfrastruktur zu schaffen. Damit befindet sich im Ruhrgebiet ein Wasserstoffökosystem im Aufbau, das sich von dort ausgehend über NRW, Teile der Niederlande sowie Belgiens erstreckt und vor allem von der Chemie, Petrochemie und Stahlindustrie profitiert (Agora Energiewende und AFRY Management Consulting 2021). Dieses H₂-Cluster kann perspektivisch nicht nur gefährdete Arbeitsplätze in den Regionen sichern, sondern signifikante zusätzliche Beschäftigungseffekte erzielen (Ludwig Bölkow Systemtechnik 2019).

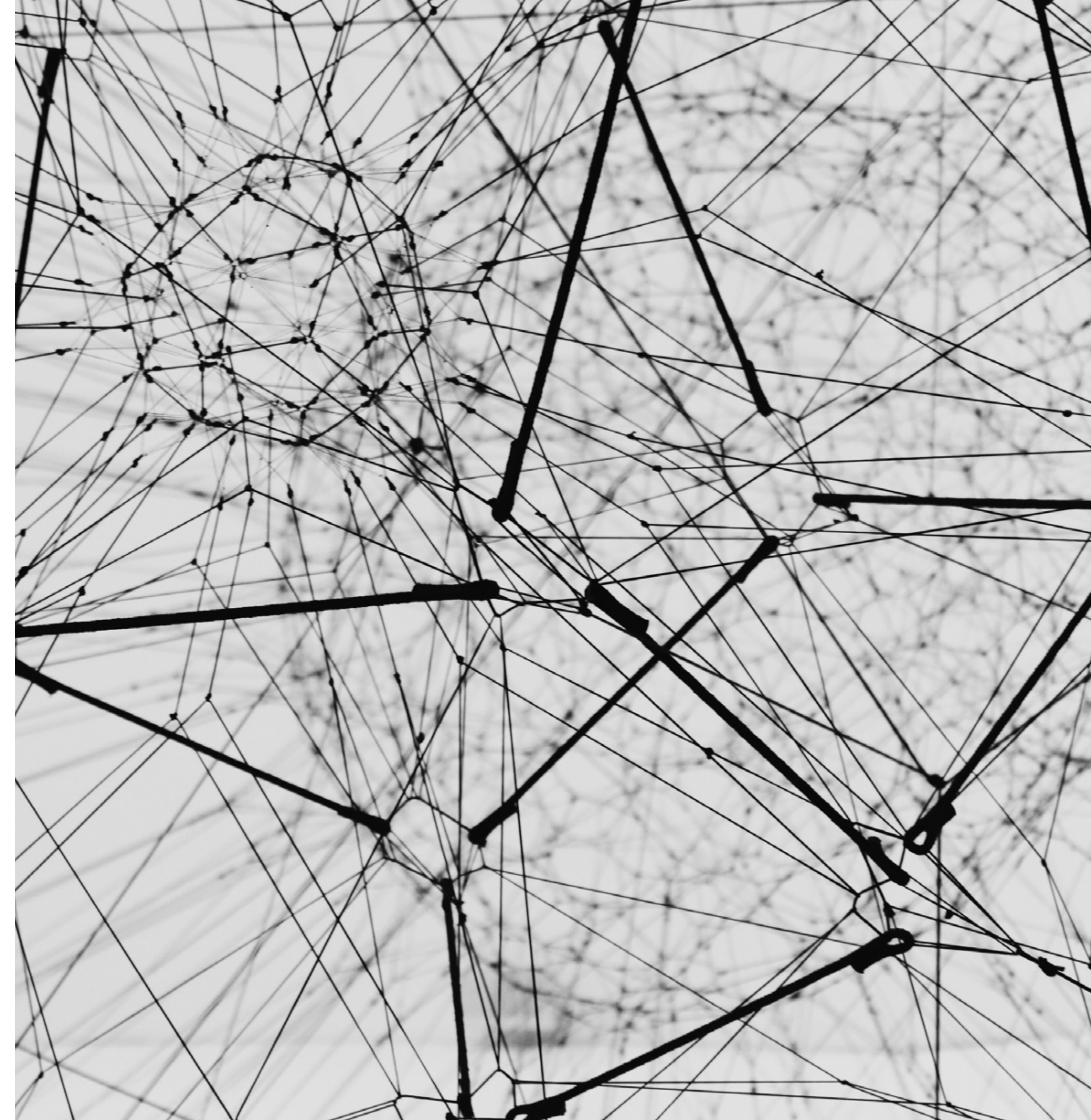
„Wasserstoff als Energieträger ist auf den Weg gebracht – von der Forschung in industrierelevante Tests. Das ist wichtig, denn Grundlagenforschung, angewandte Forschung und technische Entwicklung müssen nun Hand in Hand gehen. Wasserstoff ist speicherbare elektrische Energie und damit ein vielfältig verwendbarer CO₂-freier Energieträger für die Industrie (Stahl, Chemie), den Verkehr und die Wärmeversorgung. In industriellen Ballungsräumen wie dem Ruhrgebiet wird der Bedarf besonders hoch sein. Die größte Hürde: der Mangel an erneuerbarer Energie in Deutschland. Hier ist politisches Handeln gefragt!“

– Prof. Dr. Angelika Heinzl, Geschäftsführerin Zentrum für Brennstoffzellen-Technik

2.3. Projekte und neue Netzwerke

Der Aufbau eines Ökosystems in einem neuen und investitionsintensiven Feld wie Wasserstoff ist besonders herausfordernd. Gerade auch deshalb stoßen klassische Unterstützungsangebote bestehender Strukturen schnell an ihre Grenzen. Unklare Marktchancen schränken die Finanzierungsmöglichkeiten ein und unterschiedliche Interessen relevanter Akteurinnen und Akteure können den Austausch erschweren. Doch es braucht Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette, die alle Beteiligten mit ihren unterschiedlichen Kompetenzen und Zielen miteinander vernetzt: Erzeuger erneuerbarer Energien, Innovatoren im Bereich Elektrolyse, Konzerne, die den Ausbau der Infrastruktur finanziell sowie in Sachen Know-how vorantreiben, Nachfrager und viele mehr.

Die Notwendigkeit neuer Kooperationen wurde sowohl in der Wirtschaft als auch in der Politik erkannt und hat zu mehr Bewegung auf vielen Ebenen beigetragen. So will die 2020 gestartete European Clean Hydrogen Alliance als Initiative der EU-Kommission alle beteiligten Stakeholder – allen voran die Unternehmen – zusammenbringen und als übergeordnetes Ziel Investitionen fördern (Europäische Kommission 2020). In Deutschland soll der ebenfalls im letzten Jahr einberufene Nationale Wasserstoffrat die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie voranbringen. Hinzu kommt die schon genannte Unternehmensinitiative GET H₂, die sich den Aufbau eines Wasserstoffmarkts sowie der damit verbundenen Infrastrukturen und Wertschöpfungsketten in Deutschland und Europa zum Ziel gesetzt hat.





Kooperationsbedarf zeigt sich im H₂-Bereich auf allen Ebenen: Im Land NRW nimmt die EnergieAgentur.NRW eine wichtige Rolle ein. Hier hat sich das bereits im Jahr 2000 eingerichtete Netzwerk Brennstoffzelle, Wasserstoff und Elektromobilität – das den Zugang zu Förderprogrammen erleichtert und zahlreiche Projekte anschiebt – zu einem Knotenpunkt entwickelt. Darüber hinaus haben sich im Ruhrgebiet weitere regionale Zusammenschlüsse formiert. Bereits 2008 wurde das h2-netzwerk-ruhr e. V. gegründet und vor allem in den letzten Jahren zeigt sich eine zunehmende Dynamik: Beispiele dafür sind neue Initiativen wie der Verein Hy.Region.Rhein.Ruhr in Duisburg, die Bündelung von Kompetenzen in der H₂-Unit der Essener Wirtschaftsförderung oder der H2UB in Essen, der als erster Hub europäische Startups, Unternehmen und Forschung zusammenbringt. Dabei ist es jedoch wichtig, eine gemeinsame Klammer zu

schaffen, die die unterschiedlichen Netzwerke bündelt und auf ein gemeinsames Ziel hin ausrichtet.

Besonders greifbar wird der Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft durch Projekte wie die Umstellung der Flotte der Ruhrbahn von Diesel- auf Brennstoffzellenbusse ab 2024 bis 2033. Zu nennen ist hier auch die RH2INE-Initiative des NRW-Wirtschaftsministeriums und der niederländischen Provinz Südholland mit dem Ziel eines klimaneutralen Transportkorridors „Rhein-Alpen“, in dessen Rahmen der Duisburger Hafen an der Dekarbonisierung des Güterverkehrs und der Binnenschifffahrt arbeitet. Aber auch hier gilt: So wichtig die unterschiedlichen Projekte sind, im Kern sollten sie auf den Aufbau eines umfassenden H₂-Ökosystems im Ruhrgebiet ausgerichtet werden.

„Im Ruhrgebiet haben wir mit unserer etablierten Industrie, führenden Forschungseinrichtungen und einer starken Infrastruktur beste Voraussetzungen für den Wasserstoff-Markthochlauf. Dazu kommen innovative Neugründungen, die die nötige Dynamik in die Region bringen. Um im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu sein, müssen wir diese Stärken bündeln und enger zusammenarbeiten – denn Wasserstoff ist Teamwork. Daher freuen wir uns, in Initiativen wie dem H₂-Beirat der Stadt Essen an einer noch besseren Vernetzung in der Region mitzuarbeiten.“

– Bernd Tönjes, Vorstandsvorsitzender RAG-Stiftung

3 . Z U R W E I T E R E N T W I C K L U N G

des Ruhr-Clusters

3.1. H₂-Startup-Cluster an der Ruhr

Wasserstoff ist nicht nur ein Forschungs- und Industriethema, sondern hat sich im Zuge der veränderten politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen auch zu einem Feld entwickelt, in dem Startups zunehmend Marktchancen sehen. Das schlägt sich deutlich in den gestiegenen Gründungszahlen im H₂-Sektor nieder: Bis 2010 wurden in Deutschland kaum Wasserstoff-Startups gegründet und die wenigen Ausnahmen beschränkten sich größtenteils auf einzelne spezielle Anwendungen von Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik. Seit 2015 lässt sich jedoch eine deutlich gestiegene Gründungsdynamik beobachten: 41 der 57 identifizierten Wasserstoff-Startups mit Sitz in Deutschland sind in diesem Zeitraum entstanden. Die Aktivität der

Jungunternehmen deckt dabei alle drei Anwendungsfelder ab – die Herstellung, den Bereich Lagerung und Verteilung sowie die Anwendung.

Startups sind beim Aufbau eines Wasserstoff-ökosystems enorm wichtig, bringen Neues in die Praxis und bilden daher einen zentralen Indikator für die Innovationskraft von Standorten. Die Verteilung der 57 identifizierten Unternehmen in Deutschland zeigt, dass mit NRW und Bayern zwei Bundesländer über die Hälfte der deutschen Wasserstoff-Startups auf sich vereinen – dabei stechen das Ruhrgebiet und der Raum München als H₂-Innovationscluster deutlich hervor (Abbildung 6). Allein an der Ruhr sitzen 18 % aller deutschen Wasserstoff-Startups. Die Stärke des Ruhrgebiets in Forschung, Industrie und Infrastruktur

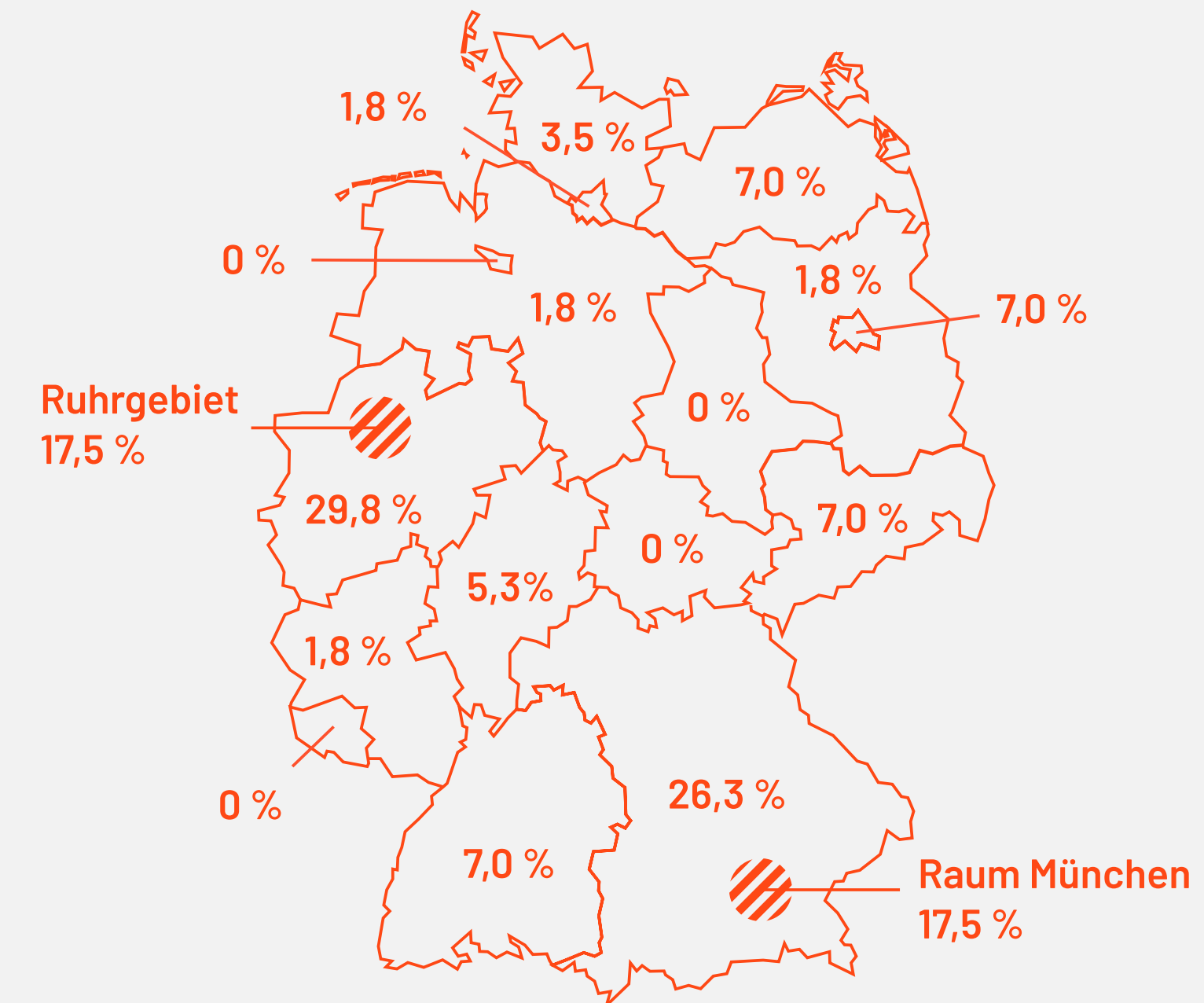


Abb. 6: Landkarte der Wasserstoff-Startups in Deutschland

schlägt sich also auch in der Gründungsaktivität nieder. Das unterstreicht die riesigen Potenziale der Region und ihre Chance, sich im Bereich Wasserstoff als internationales Innovationscluster zu profilieren (Hirschfeld et al. 2020).

Neben der Aktivität spiegeln auch die inhaltlichen Schwerpunkte der H₂-Startups im Ruhrgebiet die Standortvorteile der Region wider: So legen die meisten neugegründeten Unternehmen in der Region ihren Fokus auf industrielle Anwendungen und den direkten und wissenschaftlich begleiteten Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis – etwa im Bereich Elektrolyse (siehe Hervorhebungen in Abbildung 7). Anschauliche Beispiele für die Verzahnung von Forschung, Industrie und Startups sind öffentlich geförderte Projekte wie NEWELY oder LIKELY, in denen sich unterschiedlichste Akteurinnen und Akteure

an der technischen Weiterentwicklung der Elektrolyse beteiligen. Neben der Forschungsexpertise zeichnen sich die Startups im Ruhrgebiet auch durch Lösungen mit industriellem Fokus aus und stellen unter anderem Komponenten für Wasserstofftankstellen oder Brennersysteme her.

„Beim Wasserstoff-Markthochlauf sind Startups mit ihrer Dynamik ein wichtiger Erfolgsfaktor. Doch anders als in der digitalen Welt brauchen sie Verbündete, die neben finanziellen Mitteln auch Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette mitbringen. Mit dem H2UB wollen wir als OGE einen Ort und Leuchtturm der Zusammenarbeit schaffen, an dem etablierte Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Startups ihre Stärken einbringen und so gegenseitig voneinander profitieren.“

– Ralf Werner, CIO OGE





/ Abb. 7: Wasserstoff-Startup-Landscape

/ * Ruhrgebiet



3.2. Mehr Dynamik durch Startups

Startups sind Pioniere, die immer nach kompetitiven Vorteilen suchen und daher wissenschaftliche Innovationen schnell in die praktische Umsetzung bringen. Gerade im H₂-Sektor sind forschungsbasierte Startups enorm wichtig, da sie in engem Austausch mit der Wissenschaft stehen und mit ihrer unternehmerischen Ausrichtung gleichzeitig stets den Blick auf das Endprodukt richten. Im Ruhrgebiet arbeitet das Startup Membrasenz an genau dieser Schnittstelle: Ihre Weiterentwicklung einer für die Elektrolyse notwendigen Membran zählt auf eine der Schlüsseltechnologien der Wasserstoffwirtschaft ein und steigert damit die Chance, als Region in diesem Bereich international führend zu werden. Bedingung dafür ist der Aufbau eines H₂-Ökosystems, in dem staatliche Förderung ge-

zielt auch Startups adressiert und gleichzeitig die Attraktivität des Standorts für Investoren gestärkt wird.

„Schon während meines Studiums der Energie- und Prozesstechnik in Serbien stand für mich die Verbindung von Forschung und praktischer Anwendung im Mittelpunkt – das Potenzial im Bereich Wasserstoff hat mich hier von Anfang an fasziniert. 2011 bin ich dann an die Ruhr-Universität Bochum gegangen und hatte dort die Möglichkeit, wichtige Projekte zu leiten und mit internationalen Top-Leuten im Bereich Wasserstoff zu arbeiten. Mindestens genauso wichtig an der Region ist für mich aber die Nähe zur Industrie: Kunden und Partner vor Ort zu haben, ist im Bereich Wasserstoff ein enormer Vorteil.“

Dr. Jelena Stojadinovic, Gründerin Membrasenz



Das Startup **Membrasenz** steht exemplarisch für den Transfer innovativer Forschung in die wirtschaftliche Praxis. Im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Ruhr-Universität Bochum hat die Gründerin Dr. Jelena Stojadinovic 2011 begonnen, eine Membran zu entwickeln, deren Materialeigenschaften die alkalische Elektrolyse energieeffizienter machen und damit ihren Wirkungsgrad erhöhen. Die Gründerin konnte auf die vielversprechende Neuentwicklung ein Patent anmelden und wurde bei der Ausgründung unter anderem durch ein EXIST-Stipendium gefördert – die Gründung von Membrasenz erfolgte 2015. Zurzeit steht die Membran kurz vor der Marktreife und das Unternehmen arbeitet gemeinsam mit Kooperationspartnern am Aufbau der Produktion.

Auch wenn das öffentliche Bild von Startups stark von B2C-Unternehmen wie Zalando dominiert wird, generieren Startups bereits heute den Großteil ihres Umsatzes im B2B-Sektor – nämlich 69 % (Kollmann et al. 2020). Das macht sie zu wichtigen Partnern der etablierten Wirtschaft, die als Kunden und durch gewinnbringende Kooperationen mit den Startups profitieren. Im Ruhrgebiet liegt das größte Anwendungspotenzial neuer Wasserstofftechnologien in der Reduktion von Treibhausgasemissionen im Produktionsprozess der Industrie. Besondere Herausforderungen entstehen hier für kleine und mittelgroße Betriebe, die technologische Entwicklungen neben dem Kerngeschäft schwerer realisieren können. Startups wie PMR Tech stoßen solche Innovationsprozesse an und tragen damit entscheidend zur Zukunftsfähigkeit des industri-

ellen Sektors bei. Zentrale Voraussetzung sind dabei strategische Partnerschaften mit der Industrie und Möglichkeiten des Austauschs vor Ort.

„Die Industrie hat ein enormes Interesse an unserem Produkt und insgesamt ist im Bereich innovativer Wasserstofflösungen Dynamik zu spüren. Gleichzeitig ist der Weg zur Marktreife als Hardware-Startup nicht einfach – vor allem wenn es um die Finanzierung geht. Daher ist die Industrie für Unternehmen wie uns nicht nur als Kunde, sondern auch als strategischer Partner sehr wichtig. Hier heißt es, sich vor Ort auszutauschen, Vertrauen aufzubauen und die Leute zu überzeugen.“

Phillip Reisenberg, Gründer PMR Tech



Das 2019 in Herne gegründete Startup **PMR Tech** will die Transformation der Industrie vorantreiben. Das Produkt, ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gasgenerator, aufbauend auf einem Wasserelektrolyseur, hat erste Praxis-tests erfolgreich abgeschlossen und ist auf dem Weg zur Marktreife. Mithilfe des Generators können Wasserstoff und Sauerstoff beim Brennschneiden, z. B. von Stahl, als klimafreundliche Alternative zum bisher verwendeten Erd- oder Propangas eingesetzt werden. Aufgrund der breiten Anwendungsmöglichkeiten bietet sich damit auch für kleinere Betriebe die Möglichkeit, ihre CO₂-Bilanz zu verbessern.

Startups sind gerade im Hardware-Bereich häufig wichtige Vehikel für Innovationen: Im H₂-Sektor bieten Förderprogramme Gründerinnen und Gründern die Möglichkeit, Geschäftsmodelle aus dem Forschungstransfer zu etablieren und auf diese Weise als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu fungieren. So entstehen Startups mit wissenschaftlichem Hintergrund, die in Forschungsprojekten ebenso aktiv sind wie bei der Produktentwicklung. Dadurch bringen sie in ihrer Arbeit unterschiedliche Akteurinnen und Akteure zusammen und bündeln Ressourcen. Genau hier setzt das H₂-Startup ProPuls an, das in der Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik gemeinsam mit unterschiedlichen Partnern Innovationsprozesse anschiebt.



ProPuls

Das Unternehmen **ProPuls** bringt als Spin-off der Westfälischen Hochschule Wasserstoff-Expertise in die Praxis. ProPuls hält Patente sowohl im Bereich der Elektrolyse als auch der Brennstoffzellentechnik und ist in zahlreichen F&E-Projekten aktiv – in Kooperation mit der Forschung, etablierten Unternehmen sowie weiteren Wasserstoff-Startups. So ist das Unternehmen beispielsweise an den EU-geförderten Projekten Promet H₂ und NEWELY beteiligt, in denen verbesserte und kostengünstige Elektrolyseverfahren entwickelt werden sollen und plant gemeinsam mit der Westfälischen Hochschule und dem Startup iGas Energy Testanlagen im Elektrolyse-Forschungsprojekt Hydra15.



3.3. Digitale Expertise durch Startups

Die erfolgreiche Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft hängt in großen Teilen vom Aufbau und der Weiterentwicklung technischer Infrastrukturen und Komponenten ab. Gleichzeitig muss das Ökosystem die Digitalisierung von Beginn an mitdenken, um international konkurrenzfähig zu sein. Denn auch im Wasserstoffsektor besteht ein hoher Bedarf an digitalen Lösungen, die etwa mit Blick auf die Vernetzung der Infrastruktur für eine massive Effizienzsteigerung sorgen. Startups haben hier den Vorteil, dass sie häufig über die notwendige digitale Expertise oder sogar digitale Produkte verfügen, die im H₂-Bereich eingesetzt werden können.

So entwickelt das Startup Easy Smart Grid Steuerungssysteme, mit denen überflüssiger

Strom aus regenerativen Quellen in Echtzeit umgeleitet werden kann. Im Projekt Block-cENTive wird eine Blockchain-Anwendung entwickelt, die die Einspeisung, Entnahme sowie den Nachweis grün erzeugten Wasserstoffs in Form von E-Zertifikaten sichert und organisiert. Schließlich verfügen Startups wie IOX über vielseitige Hardware- und Software-Lösungen, mit denen die Digitalisierung und Optimierung der Produktionsprozesse vorangebracht werden kann. Diese Potenziale sollten von den Akteurinnen und Akteuren in der Wasserstoffwirtschaft aktiv aufgegriffen werden, um von Beginn an möglichst effiziente Anwendungen zu bauen.

Für die Verbindung zwischen Old und New Economy muss das Wasserstoffökosystem die Vernetzung aktiv forcieren – Beispiele sind Formate wie die H₂ Tech Innovation Night des

H2UB und des Digital Innovation Hub Düsseldorf/Rheinland. Veranstaltungen, Netzwerktreffen und damit der persönliche Austausch sind für Startups enorm wichtig, um direkte Kontakte zur Industrie aufzubauen. Zudem ist die etablierte Wirtschaft gefragt, ihre Bedürfnisse gegenüber Startups in Form von Reverse Pitches oder Startup Challenges klar zu kommunizieren. Auf diese Weise werden für Startups Marktchancen sichtbar und die Industrie kann sich direkt vom Mehrwert der Zusammenarbeit überzeugen. So können strategische Partnerschaften entstehen, die den Entwicklungsprozess des Ökosystems massiv beschleunigen.

„Das große Interesse an unserer Experten-Veranstaltung „Digital Drives Hydrogen“ am 4. März und unserem neuen, gleichnamigen Tech Trend Report zeigen, dass die Digitalisierung nicht nur ein Transformationsthema wie in allen Industriebranchen ist, sondern die entscheidende Weichenstellung für die Entstehung einer durchgängigen Wasserstoffkreislaufwirtschaft, mit NRW und Deutschland als zukünftige H₂-Wirtschaftszentren in Europa und weltweit.“

– Dr. Klemens Gaida und Peter Hornik, Geschäftsführer des Digital Innovation Hub Düsseldorf/Rheinland

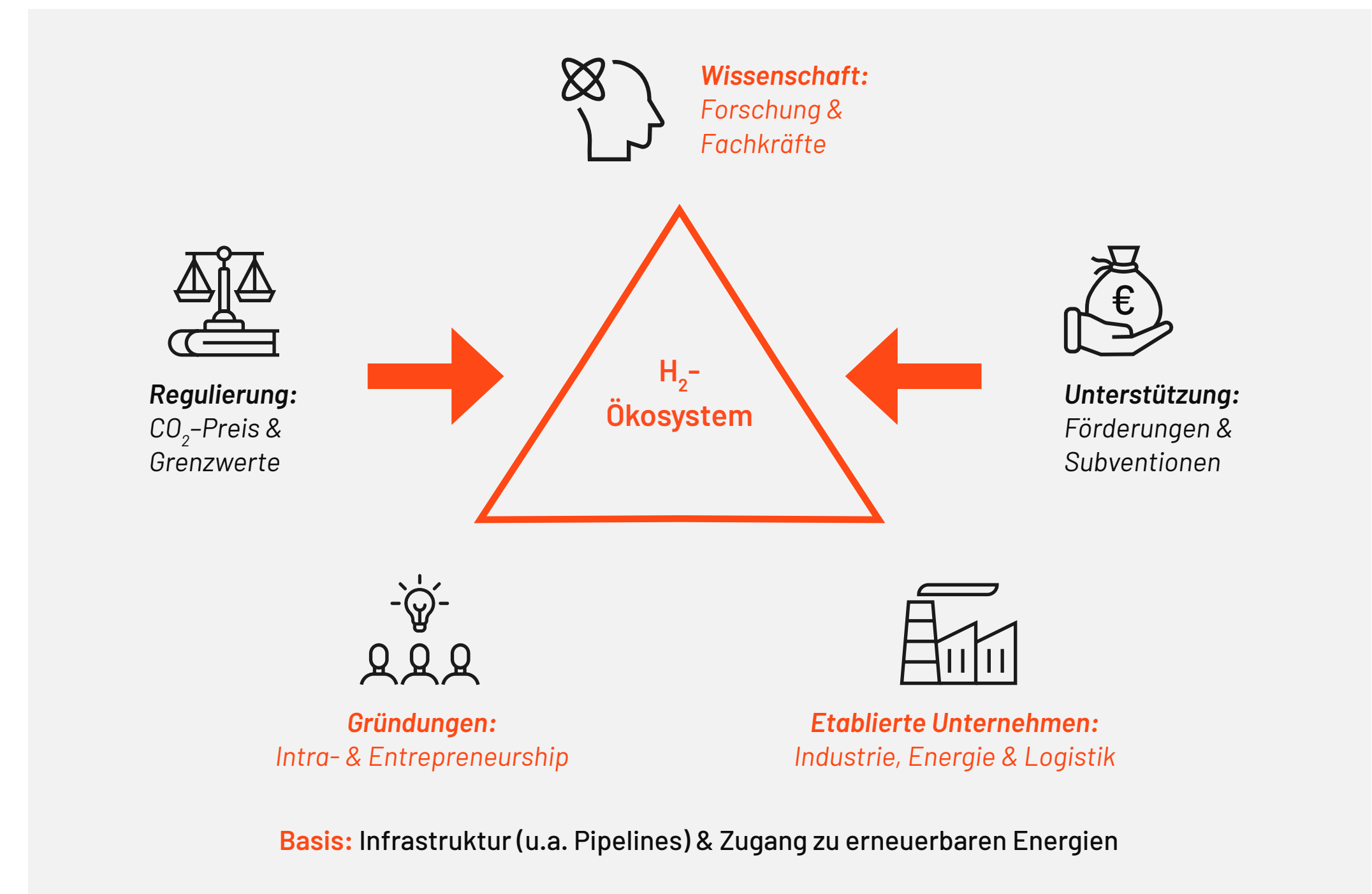
4 . W I N D O W O F O P P O R T U N I T Y

– warum jetzt?

„Wasserstoff galt lange als Thema der Großen: Die zunehmende Gründungsaktivität im H₂-Sektor macht aber deutlich, welche Potenziale Startups auch hier haben. Als unverzichtbare Innovationstreiber erhöhen sie die Dynamik im Markthochlauf und schlagen eine wichtige Brücke zwischen Theorie und Praxis. Um diese Chancen noch besser zu nutzen, müssen wir den Transfer aus der Forschung sowie die Zusammenarbeit zwischen Startups und etablierten Unternehmen weiter stärken.“

– Franziska Teubert, Geschäftsführerin Startup-Verband

Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie auf Bundesebene und dem Green Deal der Europäischen Union hat die Politik ihren Willen zum langfristigen Aufbau und der Unterstützung der Wasserstoffwirtschaft bekundet und so ein klares Signal an Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft gesendet. Verknüpft werden diese Ankündigungen sowohl mit einer schärferen Regulierung der Emissionen als auch mit Unterstützung bei der Transformation durch Fördermittel – beides sind wichtige Treiber des Wasserstoffökosystems. Gerade beim Aufbau von Produktionskapazitäten und Infrastrukturen ist öffentliche Unterstützung notwendig, da nur so der Produktionspreis weiter deutlich gesenkt werden kann. Mit seinen industriellen Schwergewichten, der Dichte an H₂-Forschung und der hohen Startup-Aktivität in diesem Sektor bringt



/ Abb.8: Das Wasserstoff-Ökosystem

das Ruhrgebiet alle wichtigen Voraussetzungen mit, um eines der international führenden Cluster der Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Nun gilt es, das aktuelle Momentum für eine weitere Stärkung des Ökosystems zu nutzen.



Auf Grundlage des Reports lassen sich vier Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Wasserstoffökosystems im Ruhrgebiet ableiten:

1 Der Einsatz von Wasserstoff steht in den meisten Anwendungsfeldern noch am Anfang, daher ist die Forschung ein zentraler Baustein im Wasserstoff-Markthochlauf. Um im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu sein, muss die H₂-Forschung im Ruhrgebiet anwendungsorientiert weiterentwickelt und noch breiter aufgestellt werden. Es geht darum, die Forschungsleistung in der Region auszubauen, die Zahl an qualifizierten Arbeitskräften zu erhöhen und Praxisimpulse zu stärken. Dazu sollten die Mittelausstattungen der bestehenden Einrichtungen evaluiert und Potenziale für einen Ausbau – insbesondere an den Schnittstellen zu Praxis- und Kooperationsprojekten – ermittelt werden.

2 Der Gründergeist ist auch im Bereich Wasserstoff erwacht und zahlreiche neue Unternehmen entstehen – das Ruhrgebiet ist in diesem Sektor führend. Diese Entwicklung sollte durch eine weitere Förderung von Ausgründungen aus der Wissenschaft gestärkt werden. Dazu braucht es eine hochschulübergreifende Anlaufstelle, die zum Beispiel an der Universität Duisburg-Essen und dem ZBT angesiedelt sein könnte. Als Vorbild kann hier der Inkubator Cube 5 in Bochum dienen, der Gründungsinteressierte und Startups am Horst-Görtz-Institut für IT-Sicherheit unterstützt. Ein solches Angebot muss offen für Gründungswillige aus anderen Regionen sein, um eine Sogwirkung zu entfalten. Zugleich sollte der H2UB in Essen als nationaler und internationaler Anziehungspunkt für schon gegründete Startups gezielt gefördert werden, um das Ruhrgebiet zum Wasserstoff-Hotspot im Startup-Ökosystem weiterzuent-

wickeln. Auch hier gibt es mit dem Startport ein erfolgreiches regionales Best-Practice im Bereich Logistik. Wichtig ist dabei, reale Orte des Austauschs zu schaffen, die am Ende nicht nur Vernetzung, sondern auch gemeinsame Projekte ermöglichen.

3 Der vorliegende Report macht deutlich, dass Startups eine enorme Dynamik ins Wasserstoffökosystem bringen. Besondere Chancen bieten dabei strategische Partnerschaften zwischen Startups und der Industrie: Startups bringen Innovationen und Geschwindigkeit, die etablierte Wirtschaft dagegen Erfahrung, Kunden und vor allem das nötige Kapital. Um solche Kooperationsbeziehungen voranzutreiben, braucht es im Ökosystem Programme, die den personellen und finanziellen Aufwand der Beteiligten reduzieren und so erste Projekte ermöglichen. Mit Blick auf di-

gitale Innovationen übernimmt diese Aufgabe in der Region unter anderem der Data-Hub der Gründungsallianz Ruhr. Ein vergleichbares Programm für industrielle Anwendungen mit dem Fokus auf Wasserstoff zu schaffen, brächte den Innovationsprozess zwischen Startups und Industrie maßgeblich voran. Die Industrie auf diese Weise gezielt ans Startup-Thema heranzuführen, kann außerdem die Investmentaktivitäten der etablierten Wirtschaft im Ruhrgebiet und NRW mittelfristig stärken und damit der Innovationsfähigkeit des Standorts insgesamt zugutekommen.

4 Neben dem beschriebenen politischen Willen müssen alle Akteurinnen und Akteure des Wasserstoffökosystems gemeinsam an dieser Aufgabe arbeiten. Die zunehmende Zahl an Initiativen, Netzwerken und Projekten ist hier ein positives Signal. Zugleich braucht es aber auch mehr Koordinierung und eine ge-

meinsame Strategie, damit die einzelnen Aktivitäten ihre Kraft gebündelt entfalten. Daher ist es wichtig, den Appell zur Zusammenarbeit an die gesamte H₂-Wirtschaft im Ruhrgebiet zu richten und hier schlanke und pragmatische Formate zu entwickeln. Es gilt, dabei eng mit benachbarten Regionen zu kooperieren und das Thema Wasserstoff gemeinsam voranzutreiben. Nur so kann die Region zum führenden Cluster der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland sowie Europa werden und Wasserstoff als zentralen Baustein der Energiewende auf das nächste Level heben.



L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

Agora Energiewende und AFRY Management Consulting (2021): No-regret hydrogen: Charting early steps for H₂ infrastructure in Europe.

Abrufbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_02_EU_H2Grid/A-EW_203_No-regret-hydrogen_WEB.pdf

Crunchbase (2021)

Abrufbar unter: <https://www.crunchbase.com/>

EPRS – Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments (2020): The potential of hydrogen for decarbonising steel production.

Abrufbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/641552/EPRS_BRI\(2020\)641552_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/641552/EPRS_BRI(2020)641552_EN.pdf)

Europäische Kommission (2020): European Clean Hydrogen Alliance.

Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance_en

Handelsblatt (2019): Warum Thyssen-Krupp jetzt mithilfe von Wasserstoff Stahl produziert.

Abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/industriekonzern-warum-thyssen-krupp-jetzt-mithilfe-von-wasserstoff-stahl-produziert/25214554.html?ticket=ST-6507136-fnq2ypahCmbNB5dhGDnz-ap4>

Hebling, C.; Ragwitz, M.; Fleiter, T.; Groos, U.; Härle, D.; Held, A.; Jahn, M.; Müller, N.; Pfeifer, T.; Plötz, P.; Ranzmeyer, O.; Schaadt, A.; Sensfuß, F.; Smolinka, T. & Wietschel, M. (2019): Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland.

Abrufbar unter: <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschung/artikel/2020/Wasserstoff/Fraunhofer-Wasserstoffroadmap.pdf>

Hirschfeld, A.; Gilde, J. & Walk, V. (2020): Cybersecurity an der Ruhr.

Abrufbar unter: https://www.rag-stiftung.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Cybersecurity_an_der_Ruhr_2020_30.11.20.pdf

Internationale Energieagentur (2019): Seizing today's opportunities.

Abrufbar unter: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>

Internationale Energieagentur (2020): World Energy Investment 2020.

Abrufbar unter: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020>

IW Consult (2020): Wasserstoffranking 2020: Wo steht das Ruhrgebiet im Metropolenvergleich?

Abrufbar unter: https://www.iwconsult.de/fileadmin/user_upload/projekte/2020/wasserstoffranking/IW_nationales_Wasserstoff-Ranking_final.pdf

Kollmann, T.; Jung, P. B.; Kleine-Stegemann, L.; Ataee, J.; de Cruppe, K. (2020): Deutscher Startup Monitor (DSM) 2020.
Abrufbar unter: https://deutscherstartupmonitor.de/wp-content/uploads/2020/09/dsm_2020.pdf

Ludwig Bölkow Systemtechnik (2019): Wasserstoffstudie NRW.
Abrufbar unter: https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/bericht_wasserstoffstudie_nrw-2019-04-09_komp.pdf

Seitz, J.; Hirschfeld, A.; Gilde, J.; Cann, V.; Komp, D.; Bittner, P. & Walk, V. (2020): Künstliche Intelligenz – Wo stehen deutsche Startups?
Abrufbar unter: https://deutschestartups.org/wp-content/uploads/2020/09/Studie_KI-Wo-stehen-deutsche-Startups.pdf

The Fuel Cells and Hydrogen Observatory (2021): Total patent registrations.
Abrufbar unter: <https://www.fchobservatory.eu/index.php/observatory/patents>

Umweltbundesamt (2021): Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland.
Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/bilder/1_entwicklung_der_treibhausgasemissionen_in_deutschland_0.jpg

Weltenergierat Deutschland (2021): International Hydrogen Strategies.
Abrufbar unter: <https://www.weltenergierat.de/international-hydrogen-strategies/>

Herausgeber
Bundesverband Deutsche Startups e.V.

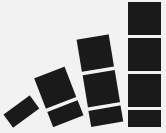
Partner und Förderer
RAG-Stiftung

Autoren
Dr. Alexander Hirschfeld
Jannis Gilde
Vanusch Walk

Design
Dina Wagasowa

ISBN
978-3-948895-07-5

RAGSTIFTUNG 

 Bundesverband
**Deutsche
Startups** e.V.