

Die Transformation der deutschen Stahlindustrie

Grundlage für den Aufbau einer Wasserstoff- Wirtschaft

Eckpunktepapier der DWV-Fachkommission HySteel

August 2022

Executive Summary

Die verschärften Klimaziele stellen die deutsche Stahlindustrie vor immense Herausforderungen. Die Branche ist gewillt, die Klimaziele umzusetzen und ihre Produktion in den nächsten Jahren und Jahrzehnten schrittweise anzupassen. Dabei nimmt die Verfügbarkeit von klimaneutralem und langfristig grünem Wasserstoff eine zentrale Rolle ein.

Um die Wasserstoffversorgung der Stahlindustrie zu sichern, muss ein beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien und Stromnetze durch schnellere Genehmigungsverfahren und mehr Flächen so schnell wie möglich umgesetzt werden. Damit einhergehend muss ein rascher Hochlauf der Wasserstoff-Produktionskapazitäten erfolgen, um eine Wasserstoffwirtschaft zu etablieren, die die nachhaltige Transformation der energieintensiven Industrien sichert und gutbezahlte Industriearbeitsplätze schafft. Wesentlich dafür ist die Ausgestaltung der Kriterien für den zur Produktion von grünem Wasserstoff einsetzbaren erneuerbaren Strom, der die Unternehmen in seiner Ausgestaltung gerade in der Hochlaufphase nicht zu stark einengen sollte.

Darüber hinaus bedarf es einer sicheren, belastbaren und nachhaltigen Wasserstoffinfrastruktur zur Versorgung der energieintensiven Industrien und im speziellen der deutschen Stahlindustrie als Ankerkunden. Perspektivisch und je nach Ausbaugeschwindigkeit einer leitungsgebundenen Wasserstoffinfrastruktur sollten Elektrolyseprojekte aus gesamtwirtschaftlicher Sicht eher an EE-günstigen Standorten realisiert werden. Für die Zeit des Hochlaufs muss allerdings dringend sichergestellt werden, dass Elektrolyseure auch nahe den Verbrauchsschwerpunkten errichtet werden können. Das zukünftige europäische Wasserstoff-Pipelinennetz (European Hydrogen Backbone (EHB)) sollte perspektivisch die Versorgungsdichte des heutigen Erdgasnetzes ermöglichen. Vor allem für den kostengünstigen Import aus europäischen Nachbarländern, die Anbindung von H₂-Terminals an der Küste, aber auch für die ausreichende Versorgung der Industriestandorte ist eine nachhaltige und belastbare Wasserstoffinfrastruktur eine wesentliche Voraussetzung. Die Umstellung von bestehenden Leitungen ist dem Neubau dabei vorzuziehen. Eine nachhaltige Finanzierung des zukünftigen Netzes sollte auf diesem Weg oberste Priorität genießen. Dafür ist die unverzügliche Bewilligung der IPCEI-Anträge in voller Höhe und die Umsetzung weiterer Förderprogramme Grundvoraussetzung. Darüber hinaus ist es entscheidend, dass eine gemeinsame Finanzierung der Gas- und Wasserstoffnetze ermöglicht wird. Dabei ist die unter strikter Einhaltung der Transparenzvorgaben effizienteste und für den Netzhochlauf effektivste Finanzierungsform nach wie vor das gemeinsame Netzentgelt. Außerdem sollte der ITO als Modell fortbestehen und generell die bestehende Regulierung von Erdgas auch für Wasserstoff weiter bestehen.

Für die Transformation der Stahlindustrie ist eine aufwendige Umstellung der Produktionsprozesse und Verfahrensweisen auf klimaneutrale Technologien erforderlich. Dies umfasst insbesondere die Umstellung von der Hochofenroute auf die Direktreduktion von Eisenerz mit grünem Wasserstoff, die übergangsweise auch mit Erdgas oder emissionsarmem Wasserstoff erfolgen kann. Eine sofortige Umsetzung der H₂-DR-Technologie allein mit grünem Wasserstoff ist u.a. aufgrund der unsicheren Wasserstoff-Produktionskapazitäten erst mittelfristig möglich. Um die Klimaziele Deutschlands zu erreichen, muss deshalb früh in Anlagen investiert werden, die bis zur ausreichenden Versorgung der Industriestandorte mit grünem Wasserstoff kurzfristig erhebliche Mengen an Emissionen einsparen können. Die Brückentechnologie der Direktreduktion mit Erdgas mindert die CO₂-Emissionen im

Vergleich zur konventionellen Stahlherstellung über die Hochofenroute um mehr als 60 Prozent. Eine wesentliche Voraussetzung für den Aufbau dieser Anlagen muss die spätere Umrüstbarkeit auf H₂-DR werden, um „stranded assets“ zu vermeiden. Die Verwendung von Erdgas als Übergangslösung wird durch die aktuellen politischen Entwicklungen neu gedacht werden müssen, allerdings wird sie für die Erreichung der kurzfristigen Klimaziele bis 2030 unbedingt gebraucht. Eine Technologieeinschränkung auf die ausschließliche Nutzung grünen Wasserstoffs birgt aufgrund der nicht vorhandenen Versorgungssicherheit kurzfristig einige Unsicherheiten.

Die reine Wasserstoff-Direktreduktion wird als das einzige umfassende technische Verfahren zur Substitution der Verwendung von Kohle zur Eisenerzreduktion eingeschätzt. Diese Technologie hat das höchste spezifische THG-Einsparpotential der Wasserstoffverwendung mit einem Hebel von 26 t_{CO2}/t_{H2}. Die Markteinführung der Direktreduktion mit 100 Prozent Wasserstoff ist vor 2030 technisch umsetzbar. Dies führt dazu, dass das Verfahren als „no-regret“-Option bezeichnet werden kann. Der Stahlindustrie sollten deshalb schon im frühen Hochlauf einer grünen Wasserstoffwirtschaft erhebliche Mengen an grünem Wasserstoff zustehen, um die Investitionssicherheit der Stahlbranche sicherzustellen. Als Konsequenz wird einer frühen Einführung von Wasserstoff in der Stahlindustrie ein synergiestiftender früher Aufbau einer H₂-Versorgungsinfrastruktur im großen Stil zugeschrieben [Agora & AFRY 2021]. Dieses betrifft sowohl die Notwendigkeit des EE-Kapazitätsausbaues, den Ausbau dedizierter H₂-Gastransportleitungen zu den deutschen Stahlstandorten, als auch den Kapazitätsausbau grüner H₂-Produktionskapazitäten, samt dem vorgelagerten Anlagenbau [Sunfire 2019]. Bestehende als auch neue Stahlstandorte könnten in Folge mit Projekten aus anderen Sektoren als Hubs zu einer weiteren breiten nun wirtschaftlicheren Anwendung von Wasserstoff in den anderen Sektoren auf Basis des Gasnetztransports führen [MW 2021].

Eine erfolgreiche Umstellung auf CO₂-neutrale Produktionsverfahren in der Stahlindustrie setzt einen politischen Rahmen voraus, der Investitionen in diese Produktionsverfahren erfolgreich anreizt. Ein OPEX-Förderprogramm, das die Mehrkosten der grünen Stahlproduktion gegenüber der konventionellen Stahlherstellung reflektiert, muss ein wesentlicher Baustein der Transformation werden. Da neben den hohen Investitionskosten für die grünen Anlagen, die Betriebsmehrkosten der grünen Stahlherstellung das Hauptkriterium für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen ist, bedarf es unverzüglich eines solchen Instruments, um auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig zu bleiben und die Technologieführerschaft der deutschen Stahlindustrie zu erhalten. Da die CO₂-armen Stahlerzeugnisse einen wesentlichen Beitrag zu den erforderlichen Energie- und Emissionseinsparungen in anderen Sektoren leisten können, sollten entsprechende Maßnahmen eingeführt werden, die die Verwendung von CO₂-armem Stahl voranbringen können. Die Einführung einer schrittweise ansteigenden Quote für grünen Stahl in ausgewählten Leitmärkten (wie z.B. der Automobilindustrie, der Windenergiebranche und der öffentlichen Beschaffung) könnte ein angemessenes Instrument dafür sein und sollte mit einem mehrstufigen Grünstahllabel, als Kontrollinstrument für den Anteil der grünen Eigenschaft im jeweiligen Stahlprodukt, kombiniert werden. Der geplante Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) darf keinesfalls ohne eine ausreichende Testphase eingeführt werden. Außerdem müssen die freien Zuteilungen im EU-Emissionshandel (EU-ETS) und Incentives beibehalten werden, um die Unternehmen bei den anstehenden Investitionen vor großen finanziellen Mehrbelastungen zu schützen.

Inhaltsverzeichnis

A. Wirtschaftliche Herausforderungen infolge des Ukraine Kriegs	1
B. Voraussetzungen für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft	3
Ausbau der erneuerbaren Energien und Stromnetze	3
o Beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien und Stromnetze durch schnellere Genehmigungsverfahren und mehr Flächen	3
Wasserstoff	4
o Rascher Hochlauf der Wasserstoff-Produktionskapazitäten.....	4
o Zügiger Abbau der Hindernisse für die Nutzung von Elektrolyseuren	5
o Erleichterung der Planung und Genehmigung von Elektrolyseuren	6
o Aufbau internationaler Kooperationen	6
o Herkunftsnachweise (HKN)	7
Wasserstoffinfrastruktur	7
o Aufbau eines belastbaren Wasserstoffnetzes	7
o Ausbau der Gasspeicherkapazitäten	9
o Zügiger Aufbau von LNG-Importterminals (H2-ready)	10
C. Bedingungen für den Markthochlauf der grünen Stahlproduktion	10
Sicherer und wirtschaftlicher Zugang zu grünem Wasserstoff und grünem Strom	11
Etablierung der Brückentechnologien	11
Hochskalierung der Schlüsseltechnologien zur wasserstoffbasierten Stahlerzeugung	12
Ausweitung der Förderungen	13
Anreizinstrumente für Investitionen in die grüne Stahlproduktion	14
o Einführung projektbezogener Klimaschutzverträge	14
o Quote für grünen Stahl in den Leitmärkten	14
o Grenzausgleichmechanismus (CBAM) & freie Zuteilungen im EU-ETS	15
o Label-System für grünen Stahl.....	15

A. Wirtschaftliche Herausforderungen infolge des Ukraine Kriegs

Die deutsche Stahlbranche leistet mit einem Jahresumsatz von über 30 Mrd. € und mehr als 90.000 Arbeitsplätzen einen wichtigen Beitrag zur Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Gleichzeitig ist sie mit einer durchschnittlichen CO₂-Intensität von ca. 1,5 t_{CO2}/t_{Stahl} für rund 60 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr verantwortlich. Das macht ca. 6 Prozent der gesamten Emissionen Deutschlands aus.¹

Mit der Änderung des Klimaschutzgesetzes hat die Bundesregierung die Klimaschutzvorgaben verschärft und das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Bereits bis 2030 sollen die Emissionen um 65 Prozent gegenüber 1990 sinken. Dies stellt die deutsche Stahlindustrie in den nächsten Jahren vor immense Herausforderungen. Die Branche ist gewillt, die Klimaziele umzusetzen und ihre Produktion dementsprechend anzupassen. Die Herstellung grünen Primärstahls ist nur mithilfe von grünem Wasserstoff in Direktreduktionsanlagen möglich. Das bei diesem Prozess entstehende direktreduzierte Eisen (DRI) lässt sich in weiteren Verarbeitungsschritten zu grünem Rohstahl weiterverarbeiten. Für die Erreichung der mittelfristigen Klimaziele ist es auf diesem Weg unabdingbar Brückentechnologien zu etablieren, da die Versorgung der Industriestandorte mit grünem Wasserstoff in ausreichenden Mengen und zu wirtschaftlichen Preisen kurzfristig nicht gewährleistet ist. Die Direktreduktion mit Erdgas reduziert die Emissionen der Stahlherstellung bereits um mehr als 60 Prozent im Vergleich zur konventionellen Hochofenroute. Der Betrieb dieser Anlagen mit einem Mischgas aus Erdgas und Wasserstoff ist ohne weitere Investitionen möglich. Eine Umstellung der Anlagen auf reine Wasserstoffnutzung ist perspektivisch mit geringen Investitionen verbunden und bedingt keine „stranded assets“.²

Der militärische Angriff Russlands auf die Ukraine am 24. Februar 2022 markiert einen grundlegenden Paradigmenwechsel in der deutschen und europäischen Sicherheits-, Energie- und Industriepolitik. Die beobachteten Preisverzerrungen bei Erdgas in Folge des Kriegsbeginns führen bereits heute zu großen finanziellen und logistischen Mehrbelastungen der Industrien sowie zu einer deutlichen Verbesserung der Wettbewerbssituation von grünem Wasserstoff. Aktuelle Gas- und CO₂-Preise bringen grünen Wasserstoff näher an die Wettbewerbsfähigkeit, jedoch ist dies nur eine Momentaufnahme infolge des Ukraine-Kriegs und kein marktwirtschaftliches Resultat. Kurz- bis mittelfristig wird grüner Wasserstoff ohne Subventionen nicht dauerhaft wettbewerbsfähig sein, sodass auch die Herstellung grünen Stahls gegenüber konventionell hergestelltem Stahl weiterhin mit deutlichen Mehrkosten verbunden ist. Die hohen Gaspreise unterstreichen allerdings die Notwendigkeit einer Transformation des Energiesystems. Außerdem müssen auch potenzielle Versorgungsrisiken im Falle eines Embargos bzw. einer wesentlichen Reduktion russischer Energielieferungen deutlich stärker gewichtet und Möglichkeiten der raschen Diversifizierung der Energieversorgung diskutiert werden. Auch wenn Details der langfristigen Auswirkungen von der weiteren Entwicklung des Ukraine-Krieges abhängen werden, zeigen die bereits angekündigten politischen Maßnahmen, dass der Krieg Anlass für einen nachhaltigen und beschleunigten Umbau des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien ist. Durch die Umsetzung anstehender Investitionsentscheidungen der Industrien und im speziellen der deutschen Stahlindustrie sollte daher eine stärkere Resilienz der Lieferketten sowie eine stärkere Unabhängigkeit von anderen Energielieferanten herbeigeführt werden. Es ist davon

¹ LBST, HySteel Metastudie 2022

² LBST, HySteel Metastudie 2022

auszugehen, dass der potenzielle Beitrag der Erdgas-Direktreduktion (CH₄-DR) und der Nutzung emissionsarmen Wasserstoffs als „Brückentechnologie“ dabei im Lichte zunehmend kürzerer Abschreibungszeiten hinterfragt wird. Die Notwendigkeit der Brückentechnologien bleibt jedoch unbestritten, solange kein grüner Wasserstoff in ausreichenden Mengen verfügbar ist. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine beschleunigte Umstellung der heimischen Stahlproduktion auf inländische Direktreduktion auf Basis von Wasserstoff zusätzlich an Bedeutung. Diese stellt langfristig die einzige nachhaltige Option für eine emissionsfreie und sichere Stahlproduktion mit entsprechender nationaler Wertschöpfung und der gemeinsam von der deutschen Industrie und Politik angestrebten Umsetzungsgeschwindigkeit dar.³ In der Hochlaufphase ist damit zu rechnen, dass sich die Nutzungskonkurrenzen für Erdgas und Wasserstoff verschärfen. Die Politik sollte sich aus diesem Grund für eine Priorisierung der „no-regret“-Anwendungen, wie der Direktreduktion, einsetzen, um durch gesicherte Gasmengen Investitionssicherheit für die Stahlbranche zu schaffen und „stranded assets“ zu vermeiden.

Nachfolgend werden zum einen die essenziellen Voraussetzungen für den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft sowie die Bedingungen für den Hochlauf der grünen Stahlproduktion zur Überwindung der aktuellen regulatorischen Hemmnisse beschrieben.

³ LBST, HySteel Metastudie 2022

B. Voraussetzungen für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft

Die Entwicklung der zukünftigen Wasserstoffwirtschaft in Deutschland ist getrieben durch hohen Druck zur THG-Emissionsreduktion in allen Sektoren. Die zukünftige Bedeutung von Wasserstoff wird insbesondere in einem nahezu vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem nicht zuletzt von seiner Rolle als Transport- und insbesondere Speichermedium geprägt. Die Szenarien besonders relevanter Studien zum grünen Wasserstoffbedarf Deutschlands zeigen in der langfristigen Entwicklung bis 2050 eine große Bandbreite von 260 TWh [Prognos et al. 2021] über knapp 500 TWh [ewi 2021, ISE 2020] bis 690 TWh [ISI 2021].

Im Fokus dabei muss einerseits der Abbau der regulatorischen Hürden, die den zügigen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft aktuell hemmen, und andererseits die Entwicklung regulatorischer Leitplanken für eine investitionssichere Transformation in eine emissionsarme Stahlerzeugung mit Wasserstoff stehen. Ergänzend dazu müssen Förderprogramme ausgeweitet und implementiert werden, die den Hochlauf der Elektrolysekapazitäten beschleunigen.

Ausbau der erneuerbaren Energien & Stromnetze

Grüner Strom muss zu jeder Zeit in ausreichenden Mengen und zu wettbewerbsfähigen Preisen verfügbar sein.

- Beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien und Stromnetze durch schnellere Genehmigungsverfahren und mehr Flächen

Für die Erreichung der ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung muss der Ausbau der erneuerbaren Energien politisch forciert werden. Das ambitionierte Ziel des Osterpakets mit einem Anteil der erneuerbaren Energien von 80 Prozent am Bruttostromverbrauch bis 2030 ist ohne einen enormen Ausbau von Windkraft und Photovoltaik nicht umzusetzen. Der Ausbau der Elektrolysekapazitäten, der schnell und in großer Menge vorangetrieben werden sollte, bedingt einen höheren Stromverbrauch. Die Ziele der Bundesregierung sollten dahingehend überprüft werden und Berücksichtigung finden. Die ebenfalls im Osterpaket festgelegten Ausbauziele der Photovoltaik (ab 2028: 20 GW/a) und Windenergie (ab 2027: 10 GW/a an Land) sind positiv zu bewerten. Für die Umsetzung muss der Genehmigungszeitraum für Windkraftanlagen an Land, der aktuell bei etwa sechs Jahren liegt, allerdings deutlich verringert werden. Dazu müssen die Gerichtsverfahren von Windparkbauvorhaben in Zukunft unbedingt höhere Priorität als bisher genießen. Auch der Bau der Stromleitungen muss deutlich beschleunigt werden.

Für die Umsetzung der Ziele hat das Sommerpaket eine maßgebliche Bedeutung. Die fünf Fachgesetze BNatSchG, LuftVG, BauGB, ROG und BImSchG zeigen die Komplexität in den Genehmigungsverfahren für Windenergie- und Photovoltaikanlagen auf und müssen deshalb im Sommerpaket auch für die wasserstoffrelevanten Technologien umfassend, rechtssicher und aufeinander abgestimmt angepasst werden, um die Ziele des Osterpakets schlussendlich realisierbar zu machen. Nur ein stimmiges Gesamtpaket aus Einzelgesetzen wird die gewünschte Beschleunigungswirkung in den Genehmigungsverfahren entfalten.

Wenn eine starke politische Richtungsentscheidung getroffen wurde, die diese Umsetzung angeht, dann muss der nächste Schritt sein, dass die Elektrolyseure

sowohl standortnah bei der Industrie, als auch an den EE-günstigen Standorten aufgebaut werden. Hierzu ist es entscheidend den notwendigen Ausbau der Strom- und Wasserstoffnetze weiter voranzutreiben und die Grünstahldefinition entsprechend auszugestalten.

Wasserstoff

Der Ausbau der Erzeugungskapazitäten für Wasserstoff wird eine Wasserstoffwirtschaft etablieren, sichert die nachhaltige Transformation der energieintensiven Industrien und schafft nachhaltige und gut bezahlte Industriearbeitsplätze.

- Rascher Hochlauf der Wasserstoff-Produktionskapazitäten

Ein wesentlicher Baustein für den Aufbau eines klimaneutralen Energiesystems wird klimaneutraler und langfristig grüner Wasserstoff sein. Seit dem Kriegsbeginn zwischen der Ukraine und Russland im Februar wurden diverse Maßnahmen ergriffen, um die Abhängigkeit von russischen Energieimporten (Gas, Öl und Kohle) zu verringern. Neben der Nutzung von grünem Strom ist grüner Wasserstoff ein wesentlicher Bestandteil des zukünftigen klimaneutralen Energiesystems. Die Stahlindustrie, die für etwa 6 Prozent der CO₂-Emissionen Deutschlands verantwortlich ist, wird eine klimaneutrale Primärstahlproduktion letztlich nur mithilfe von grünem Wasserstoff in Direktreduktionsanlagen umsetzen können. Eine grüne Wasserstoffwirtschaft erlaubt nicht nur eine versorgungssichere klimaneutrale Energiewirtschaft, sie eröffnet gerade Deutschland eine enorme wirtschaftliche Chance. Bis 2050 wird mit einem globalen grünen Wasserstoffhandelspotenzial von jährlich mehr als 2.000 Mrd. Euro, mit Investitionen im Anlagenbau von mehr als 600 Mrd. Euro – das Doppelte des heutigen Gesamtumsatzes des deutschen Maschinenbaus – und mit mehr als 30 Mio. neuen Arbeitsplätzen gerechnet.⁴ Für die Umsetzung braucht es zügig einen mutigen regulatorischen Rahmen.

Nach einer aktuellen DWV-Umfrage unter sieben deutschen Elektrolyseherstellern sind jährliche Elektrolyseur-Lieferkapazitäten von 16 GW bzw. 28 GW in den Jahren 2025 und 2030 umsetzbar. Dies entspräche 9 bzw. 13 Mrd. € Umsatz, 47.000 bzw. 66.000 Arbeitsplätzen und einer Wasserstofferzeugungskapazität von 1,27 Mio. t (42 TWh) im Jahr 2025 und 2,17 Mio. t (72 TWh) im Jahr 2030.⁵ Die Lieferfähigkeit der Anlagen wäre dementsprechend kein „bottle-neck“ für den Hochlauf der Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff, bezogen auf das Ziel der Bundesregierung von 10 GW heimischer Elektrolyseleistung bis 2030. Um die Potentiale für den Aufbau der Wasserstoffproduktion auszuschöpfen, sollte über eine Anpassung dieses Ziels nachgedacht werden und der Wasserstoffhochlauf mit geeigneten Förderungen sowie durch den Abbau regulatorischer Hürden unterstützt werden. Die Anpassung des Ziels für die grüne Wasserstoffproduktion in der EU auf 10 Millionen Tonnen (dies entspricht etwa 128 GW Elektrolyseleistung⁶) sowie dem Import weiterer 10 Mio. Tonnen bis 2030 ist ein Schritt in die richtige Richtung, denn

⁴ McKinsey, Hydrogen – Scaling up 2017

⁵ DWV, Marktumfrage zur jährlichen Lieferkapazität für Elektrolyseure 2022

⁶ Annahmen:

Wirkungsgrad Elektrolyse 65 %, 4000 Volllaststunden und unterer Heizwert (LHV) H₂ von 33,33 kWh / kgH₂:

Wirkungsgrad $\eta = q_{\text{chem}} / q_{\text{el}} \rightarrow q_{\text{el}} = q_{\text{chem}} / \eta = 33,33 \text{ kWh}_{\text{H}_2} / 0,65 = 51,2 \text{ kWh}_{\text{el}} / \text{kg}_{\text{H}_2}$

Dies entspricht $0,0512 \text{ GWh}_{\text{el}} / \text{t}_{\text{H}_2}$ bzw. $512.000 \text{ GWh}_{\text{el}} / 10 \text{ Mio. t}_{\text{H}_2}$

$P = W / t \rightarrow 512.000 \text{ GWh}_{\text{el}} / 4000 \text{ h} = 128 \text{ GW}$

nur durch einen europäischen Ansatz ist der nachhaltige Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft realisierbar.

▪ Zügiger Abbau der Hindernisse für die Nutzung von Elektrolyseuren

Der delegierte Rechtsakt zur Ausgestaltung der Kriterien für den zur Produktion von grünem Wasserstoff einsetzbaren erneuerbaren Strom sollte die Unternehmen in seiner Ausgestaltung gerade in der Hochlaufphase nicht zu stark einengen. Eine zu strenge Auslegung der Kriterien Zusätzlichkeit sowie der zeitlichen und geografischen Korrelation wird Investitionen in grüne Wasserstoffprojekte hemmen und das Geschäftsmodell für grünen Wasserstoff gegenüber anderen Geschäftsmodellen benachteiligen. Daher sollte der delegierte Rechtsakt der EU, aber insbesondere die nationale Umsetzung, zur Erfüllung der Kriterien einem pragmatischen Ansatz folgen durch:

- Herkunftsnachweise (Guarantees of Origin/"GOs") als einfachen bilanziellen Nachweis der erneuerbaren Eigenschaft des Wasserstoffs,
- ein Zusätzlichkeits-Kriterium, das sowohl den nicht geförderten Strombezug aus Neu- als auch aus Bestandsanlagen zulässt, und bei dem der zusätzliche Ausbau der erneuerbaren Energien über ein staatlich gesteuertes Regime angereizt wird,
- eine zeitliche Korrelation von grüner Stromproduktion und grüner Wasserstoffproduktion, die einen nachhaltigen Betrieb der Anlagen erlaubt,
- einer geografischen Korrelation zwischen dem Elektrolyseur und der EE-Anlage innerhalb der EU, wobei eine Verstärkung des Redispatch durch Regionalcluster vermieden werden sollte,
- einem ausschließlichen Betrieb der grünen Wasserstoffprojekte mit erneuerbaren Energien, und
- einer bilanziellen Anrechnung der erzeugten grünen Wasserstoffmengen auf frei von der Industrie zuzurechnende Produkte, die in den Markt gebracht werden.

Eine Übergangsfrist für das Inkrafttreten strikterer Kriterien bis 2030 kann dabei für sinnvoll erachtet werden, solange die Rechts-, Planungs- und Investitionssicherheit gewahrt wird. Daher sollte nach Ende dieser Übergangsfrist außerdem ein Bestandsschutz, für die in der Hochlaufphase errichteten ersten Anlagen (first-mover), für die gesamte Betriebsdauer der Anlagen, die vor dem Stichtag in Betrieb genommen worden sind, greifen.

Einerseits wird ein delegierter Rechtsakt mit pragmatischen Regeln, andererseits aber perspektivisch ein anderer Grundansatz benötigt. Hierfür bietet die Revision der RED II eine optimale Gelegenheit. Nur wenn diese für einen Systemwechsel genutzt wird, erhält die europäische Wasserstoffherzeugung im internationalen Wettbewerb eine Chance. In Deutschland sind die Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien an den Strombedarf gekoppelt und deshalb gibt es keine Notwendigkeit, dass einzelne Wasserstoffprojekte die Zusätzlichkeit der erneuerbaren Erzeugungsanlagen nachweisen. Die Verantwortlichkeit die Voraussetzungen für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien zu schaffen, obliegt, insbesondere in Deutschland, allein dem Staat (Prinzip der Planungshoheit der staatlichen Gewalt). Die Bundesregierung gibt den Ausbaupfad der erneuerbaren Energien vor und hat die Möglichkeit diesen Ausbaupfad in Übereinstimmung mit dem Hochlauf der installierten Elektrolyseleistung zu bringen. In der Verantwortung der Elektrolyse-Betreiber kann nur der Einkauf und die Verwendung des grünen Stroms zur Erzeugung von grünem

Wasserstoff liegen. So ist der Staat im Rahmen einer integrierten Systemplanung in der Verantwortung und muss den Ausbaupfad der Erneuerbaren entsprechend des zusätzlichen Strombedarfs der Elektrolyseure anheben und in den Nationalen Energie- und Klimaplänen (NECPs) ausweisen. Auf diese Weise kann der Betrieb der grünen Elektrolyseure nach den Prinzipien der sozialen Marktwirtschaft gesteuert werden, nämlich über den wettbewerblichen Einkauf erneuerbarer Energien am Markt und über einen Betrieb als zu- bzw. abschaltbare Last im Rahmen von Redispatch oder Systemdienstleistungen.

- Erleichterung der Planung und Genehmigung von Elektrolyseuren

Wie für erneuerbare Energien sollte auch für Elektrolyseure klargestellt werden, dass deren Errichtung und Betrieb im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen. Es braucht daher sowohl auf deutscher als auch europäischer Ebene Beschleunigungsmöglichkeiten in Form von angepassten Regelwerken in Bereichen wie der Bau- und Raumplanungsordnung, des Wasser- und Immissionsschutzes als auch der Emissions- und Umweltregelungen. Damit könnte die Dauer der bis zur Realisierung eines Elektrolyseurs erforderlichen Planungs- und Genehmigungsverfahren deutlich verkürzt werden, um zeitnah die gesetzten Klimaziele auf nationaler und internationaler Ebene zu erreichen. Grundsätzlich sollten alle Erleichterungen, die im Koalitionsvertrag bzw. im Oster-/Sommerpaket sowie im REPowerEU-Plan für die Beschleunigung der Genehmigungsverfahren für EE-Stromerzeugungskapazitäten (Wind/PV) eingeführt wurden, auch auf Elektrolyseprojekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff ausgeweitet werden. Für den raschen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft sind beschleunigte Genehmigungsverfahren schon heute von enormer Bedeutung.

Die Notwendigkeit zügiger Planungs- und Genehmigungsverfahren gilt gleichermaßen für Elektrolyseure und andere Anlagen zur Wasserstoffherzeugung sowie für die Wasserstoffnetze und -speicher.

- Aufbau internationaler Kooperationen

Eine weitere Voraussetzung für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft werden internationale Energiepartnerschaften sein. Die Importquote Deutschlands für grünen Wasserstoff wird im Jahr 2030 voraussichtlich etwa 57 Prozent betragen, im Jahr 2050 sogar 65 Prozent.⁷ Somit müssen frühzeitig Wasserstoff-Partnerschaften und Instrumente wie H2-Global weiter gefördert werden, um den Markthochlauf zu realisieren. Dabei sollte neben Derivaten auch schnell mehr Augenmerk auf Wasserstoffimporte gelegt werden, da diese im Gegensatz zu den Derivaten direkt von der Stahlindustrie genutzt werden können. Ein gesamteuropäischer Ansatz eines grünen Wasserstoffbezugs nach dem Vorbild von H2-Global würde ein notifiziertes und funktionierendes System für den Import grünen Wasserstoffs in die EU darstellen. Die Fachkommission HySteel des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes e.V. (DWV) begrüßt daher die Pläne des REPowerEU-Pakets für eine "European Global Hydrogen Facility", die auf den Erfahrungen von H2-Global aufbauen soll. Vor allem europäische Nachbarländer und z.B. Regionen wie die MENA-Region sind hier interessant, da sie tendenziell kostengünstiger produzieren können

⁷ LBST, HySteel Metastudie 2022

als Deutschland und den Wasserstoff trotzdem noch vergleichsweise kostengünstig über Pipelines nach Deutschland bzw. in die EU transportieren können.

- Herkunftsnachweise (HKN)

Für die Transformation des Gasmarktes und die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen und liquiden Wasserstoffmarktes ist es von größter Bedeutung, schnell ein einheitliches europäisches Zertifizierungssystem für grünen Wasserstoff, kohlenstoffarme Gase und andere Arten flüssiger und gasförmiger erneuerbarer Kraftstoffe zu etablieren. Eine Zertifizierung ist erforderlich, um die verschiedenen Arten erneuerbarer und kohlenstoffarmer Gase und Kraftstoffe zu spezifizieren und eindeutig zu differenzieren, insbesondere im Hinblick auf das Herstellungsverfahren und den jeweiligen CO₂-Fußabdruck.

Basierend auf der Zertifizierung können Herkunftsnachweise (HKN) dann verwendet werden, um effizient und transparent die Eigenschaften solcher Gase und Kraftstoffe, die gehandelt und zu industriellen Zwecken oder im Transportwesen verwendet werden, zu demonstrieren. Dadurch wissen die Kunden, was sie zu welchem Preis kaufen und wie sich der Rohstoff auf ihre eigenen CO₂-Reduktionsziele auswirkt. Darüber hinaus wissen die Regulierungsbehörden, was auf die THG-Reduktionsziele angerechnet werden kann.

Dabei sollte der Handel von HKN vom Handel mit Wasserstoff zeitlich befristet finanziell entkoppelt werden (book&claim-System), bis ausreichend Leitungskapazitäten geschaffen worden sind. Um Doppelvermarktungen, also den mehrfachen Verkauf des gleichen Herkunftsnachweises, zu verhindern, sollte es ein übergeordnetes, EU-weites Register der Mengenerfassung geben.

Insgesamt besteht großer politischer Handlungsbedarf, damit erneuerbare und kohlenstoffarme Gase und Kraftstoffe einschließlich Wasserstoff auf der Grundlage eines zuverlässigen europäischen GO-Systems nach fünf Schlüsselprinzipien ordnungsgemäß zertifiziert werden können: Verfolgbarkeit, Nachvollziehbarkeit, Handelbarkeit, Transparenz und Vertrauenswürdigkeit. Die Bundesregierung sollte sich, wie im Koalitionsvertrag vorgesehen, für eine Regelung auf EU-Ebene einsetzen. Eine grenzüberschreitende Anwendbarkeit ist notwendig.

Wasserstoffinfrastruktur

Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft bedarf einer sicheren und nachhaltigen Versorgungsinfrastruktur. Dies ist der Schlüssel für die Stahlindustrie, um zukunftsweisend in die Transformation investieren zu können.

- Aufbau eines belastbaren Wasserstoffnetzes

Die nachhaltige Umstellung des deutschen Energiesystems bedingt die Transportfähigkeit großer Mengen Energie. Perspektivisch und je nach Ausbaugeschwindigkeit einer leitungsgebundenen Wasserstoffinfrastruktur sollten Elektrolyseprojekte aus gesamtwirtschaftlicher Sicht eher an EE-günstigen Standorten realisiert werden, denn wird Wasserstoff direkt benötigt, ist der Transport derselben Energiemenge in Form von Wasserstoff im Vergleich zum Transport über

das Stromnetz bis zu vier Mal günstiger.⁸ Für die Zeit des Hochlaufs sollte allerdings dringend sichergestellt werden, dass Elektrolyseure auch nahe den Verbrauchsschwerpunkten errichtet werden können, da sowohl der produzierte Wasserstoff als auch der Sauerstoff direkt nutzbar ist. Neben der stofflichen Nutzung (z.B. bei der Nutzung des Wasserstoffs als Reduktionsmittel bei der grünen Primärstahlherstellung oder bei Power-to-X) ist für viele Sektoren die energetische Nutzung des Gases Wasserstoff, zum Beispiel für den Einsatz in Hochtemperaturprozessen, als Substitut für Erdgas essenziell.

Pipelines

Die kosteneffizienteste Form des Transportes großer Mengen Wasserstoffs ist der Pipelinetransport. Das zukünftige europäische Wasserstoff-Pipelinennetz (European Hydrogen Backbone (EHB)) sollte perspektivisch die Versorgungsdichte des heutigen Erdgasnetzes ermöglichen. Vor allem für den kostengünstigen Import aus europäischen Nachbarländern, die Anbindung von H₂-Terminals an der Küste, aber auch für die ausreichende Versorgung der Industriestandorte ist eine nachhaltige und belastbare Wasserstoffinfrastruktur eine wesentliche Voraussetzung. Standorte mit großen Bezugsmengen, wie die Produktionsstandorte der Stahlindustrie, stellen wichtige Ankerpunkte für den Aufbau des Wasserstoffnetzes dar. Die Umstellung von bestehenden Leitungen ist dem Neubau dabei vorzuziehen, da diese im Vergleich zum Neubau effizienter und ressourcenschonender ist.

Eine nachhaltige Finanzierung des zukünftigen Netzes sollte auf diesem Weg oberste Priorität genießen. Dafür ist die unverzügliche Bewilligung der IPCEI-Anträge in voller Höhe und die Umsetzung weiterer Förderprogramme Grundvoraussetzung. Darüber hinaus ist es entscheidend, dass eine gemeinsame Finanzierung der Gas- und Wasserstoffnetze ermöglicht wird. Dabei ist die unter strikter Einhaltung der Transparenzvorgaben effizienteste und für den Netzhochlauf effektivste Finanzierungsform nach wie vor das gemeinsame Netzentgelt. Eine vollständig separate Finanzierung ist im Hinblick auf das Ziel einer breiten Anwendung von Wasserstoff und der zügigen Errichtung eines Netzes der allgemeinen Versorgung mit Wasserstoff kritisch zu bewerten. Insbesondere für die ersten Nutzer der Wasserstoffnetze drohen prohibitiv hohe oder aber zumindest stark schwankende Netzentgelte. Für die Netzbetreiber besteht aufgrund der Rolle weniger Ankerkunden hohe Unsicherheit über die zu erwartenden Erlöse. Gleichzeitig verhindern gemeinsame Netzentgelte auch für die Gaskunden unerwünschte Effekte, denn wenn gerade die großen Industriekunden auf Wasserstoff wechseln, fehlen wichtige Beiträge zur Finanzierung des Gasnetzes.

Ein zentrales Thema bei der aktuellen Novellierung der EU-Gasbinnenmarkttrichtlinie sind die Pläne der Europäischen Kommission zum Ownership-Unbundling von Wasserstoffnetzbetreibern. Durch die vertikale eigentumsrechtliche Entflechtung würden Gasnetzbetreiber, die heute als Independent Transmission Operator (ITO) bestehen oder als VNB Teil eines integrierten Energieversorgungsunternehmens sind, vom Wasserstofftransport ausgeschlossen. Eine vertikale Entflechtung in diesem Ausmaß ist nicht zielführend und sollte unbedingt vermieden werden. Stattdessen sollte der ITO als Modell fortbestehen und generell die bestehende Regulierung von Erdgas auch für Wasserstoff weiter bestehen. Die im Entwurf vorgesehene horizontale Entflechtung (Art. 63 und in Verbindung mit den Vorgaben in Art. 36 und Art. 50 der GasRL) verhindert zudem, dass ein Gasnetzbetreiber auch Wasserstoffnetze gemeinsam in einer Gesellschaft betreiben darf. Diese Regelungen führen zu Ineffizienzen und Zeitverzug, da sie die erheblichen Synergien, die zwischen Erdgas-

⁸ Guidehouse, Analysing the future demand supply and transport of hydrogen 2021

und Wasserstoffnetzbetrieb bestehen, verhindern – beides kann sich die Stahlindustrie und Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität nicht leisten. Daher sollten derartige Regelungen zum horizontalen Unbundling, die über eine Kontentrennung der Erdgas- und Wasserstoffaktivitäten hinausgehen, unbedingt vermieden werden. Den Gasnetzbetreibern darf nicht verboten werden, in die Transformation ihrer Netze zu investieren. Dies ist umso dringlicher, da Gasnetzbetreiber bereits heute als feste Partner in Projektkonsortien aktiv sind. Weiterhin sollte es kein dauerhaftes Nebeneinander von reguliertem und verhandeltem Netzzugang geben.

Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz

Um einen möglichst effizienten Beitrag zu den Klima- und Energiezielen Deutschlands und der EU zu leisten, sollte grüner Wasserstoff vorerst vorrangig in den Sektoren eingesetzt werden, in denen er auf kosteneffiziente Weise die meisten CO₂-Emissionen einsparen kann. Die Sektoren Stahl, Raffinerien und Ammoniak sowie der Schwerlastverkehr sind bereits kurzfristig zwingend auf grünen Wasserstoff angewiesen. Daher ist es von zentraler Bedeutung, von Anfang an vor allem auf die Entwicklung einer reinen Wasserstofftransport- und -verteilinfrastruktur zu setzen.

Wie genau bestimmte Konzepte vor Ort umgesetzt werden können, ist von lokalen Gegebenheiten abhängig.

Schiffstransporte

Auch Schiffstransporte von verflüssigtem Wasserstoff und Wasserstoffträgermaterialien (H₂-Derivate) – vor allem jenen, die bereits heute in großen Maßstäben eingesetzt werden (z.B. Ammoniak oder Methanol) – erscheinen für eine rasche Umsetzung der Wasserstoffversorgung attraktiv. Für den Wasserstoffimport bieten Schiffsimporte große Flexibilisierungsoptionen für eine zuverlässige Versorgung, wie es etwa bereits heute bei Erdgas und LNG beobachtet werden kann.

Insbesondere in den kommenden zwanzig Jahren sollte die technologieoffene Koexistenz verschiedener Transportvektoren bestehen bleiben. Allerdings ist ein entsprechendes Pipelinennetz auch für Importe essenziell, sodass der European Hydrogen Backbone so schnell wie möglich vorangetrieben werden sollte.

- Ausbau der Gasspeicherkapazitäten

Ein großer Vorteil von Wasserstoff ist die günstige Speicherbarkeit großer Energiemengen über lange Zeiträume in den bestehenden Erdgas-Untergrundspeichern. Mit einem höheren Anteil erneuerbarer Energien im Gesamtenergiesystem steigt auch die erforderliche Speicherkapazität. Es zeigt sich damit die zukünftig hohe Bedeutung von Wasserstoffspeichern, vor allem hinsichtlich der saisonalen Speicherung von Energie. Bis zum Jahr 2050 kann die benötigte Speicherkapazität Deutschlands eine eingespeicherte Energiemenge von etwa 50 bis 110 TWh umfassen.⁹ Da bestehende Speicher auch in den nächsten Jahren für die Erdgasspeicherung benötigt werden, sollten parallel zu Umrüstungen neue Speicherkapazitäten für Wasserstoff aufgebaut werden. Lange Vorlaufzeiten bei der Umsetzung von Speicherprojekten unterstreichen die Notwendigkeit das Thema großskalige Untergrundspeicherung (bspw. in Salzkavernen) unverzüglich anzugehen.

⁹ LBST, HySteel Metastudie 2022

- Zügiger Aufbau von LNG-Importterminals (H₂-ready)

Durch die Abkehr von russischem Gas infolge des Kriegsbeginns in der Ukraine ist die Notwendigkeit des Aufbaus von LNG-Terminals unumstritten. Der Aufbau zur kurzfristigen Versorgung mit LNG, um russische Energieimporte zu substituieren und die deutsche Energieversorgung zu diversifizieren, muss durch schnellere Genehmigungsverfahren beschleunigt werden. In der Planung sollte ein perspektivischer Betrieb als Importterminal für Wasserstoff/Wasserstoffderivate unbedingt berücksichtigt werden, damit eine Nutzung der Anlagen über Jahrzehnte gesichert ist. Der Ausbau internationaler Energiepartnerschaften sichert die Auslastung der Anlagen und damit den wirtschaftlichen Betrieb über die nächsten Jahrzehnte.

C. Bedingungen für den Markthochlauf der grünen Stahlproduktion

Deutschland hat sich mit dem novellierten Klimaschutzgesetz das Ziel gesetzt, bis 2045 treibhausgasneutral zu sein. Die Europäische Union will die Klimaneutralität spätestens im Jahr 2050 erreichen. Die Industrie ist bereit, diese Ziele umzusetzen. Allerdings stellt sie dies vor enorme Herausforderungen, da hierfür eine aufwendige Umstellung der Produktionsprozesse und Verfahrensweisen auf klimaneutrale Technologien erforderlich ist. In der Stahlindustrie umfasst dies insbesondere die Umstellung von der Hochofenroute auf die Direktreduktion von Eisenerz mit grünem Wasserstoff, die übergangsweise auch mit Erdgas oder emissionsarmem Wasserstoff erfolgen kann. Dabei weist der Industriesektor die Besonderheit auf, dass die kapitalintensiven Produktionsanlagen häufig über sehr lange Lebensdauern verfügen – bei Stahl meist über 20 Jahre. Daher muss in vielen Fällen bereits der nun anstehende Investitionszyklus genutzt werden, um die bestehenden Produktionsstandorte auf perspektivisch nahezu CO₂-neutrale Verfahrensweisen umzurüsten. Daraus folgt, dass die notwendigen Schritte in Richtung Transformation des Industriesektors bereits jetzt eingeleitet werden müssen. Dabei gilt es zu vermeiden, dass Produktionsstandorte in Deutschland aufgegeben und ins weniger streng regulierte Ausland verlagert werden (Carbon Leakage-Risiko).¹⁰

Es ist bekannt, dass der Stahlindustrie die Art und Konsequenz der grundlegenden Innovationserfordernisse bei der Rohstahlherstellung bewusst sind und dass es einer konzertierten Kraftanstrengung der Industrie gemeinsam mit der Politik bedarf, um diese Umstellung unter verlässlichen Rahmenbedingungen zu erzielen. Dabei hilft, dass die DR-Technologie prinzipiell international kommerzialisiert ist und sich der deutsche Anlagenbau rechtzeitig um die Entwicklungsrechte bemüht hat. Als eine „no-regret“ Option ist die Stahlindustrie als großer Abnehmer für Wasserstoff einer der wesentlichen Treiber für den erforderlichen Markthochlauf sowie den Infrastrukturausbau in Deutschland. Dies liegt – auch im Vergleich zu anderen Sektoren – an der hohen Effizienz des H₂-Einsatzes (Einsparung von 26 t CO₂ pro eingesetzter Tonne Wasserstoff¹¹) und heute nicht absehbaren großindustriellen Alternativen bei der Umstellung zu einer emissionsfreien Stahlerzeugung. Hinzu kommen die großen Abnahmemengen an wenigen Standorten, die den kosteneffizienten Anschluss an ein H₂-Transportnetz im frühen Stadium ermöglichen (siehe auch „no-regret“-Korridore in [Agora & AFRY 2021] bzw. den Aufbau eines „Hydrogen Backbones“ nach [Gas for Climate & Guidehouse 2021]). Zum anderen sollten aus gesamtwirtschaftlicher Sicht insbesondere auch die hohen spezifischen

¹⁰ BBH, HySteel Gutachten 2022

¹¹ WV-Stahl, Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2020

CO₂-Vermeidungspotenziale bei Umstellung der Hochofenroute berücksichtigt werden, gerade im Falle möglicher Versorgungsengpässe für grünen und emissionsarmen Wasserstoff während einer frühen Phase des Markthochlaufes. Vor allem kurzfristig könnte die Verwendung von emissionsarmem Wasserstoff eine ausgleichende Wirkung auf den intermittierenden Supply von grünem Wasserstoff haben. Die Weichen für die zukünftige Ausgestaltung der Technologie zur Direktreduktion im Stahlsektor und Versorgung mit grünem Wasserstoff sollten noch heute gestellt werden.¹²

- Sicherer und wirtschaftlicher Zugang zu grünem Wasserstoff und grünem Strom

Wie in Kapitel B. beschrieben sind für die Produktion grünen Stahls die Verfügbarkeit von grünem Strom und grünem Wasserstoff in ausreichenden Mengen und zu wirtschaftlichen Preisen wesentliche Grundvoraussetzungen. Die grüne Stahlproduktion in Deutschland wird in den Jahren 2030 bzw. 2050 ca. 34 TWh bzw. 70 bis 100 TWh grünen Wasserstoff pro Jahr benötigen. Im Vergleich zur deutschen Gesamtnachfrage von 110 TWh/a in 2030 und 260 bis 690 TWh/a in 2050 entspricht dies einem Anteil von 20 bis 40 Prozent (2030) bzw. 10 bis 20 Prozent (2050) des Gesamtbedarfes Deutschlands.¹³

Für die Umsetzung der Transformation ist der Ausbau der Erneuerbaren sowie der heimischen Wasserstoffproduktionskapazität entscheidend. Eine Koexistenz von industriestandortnahen Elektrolyseuren und Elektrolyseuren an EE-günstigen Standorten ist, vor allem im Hinblick auf den sich erst entwickelnden Ausbau eines Wasserstoffnetzes, in der Markthochlaufphase entscheidend.

- Etablierung der Brückentechnologien

Auf dem Weg zu einer emissionsfreien Stahlherstellung sind Brückentechnologien erforderlich. Eine sofortige Umsetzung der H₂-DR-Technologie allein mit grünem Wasserstoff ist u.a. aufgrund der unsicheren Wasserstoff-Produktionskapazitäten erst mittelfristig möglich. Um die Klimaziele Deutschlands zu erreichen, muss deshalb früh in Anlagen investiert werden, die bis zur ausreichenden Versorgung der Industriestandorte mit grünem Wasserstoff kurzfristig erhebliche Mengen an Emissionen einsparen können.

Die Brückentechnologie der Direktreduktion mit Erdgas mindert die CO₂-Emissionen im Vergleich zur konventionellen Stahlherstellung über die Hochofenroute um mehr als 60 Prozent. Eine wesentliche Voraussetzung für den Aufbau dieser Anlagen muss die spätere Umrüstbarkeit auf H₂-DR werden, um „stranded assets“ zu vermeiden. Über die Erdgasdirektreduktionsroute mit Weiterverarbeitung in einem elektrischen Schmelzaggreat (CH₄-DR-ES-Route) würden für das Jahr 2030 spezifische Gesamt-CO₂-Emissionen (Scope 1 & 2) von ca. 735 kg_{CO2}/t_{Rohstahl} (Netzstrom) bzw. 709 kg_{CO2}/t_{Rohstahl} (Grünstrom) entstehen, also ca. 60 bis 70 Prozent weniger als über die konventionelle Hochofenroute.¹⁴ Grundsätzlich wird auch ein Hybridbetrieb mit wechselnden Anteilen von H₂ und CH₄ machbar sein.

¹² LBST, HySteel Metastudie 2022

¹³ LBST, HySteel Metastudie 2022

¹⁴ LBST, HySteel Metastudie 2022

Die Verwendung von Erdgas als Übergangslösung wird durch die aktuellen politischen Entwicklungen neu gedacht werden müssen, allerdings wird sie für die Erreichung der kurzfristigen Klimaziele bis 2030 unbedingt gebraucht. Eine Technologieeinschränkung auf die ausschließliche Nutzung grünen Wasserstoffs birgt aufgrund der nicht vorhandenen Versorgungssicherheit kurzfristig einige Unsicherheiten. Für den Einstieg in die DR-Technologie ist die Erdgasnutzung unerlässlich und es muss sichergestellt werden, dass es trotz der aktuellen und vermutlich anhaltenden Krisensituation in ausreichenden Mengen und zu bezahlbaren Preisen verfügbar ist, da die Nachfrage durch den Betrieb der Direktreduktionsanlagen steigen wird. Dies schließt nicht aus, dass man sich umso mehr für den grünen Wasserstoffhochlauf einsetzen muss.

Die Stahlindustrie braucht für den Betrieb der H₂-DR-Anlagen enorme Mengen, die in der Hochlaufphase durch zu strenge Kriterien für den Strombezug der Elektrolyseure schlicht nicht produzierbar und aufgrund der noch zu entwickelnden Infrastruktur nicht sicher zu beziehen wären. In dieser Phase sollte so viel Wasserstoff wie möglich zur Verfügung stehen, um die Anlagen überhaupt wirtschaftlich betreiben zu können. Wir brauchen deshalb einerseits einen delegierten Rechtsakt mit pragmatischen Regeln, andererseits aber perspektivisch einen anderen Grundansatz. Hierfür bietet die Revision der RED II eine optimale Gelegenheit.

Aktuell gibt es nur Erdgas und Wasserstoff als Reduktionsmittel für die DR-Route, deren Versorgungs- und Preisentwicklung bis 2030 auch aufgrund der aktuellen Krisensituation in der Ukraine nicht sicher vorhersagbar sind. Deshalb muss der Ausbau der DR-Anlagen durch entsprechende Maßnahmen, die eine nachhaltige Investitionssicherheit für die Stahlbranche begünstigen, umso intensiver vorangetrieben werden. Eine Beschränkung auf die Nutzung von grünem Wasserstoff allein wird aus diesem Grund für nicht sinnvoll erachtet. Die Versorgung mit Erdgas oder Wasserstoff sollte auf keinen Fall zum bottle-neck der Transformation werden. Außerdem liegen die Technologien für die vollständig wasserstoffbasierte DRI-Route noch nicht großtechnisch vor (Knackpunkt: fehlender Kohlenstoff bei vollständig wasserstoffbasiertem DRI).

- Hochskalierung der Schlüsseltechnologien zur wasserstoffbasierten Stahlerzeugung

Die Wasserstoff-Direktreduktion wird als das einzige umfassende technische Verfahren zur Substitution der Verwendung von Kohle zur Eisenerzreduktion eingeschätzt. Diese Technologie hat das höchste spezifische THG-Einsparpotential der Wasserstoffverwendung mit einem Hebel von 26 t_{CO2}/t_{H2}. Die Markteinführung der Direktreduktion mit 100 Prozent Wasserstoff ist vor 2030 technisch umsetzbar. Dies führt dazu, dass das Verfahren als „no-regret“-Option bezeichnet werden kann. Der Stahlindustrie sollten deshalb schon im frühen Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft erhebliche Mengen an grünem Wasserstoff zustehen, um die Investitionssicherheit der Stahlbranche sicherzustellen.

In der Wertschöpfungskette der unterschiedlichen Rohstahlherstellungsverfahren spielen die elektrischen Aufschmelzverfahren (ES) und traditionell insbesondere der elektrische Lichtbogenofen (EAF – Electric Arc Furnace) für die Sekundärstahlroute bereits heute eine wichtige Rolle. Der kostenintensive Aufbau der Anlagen für die nahezu emissionsfreie Stahlherstellung muss durch geeignete Förderungen abgedeckt werden.

Die qualitätsrelevante Zusammensetzung des Stahls wird durch Zuschläge (insbesondere Kalk) auf die nachgefragten Stahlprodukteigenschaften eingestellt. Das dabei entstehende Nebenprodukt Hochofenschlacke der bisherigen Hochofen-Route wird in den zukünftigen Direktreduktionsrouten in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung geändert. Für die Nutzer dieser Schlacken, z.B. zur Produktion von Zement, reduziert der derzeitige Materialeinsatz von Hochofenschlacken den Primär-Rohstoffbedarf und teilweise erheblich die CO₂-Emissionen in ihrer Produktion (um etwa 0,6 Tonnen CO₂ pro Tonne Primär-Rohstoff, was derzeit 4,5 Mio. Tonnen entspricht¹⁵).

Als Konsequenz wird einer frühen Einführung von Wasserstoff in der Stahlindustrie ein synergiestiftender früher Aufbau einer H₂-Versorgungsinfrastruktur im großen Stil zugeschrieben [Agora & AFRY 2021]. Dieses betrifft sowohl die Notwendigkeit des EE-Kapazitätsausbaues, den Ausbau dedizierter H₂-Gastransportleitungen zu den deutschen Stahlstandorten, als auch den Kapazitätsausbau grüner H₂-Produktionskapazitäten, samt dem vorgelagerten Anlagenbau [Sunfire 2019]. Bestehende als auch neue Stahlstandorte könnten in Folge mit Projekten aus anderen Sektoren als Hubs zu einer weiteren breiten nun wirtschaftlicheren Anwendung von Wasserstoff in den anderen Sektoren auf Basis des Gasnetztransports führen [MW 2021].

- Ausweitung der Förderungen

Für die Realisierung des Hochlaufs der grünen Stahlproduktion braucht es öffentliche Fördermittel. Bis 2030 werden für die Transformation der deutschen Stahlindustrie, die gesellschaftlich und politisch gewollt und zur Erreichung der Klimaziele unabdingbar ist, Investitionen von etwa 10 Mrd. Euro und bis 2045 ca. 30 Mrd. Euro für den Aufbau neuer Produktionsanlagen notwendig sein.

Für die Umsetzung ist die unverzügliche Bewilligung der eingereichten IPCEI-Wasserstoff-Projekte in voller Höhe von enormer Bedeutung. Die Stahlindustrie ist gewillt, die Transformation umzusetzen, braucht für die Umsetzung allerdings weitere Fördermittel. Nationale und europäische Förderprogramme, wie bspw. Dekarbonisierung in der Industrie, der ETS-Innovation-Fund und das Pilotprogramm für Klimaschutzverträge sollen bestmöglich auf die finanzielle Unterstützung der Transformation des Stahlsektors ausgerichtet werden und müssen erhebliche Anteile für die Stahlindustrie bereitstellen. Um die Klimaneutralität bis 2045 zu ermöglichen, sollten zusätzliche Fördermittel zur Verfügung gestellt und gezielte Förderprogramme konzipiert werden. Die angekündigten Fördermittel sind ein guter Anfang, um die Investitionen anzuschieben, allerdings reichen sie nicht aus, um eine Wasserstoffwirtschaft und eine grüne Stahlproduktion aufzubauen. Um Planungssicherheit bei derart langfristigen Projekten wie bei der Transformation der Stahlproduktion herzustellen, sollten auch haushaltsunabhängige Instrumente erwogen werden.

Auch die stark steigenden Betriebskosten bei der H₂-DR-ES-Technologie müssen anhand des CO₂-Reduktionspotentials der neuen Technologien reflektiert werden.

¹⁵ T. Reiche, A. Ehrenberg, D. Algermissen, Wie sieht die Zukunft des Rohstoffs Eisenhüttenschlacke aus. Stahl und Eisen 121 (2021) Nr. 11

- Anreizinstrumente für Investitionen in die grüne Stahlproduktion

Eine erfolgreiche Umstellung auf CO₂-neutrale Produktionsverfahren in der Stahlindustrie setzt einen politischen Rahmen voraus, der Investitionen in diese Produktionsverfahren erfolgreich anreizt. Es sind verschiedene Optionen denkbar.

- Einführung projektbezogener Klimaschutzverträge

Ein OPEX-Förderprogramm, das die Mehrkosten der grünen Stahlproduktion gegenüber der konventionellen Stahlherstellung reflektiert, muss ein wesentlicher Baustein der Transformation werden. Sogenannte Klimaschutzverträge schaffen Investitionssicherheit für die Unternehmen, da sie projektbezogen einen betriebswirtschaftlichen Anreiz zur Investition in grüne Anlagen geben. Da neben den hohen Investitionskosten für die grünen Anlagen, die Betriebsmehrkosten der grünen Stahlherstellung das Hauptkriterium für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen ist, bedarf es unverzüglich eines solchen Instruments, um auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig zu bleiben und die Technologieführerschaft der deutschen Stahlindustrie zu erhalten. Entscheidend ist außerdem, dass projektbezogene Klimaschutzverträge auch die Wettbewerbssituation gegenüber der außereuropäischen Bramme berücksichtigen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat im Mai 2022 mit dem Interessensbekundungsverfahren Eckpunkte zur Ausgestaltung des Förderprogramms vorgelegt. Es müssen nun unverzüglich Entscheidungen getroffen werden, damit ein solches Instrument zeitnah in die Verhandlungen mit der EU aufgenommen werden kann.

- Quote für grünen Stahl in den Leitmärkten

Stahl ist eine der tragenden Säulen der heutigen Gesellschaft und als einer der wichtigsten Konstruktions- und Baumaterialien ist er in zahlreichen Bereichen unseres Lebens präsent. Da die CO₂-armen Stahlerzeugnisse einen wesentlichen Beitrag zu den erforderlichen Energie- und Emissionseinsparungen in anderen Sektoren leisten können, sollten entsprechende Maßnahmen eingeführt werden, die die Verwendung von CO₂-armem Stahl voranbringen können. Die Einführung einer schrittweise ansteigenden Quote für grünen Stahl in ausgewählten Leitmärkten könnte ein angemessenes Instrument dafür sein.

Bei der grünen Stahlproduktion entstehen bei einem grünen Wasserstoffpreis pro Kilogramm von 4 Euro und einem durchschnittlichen Wasserstoffbedarf von 70 kg_{H₂}/t_{Rohstahl} Mehrkosten im Vergleich zur konventionellen Hochofenroute von mehr als 300 €/t_{Rohstahl}. Die Wasserstoffkosten von 280 €/t machen dabei über ein Drittel der Gesamtkosten von 700 €/t und über 80 Prozent der gesamten Mehrkosten aus. Die Bandbreite der resultierenden Gesamtkosten einer kommerziellen H₂-DRI-ES Anlage reicht in der Literatur von rund 650 €/t Rohstahl bis über 800 €/t für den Zeitraum bis 2030, und von rund 530 bis 630 €/t Rohstahl mit Blick auf 2050.¹⁶ Mehrere Abnehmerbereiche bieten sich als Leitmärkte an, um die Transformation der Stahlindustrie anzutreiben, darunter vor allem die folgenden Bereiche:

¹⁶ LBST, HySteel Metastudie 2022

Automobilindustrie

Auch wenn die Mehrkosten auf den ersten Blick hoch erscheinen mögen, relativiert sich diese Sichtweise etwas bei Betrachtung der Auswirkungen auf Produktebene, welche am Beispiel des Einsatzes in einem Pkw illustriert werden können. Ein typischer Pkw mit einem Leergewicht von einer Tonne besteht aus ca. 600 kg Stahl, was zu vernachlässigbaren Mehrkosten von lediglich 180 € pro Fahrzeug führen würde. Das ist weniger als 1 Prozent des heutigen Listenpreises eines VW Golf.¹⁷

Windenergiebranche

Rohrtürme aus Stahl sind heutzutage die gängigste und weit verbreitetste Turmbauart für Windenergieanlagen. Der Turm macht dabei zwischen 15 und 25 Prozent der Kosten der gesamten Windenergieanlage aus. Ein Stahlturm wiegt bei einer Multimegawatt-Windenergieanlage von 60 bis 120 Meter Höhe zwischen 60 und 250 Tonnen [BWE 2022]. Bei einem durchschnittlichen Gewicht von 100 Tonnen ergäben sich Mehrkosten pro Turm von etwa 30.000 €, was bei den heutigen Kosten einer Onshore-Windenergieanlage von rund 1.500 €/kW einem Anteil von 2 Prozent pro MW entspräche.

Öffentliche Beschaffung

Bei der öffentlichen Beschaffung könnten Vorgaben für den Einsatz von CO₂-armem Stahl in Bauten und bei Fuhrparks eingeführt werden. Durch zwei Instrumente kann der Abnehmermarkt aktiviert werden:

- 1) Einführung von Quoten bzw. Standards für grünen Stahl in den Endprodukten,
- 2) Zeitlich begrenzte Prämien für einen Teil der Mehrkosten (z.B. bis 40 Prozent).

Angesichts deutlich höherer Produktionskosten müssen Lösungen gefunden werden, um gleiche Wettbewerbsbedingungen für Importe und Exporte herzustellen.¹⁸

- Grenzausgleichmechanismus (CBAM) & freie Zuteilungen im EU-ETS

Der geplante Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) darf keinesfalls ohne eine ausreichende Testphase eingeführt werden. Außerdem müssen die freien Zuteilungen im EU-Emissionshandel (EU-ETS) und Incentives beibehalten werden, um die Unternehmen bei den anstehenden Investitionen vor großen finanziellen Mehrbelastungen zu schützen. Unternehmen, die in die Transformation investieren, dürfen keinesfalls weniger freie Zuteilungen erhalten als die Unternehmen, die nicht in die Transformation investieren.

- Label-System für grünen Stahl

Eine Förderung der Erzeugung von grünem Stahl könnte auch über eine Kennzeichnung des grünen Stahls erfolgen, der mit erneuerbaren Energien (hier etwa unter Verwendung grünen Wasserstoffs) hergestellt wurde. Solche Kennzeichnungen können sowohl als ein verpflichtendes, als auch als ein freiwilliges Kennzeichnungssystem ausgestaltet sein.¹⁹

¹⁷ LBST, HySteel Metastudie 2022

¹⁸ LBST, HySteel Metastudie 2022

¹⁹ BBH, HySteel Gutachten 2022

Das Label-System sollte einfach und verständlich sein und dazu dienen, Investitionen in grüne Herstellungsverfahren anzureizen und Green-Washing zu verhindern. In Verbindung mit der Grünstahlquote in den Leitmärkten wäre ein global akzeptiertes Grünstahl-Label, das auf der Basis international etablierter ISO-Normen zertifiziert ist, ein mögliches Kontrollinstrument für den Anteil der grünen Eigenschaft in den jeweiligen Stahlprodukten. Eine mehrstufige Kategorisierung des Labels nach festgelegten Grenzwerten ist aus Sicht der Stahlindustrie geeignet.²⁰

²⁰ WV-Stahl, Positionspapier „Grüne Leitmärkte und Eckpunkte einer Grünstahl-Definition“ 2022