

DIGITALES ARCHIV

Blöcker, Antje

Book

"Grüner Stahl" : wie geht das? : eine Studie im Rahmen des Projekts "Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie"

Provided in Cooperation with:

Rosa-Luxemburg-Stiftung, Berlin und Brüssel

Reference: Blöcker, Antje (2022). "Grüner Stahl" : wie geht das? : eine Studie im Rahmen des Projekts "Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie". Berlin : Rosa-Luxemburg-Stiftung.

https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Onl-Studie_13_Industriepolitik-Stahl.pdf.

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/11159/12739>

Kontakt/Contact

ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft/Leibniz Information Centre for Economics
Düsternbrooker Weg 120
24105 Kiel (Germany)
E-Mail: [rights\[at\]zbw.eu](mailto:rights[at]zbw.eu)
<https://www.zbw.eu/econis-archiv/>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Dieses Dokument darf zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Sofern für das Dokument eine Open-Content-Lizenz verwendet wurde, so gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

<https://zbw.eu/econis-archiv/termsfuse>

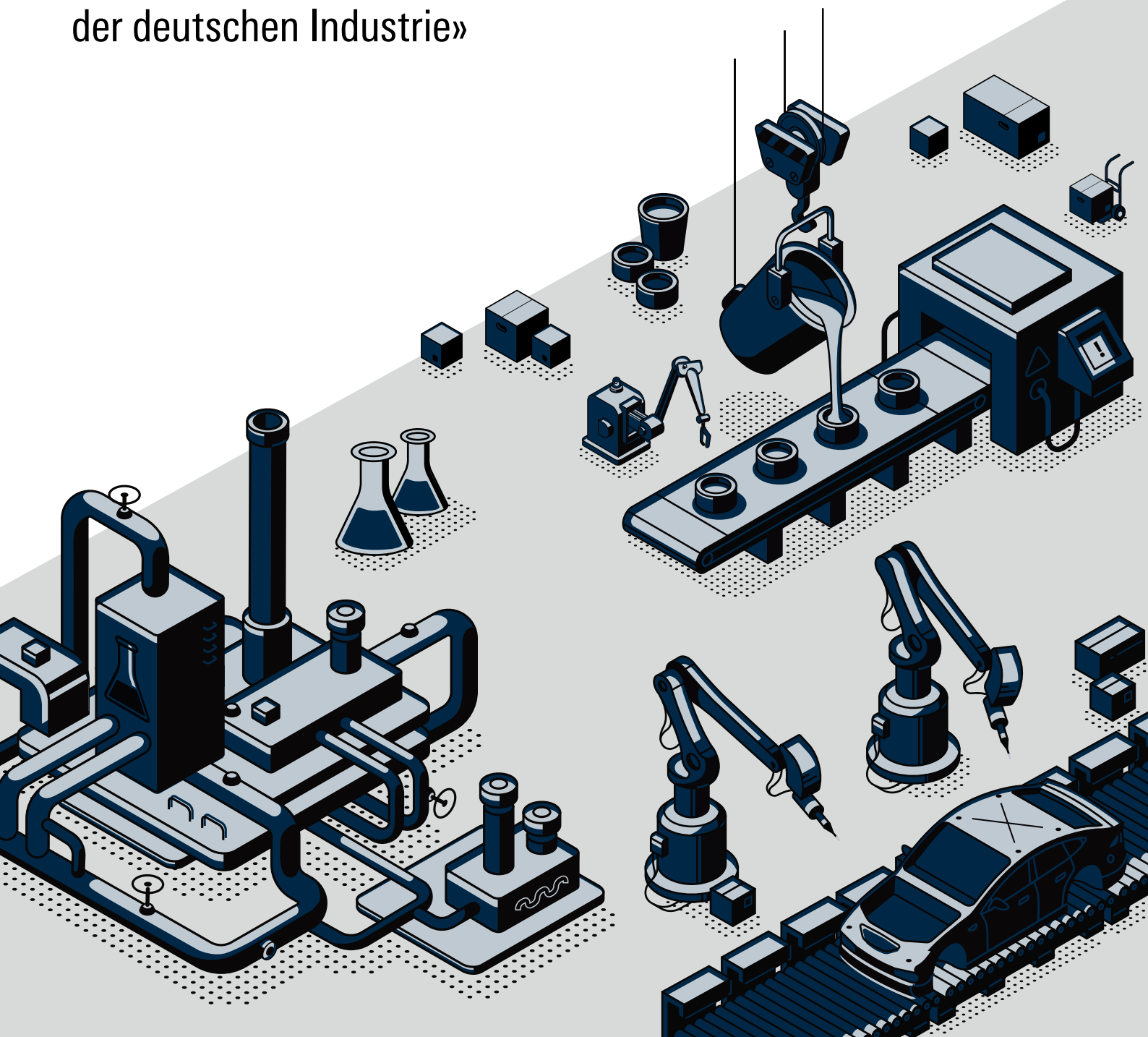
Terms of use:

This document may be saved and copied for your personal and scholarly purposes. You are not to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public. If the document is made available under a Creative Commons Licence you may exercise further usage rights as specified in the licence.

Antje Blöcker

«GRÜNER STAHL» – WIE GEHT DAS?

Eine Studie im Rahmen des Projekts
«Sozial-ökologische Transformation
der deutschen Industrie»



ANTJE BLÖCKER ist Sozialwissenschaftlerin; sie hat sich an der Technischen Universität Braunschweig und am Wissenschaftszentrum Berlin auf arbeitspolitische Herausforderungen im Zusammenhang mit globalen Wertschöpfungsketten sowie auf Produktionssysteme der Automobilindustrie spezialisiert. Als aktives Mitglied der IG Metall und des Gesprächskreises Zukunft Auto Umwelt Mobilität (ZAUM) der Rosa-Luxemburg-Stiftung beteiligt sie sich an den aktuellen Debatten zur Transformation deutscher Industriebetriebe. Sie lebt seit vielen Jahren in der Region Salzgitter-Peine, die vom Umbau (VW und Salzgitter Stahl) besonders betroffen ist.

IMPRESSUM

ONLINE-Studie 13/2022

wird herausgegeben von der Rosa-Luxemburg-Stiftung in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Alternative Wirtschaftspolitik e. V.

V. i. S. d. P.: Henning Heine

Straße der Pariser Kommune 8A · 10243 Berlin · www.rosalux.de

ISSN 2749-3156 · Redaktionsschluss: Juni 2022

Lektorat: Text-Arbeit, Berlin

Layout/Satz: MediaService GmbH Druck und Kommunikation

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Rosa-Luxemburg-Stiftung.
Sie wird kostenlos abgegeben und darf nicht zu Wahlkampfzwecken verwendet werden.

INHALT

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
2 Stahlcharakteristika, Beschäftigung und Qualifikationen	6
2.1 Beschäftigung: Entwicklung und Merkmale	7
2.2 Qualifikationen der Beschäftigten	9
3 Treiber und Rahmenbedingungen der Transformation	10
3.1 CO ₂ -Ziele	10
3.2 Mit der Transformation verknüpfte Prozesse und Transformationsbeschleuniger	11
3.2.1 Globalisierung und internationaler Wettbewerb	11
3.2.2 Digitalisierung und Stahl 4.0	13
3.2.3 Wertschöpfungsketten	14
3.2.4 Wandel der Geschäftsmodelle und neue Märkte	15
4 Instrumente, Felder und Erfolgsbedingungen der Transformation	17
4.1 Technologieinnovationen und damit verbundene Kosten	17
4.1.1 Produktinnovationen, Grundstoff- und Materialforschung	17
4.1.2 Prozessinnovationen und neue Verfahren	17
4.1.3 Bisherige Investitionen in die Primärrouten und zukünftige Investitionsbedarfe	18
4.2 Infrastrukturen	20
4.3 Staatliche Programme, Schutz vor Dumping, Investitionsfonds	21
5 Absehbare Konsequenzen für die Arbeit	22
5.1 Arbeitsorganisation	22
5.2 Quantitative Beschäftigungseffekte	22
5.3 Qualitative Beschäftigungseffekte	23
6 Herangehen der Akteure	24
6.1 Wirtschaftsvereinigung Stahl und Arbeitgeberverband Stahl	25
6.2 IG Metall	27
6.3 Gemeinsame Initiativen	28
6.3.1 High-Level-Forum Stahl	28
6.3.2 Die Fachkommission HySteel	28
6.3.3 Regionale Wasserstoff-Hubs	29
6.3.4 Das Handlungskonzept Stahl 2020	29
7 Zusammenfassung und offene Fragen	30
Literatur	31
Abkürzungsverzeichnis	35

ZUSAMMENFASSUNG

In den Klimaschutzgesetzen in Europa und Deutschland sind eine Klimaneutralität von Mitte 2021 bis 2045 und eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent bis 2030 festgeschrieben. Für den gesamten Industriesektor geht es um eine Minderung von 68 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO₂), davon entfallen auf die Stahlindustrie 30 Prozent. Für das Zwischenziel 2030 steht die sehr CO₂-intensive Stahlindustrie vor der Herausforderung, 26 Millionen Tonnen CO₂ einzusparen – das sind etwa 38 Prozent der Einsparvorgaben für den Industriesektor innerhalb einer Dekade. Damit wird der Umbau der Stahlindustrie zum größten Hebel der industriellen Transformation.

Die Transformation hat bereits begonnen: An den Stahlstandorten wurden Pilotanlagen für die Umrüstung der kohlebasierten Hochofenroute (70 Prozent der Stahlproduktion) auf DRI-Anlagen errichtet. Erste Hochöfen werden schon 2025 abgestellt, die schrottbasierte Elektrohochofenroute (30 Prozent) wird ausgebaut. An vielen Stahlstandorten werden verschiedene Verfahren getestet, wobei der Einsatz von Erdgas als Brücke im Umbau gilt. Zeit wird zum Engpass. Die Anlagentechnik ist erprobt, was fehlt, sind der schnelle Aufbau der Elektrolyseanlagen und

ausreichende Mengen an Wasserstoff als Ersatz für die Koks Kohle. Was fehlt, ist außerdem der schnelle Ausbau der Infrastrukturen. Noch sind die ökonomischen Hürden höher als die technischen. Die Kosten für Erdgas, Wasserstoff, grünen Strom und Rohstoffe sind extrem hoch. Um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können, werden von Arbeitgeber- und Arbeitnehmerseite Klimaschutzverträge gegen die Abwanderung der Stahlindustrie in Länder mit geringeren Klimaauflagen gefordert. Zum Erhalt der Arbeitsplätze braucht die Stahlindustrie finanzielle Unterstützung für den Aufbau der Anlagen, für steigende Betriebskosten und die Infrastruktur – darin besteht Einigkeit. Noch ist die Unsicherheit in den hoch qualifizierten Belegschaften groß. Arbeitsplätze entfallen, werden umgebaut, neue entstehen. Die Neuausrichtung der Aus- und Weiterbildung bleibt der wichtigste Hebel, um die Menschen in der Transformation mitzunehmen. Für alle Stahllakteure gilt es, gemeinsam mit dem Staat, mit Umweltverbänden etc. in kurzer Zeit richtungsweisende Antworten auf offene Fragen zu formulieren, etwa die nach einer verbindlichen Taxonomie für grünen Stahl und einer entsprechenden Quotenregelung für die zentralen Stahlabnehmerbranchen Auto, Maschinen und Bau.

1 EINLEITUNG

«Der Stahl der Zukunft ist grüner Stahl.» Da sind sich alle Stahlakteure einig. Für die Erreichung der Klimaneutralität (bzw. Treibhausgasneutralität) bis 2045 muss die deutsche Stahlindustrie innerhalb von zwei Dekaden fast 70 Prozent ihrer Produktionsanlagen komplett ersetzen, denn der Abschied vom Kohlehochofen ist besiegelt. Das ist für die extrem kosten- und energieintensive Stahlbranche eine sehr große technologisch-organisatorische und arbeitspolitische Herausforderung. Extrem ambitioniert ist das auch, weil alle Stahlabnehmerbranchen auf grünen Stahl angewiesen sind, wenn sie ihre jeweils spezifischen Klimaziele erreichen wollen. Gelingt die Transformation der Stahlindustrie, erhöht sich die Möglichkeit, die gesamte industrielle Wertschöpfungskette zu dekarbonisieren. Wird die Stahlindustrie «grün», wird sie nicht nur Vorreiter für nahezu alle industriellen Wertschöpfungsketten, sondern auch zum Vorreiter einer grünen Sektorkopplung.

Zusammen mit den ebenfalls sehr energieintensiven Industriesektoren Grundstoffchemie und Zement/Bau steht die Stahlindustrie deshalb im Fokus zahlreicher Studien unabhängiger Denk- und Politiklabore (etwa Agora Energie- und Verkehrswende) und vieler gemeinsamer hochrangiger Regierungstreffen. Gemeinsam mit Wirtschaftsverbänden, den Tarifvertragsparteien und anderen geht es darum, die sozial-ökologische Transformation des Industriesektors Stahl voranzutreiben, der für Beschäftigung, Innovations- und Wirtschaftskraft und internationale Wettbewerbsfähigkeit von zentraler Bedeutung ist.

Mit dem «Handlungskonzept Stahl», das im Juli 2020 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) als Ergebnis mehrerer Dialogrunden verabschiedet wurde, einigten sich Regierungs-, Wirtschafts-, Arbeitgeber- und Arbeitnehmervertreter*innen in drei zentralen Punkten. Sie wollen für die deutsche Stahlindustrie Chancengleichheit auf dem globalen Stahlmarkt schaffen, Carbon Leakage vermeiden und die Transformation gemeinsam voranbringen. Es sind viele staatliche Maßnahmen auf den Weg gebracht, in der Wissenschaft wurden Realla-

bore etabliert, die Unternehmen haben viele Pilotprojekte gestartet (BMWi 2020).

Mit dem «Fit for 55»-Programm hat die EU-Kommission im Juli 2021 ein Maßnahmenpaket vorgelegt, das die Reform des EU-Emissionshandels und die Einführung eines Grenzausgleichsmechanismus vorsieht. Das hat zusammen mit dem neuen Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) den Umbaudruck im Stahlsektor erheblich erhöht (Bundesregierung 2021). In nur einer Dekade (2020–2030) müssen die Emissionen in den drei Industriesektoren Stahl, Chemie und Zement um 63 Prozent reduziert werden. Davon entfallen große Anteile auf die Stahlindustrie, die bis zum Jahr 2030 deshalb mindestens die Hälfte ihrer integrierten Hüttenwerke von Kokskohle auf Erdgas und vor allem auf Wasserstoff umstellen muss.

Ob es in einer so kurzen Zeitspanne gelingen kann, die kohlebasierten Hochöfen abzustellen, welche Zwischenschritte von den Unternehmen eingeschlagen werden und welche Konsequenzen die Umstellung für die Arbeitsplätze der Stahlwerker*innen haben werden, ist Gegenstand dieser Studie. Gefragt wird nach Umsetzungsmaßnahmen und danach, wer sie bezahlen soll. Welche technologisch-organisatorischen Innovationen, Infrastrukturvoraussetzungen, Forderungen sowie Handlungskonzepte und Umsetzungsvorschläge verschiedener Akteure gibt es? Es bleiben offene Fragen, wie grüner Wasserstoff definiert wird sowie wie und woher grüner Strom und grüner Wasserstoff für den Stahlbau zur Verfügung gestellt werden können. Indem der Staat massiv mitfinanziert, beteiligt er sich aktiv am Umbau. Das wirft auch Fragen nach Vergesellschaftung und nach der Rolle des Staats auf, die in der deutschen Stahlindustrie in allen großen Umbruchphasen der Nachkriegsgeschichte seit 1945 immer wieder thematisiert worden sind.

Die Untersuchung ist Teil des von der Rosa-Luxemburg-Stiftung geförderten und von dem gemeinnützigen Verein «Arbeitsgruppe Alternative Wirtschaftspolitik» unterstützten Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», in dessen Rahmen sieben weitere Studien entstanden sind.

2 STAHLCHARAKTERISTIKA, BESCHÄFTIGUNG UND QUALIFIKATIONEN

Stahl ist weltweit der mengenmäßig größte metallische Werkstoff und gilt wegen seiner guten Recyclingfähigkeit und aufgrund der hohen Stahlintensität vieler Branchen als zentrale Basis für den Aufbau einer nachhaltigen Wirtschaft und die Erreichung der Klimaziele bis zum Jahr 2045 (Bundesregierung 2021).

Die Bedeutung des Werkstoffs Stahl hat in den letzten 30 Jahren weltweit zugenommen, da sich einerseits die Weltwirtschaft ausgeweitet und sich andererseits die Stahlunternehmen von einst reinen Vorleistungslieferanten zu wichtigen Innovationspartnern vieler Stahlabnehmerbranchen entwickelt haben. Die Stahlanwenderbranchen fordern Stahl nach Maß, möglichst in Losgröße 1, also für jede Stahlanwendung einen sehr spezifisch produzierten Stahl, der aus Rohstahl in Stahlhalbfertigprodukte verwandelt wird. Alle Stahlerzeuger haben deshalb zwischen 1.500 und 2.000 Stahlsorten in ihren Produktportfolios. Die Transformation dieser differenzierten Stahlsorten in grünen Stahl ist für eine bisherige Massenproduktion in unterschiedlicher Güte (hochfest, höchstfest und Ähnliches) auf Warm- oder Kaltbändern mit enormen Umstellungen verbunden, zumal es gilt, die bisherige hohe deutsche Stahlqualität auch in Zukunft mit Stahlinnovationen etwa im Leichtbau, in der Elektromobilität, für Windkraft und Schiene zu garantieren.

Mit 39,6 Millionen Tonnen im Jahr 2019 und 36 Millionen Tonnen im Jahr 2020 produziertem Rohstahl ist Deutschland der größte europäische und siebtgrößte Stahlerzeuger der Welt. Nach der Finanzkrise 2009 stiegen die Umsätze bis 2020 wieder an. Mit circa 32 Milliarden Euro Umsatz im Jahr 2020 ist das Vorkrisenniveau jedoch nicht wieder erreicht (WV Stahl 2021i).

Circa 80 Prozent des deutschen Stahlaußenhandels werden innerhalb der EU abgewickelt. Der geringere außereuropäische Handel zeigt eine negative Bilanz. Insgesamt ist der Außenhandelsaldo Deutschlands seit Jahren aber nahezu ausgeglichen.

Die deutsche Stahlindustrie (Erzeugung und Herstellung) setzt sich aus zwei Bereichen zusammen: a) der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (Wirtschaftszweig, WZ 24.1) und b) der Herstellung von Stahlrohren und Rohrstücken aus Stahl (WZ 24.2). Diese Definition, die das Statistische Bundesamt, die Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl) sowie Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbände benutzen, kann um den Bereich WZ 24.3 (sonstige erste Bearbeitung von Eisen und Stahl) erweitert werden, der mit 173 Betrieben und 18.426 tätigen Personen sehr kleinbetriebliche Strukturen aufweist.

Zur deutschen Stahlindustrie im engen Sinn (WZ 24.1. und 24.2) gehörten im Jahr 2020 insgesamt 20 Unternehmen mit 24 Stahlwerken und 247 konzernabhängigen Betrieben. Dabei handelt es sich um fünf «integrierte Hüttenwerke» (Hochofen, Stahl- und Walzwerke), die im Branchenjargon als Big-Five-Hochofenroute bzw. als Hochofen-Konverter-Route oder Primärroute bezeichnet werden, und um 15 Elektrostahlwerke, auch Elektroofenroute oder Sekundärroute genannt.

Diese beiden Stahlrouten kennzeichnen die Branche. Bei der eisenerzbasierten Primärroute wird meistens aus oxydischen Eisenerzen im Hochofen, seltener in Schmelzreduktionsanlagen Roheisen erzeugt, das im Sauerstoffkonverter zu Rohstahl verarbeitet wird. In Direktreduktionsanlagen (Direct Reduced Iron, DRI) aus Eisenerzen hergestellter Eisenschwamm (Hot Briquetted Iron, HBI) wird im Elektrolichtbogenofen zu Rohstahl umgewandelt. Bei der schrottbasierten Sekundärroute wird durch Recyceln von Stahlschrott im Elektrolichtbogenofen Rohstahl hergestellt.

Bei den dominanten fünf integrierten Hüttenwerken der Primärstahlerzeugung (70 Prozent der Stahlerzeugung) handelt es sich um ArcelorMittal-Standorte in Bremen, Eisenhüttenstadt und Hamburg, um das Werk der Salzgitter AG, die Salzgitter Flachstahl GmbH, um die Werke der Thyssenkrupp Steel Europe-Group (TK Steel) in Duisburg, die Dillinger Hüttenwerke sowie um die Saarstahl AG in Dillingen. Bei den 15 Elektrostahlwerken (30 Prozent der Stahlerzeugung) handelt es sich um die Brandenburger Stahlwerke, die Henningsdorfer Elektrostahlwerke, das Benteler-Werk in Lingen, die BGH Edelstahl in Freital, die Badischen Stahlwerke in Kehl, die Lech-Stahlwerke in Meitingen-Herbertshofen, das Deutsche Edelstahlwerk in Witten, die Buderus-Werke in Wetzlar, die Georgsmarienhütte (GMH) in Georgsmarienhütte, die Stahlwerke Thüringen (Max-Hütte), das Henningsdorfer-Werk, die Hüttenwerke Krupp Mannesmann (HKM) in Duisburg (Salzgitter AG) und die Peiner Trägerstahlwerke (Salzgitter AG).

Das Verhältnis Primär- versus Sekundärroute hat sich in den letzten 25 Jahren mit dem massiven Ausbau der Elektrostahlwerke stark verändert, die Sekundärroute hat deutlich an Bedeutung gewonnen.

Ein wichtiges strukturelles Merkmal ist die extrem großbetriebliche Struktur der fünf integrierten Stahlwerke (Primärroute). Zwar haben nur 15 der 89 zum WZ 24.1 gehörenden Betriebe mehr als 1.000 Beschäftigte, sie beschäftigen aber mit 48.782 von 72.020 zwei Drittel der Arbeitnehmer*innen. Im Zeitverlauf haben die großen Stahlkonzerne im Zuge

der Entwicklung vom reinen Vorlieferanten zum Industriepartner sehr viele Tochtergesellschaften im Bereich der Stahl(-weiter-)verarbeitung, in Techniksegmenten, im Bildungs- und Personalservicebereich und vor allem im Stahlhandel ausgegründet.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung weisen die integrierten Hüttenwerke mit Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und dem Saarland (plus ArcelorMittal in Brandenburg/Hamburg) eine hohe Konzentration auf, während die Elektrostahlwerke räumlich breit über nahezu alle Bundesländer verteilt sind (WV Stahl 2021b).

Mit Blick auf die Wettbewerbsfähigkeit argumentieren die Vertreter*innen der Stahlindustrie mit einer sehr hohen Stahlqualität in der deutschen Produktion und verweisen ähnlich wie in der Autoindustrie auf den Wettbewerbsfaktor Premiumstahl. Zugleich haben die Konzerne große Restrukturierungsprogramme mit hohen Produktivitätserwartungen eingeleitet, die die Beschäftigten in der Stahlindustrie massiv unter Druck setzen. Stahlkrisen mit strukturellen Überkapazitäten und Überakkumulation stellen ein Dauerproblem der Stahlindustrie dar, unterliegen aber kurz- bis mittelzyklischen konjunkturellen Schwankungen.

2.1 BESCHÄFTIGUNG: ENTWICKLUNG UND MERKMALE

Die Beschäftigungsentwicklung in der deutschen Stahlindustrie zeigt seit Mitte der 1970er-Jahre eine kontinuierliche Talfahrt. Laut Arbeitgeberverband Stahl (AGV Stahl) waren damals mit knapp 265.000 Beschäftigten in Nordrhein-Westfalen, mit 41.700 im Saarland, 8.250 in Bayern und knapp 42.000 in Norddeutschland zusammen noch 357.000 Menschen direkt in dieser Industrie beschäftigt (AGV Stahl 2021). Ende 1991 hatten sich diese Zahlen in Nordrhein-Westfalen auf circa 114.000, im Saarland auf knapp 17.000, in Bayern auf circa 3.000 und in Norddeutschland auf 21.000 reduziert. Hinzu kamen 40.350 Menschen, die in der ostdeutschen Stahlin-

dustrie tätig waren. Von den 357.000 blieben also trotz der Ostintegration noch 195.350 Arbeitsplätze erhalten. Dieser enorme Kahlschlag setzte sich bis Ende 2020 bundesweit fort, es gab nun nur mehr etwas mehr als 76.000 Beschäftigte (WZ 24.1). Die seit Ende 2018 tendenziell sinkende Roh- und Walzstahlerzeugung federten die Unternehmen zunächst über Arbeitszeitverkürzungen und eine rückläufige Produktivität ab, die Beschäftigung nahm 2018 und 2019 sogar zu. Seit Herbst 2019 wurden jedoch bereits 4.000 Stellen abgebaut. Im Jahresverlauf 2021 dürfte die Beschäftigung um weitere vier Prozent sinken und im Jahresdurchschnitt 2022 dürften weitere 3.000 Stellen wegfallen. Hinsichtlich der Regionalverteilung zeigt sich seit Ende 1991 folgendes Bild für die im AGV Stahl organisierten Betriebe (siehe Tabelle 1): Beim Blick auf die wichtigsten Stahlerzeuger (aber nicht alle, da viele kleine Stahlverarbeitungsunternehmen nicht enthalten sind) zeigt sich, dass vier Stahlunternehmen die Beschäftigung mit relativ hohen Tariflöhnen dominieren. Die in Tabelle 2 aufgeführten Beschäftigungszahlen beziehen sich auf die jeweiligen Unternehmen und nicht auf die Beschäftigten in der Stahlproduktion, da sämtliche Stahlkonzerne zahlreiche weitere Gesellschaften (zum Beispiel auch Handel) beinhalten, die statistisch direkt zur Stahlindustrie gehören.

Für den zentralen Stahlbereich WZ 24.1 lag die Beschäftigung im Jahr 2019 bei 73.200 und sank dann bis November 2020 auf den historisch niedrigsten Stand von 69.800 Beschäftigten (IG Metall Vorstand 2021). Trotz relativ erfolgreicher Tarifiergebnisse im Mai 2021 (inklusive wiederkehrender Zahlungen zur Beschäftigungssicherung: 250 Euro für 2021/22, 600 Euro ab 2023 und eine einmalige Corona-Beihilfe von 500 Euro) bleibt der Druck wegen diverser Kosten- und Personalsparprogramme hoch.¹ Bei den Herstellern von Stahlrohren (WZ 24.2) ist die Beschäftigungssicherung ebenfalls das zentrale Thema bei den Tarifvertragsparteien. In diesem Bereich ging die Beschäftigung vor allem wegen der stark gesunkenen Nachfrage nach großen Rohren für die Energie-

Tabelle 1: Beschäftigungsrückgang in der Stahlindustrie nach Regionen (1991 bis Ende 2020)

Jahr	NRW	Saarland	Bayern	Norddeutschland	Ostdeutschland
Ende 1991	114.400	16.723	2.902	20.996	40.354
Ende 2010	51.522	9.844	1.583	11.109	8.156
Ende 2020	44.570	8.897	1.969	12.084	8.587
Abbau 1991–2020	-69.830	-7.826	-933	-8.912	-31.767

Quelle: AGV Stahl 2021: 17

¹ Beispiele: In Witten in Nordrhein-Westfalen (Edelstahlwerke) oder etwa bei Riva in Brandenburg wurden Stellen abgebaut. Das Benteler Werk in Bottrop wurde 2020 geschlossen, insgesamt ist bei Benteler ein Abbau von 600 Stellen geplant (Automobilwoche 2019). Bei TK Steel geht es um Auslagerung, um externe Lohnfertigung und vieles mehr – in allen Stahlwerken steht die zukünftige Arbeitsplatzsicherheit unter Druck.

Tabelle 2: Stahlbeschäftigung nach Unternehmen in Deutschland (Auswahl)

Unternehmen/Standorte	Beschäftigung (2020)	Produktionsschwerpunkte
ArcelorMittal GmbH	8.950	Flachstahl, Langstahl, Walzdraht
Salzgitter AG	25.227	Flachstahl, Band- und Grobblech, Profile
TK Steel Europe AG	28.500	Flachstahl, Groß- und Feinblech
HKM	3.100	Brammen, Röhren
Saarstahl AG	6.300	Walzdraht, Stabstahl, Halbzeug
GMH	1.350	Rohstahl, Halbzeug
Stahlwerk Thüringen	700	Stahlträger
Dillinger Hüttenwerk	4.800	Grobblech
Benteler Steel	3.250	Stahlrohre
Henningsdorfer Elektrostahl GmbH/ Riva-Konzern (Italien)	1.700	Stabstahl, Halbzeug
Deutsche Edelstahlwerke	3.500	Edel-/Werkzeugstahl
Lech-Stahlwerke	750	Edelbaustahl

Quellen: Eigenrecherche aus Unternehmensbilanzberichten; WV Stahl 2020: 6; Hans-Böckler-Stiftung 2020: 5

Tabelle 3: Betriebe und Beschäftigte nach Beschäftigungsgrößenklassen (Stand: 30.9.2020)

Stahlindustrie	1–49	50–99	100–249	250–499	500–999	1.000>	insgesamt
Betriebe WZ 24.1	19	10	10	13	22	15	89
Beschäftigte WZ 24.1	591	736	1.465	4.102	16.344	48.782	72.020
Betriebe WZ 24.2	69	29	37	13	7	3	158
Beschäftigte WZ 24.2	2.124	1.995	5.803	4.622	4.567	5.260	24.371

Quelle: Destatis 2021: Produzierendes Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 1.2 vom 20.5.2021

infrastruktur bis Ende 2021 auf 21.800 Beschäftigte zurück. Für die Transformationsdebatte ist es wichtig, zur Kenntnis zu nehmen, dass – auch ohne bereits auf grünen Stahl umgestiegen zu sein – der Beschäftigungsniedergang nicht aufzuhalten sein wird, das hat auch mit einer gesteigerten Produktivität zu tun. Die Auslastung der Stahlwerke in Europa liegt nach Angaben von Eurofer (2020) und World Steel Association (2020; 2021) bei circa 77 Prozent.

Da zur Stahlindustrie nicht nur die zentralen Hütten- und Elektrostahlwerke, sondern auch deren zum Teil bis zu 70 bis 100 Töchter, Betriebe etc. gehören, weichen die Angaben zu den Betrieben stark von der Gesamtzahl der hier genannten 20 Stahlwerke ab. Sehr deutlich wird aber auch in diesem Bild, dass es vor allem die integrierten Hüttenwerke sind, die großbetriebliche Strukturen aufweisen, während die Elektrostahlwerke, die Rohrenproduzenten und die vielen Betonstahlwerke eher mittelständisch geprägt sind (siehe Tabelle 3). Während also im Kernbereich fast 68 Prozent der Beschäftigten in Großbetrieben arbeiten, sind es bei den Rohrenproduzenten nur circa 28 Prozent.

Die Ausbildungsquote ist im Branchenvergleich (Industrie) sehr hoch, die Ausbildung ist auf drei bis 3,5 Jahre angelegt, nahezu alle Auszubildenden werden übernommen.

Es gilt die 35-Stunden-Woche. Insgesamt zwingt der Hochofen zum 24-Stunden-Dauerbetrieb an allen sieben Wochentagen zu Schicht- und vor allem Nacharbeit in Conti-Modellen. Eine große Herausforderung liegt in der alternsgerechten Gestaltung der Arbeitsplätze. Der Altersdurchschnitt liegt bei über 46 Jahren. Viele haben mit der Ausbildung angefangen und sind mit 60 Jahren mitunter schon 45 Jahre lang dabei. 50 Jahre diese schwere körperliche Arbeit zu verrichten ist fast unmöglich. Die Rente mit 67 verschärft die Situation, vor allem auch für Beschäftigte mit Leistungseinschränkungen. Freizeitausgleichs- und Altersteilzeitmodelle haben nicht zuletzt aufgrund der extrem körperlichen Belastungen im Schichtbetrieb stark an Bedeutung gewonnen.

Die Tarifbindung (IG Metall Stahl) ist sehr hoch, alle integrierten Hüttenwerke (Ausnahme ArcelorMittal Hamburg) unterliegen der Montanmitbestimmung als der einzigen «echten» paritätischen Mitbestimmung in Deutschland. Aufgrund der Größe der Betriebe gibt es in der Regel Betriebsratsgremien mit 21 bis 33 Mitgliedern. Der Anteil freigestellter Betriebsrät*innen liegt in vielen Stahlunternehmen deutlich über der gesetzlichen Regelung. Der gewerkschaftliche Organisationsgrad in den Betrieben ist ebenfalls sehr hoch, sodass die Stahlbetriebsrät*innen oft eine hervorgehobene Stellung in den örtlichen

IG-Metall-Gremien an den Stahlstandorten einnehmen.

Die Beschäftigten in der Stahlindustrie verdienen sehr gut. Mit Durchschnittsentgelten von 5.300 Euro zählt die Branche zur Gehalts-/Lohnspitze in der Industrie. Bei der Bezahlung liegt sie etwa gleichauf mit der Chemiebranche und deutlich über der Autoindustrie (Original Equipment Manufacturer, OEMs, und Zulieferer).

Ähnlich wie in anderen Industriebranchen wurde der Leiharbeitsanteil seit 2015 deutlich reduziert. Dennoch gibt es über konzernerneigene Personalserviceagenturen befristete Beschäftigungsverhältnisse, die wiederholt Gegenstand der Übernahmeregulungen in Betriebsvereinbarungen und Tarifverträgen sind. Ein großes Problem stellen vor allem die vielen Arbeitsunfälle der Leiharbeiter*innen dar, die diese aus Angst vor Repressionen nicht melden. Anders als in der Automobilindustrie blieb die Leiharbeit auch in den beiden Corona-Jahren 2020/21 in etwa auf gleichem Niveau. Die regelmäßigen Kurzarbeitsphasen in dieser Zeit betrafen circa ein Fünftel der Belegschaften und führten nicht wie in der Autoindustrie zu kompletten Produktionsausfällen.

2.2 QUALIFIKATIONEN DER BESCHÄFTIGTEN

Das Qualifikationsniveau der Stahlbeschäftigten ist im Industrievergleich sehr hoch. Es dominieren zu fast 100 Prozent qualifizierte Facharbeiter*innen mit dualer Berufsausbildung, Techniker*innen und Ingenieur*innen. Die hoch qualifizierte Arbeit umfasst die Anlagen-, Energie-, Hütten-, Umform- und Werkstofftechnik. Oberflächentechnik sowie Verfahrensmechanik und -elektronik überwiegen in den unterschiedlichen Bereichen der Stahlwerke.² Je nach Stahlverfahren erhitzen die Beschäftigten (Schmelzer*innen, Stahlkocher*innen – ehemals klassische Hüttenwerker*innen) das Ausgangsmaterial, das in verschiedenen Warm- oder Kaltbandverfahren ausgewalzt wird. Die Arbeitsaufgaben im Rahmen dieser hoch automatisierten Verfahren (Steuerpult- und Leitstandarbeit) umfassen die Ein- und Umrichtung der Fertigungsanlagen, die Walzmontage, die Steuerung und Überwachung der Walz- und Umformvorgänge, die kontinuierliche Temperaturprüfung

und Probenentnahme (Qualitätsüberwachung), die Versandvorbereitung, die Weiterverarbeitung (Umformarbeit: Spanen, Schweißen, Stanzen, Bohren, Schmieden, Kleben, Klammern etc.), die Energiesteuerung, Werksfeuerwehr sowie kaufmännische Aufgaben im Stahlhandel.

Insgesamt ist die Arbeit in Stahlwerken äußerst anspruchsvoll und erfordert hohe arbeits- und gesundheitspolitische Aufmerksamkeit vor allem, um Unfälle als zentralen Hochrisikofaktor zu vermeiden. Körperlich sehr anstrengend sind Tätigkeiten unter extremen Temperaturen, Schmutz und Staub in den Warmwalzwerken (feuerflüssige Massen). In den Kaltwalzwerken geht es unter anderem um den sehr gefährlichen Umgang mit Säuren (vor allem Flusssäure). Förderbänder, rotierende Teile, Lastenabsturz und Höhenarbeit erfordern ein hohes Maß an Absicherung und permanenter Unterweisung. Es herrscht Helmpflicht, in vielen Bereichen ist das Tragen von Gasschutzgeräten notwendig.

Die Ausbildung ist für die Stahlunternehmen von zentraler Bedeutung und erfolgt in der Regel in eigenen Lehrwerkstätten. Mit 4.200 von 13.000 Auszubildenden in der gesamten WZ 24 dominiert die direkte Ausbildung im Stahlwerksbereich (WZ 24.1). Die Ausbildungsquote liegt bei knapp fünf Prozent und ist wie auch in anderen Industriesektoren insgesamt leicht rückläufig, weist aber auch neue oder angepasste Ausbildungsgänge wie etwa die Energieelektronik oder Fachinformatik für die digitale Vernetzung auf.³ Um das Image der Arbeit in der Stahlindustrie (bei Schulabgänger*innen oft noch mit dreckiger Arbeit assoziiert) aufzuwerten, hat die Stahlindustrie eine Qualifizierungsoffensive Stahl im Tarifvertrag festgeschrieben, die Unternehmen beteiligen sich an den örtlichen Ausbildungsmärkten und bewerben das duale Studium an den regionalen oder branchenspezifischen Hochschulen.

Für die Weiterbildung sind im Wesentlichen die Betriebe zuständig, die jedoch eng mit regionalen Bildungsträgern sowie mit branchenspezifischen privaten Anbietern und im technisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich mit dem Stahlinstitut Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) zusammenarbeiten. Dort haben Umwelt- und Energieseminare, neue Werkstoffe und Recycling stark an Gewicht gewonnen.

² Lediglich im Bereich des Drahtziehens finden sich Qualifikationen auf etwas niedrigerem Niveau.

³ Die großen Rück- und Zugänge in den einzelnen Ausbildungsberufen der Metall- und Elektroindustrie zeigen, dass vor allem die klassischen Metall- und Stahlberufe wie Zerspanungsmechanik stark zurückgehen, Elektronik für Systemtechnik dagegen deutlich an Bedeutung gewinnt (dazu IG Metall 2021a: 21).

3 TREIBER UND RAHMENBEDINGUNGEN DER TRANSFORMATION

Stahl steht im Fokus der sozial-ökologischen Transformation, weil Stahl weltweit ein zentraler, aber sehr energieintensiver Grundstoff für die industrielle Produktion ist. Weltweit ist die industrielle Produktion für 40 Prozent der Treibhausgasemissionen verantwortlich, davon entfallen sieben Prozent auf die Stahlindustrie. In Deutschland emittieren die energieintensiven Industriebranchen Stahl, Grundstoffchemie und Zement/Baustoffe circa 70 Prozent aller Industrieemissionen, davon entfallen auf den Sektor Stahl die größten Anteile (Prognos u. a. 2021).

Die globale Transformation in der Stahlindustrie wird mit ganz unterschiedlichen Energiekonzepten vorangetrieben. Obwohl sich mit dem Pariser Klimaabkommen vom Dezember 2015 weltweit 197 Staaten darauf verständigt haben, Voraussetzungen dafür zu schaffen, die Erderwärmung auf 1,5 Grad zu beschränken, dominiert weiterhin Kohle⁴ als Energietreiber zur Herauslösung des Eisenerzanteils aus Eisenerz, und die Atomenergie⁵ rückt im Zuge der Transformation wieder ins Rampenlicht. Für ein klimaneutrales Deutschland sind Erdgas und vor allem Wasserstoff die zentralen Alternativen, wenn es darum geht, das Zwischenziel einer CO₂-Reduzierung von mindestens 65 Prozent bis 2030 zu erreichen. Was heißt das konkret für die Stahlindustrie? Wie ist die deutsche Stahlbranche im stark international geprägten Umfeld einzuordnen? Welche Rolle spielt Digitalisierung? Wie verändern sich Wertschöpfungsketten und wo etablieren sich neue Geschäftsfelder? Diese Fragen sollen im folgenden Kapitel beantwortet werden.

3.1 CO₂-ZIELE

Die Industrie hat, wie oben betont, zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 (Bundesregierung 2021) eine zentrale Verantwortung, da sie mit einem Anteil von einem Viertel nach der Energiewirtschaft der zweitgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen ist. Davon entfällt auf die Stahlindustrie ein Drittel. Das entspricht circa 58 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent (CO₂-Äq). Bis zum Zwischenziel 2030 (CO₂-Minderung von 65 Prozent gegenüber 1990) geht es für die gesamte Industrie

um eine Reduzierung von 68 Millionen Tonnen CO₂. Für die Stahlindustrie heißt das, 26 Millionen Tonnen CO₂ bis 2030 einzusparen. Der überwiegende Teil der CO₂-Emissionen entsteht in unterschiedlichen Prozessen der Hochofenroute. Mehr als 80 Prozent der CO₂-Emissionen entfallen auf die Reduktion des Eisenerzes im Hochofen. Ohne Berücksichtigung der indirekten Emissionen des Strombedarfs betragen die direkten CO₂-Emissionen circa 1,7 bis 2 Tonnen pro Tonne Rohstahl, davon entfallen 1,4 bis 1,6 Tonnen auf den Hochofen, 0,2 Tonnen auf den Konverter und 0,1 Tonnen auf die Kokerei. Anders sieht es in der Elektrolichtbogenroute aus. Hier liegen die direkten CO₂-Emissionen bei etwa 0,3 Tonnen pro Tonne Rohstahl.

Zur Herstellung von Primärstahl ist das Herauslösen des Eisenanteils aus Eisenerz zentral. Dafür wird im Hochofen unter Einsatz von Koks das Eisenerz bei sehr hohen Temperaturen erhitzt und reduziert. Dabei entsteht Gichtgas mit CO₂ (Hauptbestandteil) und Kohlenmonoxid (CO). Kohlenmonoxid wird in anderen Prozessen energetisch genutzt und führt wiederum zu CO₂-Emissionen. In der Kokerei entsteht aus Kohle in der Regel hochwertiger Koks. Koks ist dabei einerseits Brennstoff, andererseits Reduktionsmittel, um Feinerze in Pelletier- oder Sinteranlagen zu bearbeiten. Nach der Hochofenphase werden im sogenannten Konverter unter Sauerstoffeinsatz Kohlenstoff und weitere Elemente entzogen, was wiederum prozessbedingte CO₂-Emissionen zur Folge hat.

Angesichts langer Laufzeiten der Hochöfen (20 und mehr Jahre) ist der Bestand überaltert. 50 Prozent aller aktuell laufenden Hüttenhochöfen müssten bis 2030 neu eingestellt werden.⁶ Im Rahmen des EU-Emissionshandels (EU ETS; vgl. Fritz 2022) könnte eine freie Zuteilung von Emissionszertifikaten für konventionelle Anlagen nicht mehr erfolgen, da eine derartige Reinvestition nicht nur kontraproduktiv wäre, sondern den notwendigen Umbau auf Jahre verhindern würde. Erklärtes Ziel der Stahlindustrie ist es deshalb, die zur Modernisierung anstehenden Hochöfen bis 2030 durch Anlagen für die Eisendirektreduktion zu ersetzen. Klimaneutraler Wasserstoff wird als langfristiger Treiber dieser Transformation angesehen. Vom Einsatz einer Tonne Wasserstoff wird eine Ersparnis von 28 Tonnen CO₂ erwartet. Bei

4 Die Länder China (187,1 GW), Indien (59,8 GW), Vietnam (23,8 GW), Indonesien (23,6 GW) und Japan (8,5 GW) bauen mehr als 600 neue Kohlekraftwerke mit einer Gesamtkapazität von über 300 GW (300.000 MW) im Zeitraum 2020 bis 2025.

5 Die aktuelle EU-Debatte (Stand: Dezember 2021) zum Status der Atomenergie als klimaneutraler Energieträger wird in der deutschen Stahlindustrie (alle Akteure) als heftiger Affront und indirekte Behinderung für die Freigabe dringend benötigter staatlicher Hilfen für den Stahlumbau angesehen.

6 Neueinstellung der konventionellen Hochofenroute bedeutet, dass bis 2030 circa 50 Prozent der bestehenden Hochöfen erneuert werden müssten, was keineswegs mit den Zielen der Klimaneutralität bis 2045 vereinbar wäre (ausführlich Hauser u. a. 2021).

einer Umstellung von zehn Millionen Tonnen Rohstahlkapazität (was circa ein Viertel der Kapazität entspricht) auf das Direktreduktionsverfahren (DRI) bis 2030 ergibt sich eine CO₂-Ersparnis von 30 Prozent gegenüber 2018. Auch eine Umstellung der bereits wesentlich emissionsärmeren Elektrostahlroute (30 Prozent der Stahlherstellung) auf CO₂-freien Strom ermöglicht die Reduzierung um circa zwei Drittel der Emissionen in den Elektrostahlwerken. Diese Ziele sind äußerst ambitioniert, da nur wenige Jahre für die Umstellung bleiben. Die Autor*innen der vom Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) in Auftrag gegebenen Studie «Klimapfade 2.0» der Boston Consult Group (BCG 2021) betonen, dass bis 2045 nur noch wasserstoffbetriebene DRI-Anlagen anstelle von Hochöfen eingesetzt werden dürften, bis 2030 müsse bereits ein Drittel der Hochöfen (Primär- und Sekundärroute) umgebaut werden, um die im KSG vorgegebenen Sektorziele für 2030 und 2045 einhalten zu können. Sie stellen die große Bedeutung der Stahlindustrie explizit heraus. Auch die WV Stahl bestätigt die sehr anspruchsvollen Klimaziele, begrüßt den anvisierten Weg und verbindet dies mit der Forderung nach politischer Investitionsförderung, um eine Abwanderung (Carbon-Leakage/Invest-Leakage) zu vermeiden. Unter Bezugnahme auf die von ihr in Auftrag gegebene Prognos-Studie (Böhmer/Limbers 2020) würden sich die volkswirtschaftlichen Folgen auf 600 Euro pro Tonne CO₂, die ins Ausland verlagert werden, und einen Arbeitsplatzverlust von 3.500 für jedes Prozent an «geleaktem CO₂» belaufen; dies würde die Mehrkosten eines wasserstoffbasierten Produktionsverfahrens um ein Vielfaches übersteigen (WV Stahl 2021i: 9).

Die Bedeutung des Stahlsektors zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele unterstreicht die neue Bundesregierung zum Beispiel damit, dass das zentrale Beratungsunternehmen für die Energie- und Verkehrswende Agora im Oktober 2021 mit «Agora Industrie» ein neues Markenteam unter dem Dach von Agora Energie eingerichtet hat, das sich explizit mit Strategien und Politikinstrumenten der drei energieintensiven Branchen Stahl, Chemie und Zement zur Klimaneutralität befasst. Das erste Produkt der neuen Marke ist die Studie «Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Analyse zur Stahlbranche» (Hauser u. a. 2021). Die Autor*innen beschreiben Klimaschutzverträge (inklusive CCfDs, siehe Witt 2022a; b; Fritz 2022) als effektives Instrument der Stahltransformation und benennen für die Stahlindustrie einen Investitionsbedarf zwischen 13 und 35 Milliarden Euro bis zum Jahr 2030. Auch die Verfasser*innen der Studie des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWW) befassen sich mit wichtigen Faktoren für die «radikale Transformation zu einer nahezu emissionsfreien Stahlproduktion auf Basis von grünem Wasserstoff» und bestätigen,

dass der Einsatz von einer Tonne grünem Wasserstoff 26 Tonnen CO₂ im Vergleich zur konventionellen Hochofenroute einspare (HySteel 2021: 3). In den genannten Studien widmen sich die Wissenschaftler*innen größtenteils Szenarien zur Abschätzung der CO₂-Minderungskosten und der technologischen Machbarkeit inklusive Investitionskosten sowie Politikinstrumenten. Die bisherige und durchaus wichtige technologie- und politikorientierte Forschung zum Umbau hat den Faktor Arbeit allerdings gar nicht oder nur am Rande thematisiert.

3.2 MIT DER TRANSFORMATION VERKNÜPFTE PROZESSE UND TRANSFORMATIONS BESCHLEUNIGER

3.2.1 Globalisierung und internationaler Wettbewerb

Das weltweite Rohstahlproduktionsvolumen ist im Verlauf der letzten 45 Jahre stark gestiegen und ist Ausdruck des globalen Wirtschaftswachstums. Insbesondere im Zeitraum von 2000 bis 2018 weiteten die asiatischen Länder China, Südkorea und Indien (zuletzt auch die Türkei) ihre Stahlproduktion enorm aus. Allein China hat einen Weltmarktanteil von knapp 54 Prozent und produziert erheblich über den Bedarf für die eigene Marktversorgung, während zum Beispiel in den USA die eigene Stahlerzeugung weit unterhalb der Marktversorgung liegt. Die in der EU vorhandenen Stahlkapazitäten (Eurofer 2020) sind grundsätzlich für die Marktversorgung ausreichend, aber aufgrund der «billigen» Importstähle von außerhalb der EU ist die Industrie seit Jahren einem starken Preisdruck ausgesetzt.

Als Reaktion auf steigende Importe zu Dumpingpreisen baut die EU seit vielen Jahren ein umfangreiches Schutzinstrumentarium auf. Damit dieses greifen kann, muss Dumping aber zunächst nachgewiesen werden. Laut EU-Kommission liegt Dumping dann vor, wenn Produkte aus Drittländern zu Preisen importiert werden, die unter den Preisen im Land des Exporteurs liegen oder zu einem Preis unterhalb der angenommenen Produktionskosten plus Gewinnanteil liegen. Kommt es dagegen zu einem plötzlichen Anstieg von Importen, der europäische Unternehmen gefährdet, können auch ohne Dumpingnachweise Schutzklauselmaßnahmen, sogenannte Safeguards, kurzfristig angewendet werden. Die Safeguards betreffen vor allem Warm- und Kaltband, Elektroband, Weißblech und beschichtete Bleche aus zehn Ländern, die Regelung passt die EU-Kommission regelmäßig an. Jüngst wurden die zollfrei importierten Mengen von fünf Prozent im Jahr auf drei Prozent reduziert. Darüber hinaus gibt es bilaterale Schutzmaßnahmen wie zum Beispiel gegenüber Importen von Walzstahl aus der Türkei.

Der weltweit steigende Protektionismus zwischen den großen Weltmarktregionen ist in der Stahlindustrie besonders ausgeprägt. Das Auslaufen der bestehenden Schutzmaßnahmen in der EU im Juli 2021 konnte zwar verhindert und ihr Fortbestehen (vorläufig) für zwei Jahre verlängert werden, dennoch ist es im Zeitverlauf zu einem Rückgang der Kapazitätsauslastung in den EU-Stahlwerken gekommen. Auch wachsende Handelshemmnisse unter anderem zwischen China, den USA und der Türkei führen zu Umlenkungen von überproduziertem Stahl auf den EU-Markt. Die EU war bis 2018 ein weitgehend offener Stahlmarkt ohne Einfuhrzölle oder nicht tarifäre Handelshemmnisse. Das änderte sich im März 2018, als der damalige US-Präsident Trump Einfuhrzölle von 25 Prozent auf Stahlimporte verhängte. Ende Oktober 2021 einigten sich die EU und die USA auf die Abschaffung der US-Zölle nach Section 232 für Stahlimporte (WV Stahl 2021g). Das reduziert den Umlenkungseffekt aber nicht vollständig, da die USA weiterhin Zölle für andere Regionen erheben. Deutschland als weltweit siebtgrößter Stahlhersteller (2,1 Prozent der Stahlproduktion) und größter Erzeuger in der EU (knapp 25,5 Prozent) ist vom starken Preisdruck der wachsenden Importe besonders betroffen, da die Unternehmen wesentlich höhere Produktionskosten (für Arbeit und Umweltschutz) haben als andere Stahlproduktionsländer (WV Stahl 2021c; IG Metall Stahl 2021). Zwar konnten die Unternehmen negative Folgen aufgrund der Spezialisierung auf hoch- und höherwertige Stähle sowie Effizienzsteigerungen und Rationalisierungsmaßnahmen bisher weitgehend abwenden (Schreiber u. a. 2020: 46; IG Metall 2021), der Druck auf die Arbeitsverhältnisse in den Stahlwerken und in den damit verbundenen Dienstleistungen verschärft sich jedoch zunehmend, da innovative Stahllösungen und vor allem die

wasserstoffbasierte Stahlproduktion in allen wichtigen Stahlerzeugerländern an Bedeutung gewonnen haben. Weltweit entstehen zurzeit zum Beispiel in den USA, in Kanada und Indien ebenfalls Pilotanlagen und Programme für grünen Stahl (Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2019: 163–175), und auch China hat diesbezüglich große Ziele. So hat die chinesische Regierung im Rahmen ihres aktuellen Fünfjahresplans nicht nur die Erschließung neuer Erzquellen, sondern auch die Transformation hin zu grünem Stahl in einer Größenordnung von 530 Millionen Tonnen zugesagt.

Hinzuweisen ist aber darauf, dass die Stahlerzeugung maßgeblich von der Einfuhr zentraler Rohstoffe abhängt. Das gilt für viele Zusatzstoffe (Nickel etc.) sowie für Eisenerz, Koks und Schrott, aber auch für Steinkohle und Briketts (einschließlich Einblaskohle für den Hochofenbetrieb), die Sintererzeugung und für gasförmige Brennstoffe (Hochofengas, Kokereigas, Erdgas, Konvertergas) (siehe Tabelle 4).

Die Regulierung der Überkapazitäten und der Machtkampf um den Zugriff auf diese Rohstoffe und deren Preisentwicklungen sowie die geopolitischen Auseinandersetzungen innerhalb der EU über die Zukunft von grünem Stahl werden die Dynamik der sozial-ökologischen Transformation in den nächsten Jahren maßgeblich bestimmen.

Was die Auslandsinvestitionen der deutschen Stahlindustrie betrifft, gibt es zwischen ArcelorMittal, Riva (keine deutschen Konzerne), Thyssenkrupp, der Salzgitter AG und Saarstahl (die beiden Letzteren agieren vor allem über ihre Stahltochterunternehmen im Ausland) große Unterschiede. Anders als bei der Auto- und Chemieindustrie geht es weniger um eine kosten- oder marktgetriebene Produktionspräsenz vor Ort, sondern um den direkten Zugang zu Erz und Kohle. Ein Beispiel für eine gescheiterte Auslandsin-

Tabelle 4: Außenhandel mit Eisenerz, Koks und Schrott im Jahr 2019 (jeweils weltweit größte Länder)

Rohstoff	Einfuhrland	in 1.000 Tonnen	Ausfuhrland	in 1.000 Tonnen
Eisenerz	China	1.070.595	Australien	885.100
	Japan	119.563	Brasilien	334.601
	EU-28	100.902	Südafrika	66.427
	Südkorea	74.670	Kanada	52.332
	Deutschland	39.111	Ukraine	39.902
Koks	EU-28	2.333	China	6.526
	Deutschland	1.930	Polen	6.176
	Brasilien	1.313	Kolumbien	3.147
	Kanada	1.299	Russland	2.795
	Großbritannien	1.135	EU-28	2.344
Schrott	Türkei	18.857	EU-28	21.749
	Indien	7.053	USA	17.685
	Südkorea	6.495	Deutschland	8.600
	Italien	5.355	Großbritannien	7.995
	Belgien	4.474	Japan	7.651

Quellen: WV Stahl 2021b: 89–91. EU-28 = Handel mit Ländern außerhalb der EU-28

vestition von acht Milliarden Euro ist TK Steel – die größte Fehlinvestition in der gesamten Unternehmensgeschichte. Um TK Steel zu internationalisieren, vereinbarte das Unternehmen mit Zustimmung des paritätischen Aufsichtsrats im Jahr 2006 das «Brasilien-Projekt». Bis zum Jahr 2010 errichtete der Konzern ein sehr großes Stahlbrammenwerk in Brasilien, das nie wirklich den Betrieb aufnahm, und im Jahr 2017 verkaufte er es für 1,5 Milliarden Euro an den Stahlkonzern Ternium.⁷ Geplant war auch, dass ein im Jahr 2010 in Alabama (USA) aufgekauftes Stahlweiterverarbeitungsunternehmen die Stahlbearbeitung in Halbfertigprodukte übernimmt. Dieses Werk hatte TK Steel bereits 2014 verkauft, das Werk wurde bald darauf stillgelegt. Im Jahr 2017 wurde damit die gescheiterte Internationalisierung von TK Steel zum Ausgangspunkt einer Verstaatlichungsdebatte, die von Ende 2020 (Ablehnung durch den TK-Steel-Vorstand) bis März 2021 (Ablehnung durch Laschet, CDU) anhielt (ausführlich RIR 2021).⁸

Neben einem direkten Zugang zu Erz und Kohle ist ein schneller Netzzugang mit Blick auf den Strombedarf der Stahlindustrie von 130 Terrawattstunden aus erneuerbaren Energien für DRI-Anlagen, Elektroöfen und die Wasserstoffaufbereitung essenziell. Diesbezüglich liegt fast alles noch in weiter Ferne und hat bereits dazu geführt, dass sich die saarländische Stahlindustrie in Richtung Ausland orientiert. Die Übernahme der französischen Stahlwerke Ascoval und Rail Hayage (Liberty Steel) durch die Stahl-Holding-Saar (SHS) Ende des Jahres 2021 kann als klassisches Carbon-Leakage-Beispiel gelten. Das Elektrolichtbogenofenwerk Ascoval, so in einer Pressemitteilung der SHS (2021) «ermöglicht die Produktion von Spitzenstahl mit einer CO₂-neutralen Bilanz [...]. Die neuen Kapazitäten werden zu weniger Umrüstung im Saarland und zur Reduzierung der Stahlkapazität führen». Der Strom kommt ausschließlich aus französischen Atomkraftwerken. Diese Entwicklung ist kaum kompatibel mit den Verlautbarungen zentraler Stahlakteure.

Als sehr wichtige Dimensionen der Globalisierung bzw. zur Regulierung der Weltstahlüberkapazitäten von 666 Millionen Tonnen im Jahr 2021 (WV Stahl 2021i: 13) und der Dumpingimporte gelten Klimaschutzverträge, sogenannte Carbon Contracts for Difference (CCfD), sowie der CO₂-Emissionshandel (Agora Energiewende u. a. 2021; Prognos u. a. 2021; Witt 2022a). Das Erwerben von CO₂-Emissionszertifikaten spielt in den Unternehmensbilanzen eine außerordentlich große Rolle. Alle Unternehmen ver-

sorgen sich mit vorsorglich erworbenen Zertifikaten, um die Unterdeckung mit ebendiesen bis 2030 und darüber hinaus zu kompensieren.

3.2.2 Digitalisierung und Stahl 4.0

Die Stahlindustrie ist hinsichtlich der Prozessabläufe bei der Stahlerzeugung seit vielen Jahren eine hochgradig automatisierte Branche. Die Prozessabläufe werden größtenteils digital über Leitstände gesteuert und bedürfen einer sehr hohen verfahrenstechnischen Kompetenz. Digitalisierung spielt bei der horizontalen und vertikalen Vernetzung mit konsolidierten Tochtergesellschaften, Lieferanten und den mehrheitlich industriellen Kunden eine wichtige Rolle. Beispiele dafür sind die digitale Übermittlung von Qualitätskontrolldaten – angefangen von den eingehenden importierten Rohstoffen (u. a. Kohle, Erz), die entsprechend in die Anlagensteuerung einfließen, weiter über das digitale gemeinsame Engineering mit den Kunden, die über Lastenhefte sehr genaue Stahlqualitäten einfordern, bis hin zur Nutzung von digitalen Zwillingen, die bereits im Vorfeld Stahleigenschaften, Energiebedarfe, Rohstoffmengen und vieles mehr simulieren (Materialverfolgung, Modellierung). Als extrem energieintensive Industrie war die Erhöhung der Energieeffizienz über eine Intensivierung der Datenflüsse ein wichtiges Element der Digitalisierungsstrategien in den Stahlunternehmen. Dieser Trend hat sich verstärkt.

«Durch die Zusammenführung von Prozessführungen und Produktionstechniken der Stahlindustrie mit neuartigen Methoden aus der Metallurgie, der zerstörungsfreien Materialprüfung und der Materialsimulation, mit Big-Data-Analysen, künstlicher Intelligenz und mit moderner Sensorik und Datenverarbeitungsmethoden entstehen neuartige Ansätze in der Stahlindustrie: Smart-Factories, cyber-physikalische Systeme und neuartige Ansätze hinsichtlich Predictive Maintenance werden etabliert». (Stahl 4.0 Innovationsforum o. J.)

Digitalisierungsschübe werden vor allem in der gesamten Logistikkette, in den Lagerverwaltungssystemen, in der Energieoptimierung sowie in der Personalentwicklung und -sicherheit (Arbeit 4.0) erwartet (u. a. Fraunhofer ISI 2018; Schreiber u. a. 2020; Stahlinstitut VDEh 2018).

Wie in der Auto- und Chemieindustrie sind auch in der Stahlindustrie die Dekarbonisierung und Digitalisierung zwei eng miteinander verknüpfte Transformationsprozesse. Anders als in der Chemieindustrie, in

7 Ternium ist ein lateinamerikanischer Stahlkonzern mit Hauptsitz in Luxemburg und besteht aus den drei Unternehmen Siderar (Argentinien), Sidor (Venezuela) und Hylsa (Mexiko).

8 Sogar Sigmar Gabriel (SPD) hielt noch 2016 die Verstaatlichung für eine gute Lösung und verwies als ehemaliger niedersächsischer Ministerpräsident auf die Verstaatlichung des Salzgitter Konzerns. Ähnlich argumentierten Cakir und Wilhelm (2021: 41) als IG-Metall-Geschäftsstellenleiter bzw. Betriebsratsvorsitzender der Salzgitter AG: «Mit dem Rückhalt der Landesbeteiligung stehen wir besser da als ThyssenKrupp [...]. Die öffentliche Kapitalbeteiligung ermöglicht aktive Einmischung» (Cakir/Wilhelm 2021: 14).

der die Akteure auf betrieblicher Ebene wenig Konkretes zu Synergien verlautbaren (Bendel/Haipeter 2022), gibt es in der Stahlindustrie mit Blick auf technologische Umbauprozesse konkrete Zusammenhänge.

Die erste und oft angesprochene Verbindung zwischen einer CO₂-armen Stahlerzeugung und Digitalisierung liegt in der Optimierung der Energieeffizienz. Energieeffizienz kann a) durch die digital gesteuerte Nutzung von Primär- und Sekundärenergie sowie Restwärme und b) durch die Umwandlung der bisherigen analogen zu digital basierten Energiemanagementsystemen und Fernüberwachung in den Unternehmen optimiert werden. Diese Synergien sind nicht neu und werden in der Stahlindustrie bereits seit vielen Jahren kontinuierlich verbessert. Beim digitalen Energiemanagement spielt die digitale Prozessoptimierung der Produktionsanlagen eine wichtige Rolle. Dabei geht es um die digitalbasierte Steuerung von Aggregaten, Behandlungsschritten, Services und Transporten, um energieeffiziente, kundenspezifische Stähle herzustellen. Ein wichtiges Element ist die vollständige Nutzung von Sekundärenergie und Restwärme, was den Stellenwert des betrieblichen Energiemanagements im Managementsystem anhebt. Die Unternehmen ermittelten spezifische Maßnahmen, um den Energieverbrauch einschließlich Erdgas, Strom und Prozessgas zu reduzieren, und entwickelten digitale Lösungen für intelligentes Energiemanagement. Anhand der DRI-Anlagen wird deutlich, wie die digitale Fernüberwachung und Echtzeit-Datenübertragungsverbindungen dazu beitragen können, den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren. Zu nennen ist auch die umweltfreundliche digitale Schrottprodukterfassung, mit der unerwünschte giftige Stoffe schneller beseitigt werden können als bisher. Eine zweite Verbindung besteht in der digital gesteuerten Sektorkopplung (Rohstoffe, Energie) und der Infrastruktur. Accenture hat für Bitkom (2020) für die Fertigungsbereiche der Industrie ermittelt, dass bei moderater Digitalisierung 39 Prozent und bei beschleunigter Digitalisierung 58 Prozent der bisherigen CO₂-Emissionen eingespart werden können.

Diesbezüglich gibt es noch großen Spielraum, da bisher vor allem Gaspipelines vorhanden sind und zunehmend digital gesteuert werden.

Der dritte Zusammenhang zwischen Dekarbonisierung und Digitalisierung liegt in indirekten Effekten: Der Stahlhandel wird nicht nur digitaler – wie oben betont –, sondern ist auch Anbieter kundengenaue digitaler Energiekonzepte. Stahl bzw. Stahlhandel werden zum Treiber der Digitalisierung, wie die Autor*innen der Studie «Digitalisierung im Stahl- und Metallhandel» des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (Fraunhofer ISI 2018) darstellen: Über 60 Prozent der 66 Befragten sehen klare Synergien zwischen Klima und Digitalisierung. Alle Stahlunternehmen haben mittlerweile Onlineshops als Ergänzung der persönlichen Kundenberatung eingerichtet. Kunden haben auf diesen Plattformen die Möglichkeit, ihre spezifischen Anforderungen an Stahleigenschaften sowie Lieferbedingungen zu konfigurieren. Grundlage bilden digitale Tools. Die Onlineshops sind mit dem digitalen Datenmanagement der Produktion in Echtzeit verbunden und ermöglichen die schnelle Umstellung und Bearbeitung auf der Stahllinie. Der Stahlhandel kann seine Lagerbestände entsprechend reduzieren, da nur noch bedingt auf Halde produziert wird. Damit wird der Stahlhandel immer mehr zu einem aktiven Teil der Wertschöpfungskette, statt nur Zwischenstation im Beschaffungsvorgang zu sein. Zahlreiche Onlinehändler bieten mittlerweile auch Services zum Klimaschutz an. Große Stahlhändler wie zum Beispiel Klöckner & Co. haben 2021 angekündigt, nahezu weitgehend CO₂-emissionsfrei produzierten grünen Stahl zu vertreiben. Dazu ging das Unternehmen eine enge Partnerschaft mit dem schwedischen Start-up H2-Steel ein, das bis 2025 bis zu 250.000 Tonnen grünen Stahl an Klöckner & Co. liefern wird.

3.2.3 Wertschöpfungsketten

Stahl geht als Grundstoff in viele Branchen ein. Ausgehend vom Handel mit Walzprodukten der Stahlindustrie wurde bereits erwähnt, dass die Handelsbilanz in etwa ausgeglichen ist. Als Nettoselbst-

Tabelle 5: Hauptabnehmerbranchen von Stahl 2019 (in Prozent)

Branche/Sektor	weltweit	EU	Deutschland
BAU: Gebäude und Infrastruktur	52	35	33
Automobilindustrie und Zulieferer	12	18	26
Maschinen- und Anlagenbau	15	14	11
Metallwaren	10	14	12
andere Transportmittel/Schiffe/Schiene	5	2	8
Elektroindustrie/Elektrotechnik	3	10	9
Haushaltswaren	2	3	2
sonstige Branchen	1	4	1

Quellen: World Steel Association 2021: 47; Eurofer 2020; WV Stahl 2020: 15

versorger produziert die Branche so viel Stahl, wie die Bauindustrie und das verarbeitende Gewerbe nachfragen. In Deutschland wird Stahl zu fast 60 Prozent in der Bau- und der Automobilindustrie direkt verbaut (siehe Tabelle 5).

Stahl ist in der Bauindustrie ein zentraler Werkstoff. Einige wenige deutsche Stahlunternehmen sind reine Betonstahlwerke. Stahl ist unverzichtbar angesichts dringend notwendiger Infrastrukturnachholmaßnahmen und Neubauten an Schienen, Bahnfahrzeugen und Brücken. Im Bericht der WV Stahl «Verkehrsinfrastruktur. Nachhaltiger Brückenbau mit Stahl» (WV Stahl 2020) wird der Brückenerneuerungsbedarf im Detail nach Bundesländern vorgestellt. Menschen in Nordrhein-Westfalen erleben dies ja gerade täglich. In diesem Report heißt es:

«Stahl kann aufgrund seiner hohen Festigkeit mit wenig eingesetztem Baustoff hohe Belastungen aufnehmen und diese sicher abtragen. Damit sind Brücken aus Stahl sehr materialeffizient gegenüber Tragwerken in massiver Bauweise». (Ebd.: 7)

Für die Diskussion über die Zukunft der deutschen und europäischen Stahlunternehmen ist eine Unterteilung der Abnehmerbranchen nach der Langlebigkeit der Produkte sinnvoll. Kurzlebige Güter erhöhen den Stahlverbrauch deutlich stärker als langlebige wie zum Beispiel Züge und sind hinsichtlich ihrer Klimawirkungen sehr unterschiedlich zu bewerten. Eine Stärkung der Schiene und ihrer Infrastruktur wird in der Stahlindustrie ausdrücklich begrüßt. Die Stahlindustrie befördert ihre Rohstoffe innerhalb Deutschlands zu über 53 Prozent (2019; 49,6 Prozent 2017) per Bahn und zu über 30 Prozent per Binnenschifffahrt. Die Autoindustrie ist zum Beispiel sehr viel mehr auf Lkw-Belieferungen angewiesen (Stahl nur knapp 19 Prozent). Gefordert werden aus rein technischer Perspektive die Umstellung der Schraubenkupplung der Güterwagen durch neue digitale automatische Kupplungen, die eine erhebliche Beschleunigung bringen könne, sowie der Ausbau des Schienenverkehrs, da die Schienen von der Stahlindustrie angeliefert werden.

Aus Flachstahl werden aber zum Beispiel auch Autos gefertigt, die in Deutschland größere Stahlanteile ausweisen als in der EU oder China. In einem Pkw ist Stahl für circa 25 Prozent der CO₂ der Herstellphase verantwortlich. Eine Umstellung auf 100 Prozent grü-

nen Stahl würde den Preis eines Autos um weniger als 500 Euro (1,5 Prozent durchschnittlich) steigen lassen (Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2019).⁹ Grüner Stahl wird für den CO₂-Fußabdruck der Autokonzern immer wichtiger (siehe unten) und ist Teil der Produkttransformation der Autobranche. Werden auf der anderen Seite in Zukunft weniger Autos produziert (auch Teil der Transformation), schlägt sich das unmittelbar in der Stahlproduktion nieder. Das gilt für alle Abnehmerbranchen.

3.2.4 Wandel der Geschäftsmodelle und neue Märkte

Eng mit der Ausweitung der Wertschöpfungsketten verbunden ergeben sich neue Geschäftsmodelle für die Stahlindustrie, vor allem in Abhängigkeit eines Hochfahrens der «grünen Leitmärkte», wie es im «Handlungskonzept Stahl» der Bundesregierung sowie im Rahmen der neuen Klimaprogramme vorgesehen ist. Wenn es zu einer Einführung von grünen Stahlquoten (in der EU und Deutschland) kommt, haben europäische und deutsche Stahlunternehmen globale Wettbewerbsvorteile.¹⁰ Grüne Leitmärkte für Stahl sind zunächst durch politische Maßnahmen gestützte und geförderte Märkte für treibhausgasneutral produzierten Stahl – sprich grünen Stahl. Angesichts langer Investitionszyklen in der Stahlindustrie ist ein zügiger Hochlauf grüner Märkte wichtig, um die Weichen bis 2030 zu stellen. Stahl als Hauptlieferant für die Infrastruktur bekommt neue Abnehmer. Aber auch nahezu alle anderen Metallverarbeitungsbetriebe fragen grünen Stahl vermehrt nach. Ein Beispiel: Die Miele Gruppe (Premium-Haushaltsgeräte) setzt bei der Reduzierung ihres CO₂-Fußabdrucks auf grünen Stahl von der Salzgitter AG. Ab November 2021 verbaut Miele im Rahmen eines Pilotprojekts knapp 24 Tonnen CO₂-armen Stahl pro Monat. Die CO₂-armen Stahlgüten¹¹ werden im Elektrostahlwerk Peine hergestellt und in den Walzwerken und Verzinkungsanlagen der Salzgitter Flachstahl GmbH weiterverarbeitet. Beim Einschmelzen von Stahlschrott und durch den Einsatz von klimafreundlichen Energieträgern entsteht ein um 66 Prozent geringerer CO₂-Fußabdruck des verzinkten Materials als bei der konventionellen Herstellung auf der Hochofenroute. Die Windenergiebranche fragt treibhausgasneutralen Stahl nach, um selbst klimaneutral zu werden. Gleichzeitig kann die Branche aber auch zur Bereitstellung von benötigter erneuerbarer Energie und grünem

9 Umsetzungsbeispiel: Salzgitter Flachstahl GmbH/Salgitter AG beliefert seit 2021 vier Mercedes-Benz-Werke mit grünen Flachstahlprodukten aus dem Elektrostahlwerk Peine in Kombination mit den Walzwerken und Verzinkungsanlagen in Salzgitter. Hergestellt werden daraus Struktur- und Karosserieteile. Die Produktion emittiert circa 66 Prozent weniger CO₂ als in konventionellen Hochofen.

10 «Jeder redet von grünem Stahl. Es gibt aber keine klare Definition, was wir als grünen Stahl oder als CO₂-reduzierten Stahl bezeichnen können. Hier muss die Politik für Transparenz sorgen. Denn unsere Kunden möchten völlig zu Recht wissen, wie «grün» oder nachhaltig die Produkte am Ende sind.» (WV Stahl 2021b: 27 ff.) Siehe dazu auch die Farbenlehre des Wasserstoffs der WV Stahl, in der Atomstrom als «roter» Wasserstoff definiert ist (siehe auch Witt 2022b).

11 Bei Stahlgüten handelt es sich um Klassifikationen von verschiedenen Stahlsorten. Durch verschiedene Legierungselemente werden die Gebrauchseigenschaften des Stahls beeinflusst (Edelstahl, Warmstahl etc.).

Wasserstoff für die Stahlproduktion beitragen. Die Stahlproduktion ist für etwa 50 Prozent der Gesamtemissionen in den Lieferketten der Windenergie verantwortlich. Sollte der von der Koalition geplante Ausbau der Windanlagen auf zwei Prozent der Fläche gelingen, ergibt sich ein erhebliches Potenzial. Das gilt auch für den Ausbau der Stromtrassen. Wenn die Windenergiebranche schnell wächst, heißt dies zum Beispiel, dass eine Umstellung auf grünen Stahl die Anlagenkosten nur um drei bis sechs Prozent erhöhen würde. Angesichts der Tatsache, dass Stahl circa 80 Prozent der CO₂-Emissionen bei Offshore-Windenergieanlagen verursacht, erscheint dies als Kostenfaktor irrelevant.

Stahlkonzerne als Hersteller von Elektrolyseanlagen/DRI-Anlagen: Bisher gibt es nur wenige deutsche Anbieter, die komplette Anlagen für die Umstellung der Hochöfen bauen. Tenneco (I) und Anbieter aus den USA, Kanada, Japan und Südkorea dominieren. In Deutschland haben sich erst in den letzten Jahren Anbieter wie die SMS-Group (Midrex-DRI-Anlagen, ArcelorMittal Hamburg) stark im internationalen Kontext etablieren können. Aber wie in der Autoindustrie engagieren sich Stahlkonzerne wie TK Steel in neuen Geschäftsbereichen außerhalb der direkten Stahlherstellung zunehmend im Stahlanlagenbau (siehe Blöcker 2022).

Für die Stahlindustrie entsteht durch die zunehmende Verbreitung der Elektromobilität ein zusätzlicher Wachstumsmarkt. Eine wichtige Innovation stellt das Elektroband für den E-Motor und den Hybridmotor dar. Für den E-Motor sind zwischen 40 und 100 Kilogramm, für den Hybridmotor zehn bis 30 Kilogramm Elektroband erforderlich. Die Stahlhersteller arbeiten intensiv daran, das Elektroblech, den weichmagnetischen Werkstoff für das Elektroband, fester und dünner zu machen, ohne dass die Magnet-eigenschaft der Bleche darunter leidet. Das Gewicht des Gesamtmotors reduziert sich dadurch erheblich.

Auch bei dem Batteriebaukasten als Gehäuse für die schwere Batterie geht es um Gewichtsreduzierung mit hoch- und höchstfesten Stählen. Weitere Stahlinnovationen finden sich im Karosserieleichtbau. Da sich die leichtere Karbonkarosserie (vor allem des Elektroautos BMW i3) in der Praxis nicht durchgesetzt hat, gewinnt hoch- und höchstfester Leichtstahl an Bedeutung. Laut World Steel Association (2021) kann das Gewicht eines Fahrzeugs um 25 bis 39 Prozent reduziert werden, womit zwischen drei und 4,5 Tonnen Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs eingespart werden können.

Für die Stahlindustrie ist der Aufbau einer *circular economy* (Kreislauf-, nicht Abfallwirtschaft) zentral. Bei einer Tonne eingesetztem Stahlschrott werden rund eine Tonne CO₂-Emissionen eingespart. Dazu die WV Stahl: «Das angestrebte Ziel «Mehr aus Weniger» und somit die Verhinderung negativer Umwelteffekte kann nur aus einem schlüssigen Mix aus den Optionen «Weniger verbrauchen», «Mehrmalig verwenden» und «Ersetzen» erreicht werden.» (WV Stahl 2021i: 23) Damit gleicht diese Haltung sehr stark der Formel im Verkehrssektor: Vermeiden, Reduzieren, Umsteuern. Stahl als multirecyclbarer Grundstoff leistet in Form von Stahlschrott einen wichtigen Beitrag für die grüne Stahlproduktion, so die Position des Fachverbands Schrott, E-Schrott und Kfz-Recycling (bvse 2021). Die Stahlproduzenten können durch Stahlschrott bereits seit 2019 die CO₂-Emissionen in Europa deutlich senken. Diese Randbranche der Schrottaufbereitung setzt aber sehr stark auf Schrottexport. Eingeführt wird Schrott bisher kaum. Die Schrottverwerter und -händler kritisieren stark, dass sie für hochwertige (bessere als bisher) Schrottqualität von der Stahlindustrie nicht ausreichend honoriert würden (DVS Media 2021: 56). Für den Aufbau einer echten Stahlschrottalternative müssten die Schrottpreise in Zukunft besser austariert werden.

4 INSTRUMENTE, FELDER UND ERFOLGSBEDINGUNGEN DER TRANSFORMATION

4.1 TECHNOLOGIEINNOVATIONEN UND DAMIT VERBUNDENE KOSTEN

Die Stahlindustrie ist eine sehr forschungs- und entwicklungsintensive Branche. Klimaorientierte Innovationen, oft in Kooperation mit spezialisierten Grundlagenforschungseinrichtungen an Universitäten¹² mit branchenspezifischen Instituten wie dem VDEh (Lüngen 2021) und Beratungseinrichtungen (Böhmer/Limbers 2020; Agora Energiewende 2020; Agora Energiewende/Forum New Economy 2021), sind Gegenstand vieler Projekte und Szenarien (zuletzt etwa Agora Industrie u. a. 2021; HySteel 2021; Agora Energiewende/Forum New Economy 2021).

4.1.1 Produktinnovationen, Grundstoff- und Materialforschung

Im Bereich der Produktinnovationen geht es vor allem um kontinuierliche Verbesserungen der Stahlgüten und um neue Stahlsorten für wachsende Märkte, wie etwa Monopiles für Windräder oder Sägedraht für die Herstellung von Wafer/Solar. Mit Leichtbau-, hoch- und höherfesten Stahlsorten können in den Abnehmerbranchen zwischen 25 und 30 Prozent Gewichtsreduzierung erreicht werden. Für alle Stahlsorten werden verschiedene Oberflächenveredelungstechnologien kontinuierlich weiterentwickelt. Das betrifft vor allem die elektrolytische Verzinkung und Verzinnung, die auf Korrosionsschutz und Gewichtsreduzierung gleichermaßen ausgerichtet ist. Mit Blick auf Anlagenerneuerungen geht es, wie gesagt, um Forschung an eigenem DRI-Anlagenbau, aber auch um die Weiterentwicklung von innovativen Heißwind- und Rohstofftrocknungsanlagen,¹³ zum Beispiel Coil-Kränen,¹⁴ und um Einkorb-Chargierung/Konverter-Kippantriebe, in der die hydraulische Fluidtechnik eine besondere Rolle spielt. Diese Produkte für die Intra- und Schrottlogistik werden in Zukunft um Sektorkopplungsanlagen erweitert.

4.1.2 Prozessinnovationen und neue Verfahren

Während die Hochofenroute relativ kostengünstig, aber sehr CO₂-emissionsintensiv ist, ist die Elektroofenroute sehr kosten-, aber weniger CO₂-emissionsintensiv. Diese könnte, sollte der Strom ausschließlich

aus erneuerbaren Energien stammen, fast emissionsfrei sein.

Im Bereich der laufenden Koks- und Roheisenerzeugung fokussiert sich die Forschung und Erprobung vor allem auf die Reduzierung von Emissionen an den Koksbläsen. Was die Umstellung auf karbonarme Stahlerzeugung angeht, werden zur Vermeidung von CO₂-Emissionen seit circa 15 Jahren neue technische Verfahren erprobt, die oft in der Praxis in Verfahrensmix und Phasenmodellen (Lüngen 2021; Küster Simic u. a. 2020: 60 ff.) entlang der Verfahren Smart Carbon Usage (SCU) und Carbon Direct Avoidance (CDA) erprobt werden. Bei SCU geht es um Technologien zur CO₂-Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) und CO₂-Weiterverarbeitung (Carbon Capture and Utilization, CCU). Bei CDA geht es vor allem um DRI-Anlagen in der Sekundärroute.

Da das Potenzial zur CO₂-Minderung über die bestehende Primärroute technisch bereits ausgereizt ist, sind signifikante CO₂-Einsparungen nur über eine radikale Neuausrichtung der Produktionsanlagen zu erreichen. Ein kurzer Überblick mit Hinweisen auf laufende Projekte in deutschen Stahlunternehmen soll den diesbezüglichen Technologiemarkt und die Phasen verdeutlichen.

1. Ein sehr erprobtes und seit Jahren praktiziertes Verfahren ist die prozessbedingte energetische Nutzung von Kuppelgasen im integrierten Hüttenwerk: Gase, die im gesamten Prozess anfallen, werden in ein Energieverbundsystem eingespeist, um den Fremdstrom zu reduzieren. Laut Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS 2019), Agora Energiewende (2020) und Umweltbundesamt (UBA 2020) werden circa 80 Prozent aller Prozessgase für die Stromproduktion und nur sehr wenig für die Anlagen in der Weiterverarbeitung genutzt, was sich negativ auf die freie Zuteilung von CO₂-Zertifikaten auswirken würde (dazu auch Böhmer/Limbers 2020).

2. Bei CCS/CCU-basierten Technologien wird CO₂ in Endlagerstätten/alten Gasfeldern gespeichert (CCS) oder als Rohstoff weiterverarbeitet (CCU). Befürworter*innen von CCS streben eine CO₂-Reduzierung von bis zu 90 Prozent an, die in der Praxis aber bisher nicht erreicht wurde. Vorteile sehen sie in der relativ einfa-

12 An der Technischen Universität Cottbus wurde zum Beispiel im Jahr 2021 ein neuer Lehrstuhl für Dekarbonisierung und Transformation der energieintensiven Industrie eingerichtet. An der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg wird intensiv an der Nutzung von Windparks zur Stahlerzeugung geforscht.

13 Zum Beispiel arbeitet TK Steel im Duisburger Hafen mit der sogenannten Windeltechnik, die eine schnellere Trocknung ermöglicht.

14 Mit einem Coil-Kran werden Blechrollen innerhalb des Werks transportiert. In allen Bereichen der Stahlproduktion sind die verschiedensten Ausprägungen von Kranen anzutreffen, angefangen vom einfachen Ladekran bis hin zum Gießkran im Stahlwerk, typisch sind: Zange (z. B. für Brammen, Knüppel), Haken (für Coils), Magnete sowie Greifer.

chen und kostengünstigen Integration in bestehende Produktionsprozesse. So wird zum Beispiel im Hisarna-Verfahren weiterhin Kohle als Energieträger und Reduktionsmittel eingesetzt. Statt eines Hochofens sorgt ein Reaktor für die Schmelzung des Eisenerzes, dem bis zu 50 Prozent Schrott beigemischt werden können. Das Verfahren lässt sich wegen seines relativ reinen CO₂-Abgasstroms gut mit CCS kombinieren. Zu den Nachteilen von CCS werden begrenzte Speicherkapazitäten und vor allem eine geringe gesellschaftliche Akzeptanz der Verkappung gezählt. Vor allem wird jedoch die Möglichkeit einer 90-prozentigen Minderung angezweifelt, da die Anlage mehr CO₂ emittiert, als sie abscheidet (Witt 2022a). Der Beitrag von CCS zur CO₂-Reduzierung ist also insgesamt sehr umstritten.

Die CO₂-Abscheidung/Umwandlung und Nutzung (CCU) der Hüttengase in zum Beispiel Methanol und Ammoniak ist zum Beispiel für die Chemieindustrie interessant (Bendel/Haipeter 2022). Die ersten Pilotanlagen bestehen seit 2018. In Deutschland stellt vor allem Thyssenkrupp gemeinsam mit BASF, Covestro und Linde im Projekt «Carbon2Chem» Methanol her. Ein umfangreiches Nachrüsten ist ab 2025 vorgesehen. Wie bei den DRI-Anlagen wird hierfür sehr viel Wasserstoff benötigt. Ist der ausschließlich grün, können zwischen 50 und 80 Prozent CO₂-Emissionen gegenüber der traditionellen Hütte eingespart werden. Ein weiteres Verfahren ist die Kombination von CCU mit Biomasse. Statt mit fossilem Koks wird Bioöl, Biogas oder Bioholzkohle eingesetzt. Biomasse führt zu etwa 40 bis 60 Prozent CO₂-Reduktion, CCU/CCS fängt dann die restlichen Emissionen auf.

3. Bei CDA-basierten Technologien steht die Direktreduktion mit Wasserstoff und/oder Erdgas (DRI) im Vordergrund: Wasserstoff wird anstelle von Koks zur Reduzierung des Eisenerzes genutzt. Die Hochofenroute wird quasi ersetzt. Es fallen keine prozessbezogenen CO₂-Emissionen an (einschränkend: nur durch Elektrodenabbrand und den Einsatz von Blaskohle), sondern das Oxidationsprodukt ist Wasser. Eine Reduktion mit Erdgas ist ebenfalls möglich, weist aber eine schlechtere Klimabilanz auf. Laut der Studie von Agora Energiewende und des Wuppertal Instituts (2019) kann bei ausschließlichem Einsatz von grünem

Wasserstoff und viel regenerativ erzeugtem Strom für die Elektrolyse eine CO₂-Reduzierung von 97 Prozent gegenüber der herkömmlichen Hochofenroute erreicht werden, was bei circa 30 Millionen Tonnen Rohstahl einer Reduktion von 0,9 Tonnen CO₂-Emissionen entspräche. Erste Versuche laufen seit 2018, ab 2025 wird die Serienreife erwartet. Vorerst wird mit Erdgas als Zwischenphase gearbeitet. Beispiele dafür sind ArcelorMittal in Hamburg und das SALCOS-Projekt der Salzgitter AG.¹⁵

4. Eisenerzelektrolyse: Dieses Verfahren ist sehr stromintensiv und kann nur mit 100 Prozent Grünstrom nahezu CO₂-frei sein. Erste Versuche sind für 2025 geplant, eine Realisierung ist allerdings erst ab 2050 denkbar. Auch hieran beteiligt sich ArcelorMittal (ArcelorMittal 2021), allerdings im französischen Werk in Metz (mit Strom mehrheitlich aus Atomkraftwerken).

5. Wasserstoffbasierte Plasmareaktorreduktion: In einem Plasmareaktor wird Stahl direkt mit elektrisch geladenem Wasserstoff erzeugt. Dieses Verfahren befindet sich noch im Forschungsstadium und erfordert sehr hohe Investitionen. Eine Realisierung wird nicht vor 2045 erwartet.

4.1.3 Bisherige Investitionen in die Primärrouten und zukünftige Investitionsbedarfe

In der Hochofenroute fallen die höchsten Kosten durch die sogenannte Zustellung der Hochöfen an, das heißt, circa alle 14 bis 18 Jahre werden die Hochöfen mit feuerfesten Steinen neu ausgekleidet, Beschädigungen werden ersetzt, Maschinen und Anlagen entsprechend erneuert (100 Millionen Euro kostet eine Hochofenneuzustellung; vgl. Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2019). Neue Hochöfen werden nicht mehr gebaut. Ob Hochöfen neu zugestellt werden, entscheiden die Unternehmen in der Regel drei bis vier Jahre vor der «technischen» Altersgrenze eines Hochofens. In Deutschland erreicht der erste Hochofen im Jahr 2024 die Altersgrenze, bis 2030 ist es fast die Hälfte und bis zum Jahr 2034 betrifft es alle Hochöfen. Allein bis 2030 werden 18,2 Milliarden Euro und bis 2050 etwa 49,4 Milliarden Euro benötigt (Berger 2020). Bei einem Emissionsausstoß von 1,71 Tonnen pro Tonne Rohstahl gibt es für Neuzustel-

15 Beispiel Salzgitter AG (fünf Millionen Tonnen Stahl bei acht Millionen Tonnen CO₂-Ausstoß pro Jahr): Nachdem mit SALCOS (Salzgitter Low CO₂ Steelmaking) seit 2017 mit Machbarkeitsstudien der Weg in Richtung einer CO₂-armen, wasserstoffbasierten Stahlherstellung im Konzern für den Zeitraum 2020 bis 2050 festgelegt wurde, erfolgte im März 2021 die Inbetriebnahme der Produktion von elektrischer Energie mit sieben Windrädern (30 Megawatt) und elektrolytischem Wasserstoff (1,25 MW-PEM-Elektrolysen-GrindHy2.0) auf dem Werksgelände in Salzgitter. Der Konzern bezeichnet diesen Schritt als erste industrielle Sektorkopplung an einem deutschen Standort. Erste Brammen für grünen Stahl werden seit August 2020 produziert. Mit der Mikro-Direktionsanlage (µDRAL) wird seit März 2021 die erste flexibel mit Wasserstoff und Erdgas betriebene DRI-Anlage probeweise im Elektrolichtbogenofen (Werk Peine) oder im Hochofen zur Einsparung von Einblaskohle (Hüttenwerk Salzgitter) betrieben. Vorerst liegt die CO₂-Reduktion bei lediglich ein Prozent, soll aber schrittweise auf 30 Prozent (mit Kosten in Höhe von 50 Millionen Euro) und bis 2050 auf 95 Prozent erhöht werden. Bei Kohleinsatzverzicht wird auf eine Kombination von Erdgas und Wasserstoff gesetzt. Der Produktionsbeginn ist für Mitte 2022 vorgesehen. Als Kooperationspartner agieren die Avacon, Linde AG, WINDH2, Sunfire, Uniper, Paul Würth, Rhenus Logistik und die Fraunhofer-Gesellschaft. Für die Entwicklung und Errichtung der Anlagen ist der italienische Maschinenbauer Tenova ein zentraler Technologiepartner. Alle Pilotvorhaben wurden vom Land Niedersachsen als größter Anteilseigner und von der Kreditanstalt für Wiederaufbau gefördert. Die µDRAL-Anlage (Investition 13,6 Millionen Euro) unterstützte das BMUV mit fünf Millionen Euro. Parallel dazu wurden vorsorglich CO₂-Zertifikate erworben, die eine Unterdeckung bis 2030 kompensieren und deren Marktwert den bilanzierten Wert um mehr als 800 Millionen Euro übersteigt (Braunschweiger Zeitung vom 3.2.2022; Cakir/Wilhelm 2021; Salzgitter AG 2021a: 33 ff.).

lungen einen für 2019 angegebenen Investitionsbedarf von 391 Euro pro Tonne Rohstahl.

HySteel (2021: 11) und Kaltenborn (2021: 50) geben wie die Deutsche Bundesregierung (2021) und die WV Stahl (2021a) an, dass bis 2050 (alte Klimaziele) 30 Milliarden Euro und bis 2030 zehn Milliarden Euro für die DRI-Umstellung der Primärroute erforderlich wären. Für die genannten Transformationsmöglichkeiten berechneten die Autor*innen der Studie von Agora Energiewende und anderen (Hauser u. a. 2021) die in Tabelle 6 aufgelisteten Investitionsbedarfe ab 2020 bis 2050 bei einer Anlagenlebensdauer von 50 Jahren bei Neubauten und 20 Jahren bei Neuzustellungen.

Während hinsichtlich der Investitionsbedarfe keine Unterschiede zwischen den Verfahren berechnet wurden, sehen die Klimabilanzen der Verfahren einige Abweichungen vor (siehe Tabelle 7).

Agora Energiewende (2021: 18) und Agora Energiewende u. a. (2021: 45) haben diese Berechnungen für die neuen Klimaziele für 2045 angepasst. Unter Berufung auf Prognos u. a. (2021) ergibt sich eine Minderung von 26 Millionen Tonnen CO₂ bis 2030. Die Szenarien wurden für DRI-Wasserstoff- und DRI-Erdgasanlagen und für Referenz- und Alternativmodelle angeführt. Die Annahme ist, dass DRI-Anlagen ab 2025 jedes Jahr um zwei Millionen Tonnen zulegen, dann bis auf zwölf Millionen Tonnen Stahl bis 2030 ausgeweitet werden, was zusätzliche Investitionskosten von 1,3 Milliarden Euro pro Jahr ausmachen würde.¹⁶ Im Ergebnis kommen sie dazu, dass die Transformation der Primärroute durch die Absicherung mit

Klimaschutzverträgen bis 2045 gelingen und mit Kosten von 35 Milliarden Euro abgesichert werden kann. In der Studie zur Stahlbranche kam Agora Energiewende zu folgenden vier Schlussfolgerungen:

«1. Um Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, muss die Stahlbranche noch vor 2030 gut ein Drittel ihrer Primärstahlproduktion auf die klimafreundliche Eisendirektreduktion umstellen. Dazu kommt der Ausbau der Stahl-Sekundärroute¹⁷ als wesentlicher Baustein für eine klimaneutrale Stahlproduktion. So wird die Stahlbranche in Deutschland zukunftsfähig.

2. Eisendirektreduktion in der Stahlindustrie ist ein strategischer Anker für den Markthochlauf von Wasserstoff, im Übergang können die Anlagen zunächst mit Erdgas betrieben werden. Über den Betrieb mit Erdgas wird ein Großteil der CO₂-Emissionen schnell zu moderaten Kosten reduziert, bis Erdgas durch ein steigendes Angebot an erneuerbarem Wasserstoff ersetzt wird.

3. Klimaschutzverträge (CCfD) sind das geeignete Instrument, um die Mehrkosten einer klimafreundlichen Stahlproduktion abzusichern. Ziel ist es auch, parallel grüne Leitmärkte aufzubauen, die den Mehrwert von klimaneutralem Stahl honorieren und ihn als Standard am Markt etablieren.

4. Der Finanzbedarf für die Klimaschutzverträge zur Transformation der Stahlindustrie bis 2030 beträgt je nach Kombination der Politikinstrumente insgesamt 13 bis 35 Milliarden Euro. Dafür benötigen sie einen eigenen dau-

Tabelle 6: Investitionsbedarfe 2020 bis 2050 in Milliarden Euro

	2020–2025	2026–2030	2031–2035	2036–2040	2041–2045	2046–2050
alle Verfahren	5,9	12,3	9,9	5,7	5,9	9,8

Quelle: Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2019; Agora Energiewende/Forum New Economy 2020 mit Aktualisierungen: 163–176

Tabelle 7: Emissionseinsparung und Mehrkosten nach Verfahren

Verfahren	Emissionsreduzierung je Tonne Rohstahl	Mehrkosten gegenüber Hochofenroute
DRI	-97 Prozent auf 0,05	+36–61 Prozent 532–630 Euro pro Tonne
Eisenelektrolyse	-87 Prozent auf 0,22	+65–112 Prozent 645–828 Euro pro Tonne
Hisarna mit CCS	-86 Prozent auf 0,24	+9–16 Prozent 427–454 Euro pro Tonne
CO ₂ -Abscheidung mit CCU	-50–63 Prozent auf 0,85	+63–119 Prozent 637–858 Euro pro Tonne

Quelle: Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2021 mit Aktualisierungen: 163–176

¹⁶ Dafür wurden auch Annahmen zur Erhöhung der CO₂-Marktpreise, der Wasserstoffkosten, der Entwicklung von grünen Leitmärkten sowie Regime zur Vergabe von freien Zuteilungen herangezogen (siehe dazu Fritz 2022; Witt 2022b).

¹⁷ Das verkennt meines Erachtens die Tatsache, dass nicht alle Stahlgütesorten über die Sekundärroute gefertigt werden können, zum einen, da Schrottstähle bisher nicht alle Qualitätsanforderungen etwa der Autoindustrie bedienen, zum anderen, da es weiterer Schrottimporte bedürfte, deren Qualitätsprüfung noch völlig ungeklärt ist.

erhaften Refinanzierungsmechanismus, damit die Branche Investitionssicherheit erhält.» (Hauser u. a. 2021: 5)¹⁸

Ein weiteres Innovationsfeld stellen (neben dem Strom- und Wasserstoffnetzausbau) die Wasserstoffspeicher selbst dar. Ein Forschungsgebiet, das noch nicht praxiserprobt ist, sind Untergrundspeicher in Kavernen. Zurzeit konzentrieren sich Pilotanlagen zum Beispiel in Bad Lauchstätt auf Salzkavernen. Laut DWV müssten jedoch allein bis 2030 circa 50 bis 250 Standardkavernen in Betrieb gehen (HySteel 2021: 19).¹⁹

Große Einigkeit besteht darin, dass faktisch sämtliche Mehrkosten der Umstellung über Förderprogramme oder Direktsubventionen vom Staat zu tragen wären, da die ohnehin schon sehr hohen Reinvestitionskosten bei stark steigenden Rohstoffpreisen kaum zu stemmen seien (Agora Energiewende/Forum New Economy 2021; WV Stahl 2021c).

4.2 INFRASTRUKTUREN

Über die reinen Umstellungskosten hinaus ist der Infrastrukturausbau zentral. Um grünen Stahl zu produzieren, ist viel grüne Energie und grüner Wasserstoff notwendig (bdew 2021). Dafür ist ein sicherer und auch wirtschaftlicher Zugang zu erneuerbarem Strom und grünem Wasserstoff zentral. Krebs/Steitz (2021) haben für den Zeitraum 2021 bis 2030 einen Investitionsbedarf von circa 120 Milliarden Euro für die Übertragungsnetze und weitere 50 bis 100 Milliarden Euro für die Verteilernetze ausgemacht. Vier Betreiber unter Bundesregulierung kontrollieren zurzeit die Übertragungsnetze (380 und 220 Kilovolt-Leitungen). Das niederländische Staatsunternehmen TenneT spielt für das grüne Stromnetz eine besondere Rolle, da es für den sogenannten Südlink (Transport von On- und Offshore-Windenergie vom Norden in den Süden) zuständig ist. Agora Energiewende u. a. (2021) schlagen eine mehrheitliche Erhöhung des Bundesanteils an TenneT vor, um eine direkte Kontrolle über einen Infrastrukturbereich zu erlangen, der zentral für den Erfolg der Energiewende ist. Für das Wasserstofftransportnetz schätzen die Autor*innen den deutschen Anteil eines leistungsfähigen Wasserstoffnetzes unter Berufung auf die European-Hydrogen-Initiative auf etwa 20 Milliarden Euro. Da für den Ausbau der Netze der Staat zuständig sei,²⁰ schlagen sie eine Wasserstoffinfrastrukturgesellschaft vor (Krebs/Steitz 2021; Agora Energiewende/Forum New Economy 2021).

Stromnetze: Der Branchenverband der deutschen Stahlindustrie WV Stahl rechnet mit einem zusätzlichen jährlichen Strombedarf von mindestens 130 Terawatt pro Stunde, insbesondere für die Deckung des Wasserstoffbedarfs (Elektrolyse). Das bedeutet, dass die Stahlindustrie den größten Teil des in Deutschland regenerativ erzeugten Stroms benötigen würde. Um das zu gewährleisten, wären beispielsweise 12.000 zusätzliche Windkraftträder in Deutschland notwendig. Die Forschungsstudie «Windstahl aus Norddeutschland» (WiSaNo) aus dem Jahr 2021 hat allein für das ArcelorMittal-Stahlwerk in Hamburg (erdgasbasierte DRI-Anlage) einen Offshore-Windausbau von 2.000 Windrädern errechnet. Durchschnittlich würden 3.000 bis 4.000 Windräder pro Stahlwerk in Deutschland erforderlich (Hölling u. a. 2021). Erfolgt also kein ausreichender Ausbau des Wasserstoffnetzes, muss die gesamte Energie über das Stromnetz laufen, was einen bis zu siebenfachen Überbau erfordern würde. Die Transportkosten von Strom sind um ein Vielfaches teurer als die von Wasserstoff.

Wasserstoffnetze: Wasserstoff ist keine Energiequelle wie Erdöl, Erdgas, Wind- oder Sonnenenergie, sondern ein Energiespeicher. In der Natur kommt Wasserstoff nur in gebundener Form vor. Um das farblose Gas H₂ aus dieser Bindung abzuspalten, ist wiederum viel Energie notwendig. Für die Herstellung von grünem Wasserstoff werden also erneuerbare Energien wie Solar- oder Windenergie und Wasserkraft verwendet. Wie bereits oben erwähnt, spart der Einsatz von einer Tonne grünem Wasserstoff 26 Tonnen CO₂ gegenüber der Hochofenroute. Kontrovers diskutiert bzw. gefordert werden a) Kapazitäten zur Wasserstoffherzeugung, b) der Wasserstofftransport, c) die Wasserstoffspeicherung und d) insbesondere der Wasserstoffimport sowie ein entsprechendes Zertifizierungssystem für die Herkunft von grünem Wasserstoff (siehe Witt 2022b).

Grüner Wasserstoff wird zwar schon in Pilotprojekten hergestellt, aber noch nicht im großen Maßstab. Im Rahmen der «Nationalen Wasserstoffstrategie» strebt die Bundesregierung zunächst eine inländische Produktionskapazität von fünf Gigawatt an. Das entspricht einer jährlichen Produktionskapazität von circa 0,38 Millionen Tonnen H₂. Damit könnten circa 5,0 bis 5,3 Millionen Tonnen grüner Stahl erzeugt werden. Der Ausbau der Elektrolysebranche ist deshalb ein wichtiger Bestandteil des Markthochlaufs. Bis grüner Wasserstoff in ausreichender Menge verfügbar und halbwegs bezahlbar ist, setzen die Stahlakteure auf eine Kombination aus grauem,

18 Die Spanne 13 bis 35 Milliarden Euro bezieht sich auf die drei von Agora Energiewende verwendeten Szenarien.

19 Diese Forschung ist in mittelfristiger Perspektive durchaus relevant.

20 Ob der Ausbau einer flächendeckenden Wasserstoffinfrastruktur eine Staatsaufgabe im Sinne seiner Zuständigkeit für Daseinsfunktionen ist, ist eine noch offene Frage.

blauem, türkischem und zum Teil aus gelbem Wasserstoff, was vor allem eine Wasserstoffbeimischung zum Erdgasbetrieb bedeutet.²¹ Deutschland verfügt über eine gut ausgebaute Gasinfrastruktur, die aus 50.000 Kilometern Hochdruckleitungsnetzen und 500.000 Kilometern Verteilnetzen besteht. Daraus leiten sich Möglichkeiten für die Umrüstung der Netze auf eine Wasserstoffinfrastruktur ab, die in das bestehende System integriert werden kann. Für die Stahlindustrie ist dies mit wenigen Neubauten von reinen Wasserstoffnetzen verbunden. Wenn das erklärte Ziel, bis 2030 zehn Millionen Tonnen der Primärstahlproduktion umzustellen, erreicht werden soll, werden neun Milliarden Euro benötigt, davon zwischen 2026 und 2030 sechs Milliarden Euro. Durch den Mix mit Erdgas können zwar die Mehrkosten erheblich reduziert werden, es bleiben aber große Herausforderungen, wie das Umsetzungspapier zum «Handlungskonzept Stahl» (BMWi 2020) betont.

Hinsichtlich der Infrastruktur bleibt kontrovers und offen, inwieweit eine energetische Nutzung von grünem Wasserstoff und auch Folgeprodukte wie Synfuels (Blöcker 2022) anstelle von grünem Strom von Vorteil sind. Das Ausmaß der Wasserstoffnutzung hängt vom Ausbau der Elektrolysekapazitäten sowie von Speicherkapazitäten ab. Wasserstoff hat den Vorteil, dass ein Transport über große Distanzen (auch Importe) möglich ist, eine relativ gute Lagefähigkeit vorliegt und, wie bereits betont, die bestehende Infrastruktur genutzt werden kann. Nachteile liegen vor allem in den höheren Umwandlungsverlusten und im Energiebedarf beim Transport selbst.

4.3 STAATLICHE PROGRAMME, SCHUTZ VOR DUMPING, INVESTITIONSFONDS

Maßnahmen zum Schutz vor Dumping werden unter den Stichworten «Level Playing Field» und «Carbon-Leakage» diskutiert: gleiche Wettbewerbsbedingungen weltweit (Level Playing Field, LPF) und der Schutz vor Abwanderung wegen Klimaregulationen in einem Land (Carbon Leakage, CL). Der weltweit steigende Protektionismus zwischen den großen Weltmarktregionen ist in der Stahlindustrie besonders ausgeprägt. Als Reaktion auf steigende Importe zu Dumpingpreisen hat die EU seit vielen Jahren ein umfangreiches Schutzinstrumentarium aufgebaut (vgl. zum Folgenden Fritz 2022).

Für die Stahlindustrie gilt grundsätzlich die Zuteilung kostenloser CO₂-Zertifikate im Rahmen des Emissionshandelssystems. Diese bleibt auch (zunächst) während der Einführung der CO₂-Grenzabgabe beste-

hen. Noch offen ist, in welchen Schritten sie abgebaut wird. Die Grenzabgabe auf Importe CO₂-intensiver Sektoren (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) soll für Länder gelten, die über keine vergleichbaren CO₂-Bepreisungssysteme verfügen. Um die höheren Preise für eine CO₂-arme/-neutrale Stahlproduktion auszugleichen, sind CCfD ein für die Unternehmen zentrales Transformationsinstrument. Dafür hat die Bundesregierung ein Pilotprogramm mit 550 Millionen Euro für 2022 bis 2024 aufgelegt.

Für die Umstellung auf CO₂-arme Verfahren wurden bis 2030 Investitionen in Höhe von zehn Milliarden Euro errechnet. Die deutsche Stahlindustrie sieht in verschiedenen Programmen wie der «Nationalen Wasserstoffstrategie» sowie in entsprechenden Projektförderungen, hier «Important Projects of Common European Interest» (IPCEI) von Ende Mai 2021, ein wichtiges Signal für die Transformation in Richtung grüner Produktionsverfahren für den Stahlstandort Deutschland.

Die Bundesregierung hat für die energieintensive Industrie bereits vielfältige Förderprogramme auf den Weg gebracht, Studien und Projekte aufgelegt und die Investitionen im Zuge des neuen Klimaschutzgesetzes 2045 für die Jahre 2022 bis 2024 um mindestens fünf Milliarden Euro ergänzt, wovon ein erheblicher Anteil auf die Stahlindustrie entfällt. Dazu gehören unter anderem folgende im Finanzplan vorgesehene Mittel:

- Ein Haushaltstitel «Wasserstoffeinsatz in der Industrieproduktion» in Höhe von 15 Millionen Euro im Jahr 2020 sowie Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 430 Millionen Euro bis 2024, die im nächsten Haushalt ausfinanziert werden sollen. Zusätzlich werden 1,5 Milliarden Euro über das IPCEI und acht Milliarden Euro für Wasserstoffgroßprojekte bereitgestellt. Insgesamt geht es um die Auslösung von Investitionen in Höhe von 33 Milliarden Euro, wovon 20 Milliarden Euro von privaten Investoren zu tragen sind. Alle deutschen Stahlunternehmen haben entsprechende Investitionsvorhaben eingereicht (Stand Oktober 2021).
- Das «Nationale Dekarbonisierungsprogramm» in Höhe von rund einer Milliarde Euro bis 2023 wurde für die Dekarbonisierung der Industrie um 2,9 Milliarden Euro aufgestockt.
- Das Programm zur «CO₂-Vermeidung in der Grundstoffindustrie» in Höhe von 370 Millionen Euro bis 2023 wurde ergänzt.
- Das Forschungsprojekt «Carbon2Chem» zur Erprobung der Abscheidung und stofflichen Nutzung von CO₂-Emissionen (CCU) in der Stahl- und Chemieindustrie mit Fördermitteln in Höhe von circa

²¹ Die Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz wird als Brückentechnologie gesehen. Das wirft Fragen der Verwendung des ohnehin knappen Wasserstoffs auf, da zurzeit vor allem die kommunalen und großen Versorgungsnetzbetreiber viele Projekte gestartet haben, um Gaswärmenetze in Haushalten und der Industrie mit Wasserstoffanteilen von zehn bis 15 Prozent anzureichern.

140 Millionen Euro (1. Phase: 2016–2020; 2. Phase: 2020–2023).

- Die Forschungsinitiative «Vermeidung von klimarelevanten Prozessemissionen in der Industrie» (KlimPro-Industrie) in Höhe von 80 Millionen Euro bis 2025.
- Das Programm «Reallabore der Energiewende» mit Mitteln in Höhe von 415 Millionen Euro im Zeitraum von 2020 bis 2023.
- Im «Klimaschutz-Sofortprogramm 2022» (Bundesregierung 2021) wurden die Mittel für die Umstellung der Hochofenroute auf Direktreduktion mit grünem Wasserstoff um 100 Millionen Euro aufgestockt.
- Im Kontext des Aufbaus grüner Leitmärkte werden in einer Erprobungs- und Demonstrationsphase im Jahr 2022 für die Verwendung von grünem Stahl zum Beispiel in der Automobilindustrie zusätzliche 28,8 Millionen Euro bereitgestellt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass es keinen Mangel an staatlicher Förderung gibt: Geld

und Programme gibt es genug. Was fehlt, sind aber gezielte Unterstützungsleistungen für a) tragfähige Geschäftsmodelle für grünen Stahl bei steigenden Betriebskosten mit klaren Quoten für die Stahlabnehmer und b) die schnelle Umsetzung von Infrastrukturprojekten, die direkt an den Stahlstandorten ausgerichtet sind. Was also für die Produktion von grünem Stahl fehlt, ist vor allem die dafür notwendige grüne Energie und die Infrastruktur. Einen weiteren wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung stellt die bereits genannte Kreislaufwirtschaft dar. Die offenen Fragen richten sich vor allem auf eine international einheitliche Definition von nachhaltigem und grünem Stahl. Strittig ist, ob eine Quotierung und Zertifizierung auf ganze Produktkategorien oder auf einzelne Produkte sinnvoll ist. Mit Blick auf die Erhöhung des Stahlschrottanteils kann ergänzend angeführt werden, dass Stahlschrott nicht nur CO₂-Emissionen²² (siehe oben) spart, sondern auch die Versauerung von Gewässern, Sommersmog oder Eutrophierung mindert.

5 ABSEHBARE KONSEQUENZEN FÜR DIE ARBEIT

5.1 ARBEITSORGANISATION

Das Produktionssystem Stahl ist von zwei zentralen Herstellungsverfahren mit jeweils spezifischer Arbeitsorganisation gekennzeichnet, von denen vor allem die Primärstahlerzeugung im Oxygenverfahren radikal umgebaut wird. Die Hochöfen werden schrittweise bereits ab 2025 abgebaut. Die Personalentwicklungsabteilungen entwerfen dafür neue Kompetenzprofile und Qualifikationserfordernisse und wollen neue Schichtmodelle etablieren – sie bereiten den technischen Umbau vor und treiben die Digitalisierung voran. Diese Ansätze einer neuen Arbeitsorganisation sind gerade erst in der Startphase und unterliegen bisher noch weitgehend der Geheimhaltung. Das lässt vermuten, dass die Personalentwicklungsstrategien und die Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation auch intern noch nicht wirklich geklärt sind.

5.2 QUANTITATIVE BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

Wer heute am Hochofen arbeitet, wird morgen nicht mehr dort arbeiten. Arbeitsplätze werden zum Beispiel in den Kokereien oder den Sinteranlagen wegfal-

len. Diese Beschäftigten sind aber nicht von Arbeitsplatzverlust bedroht, da erstens in diesen Bereichen Beschäftigungssicherung ausgehandelt wurde und zweitens ihre vorhandenen metallurgischen Kompetenzen auch in DRI-Anlagen zur Steuerung benötigt werden. Die Arbeitsplatztransformation findet an den Standorten selbst statt, anders als etwa an den Kohlestandorten, wo keine Alternativen vorhanden sind. Dazu TK Steel:

«Die gute Nachricht für die Beschäftigten: Die Transformation hin zur klimaneutralen Produktionstechnik der DRI-Anlage kostet keine Jobs. Um eine Tonne Stahl herzustellen, bedarf es des Einsatzes gleich vieler Beschäftigter wie bei der Herstellung im Hochofen. Da bei Thyssenkrupp übergangsweise beide Routen gleichzeitig laufen werden, braucht es hier zeitweise sogar mehr Menschen.» (Nasikkol zit. n. Böckmann 2020)

Vergleichbare Verlautbarungen gibt es von Vertreter*innen der Salzgitter AG, Saarstahl und Arcelor-Mittal.

Ähnlich wie in der Chemieindustrie gibt es kaum Studien zu den Beschäftigungseffekten, die die Dekarbonisierung im Stahlsektor zur Folge hat. Das liegt erstens offenbar an der geringen beschäftigungs-

²² Der Einsatz einer Tonne Schrott aus Edelstahl spart 4,3 Tonnen CO₂ in der Edelstahlproduktion, beim Kohlenstoffstahl sind es 1,67 Tonnen.

litischen Bedeutung in der Stahlindustrie gegenüber zum Beispiel der Autoindustrie, zweitens daran, dass der Arbeitsplatzabbau aufgrund der Rationalisierungsprogramme bereits weit fortgeschritten ist, drittens wird die Demografiekurve ab circa 2025 extrem zunehmen und viertens werden mit Umschulungen und Neueinstellungen in den Bereichen Wasserstofftechnik, Elektrolyseanlagen, Schrottaufarbeitung, Kreislaufwirtschaft sowie im gesamten IT-Bereich neue Arbeitsplätze aufgebaut. Ein wichtiges Beschäftigungsfeld bildet darüber hinaus die Abrissarbeit, die mehrere Jahre dauern wird.

Genaue Zahlen zum Umfang der Beschäftigung in der Stahl-Wasserstoffwirtschaft liegen bisher nicht vor. Der DWV (2018) geht davon aus, dass im Zuge des Ausbaus insgesamt etwa 70.000 zusätzliche Arbeitsplätze bis 2030 und 150.000 zusätzliche Arbeitsplätze bis 2050 entstehen. Ein Mehr an Beschäftigung sehen die Stahlakteure jedoch nicht, da der Umbau mit den Kernbelegschaften und altersbedingten Neueinstellungen geplant ist.

Kaltenborn gibt positive Effekte in Höhe von 470.000 Beschäftigten für die Fertigung von Elektrolyseanlagen (inklusive Anlagen- und Maschinenbau) an, hinzu kommen 175.000 Arbeitsplätze für eine Direktbeschäftigung in den Anlagen, 225.000 in den indirekten Vorleistungen und weitere 71.000 Arbeitsplätze durch induzierte Einkommenseffekte (Kaltenborn 2021: 91). Da einige Stahlhersteller in den Anlagenbau als Geschäftsmodell eingestiegen sind, partizipiert auch die Stahlindustrie an diesen Effekten. Zusätzliche Arbeitsplätze ergeben sich außerdem im Stahlhandel, durch den Mehrbedarf an spezialisiertem Stahl in den grünen Leitmärkten mit zum Teil ganz neuen Produkten wie zum Beispiel den Hyperloops.

Wie in fast allen Branchen haben vor allem die administrativen Tätigkeiten in der Beschäftigungsstruktur quantitativ an Bedeutung gewonnen, da sie von der Stilllegung der Hochöfen und der Umstellung auf Wasserstoff kaum betroffen sind.

Die von der WV Stahl an Prognos vergebene Studie prognostiziert dagegen im Belastungsszenario (Hochofen-Aus bis 2050/45, CO₂-Emissionsreduzierung von 55 Prozent gegenüber 1990 und 54 Prozent gegenüber 2018) einen erheblichen Arbeitsplatzabbau von 43.100 Beschäftigten, was etwa 40 Prozent aller Arbeitsplätze umfassen würde (Böhmer/Limbers 2020: 6). Ziel dieser Auftragsarbeit war es, die negativen wirtschaftlichen, ökologischen und beschäftigungspolitischen Folgen einer Verlagerung (Carbon Leakage) der Primärstahlerzeugung nachzuweisen. Die Autoren schildern sehr deutlich ein Drohszenario, das für die deutsche Stahlindustrie kaum Relevanz hat, da der Umbau bereits begonnen hat.

Hinsichtlich des Handels mit Emissionszertifikaten und daraus entstehender Beschäftigungseffekte für

die deutsche Stahlindustrie liegen nur ältere Studien (Grastorff/Wolf 2016) vor, die für die damals geltenden Rechte für 2021 bis 2030 ein Minus von 10.000 Arbeitsplätzen im direkten Produktionsbereich errechneten.

5.3 QUALITATIVE BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

Der Fachkräftebedarf liegt vor allem im IT-Bereich. Beschäftigte werden durch digitale (zum Teil lernende) Softwarelösungen bei Betriebsführungen vor allem bei Routinearbeiten unterstützt, die Tätigkeitsprofile sind im Zeitverlauf zunehmend auf Lenkung und Überwachung konzentriert. Dafür laufen Qualifizierungsprogramme in den Unternehmen.

Als neues Kompetenzprofil ist vor allem Wasserstoff gefragt: Eine wichtige Rolle für das Vordringen der Wasserstofftechnologie spielt der Aufbau von H₂-Kompetenzen. Dazu gehören laut Grimm u. a. (2021) die Schlüsselbegriffe Brennstoffzelle, Elektrochemie, Elektrolyse, Power-to-Gas, Power-to-X und Sektorkopplung. Bei 71 Prozent der in der Studie untersuchten Jobangebote (April bis November 2019) handelte es sich um hochkomplexe Tätigkeiten in den Berufen «Technische Forschung und Entwicklung», «Maschinen- und Betriebstechnik», «Elektrotechnik», «Chemie» und «Energietechnik». Die Autor*innen nehmen für die Stahlindustrie an, dass die Bedarfe zunächst über Weiterbildung hoch qualifizierter Beschäftigter gedeckt und erst nach und nach neue, zusätzliche Rekrutierungen erfolgen werden. Wasserstoffkompetenz könne sich zu einem neuen Querschnittsprofil entwickeln, das insbesondere für zukünftige Auszubildende mit Umweltaffinität attraktiv sei. Zahlreiche Wasserstoffinitiativen haben sich in den Teilregionen Deutschlands und Europas etabliert, planen oder führen bereits Projekte durch (allein 62 IPCEI-Wasserstoff-Großprojekte) und schreiben dafür Fachkräfte aus.

Zu Recht stellt das Institut für Innovation und Technologie (iit) des VDI/VDE jedoch heraus, dass die Bildungsdimension ein vernachlässigtes Feld strategischer Umbauansätze darstellt (Krichewsky-Wegener u. a. 2020). Zwar heißt es in der «Nationalen Wasserstoffstrategie» (BMW i 2021 a: 25), dass Aus- und Weiterbildung unterstützt werde – passiert ist aber in der Tat bisher relativ wenig, sieht man von wenigen Maßnahmen ab. «Doch obwohl die Wasserstoffwirtschaft – über alle Sektoren hinweg – als potenzieller Jobmotor beschrieben wird, beinhaltet auch die europäische Strategie in ihrer Roadmap bis 2050 keinen integrierten Aus- und Weiterbildungspart.» (Ebd.: 6) Allerdings fehlen auch in dieser Studie konkrete Hinweise auf Qualifikationsbedarfe.

Ähnlich vage Angaben zu den in Zukunft benötigten Qualifikationen finden sich in der 2021 aktualisierten

«Nationalen Weiterbildungsstrategie» der Bundesregierung.

Die WV Stahl betont zwar die Notwendigkeit, MINT-Berufe schulisch zu stärken sowie bedarfsgerechte Angebote für metallurgische und werkstoffbezogene Studiengänge zur Verfügung zu stellen. Für den Verband sind aber die betriebliche Qualifizierung und Weiterbildung zentral (WV Stahl 2021c: 27). Auch der Branchenmonitor der Hans-Böckler-Stiftung (2020) und die IG Metall (2021a) sehen großen Qualifizierungsbedarf, ohne diesen aber genauer zu bestimmen.

Die Geschäftsberichte und Einzelberichte der Unternehmen nennen einige konkretere Bedarfe mit Blick auf die wachsende Beschäftigung in Elektrostahlwerken, vor allem aber hinsichtlich a) der technisch-chemischen Prozesse im Zusammenhang mit der Umwandlung in Wasserstoff und b) des Einsatzes von Wasserstoff in den verschiedenen Prozessen entlang der Stahlerzeugung. Wie passgenau eine Kombination im Umgang von grauem, blauem, türkischem und grünem Wasserstoff aussehen könnte, darüber besteht nach einem Expertengespräch mit einem Personalmanager von der Salzgitter AG aber noch keine echte Strategie (vgl. diverse Unternehmensberichte, zuletzt Salzgitter AG 2021b).

Große Einigkeit besteht darin, dass auch bezüglich der Aus- und Weiterbildung ein Phasenmodell entwickelt werden müsse, das den oben diskutierten Transformationsphasen entspricht.

Zwischenfazit Qualifizierung: Wie in fast allen industriellen Transformationsprozessen betonen die beteiligten Akteure unter anderem die Notwendigkeit zur

Anpassung, sie fordern Personalentwicklungsstrategien und weisen auf künftigen Fachkräftemangel hin (dazu siehe Bosch 2022). Transformationsorientierte Qualifizierung läuft der schrittweisen Phasentransformation in der Stahlindustrie hinterher und hat (noch) keine originäre Transformationsbildung als Baustein/Modul entwickelt. Hier fehlen die dafür notwendige Einbindung der Lehrwerkstätten (die es in allen Stahlwerken gibt), der Personalentwickler*innen und wie immer das große Erfahrungswissen der Beschäftigten auf dem Shopfloor.

Fehlende praktische Qualifizierungen beeinflussen die Qualifikationsmotivation enorm und schüren Ängste der Belegschaften:

«Der technologische Wandel, der uns bevorsteht, wird noch gravierender ausfallen als der Systemwandel nach Wende und Wiedervereinigung. Solche Veränderungen lösen bei den Beschäftigten große Ängste aus. Und überhaupt sei das Ganze für viele Kolleginnen und Kollegen bisher noch nicht greifbar. Die Versuchsanlagen seien sichtbar, aber alles in kleinem Stil und abgegrenzt als eigenes Projekt», so der Betriebsratsvorsitzende Dirk Vogeler, Stahlwerk in Eisenhüttenstadt (zit. n. Radke/Siebecke 2021: 8).

«Es gibt eine Reihe kritischer Fragen. Unter anderem, was wir am Standort noch selber machen, was machen andere? Wir haben im Stahl relativ geschlossene und gut organisierte Belegschaften, einen Tarifvertrag, gut geregelte Arbeitsbedingungen usw. Das darf im Transformationsprozess nicht infrage gestellt werden.» (Cakir/Wilhelm 2021: 44)

6 HERANGEHEN DER AKTEURE

Wie keine andere Industriebranche steht die Stahlindustrie als älteste Industrie für zentrale Meilensteine der Industrialisierung in Deutschland. Was mit dem Unternehmen Krupp im Jahr 1826 begann, führte rasch zur Entstehung umfassender Montanreviere vor allem an Ruhr und Saar. Die Stahlkomplexe bildeten das Rückgrat vieler nachgelagerter Verarbeitungsschritte. Nicht zuletzt wegen ihrer großen militärischen Bedeutung im Zweiten Weltkrieg war die Stahlindustrie Grund für die paritätische Montanmitbestimmung im Jahr 1951 und auch Basis für die Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EKGS) als Vorläufer der EU in Europa. Ende der 1960er-Jahre und vor allem in den 1970er-Jahren war es mit dem Boom vorbei. Zahlreiche Zechen wurden stillgelegt, der Erzabbau

massiv zurückgefahren. Obwohl Willy Brandt 1961 angesichts eines schwarzen Himmels mit 80 Hochöfen und über 100 Kraftwerken seine berühmte Rede «Der blaue Himmel über der Ruhr» hielt, dominierte bis zum Konflikt über die Stilllegung von Rheinhausen im Jahr 1987 zwischen den Stahlakteuren ein klassischer Arbeit-Kapital-Konflikt, in dem der Klassenkampf um Arbeitsplätze im Vordergrund stand. Am «Aufbruch im Revier» war bemerkenswert, dass sich große Teile der Gesellschaft mit den Stahlarbeiter*innen und der IG Metall solidarisierten. Der Kahlschlag der Stahlindustrie wurde zum Inbegriff einer auch in anderen Branchen (etwa Textil) einsetzenden Deindustrialisierung und mobilisierte massiven Widerstand. Geblieben sind bekanntlich nur wenige Spuren der Montankomplexe. Die viel besuchte

Zeche Zollverein in Essen wurde UNESCO-Welterbe, in ganz Europa entstanden im Zeitverlauf «Routen der Industriekultur».

Aber es gibt sie noch, die deutsche Stahlindustrie, die zum Vorreiter der industriellen Dekarbonisierung werden will. Obwohl es immer wieder Standortkämpfe²³ gibt, steht heute nicht der Klassenkampf im Vordergrund, sondern der sozial-ökologische Transformationskonflikt (Dörre u. a. 2020). Aber handelt es sich überhaupt um einen Konflikt, dominieren nicht vielmehr die Gemeinsamkeiten bei den Stahlakteuren?

Mit Blick auf die Dekarbonisierungsziele der Stahlindustrie unterscheiden sich die Argumente der Industrieverbände, Tarifvertragspartner und der staatlichen Industrie- und Energiepolitik der Bundesregierung nur marginal. Einigkeit besteht darin, dass das Carbon-Leakage-Risiko für die energieintensive Stahlindustrie besonders hoch ist und einseitige Belastungen, die die deutschen und europäischen Stahlunternehmen zu tragen haben, sowohl Klima als auch Wirtschaft schaden würden. Gefordert wird Chancengleichheit (LPF) im globalen Wettbewerb. Die zentrale Gemeinsamkeit ist eindeutig: Es geht um den Erhalt der Industrie, es geht darum, eine Deindustrialisierung abzuwenden, indem die Stahlindustrie zum Vorreiter für eine grüne Industrie entwickelt wird. Das Aus für die dreckigen und extrem CO₂-starken Hochöfen ist gemeinsam beschlossen. Erste kohlebasierte Hochöfen werden schon im Jahr 2025, die letzten spätestens 2040 abgebaut und ersetzt.

In Deutschland haben die WV Stahl sowie Arbeitgeber- (AGV Stahl) und Arbeitnehmerverbände (IG Metall) gemeinsam dem «Handlungskonzept Stahl» der Bundesregierung vom Juli 2020 zugestimmt (BMW_i 2020). Auf den Gipfeln zur Umsetzung des «Handlungskonzepts Stahl» am 3. Mai 2021 und 21. Juni 2021 wurde betont, dass bezüglich der Transformation in Richtung grüner Stahl nahezu alle Unternehmen auf einem guten Weg seien, und die Notwendigkeit einer Umsetzung der gemeinsamen Ziele bekräftigt (BMW_i 2021b). Dazu heißt es beispielsweise:

«Ziel ist es, Chancengleichheit auf dem globalen Stahlmarkt zu schaffen. Gegen globale Überkapazitäten und Marktverzerrungen vorgehen, Handelsschutz konsequent anwenden und bei Bedarf verschärfen.» (BMW_i 2020: 11)

«Es müssen Mechanismen geprüft werden, mit denen CO₂-arme Produktionsverfahren trotz drastisch höherer Kosten gegenüber Ländern ohne vergleichbaren Aufwand wettbewerbsfähig betrieben werden können. Denkbare Optionen reichen von einer staatlichen För-

derung CO₂-armer Produktionsweisen über eine Bereitstellung CO₂-freien Stroms und von Wasserstoff an die Industrie zu Sonderkonditionen bis hin zu einem Grenzausgleich für CO₂-Kosten.» (WV Stahl 2021d: 3)

«Der Ersatz von Kohlen- durch Wasserstoff in der Stahlherzeugung ist im Bereich der Industrie der erfolgversprechendste, weil nachhaltigste und gleichzeitig energieeffizienteste Ansatz zum Erreichen der Klimaziele.» (Salzgitter AG 2021b)

«Arbeitet man nicht an der Reduzierung der Emissionen, damit Klimaziele erreicht werden, schadet man nicht nur der Umwelt, sondern besiegelt auch langfristig das Ende der Stahlindustrie.» (IG Metall Bezirk Mitte 2021d)

6.1 WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG STAHL UND ARBEITGEBERVERBAND STAHL

Mit der WV Stahl hat sich ein verhandlungsmächtiger Akteur mit eigenem Stahlinstitut und diversen Forschungstätigkeiten, mit Auftragsvergaben an Beratungseinrichtungen und politischen Positionspapieren zu den zentralen Stahlherausforderungen fest als wichtiger Ansprechpartner für die Bundesregierung etabliert. Der AGV Stahl ist als Tarifvertragspartner für die drei zentralen Tarifgebiete Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen/Bremen sowie Hessen mit 59.000 Beschäftigten, für das Saarland (unter der Federführung des Verbands der Saarlütten) mit 14.000 Beschäftigten und für die ostdeutschen Stahlstandorte (in Eigenregie der dortigen Stahlunternehmen) mit 6.000 Beschäftigten zuständig und konzentriert sich auf die Tarifpolitik. Politischer Akteur ist vor allem die WV Stahl. Im Juni 2021 legte sie einen politischen Rahmen für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie mit sechs Kernelementen vor (WV Stahl 2021d):

1. Wasserstoffhochlauf vorantreiben und erneuerbare Energien für ausreichend grünen Strom ausbauen;
2. Investitionsförderung: Förderrahmen ausbauen und verfestigen;
3. CCfD als Schlüsselinstrument der Transformation verankern;
4. Leitmärkte für grünen Stahl schaffen;
5. vor Carbon Leakage schützen, Wertschöpfungsketten in Deutschland sichern;
6. Transformation durch eine kluge Taxonomie zur nachhaltigen Finanzierung absichern.

Mit Blick auf die Carbon-Leakage-Problematik hat die WV Stahl die Prognos AG beauftragt zu berechnen, was es für Klima und Wirtschaft bedeuten würde, wenn die Transformation nur durch stei-

23 Wie etwa zuletzt bei TK Steel um Abspaltungen; vgl. König 2020; König/Detje 2020; Krichewsky-Wegener u. a. 2020.

gende CO₂-Preise vorangetrieben würde (Böhmer/Limbers 2020). Die Autoren erarbeiteten für einen Zeitrahmen von 2018 bis 2035 ein Referenzszenario (durchschnittliches Wachstum der Gesamtwirtschaft von 1,2 Prozent, der Industrie von 1,3 Prozent bei insgesamt nachlassender Exportdynamik sowie der Berücksichtigung demografischer Einflüsse) und ein Belastungsszenario, in dem die Stahlindustrie einseitig mit Kosten für ihre Treibhausgasemissionen belastet wird. Carbon-Leakage-Schäden behandeln die Autoren gleichwertig als Klima-, Wirtschafts- und Arbeitsmarktschäden. Das Belastungsszenario geht von einem Produktionsverlust von 40 Prozent im Zeitraum 2020 bis 2050 bei einem Wirtschaftsschaden von 114 Milliarden Euro entlang der gesamten Wertschöpfungskette und einem Verlust von 200.000 Arbeitsplätzen aus. Die Ergebnisse in aller Kürze: Dekarbonisierung durch Deindustrialisierung schadet Klima und Wirtschaft. Wird Stahl in anderen Regionen mit geringeren Klimaschutzauflagen hergestellt und anschließend nach Deutschland und Europa importiert, wird dem Klima weltweit massiv geschadet. Der volkswirtschaftliche Schaden in Form verlorener Wertschöpfung beträgt 600 bis 700 Euro pro vermiedener Tonne CO₂ und damit übersteigt er ein Vielfaches der Umstellungskosten auf ein wasserstoffbasiertes Verfahren. Grüne Stahlproduktion gelingt nur mit massiver staatlicher Förderung, ohne diese können die klimapolitischen Ziele der Stahlindustrie nur durch Carbon Leakage erreicht werden (sprich Verringerung der Industrie) (ebd.).

Zu wichtigen Fördermaßnahmen wie den IPCEI der EU äußert sich Kerkhoff, Präsident der WV Stahl, wie folgt:

«Eine Förderung von Investitionen im Rahmen des Wasserstoff IPCEI ist ein wichtiger Schritt, um die Transformation zu ermöglichen. Damit diese nun rasch beginnen kann, muss das Tempo der Umsetzung der im Handlungskonzept Stahl beschriebenen Maßnahmen hochgehalten werden. Es braucht zusätzlich Instrumente wie Klimaschutzverträge und grüne Leitmärkte, damit sich nachhaltige Geschäftsmodelle für grünen Stahl in Deutschland herausbilden können. Zudem muss im Übergang zur Klimaneutralität auch die Wettbewerbsfähigkeit des herkömmlich produzierten Stahls erhalten bleiben. Hierzu ist eine ausreichende freie Zuteilung von Zertifikaten im EU-Emissionsrechtehandel erforderlich, die nicht durch einen CO₂-Grenzausgleich ersetzt werden darf.» (Kerkhoff 2021: 23)

Zum «Fit for 55»-Paket der EU-Kommission äußert sich die WV Stahl sehr kritisch und sieht darin keine ausreichende industriepolitische Perspektive (vgl. zum Folgenden auch Fritz 2022). Insbesondere würden die darin enthaltenen Pläne zum Emissionsrechtehandel die Gefahr von internationalen Wett-

bewerbsnachteilen und damit von Carbon Leakage erhöhen.

«Durch die Umstellung der Primärstahlproduktion auf klimafreundliche Verfahren und der schrottbasierten Elektrostahlproduktion als weiterem Baustein kann die Stahlindustrie in Deutschland einen großen Beitrag zum Erreichen des 2030-Klimaziels leisten und langfristig klimaneutral produzieren. Das Fit-for-55-Paket gefährdet diese Ambitionen.» (WV Stahl 2021e)

Dass die freie Zuteilung von Zertifikaten im Emissionshandel abgeschmolzen wird, bedeute für die Stahlindustrie eine schrittweise Halbierung bis 2030, bis Gratiszertifikate 2035 ganz abgeschafft und durch einen CO₂-Grenzausgleich ersetzt werden. Die WV Stahl kritisiert, dass der Grenzausgleich noch unerprobt und mit erheblichen Risiken verbunden sei.

Emissionszertifikate, die die EU an die Stahlindustrie vergibt, bewerten Vertreter*innen der Stahlindustrie als völlig unzureichend. Laut WV Stahl (2021h: 19) liegen sie für den Zeitraum 2021 bis 2030 bis zu 20 Prozent unter den Emissionen, weshalb sie ein Mehr an Zertifikaten fordern. Es helfe auch nicht, wenn trotz der enorm gestiegenen Strompreise die Preiskompensation erhöht würde. Damit kommt erneut das Carbon-Leakage-Argument ins Spiel: «Wenn wir als Industrie nicht besonders geschützt werden, stirbt die Stahlindustrie in Deutschland.» (WV Stahl 2021i: 15) In einem Transformationsprogramm für die Stahlindustrie in Deutschland legte die WV Stahl (2021f) im Oktober 2021 zehn Forderungen vor:

- Zielerreichung (Klimaneutralität 2045 und DRI-Anlagen ab 2025) schnell ermöglichen. Genehmigungsverfahren vereinfachen.
- Kommission «Transformation Stahl» einrichten: Das Bundeskanzleramt koordiniert alle Maßnahmen.
- Wettbewerbsfähige Energiekosten und Zugang zu klimafreundlichen Energien als Basis für klimafreundliche Stahlproduktion: Unter Verweis auf hohe Energiekosten auch aufgrund der E-Mobilität soll auf staatlich induzierte Preisbestandteile bei den Stromkosten verzichtet werden.
- Wasserstoffhochlauf vorantreiben: Industriestandorte an Wasserstoffnetze anschließen, Erdgas als Flexibilisierungsoption akzeptieren/fördern.
- Förderrahmen ausbauen: Stahlindustrie braucht ein Sondervermögen zum Umbau (Finanzfazilität).
- Klimaschutzverträge zum Ausgleich der Mehrkosten.
- Leitmärkte für grünen Stahl ausbauen.
- Kreislaufwirtschaft: Stahlschrott absichern.
- Klimaclub (weltweit einheitliche CO₂-Preise) mit kostenloser Zuteilung von Zertifikaten und Grenzausgleich verbinden.
- European Green Deal nachbessern.

Den Koalitionsvertrag vom 24. November 2021 bewertet die WV Stahl grundsätzlich sehr positiv:

«Mit Blick auf den notwendigen Umbau der Stahlproduktion in Richtung CO₂-armer Verfahren ist zu begrüßen, dass eine schnelle Umsetzung [...] bereits im Jahr 2022 angestrebt wird und es einen Dialog [...] im Rahmen einer «Allianz für Transformation» geben soll.» (WV Stahl 2021d)

Die WV Stahl begrüßt Klimaschutzverträge, grüne Leitmärkte, die für den Hochlauf vorgesehene Technologieoffenheit insbesondere mit Blick auf den unverzichtbaren Einsatz von Erdgas und blauem Wasserstoff als Brückentechnologie sowie den beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Sie sieht außerdem positiv, dass die freie Zuteilung als wirksamer Carbon-Leakage-Schutz angesehen wird und dass die Zustimmung zum EU-Grenzausgleich an die Bedingungen geknüpft wird, Exporte nicht zu benachteiligen und Umgehungeffekte («Greenwashing») zu verhindern.

Die WV Stahl ergänzt, dass dem im Koalitionsvertrag angekündigten Klima- und Transformationsfonds eine zentrale Rolle für die Planungssicherheit bei staatlichen Förderzusagen zukommen sollte.

Sie kritisiert aber, dass im Kontext des angekündigten Abbaus von umweltschädlichen Subventionen und der geplanten Prüfung und Anpassung aller Ausnahmen von energiepolitischen Belastungen eine Ergänzung fehle, die zu einem Abbau der dringend notwendigen Belastungsbegrenzungen – etwa beim Energiesteuerspitzenausgleich oder der Strompreiskompensation durch das EU ETS – führe. Dies gelte auch für die Gegenfinanzierung im Rahmen der beabsichtigten Abschaffung der Umlage durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz.

6.2 IG METALL

Innerhalb der IG Metall nimmt die Stahlindustrie eine besondere Rolle ein. Sie verfügt über ein eigenes Stahlbüro jenseits der Frankfurter Zentrale und verhandelt eigene Stahltarife, die oftmals oberhalb der Metall- und Elektroverträge liegen. Aufgrund der Montanmitbestimmung hat sie eine sehr gute gewerkschaftliche Basis, eine feste Verankerung in den Aufsichtsräten und verfügt mit der «Arbeitsgemeinschaft Engere Mitarbeiter der Arbeitsdirektoren Stahl» über den Zugang zu wichtigen strategischen Trends. Mit regelmäßigen Stahlaktionstagen in Brüssel oder auf lokaler Ebene (zuletzt am 2. Oktober 2021) erlangen die Stahlbeschäftigten und die IG Metall stets hohe mediale Aufmerksamkeit, nicht nur wegen der sehr hohen Mobilisierung in den Belegschaften. Ebenso wie die WV Stahl äußert sich

die Gewerkschaft zu allen politischen Stahlthemen, zuletzt mit den Stahlargumenten Nummer 1 bis 4 (IG Metall Bezirk Mitte 2021a–d) zu staatlicher Förderung, Arbeitsplätzen oder zur Bundestagswahl.

Was die Fördermaßnahmen betrifft, forderte die IG Metall bereits 2020 die Politik auf, einen Transformationsfonds in Höhe von zehn Milliarden Euro mit einer Laufzeit bis 2030 für die Stahlindustrie einzurichten, um damit den Unternehmen finanziell beim Umbau und bei den mit der klimaneutralen Stahlproduktion einhergehenden höheren Produktionskosten zu helfen. Sie begrüßt den jetzt vereinbarten Aufbau von grünen Leitmärkten, weil dann die Förderung aus den geplanten Differenzverträgen (CCfD) schrittweise zurückgefahren werden könne. Die IG Metall fordert Quoten für den Einsatz von grünem Stahl, die bisher noch nicht geklärt sind. Eine ergänzende Forderung ist auffällig: Die IG Metall setzt sich dafür ein, den Einsatz von grünem Stahl im Auto auf die CO₂-Flottengrenzwerte der Autohersteller teilweise anzurechnen, da die Stahl- und Autoindustrie gemeinsam an der Erreichung der Klimaziele arbeiten würden (IG Metall 2021b).

Die IG Metall bewertet das «Fit for 55»-Programm positiv, vor allem weil darin der Importschutz vor Billigstahl ausdrücklich erwähnt wird. Zu wichtigen Fördermaßnahmen wie IPCEI heißt es bei Kerner, geschäftsführendes Vorstandsmitglied der IG Metall:

«Ohne erhebliche staatliche Unterstützung wird der klimafreundliche Umbau der Stahlindustrie nicht gelingen. Gut, dass darüber Einigkeit herrscht. Jetzt müssen wir diese Erkenntnis schnell in konkretes Handeln übersetzen. Die Branche braucht verbindliche Förderzusagen – und zwar in einer Größenordnung, die der historischen Herausforderung gerecht wird. Das IPCEI Wasserstoff ist dabei ein wichtiger Schritt, aber eben nur ein erster. Weitere müssen jetzt folgen. Nur so werden wir die Klimaziele erreichen und gleichzeitig gute industrielle Arbeitsplätze mit starken tariflich abgesicherten Bedingungen erhalten.» (Kerner zit. n. BMWK 2021)

Was Arbeitsplätze betrifft, steht die Standort- und Beschäftigungssicherung als Kernaufgabe im Vordergrund, die in der Regel in den Verhandlungen wie zuletzt bei TK Steel mit dem Zukunftspakt bis 2026 gelingt, wenn auch mit Konzessionszusagen. Anders als in der Auto- und der Chemieindustrie gibt es weder strukturkonservative Lager noch Kontroversen über den Transformationspfad, in der Stahlindustrie stehen vor allem Forderungen nach proaktiver Qualifizierung und vorausschauender Personalplanung im Fokus. Was die Standortauseinandersetzungen im Zusammenhang mit der Transformation betrifft, ist die Haltung klar: Die Beschäftigten dürfen nicht zu den Verlierer*innen gehören. «Es darf jedoch nicht der Schluss gezogen werden, dass die Transforma-

tion besser nicht angegangen wird, denn sie ist alternativlos!» (IG Metall Bezirk Mitte 2021d)

Über politische Stellungnahmen hinaus hat die IG Metall im Kontext des organisationsinternen Transformationsprozesses die Aktion «Pilotbetriebe in Aktion» gestartet. Die Umsetzung im Stahlsektor erfolgt mit dem IG-Metall-Projekt «Trans>FA+Ir». «Trans>FA+Ir»²⁴ ist in den Leitgedanken «Vom Betrieb aus denken/handeln» eingebunden und eine Fortsetzung/Konkretisierung der betrieblichen IG-Metall-Initiativen zu «Arbeit und Innovation in der Transformation» (Bosch 2022). Das Projekt bei der Salzgitter Flachstahl GmbH (einziger Stahlbetrieb im Sample der elf von vorgesehenen 14 Projekten) wurde vor dem Hintergrund gestartet, dass sich die bisherigen Debatten der Umstellung der Hochöfen auf Wasserstoff fast ausschließlich auf die technischen Machbarkeiten und die notwendigen politischen Rahmenbedingungen beziehen. Konkrete Auswirkungen auf die Abteilungen in den Unternehmen, die Arbeitsplätze, Tätigkeiten und die Beschäftigten selbst blieben laut Projektbeschreibung bisher weitgehend unberücksichtigt. Ziel des Projekts ist es, in einem szenarioorientierten Prozess das hohe Maß an Unsicherheit sichtbar zu machen und gemeinsam mit den Beschäftigten konkrete Handlungsoptionen zu ermitteln. Dazu finden seit September 2021 Workshops statt (IG Metall Vorstand 2021):

«Die Auswirkungen auf die Beschäftigten haben bisher im Transformationsprozess der Stahlindustrie nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Das muss sich dringend ändern. Nun bekommen wir die Chance, in einem beteiligungsorientierten Prozess unsere Interessen einzubringen» (P. Gruber von der Salzgitter Flachstahl GmbH zit. n. ebd.: 4).

In einer Stellungnahme zum Koalitionsvertrag vergleicht die IG Metall ihre Forderungen mit den Formulierungen im Koalitionsvertrag zur Stahlindustrie. Die Übereinstimmung bewegt sich zwischen 70 und 100 Prozent. Die geringsten Übereinstimmungen finden sich in zwei Punkten: Erstens wollte die IG Metall explizit eine Geschäftsstelle im Bundeskanzleramt «Transformation Grundstoffindustrie» und konkrete Instrumente. Beides wurde nicht bzw. sehr vage erfüllt. Zweitens forderte die IG Metall ein Sondervermögen von 20 Milliarden Euro für die Grundstoffindustrie, davon zehn Milliarden Euro bis 2030 für Stahl. Obwohl im Koalitionsvertrag keinerlei Angaben zum Fördervolumen gemacht werden, verwundert die 70-prozentige Zustimmung der IG Metall doch sehr. Für die IG Metall gehören Klimaschutzverträge zu

einem wichtigen Schlüsselinstrument, hier liegt die Zustimmung immerhin noch bei 95 Prozent – konkrete Zeitangaben fehlten jedoch. Die Gewerkschaft befürwortet Leitmärkte und Kreislaufwirtschaft, stuft diese aber als sehr unkonkret ein (dennoch 90 Prozent Zustimmung). Letztlich gibt es sehr hohe Zustimmung (100 Prozent) zum Kapazitätsausbau für Elektrolyseure in Deutschland auf zehn Gigawatt bis 2030 sowie zum zugesagten Carbon-Leakage-Schutz.

6.3 GEMEINSAME INITIATIVEN

Die Bundesregierung und nachgeordnete Einrichtungen wie das UBA und andere schenken der Entwicklung in der Stahlindustrie große Aufmerksamkeit und organisieren – ähnlich wie in der Autoindustrie – wiederkehrende sogenannte High-Level-Foren und Branchengipfel Stahl (Bundesregierung 2021).

6.3.1 High-Level-Forum Stahl

Das «High-Level-Forum Stahl» benannte zentrale Punkte, wie ein verlässlicher politischer Rahmen für eine zukunftsweisende Transformation der Branche geschaffen und angepasst werden könnte. Zu diesem Rahmen gehören:

- die Sicherung von Anschubinvestitionen: Die bestehenden Förderprogramme auf nationaler und europäischer Ebene müssen mit ausreichenden Mitteln ausgestattet und miteinander verknüpft werden;
- die Einführung von projektbasierten Klimaschutzverträgen: Diese sichern die höheren Investitions- und Betriebskosten CO₂-armer Verfahren ab;
- die Fortführung eines wirksamen Carbon-Leakage-Schutzes für die Stahlindustrie;
- die Fortsetzung der kostenfreien und bedarfsgerechten Zuteilung der Emissionsrechte für die Grundstoffindustrien und einer vollumfänglichen Strompreiskompensation in der 4. Handelsperiode 2021 bis 2030;
- CO₂-Grenzausgleichsmaßnahmen, die die kostenfreie Zuteilung der Emissionsrechte und die Strompreiskompensation für die Grundstoffindustrien nur ergänzen, aber nicht ersetzen.

Verständigt wurde sich auch darüber, dass es einer internationalen Definition von grünem Stahl bedürfe, die von Stahlerzeugern, Stahllieferanten und Stahlverbrauchern gleichermaßen akzeptiert wird.

6.3.2 Die Fachkommission HySteel

Im Oktober 2020 wurde die Fachkommission HySteel als übersektorale Innovations- und Technologieplattform unter dem Dach des DWV gegründet. Das

²⁴ Das Projekt folgt den Vorläuferprojekten «Besser statt billiger» und «Arbeit und Innovation» in elf Geschäftsstellen der IG Metall und wird aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF) finanziert. Es ist zeitlich bis Mai 2022 begrenzt.

Kernziel ist die Erarbeitung einer zukunftsweisenden Strategie für eine emissionsarme wasserstoffbasierte Stahlproduktion im Jahr 2045. Die Fachkommission HySteel besteht aus den größten deutschen Stahlherstellern, Anlagenherstellern für Elektrolyse und Anlagen für die Stahlindustrie, Produzenten für erneuerbare Energien, Netzbetreibern, Universitäten, Instituten, Forschungseinrichtungen und Gewerkschaften. HySteel wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) gefördert. Im Juni 2021 legte HySteel (2021) ein Eckpunktepapier «Grüner Stahl. Die Wasserstoffrevolution der Stahlindustrie» vor.

6.3.3 Regionale Wasserstoff-Hubs

Es gibt zudem zahlreiche Bemühungen in den Stahlregionen, sogenannte Wasserstoff-Hubs aufzubauen, die über den Transformationsfonds gefördert werden. Dabei geht es darum, branchenübergreifend in den Stahlregionen räumliche Wasserstoffverbünde zu etablieren, die die Erzeugung, Verteilung und Nutzung in Form von Sektorenkopplung nutzen. Ein Beispiel dafür ist Bremen mit dem Stahlwerk von ArcelorMittal. Es besteht Zugang zu Windenergie, Gasinfrastruktur und Kavernen-Speichern. Trotz des Problems, dass die Stahlproduktion, Schiff- und Luftfahrt sowie Auto und Nutzfahrzeuge nicht sofort auf grünen Strom umgestellt werden können, gilt für den Bremer Senat ArcelorMittal-Bremen als Nukleus der Entwicklung zum Wasserstoffstandort. Einer der zwei Hochöfen wird ab 2023 anteilig mit Wasserstoff betrieben. Bis 2030/35 gibt es das Ziel, beide dortigen Hochöfen durch eine mit grünem Wasserstoff betriebene DRI-Anlage und elektrisch betriebene Elektrolichtbogenöfen zu ersetzen. Ein auf dem Stahlwerksgelände befindlicher Elektrolyseur mit zunächst zwölf Megawatt, später mit 300 Megawatt soll – so die Planung – das Stahlwerk mit der Verkehrsinfrastruktur und anderen Unternehmen verbinden.

6.3.4 Das Handlungskonzept Stahl 2020

Das von der Bundesregierung gemeinsam mit der Stahlindustrie erarbeitete Programm knüpft an die «Industriestrategie 2030» sowie den Klimaschutzplan 2050, das Klimaschutzprogramm 2030 und den European Green Deal an. Es setzt auf drei zentrale Aspekte, die mit den bereits genannten Förderprogrammen unterlegt wurden:

- Chancengleichheit auf dem globalen Stahlmarkt schaffen,
- Carbon Leakage vermeiden,
- Transformation gemeinsam voranbringen.

Das Handlungskonzept wurde am 3. Mai 2021 wegen der erweiterten Klimaziele für 2045 angepasst und die im Vorfeld beteiligten Stahlakteure wurden über den Stand der bisherigen Umsetzung informiert. Im am 12. Mai 2021 vom Kabinett beschlossenen Ent-

wurf zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes wurden die nationalen Minderungsziele für die Jahre 2030 und 2045 festgelegt. Für die Stahltransformation sind im Klimaschutz-Sofortprogramm 2022, wie schon betont, vor allem drei Maßnahmen relevant:

- Die Aufstockung und Erweiterung des Programms Dekarbonisierung der Industrie nach dem Prinzip CCfD, das im Rahmen der Klimaschutzverträge die Abfederung von höheren Betriebskosten für treibhausgasarme und -freie Verfahren abfedern soll (+650,2 Millionen Euro).
- Die Aufstockung der Investitionsförderung zur Umstellung der Hochofenroute auf Direktreduktion mit grünem Wasserstoff als Ergänzung und Verstärkung der bereits beschlossenen IPCEI-Wasserstoff-Förderung.
- Der Aufbau von grünen Leitmärkten für Stahl anhand von Pilotprogrammen für die Verwendung von grünem Stahl in Abnehmerbranchen, zunächst vor allem in der Autoindustrie, woraus Erkenntnisse für den Ausbau von grünen Leitmärkten erwartet werden.

Vorgesehen ist die Einführung von entsprechenden Produktquoten in Kombination mit der Förderung von Mehrkosten für Übergangszeiten.

Bezüglich des von der Bundesregierung für notwendig erachteten Imports von Wasserstoff ist das Doppelauktionsmodell «H2Global» zentral. Dafür soll eine Stiftung eingerichtet werden, in deren Auftrag Auktionen zum An- und Verkauf von CO₂-neutralem Wasserstoff durchgeführt werden. Vereinbart wurde zudem, ein Monitoring für den Stahlstandort Deutschland aufzusetzen (BMWi 2021b). Das «Handlungskonzept Stahl» und dessen Umsetzungsstrategien enthalten auch explizite Hinweise zum Faktor Arbeit.

«Die Transformation der Stahlindustrie ist nicht nur für Unternehmen und den Umweltschutz eine Aufgabe von herausragender Bedeutung, sondern auch und gerade für die Beschäftigten. Der Erfolg der Transformation wird entscheidend davon abhängen, ob die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in den Unternehmen der Stahlindustrie auf neue Tätigkeiten vorbereitet und entsprechend qualifiziert werden. Ohne eine angemessene Qualifizierung laufen Investitionen in neue Technologien ins Leere.» (BMWi 2020: 15–16)

Allerdings werden über die für alle Branchen geltenden Instrumente wie das Qualifizierungschancengesetz und das Arbeit-von-morgen-Gesetz keine stahlspezifischen Instrumente benannt, was bestätigt, dass hier großer Nachholbedarf besteht.

Zusammenfassend sind in den Positionen und Vorschlägen der Akteure nur kleine Abweichungen erkennbar. Das gemeinsame Agieren für eine grüne Stahlindustrie und der Erhalt qualifizierter hochwertiger Arbeitsplätze stehen im Vordergrund.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND OFFENE FRAGEN

Die globale Stahlindustrie ist strukturell von Überkapazitäten geprägt. Diese sind in geopolitischer Sicht regional und zeitlich sehr ungleich verteilt und stehen im Mittelpunkt der politischen Regulierung zum Erhalt industrieller Wertschöpfung und von Arbeitsplätzen in Europa und Deutschland. Die lange Kontinuität globaler Überkapazitäten ist unstrittig und wird von allen Akteuren als zentraler Regulierungsbedarf gesehen.

Die deutsche Stahlindustrie ist auf dem Weg zum Vorreiter einer grünen Industrie. Der Abbau der kohle-basierten Hochöfen ist beschlossen und wird bis spätestens 2045 abgeschlossen sein. Damit endet die Ära der tradierten Schwerindustrie mit einem radikalen Umbau der Produktionsanlagen.

Aber kein Stahlunternehmen in Deutschland wird bis 2030 in der Lage sein, ausreichend grünen Wasserstoff (zu 100 Prozent aus regenerativen Energien hergestellt) zu beschaffen oder in Eigenregie herzustellen, um komplett auf erdgasfreie Produktion umzusteigen. Der radikale Umbau wird entsprechend in inkrementellen Zwischenschritten vor allem erdgasbasiert erfolgen. Die Transformation wird Unternehmensangaben zufolge in Phasen mit Zeithorizonten von 2022 bis 2035 bzw. 2040 zunächst vor allem mit Erdgas, dann mit grünem Wasserstoff vorgenommen. Folglich gibt es eine noch völlig offene Debatte um den Import von grünem Wasserstoff für die nächsten 15 bis 30 Jahre.

Die deutsche Industrie weist insgesamt eine sehr hohe «Stahlintensität» auf. Als Grundstoffindustrie hat die Stahlindustrie («Rückgrat») eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung und ist für die zentralen Abnehmerbranchen Bau, Auto, Maschinenbau und andere Stahlverarbeitungsindustrien (zum Beispiel Rohre für Infrastrukturen Wind, Wasserstoff) eine wichtige Voraussetzung industrieller Wertschöpfung. Alle Abnehmerbranchen fragen verstärkt grünen Stahl nach. Das ist zum einen der unternehmerischen Erkenntnis geschuldet, dass sich fast nur noch mit dem Label «grün» Gewinne erzielen lassen. Sie benötigen grünen Stahl, um ihre eigenen Klimavorgaben zu erfüllen. Zum anderen wirkt die große Nachfrage als Beschleuniger der Stahltransformation.

Die Transformation der Stahlindustrie in Richtung karbonfreie Industrie ist entsprechend hochgradig von Transformationsverläufen in ihren Abnehmerindustrien abhängig, deren Verläufe bis 2020 sehr unterschiedlich waren, aber seit 2021 vor allem von a) der Lieferkettenproblematik und b) den exorbitant steigenden Rohstoff- und Energiepreisen bestimmt sind. Die Umstellung auf wasserstoffbasierte Produktion wird zur zentralen Transformationslösung. In den vier zentralen Stahlregionen (Saar, Nordrhein-Westfalen, Nord, Ost) entstehen gegenwärtig regionale Wasser-

stoff-Cluster mit diversen Kooperationen (RWE etc.), die ebenfalls staatlich stark gefördert werden (sollen). Der Aufbau dieser Wasserstoff-Cluster ist bereits gestartet, das zentrale Konzept «Zukunft Stahl» der Bundesregierung hat bereits Finanzmittel freigegeben, das Umsetzungskonzept vom Juni 2021 hat das bestätigt, ohne jedoch konkrete Richtlinien vorzugeben.

Mit dem «Handlungskonzept Stahl» und entsprechenden Umsetzungskonzepten sind große nationale und EU-Summen dafür festgelegt, das bewerten alle Stahlakteure sehr positiv. Positionen der europäischen und deutschen Stahlverbände (Eurofer, WV Stahl und die der deutschen Tarifvertragsparteien) weichen in den Haltungen «Europa braucht eine starke Stahlindustrie», «Stahl ist als Grundstoff für die gesamte Industrie zentral», «Unser Herz schlägt für grünen Stahl» und vielen mehr nur marginal voneinander ab.

Eine echte Transformationsdebatte im Sinne von «weniger und anderes produzieren» (Degrowth) führen weder die Verbände noch die Belegschaften proaktiv.

Es bleiben jedoch wichtige Fragen offen, dazu gehören:

- Was ist grüner Wasserstoff? Eine diesbezügliche Debatte hat sich mit der Festlegung im Rahmen der europäischen Taxonomie-Regelung mit der Nachhaltigkeitsbindung an Erdgas und Atomkraft wieder geöffnet und wirkt möglicherweise als Entschleunigung in der Stahltransformation.
- Wer bekommt den wenigen vorläufig zur Verfügung stehenden grünen Stahl? Die Knappheit wird Nutzungskonkurrenzen schüren, die sicher über Macht und Herrschaft entschieden werden. Inwieweit kann eine gesellschaftspolitische Diskussion zum Verteilungskonflikt beitragen?
- Wo kommt der grüne Wasserstoff in Zukunft her? Womit soll grüner Stahl in den Zwischenphasen (2022–2035) produziert werden? Offenbar wird es Erdgas sein. Die Stahlakteure haben sich zu Nordstream 2 (Erdgas) nicht eindeutig geäußert.
- Wie kann der Ausbau erneuerbarer Strommengen beschleunigt werden? Mit Blick auf Carbon Leakage, Klimaschutzverträge etc. stellt sich die Frage nach fairen versus unfairen Importen und Exporten. Gefordert werden Zertifizierungen für grünen Stahl, leider noch ohne weitere Spezifizierung.
- Inwieweit können Quoten für grünen Stahl in den Abnehmerbranchen zur Beschleunigung beitragen und woran orientieren sich die Quoten? Diskutiert werden Produktkategorien versus Einzelprodukte.
- Wie werden sich die Rohstoffmärkte mit Blick auf Eisenerz, Kohle, diverse Edelmetalle, seltene Erden etc. entwickeln? Wie lässt sich das bemessen? Wird es völlig neue Macht- und Verteilungskämpfe auf den weltweiten Rohstoffmärkten geben?

LITERATUR

- Agora Energiewende/Agora Verkehrswende/ Stiftung Klimaneutralität (2021):** Das Klimaschutz-Sofortprogramm, Berlin, unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_06_DE_100Tage_LP20/A-EW_229_Klimaschutz-Sofortprogramm_WEB.pdf.
- Agora Energiewende/Forum New Economy (2021):** Öffentliche Finanzierung von Zukunftsinvestitionen, unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_09_KlimaInvest2030/A-EW_244_KlimaInvest_II_WEB_v1.2.pdf.
- Agora Energiewende/Wuppertal Institut (2019):** Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, aktualisiert August 2020, Berlin.
- AGV Stahl – Arbeitgeberverband Stahl (2021):** Jahresbericht 2021, unter: www.agvstahl.de/index.html.
- ArcelorMittal (2021):** Steel4Future. Unsere Strategie für Deutschland, unter: <https://germany.arcelormittal.com/Nachhaltigkeit/XCarb/Steel4Future>.
- Automobilwoche (2019):** Grüner Stahl bei ThyssenKrupp, 11.12.2019.
- BCG – Boston Consulting Group (2021):** Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Industrie, im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie, Berlin, unter: <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>.
- bdew – Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft (2021):** Grünes Wachstum. Ist der Ausbau der Infrastruktur ein Jobmotor?, 16.8.2021, unter: www.bdew.de/online-magazin-zweitausend50/schwerpunkt-infrastruktur/gruenes-wachstum-jobmotor-ausbau-infrastruktur/.
- Bendel, Alexander/Haipeter, Thomas (2022):** Die chemische Industrie zwischen Globalisierung und Industriepolitik. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 5/2022, unter: www.rosalux.de/publikation/id/46378/die-chemische-industrie-zwischen-globalisierung-und-industriepolitik.
- Berger, Roland (2020):** The future of steelmaking – How the European steel industry can achieve carbon neutrality, München, unter: www.rolandberger.com/%2Fpublications%2Fpublication_pdf%2Froland_berger_future_of_steelmaking.pdf&usg=AOvVaw2YJAHID9XFsW8xjRhagaOq.
- Bitkom (2020):** Klimaeffekte der Digitalisierung. Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz, unter: www.bitkom.org/sites/default/files/2021-03/bitkom_studie_klimaeffekte-der-digitalisierung_final_210318.pdf.
- Blöcker, Antje (2022):** Die Automobilindustrie: Es geht um mehr als den Antrieb. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 12/2022, Berlin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020):** Für eine starke Stahlindustrie in Deutschland und Europa! Handlungskonzept Stahl, Berlin, unter: www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/handlungskonzept-stahl.pdf?__blob=publicationFile&v=10.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a):** Transformation der Stahlindustrie und Handlungskonzept Stahl, Stahlgipfel am 3.5.2021, Berlin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b):** Mitteilung und Karte über die 62 IPCEI-Projekte, die vom BMWi und BMVI gefördert werden, Pressemitteilung, 28.5.2021.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2021):** Spitzengespräch zur Stahlindustrie: Wege zur Umstellung auf CO₂-arme und langfristig klimaneutrale Produktion, Pressemitteilung, 21.6.2021, unter: www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/en/2021/06/20210621-spitzengespraech-der-stahlindustrie.html.
- Böckmann, Christoph (2020):** Stahl hat eine grüne Zukunft, 1.6.2020, unter: www.igmetall.de/service/publikationen-und-studien/metallzeitung/metallzeitung-ausgabe-juliaugust-2020/stahl-hat-eine-gruene-zukunft.
- Böhmer, Michael/Limbers, Jan (2020):** Klimapolitische Herausforderungen der Stahlindustrie in Deutschland, Prognos, Basel, unter: www.prognos.com/sites/default/files/2021-05/prognos_studie_herausforderungen_stahlindustrie_deutschland.pdf.
- Bosch, Gerhard (2022):** Arbeitspolitik in der Transformation. Soziale Härten vermeiden. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 7/2022, unter: www.rosalux.de/publikation/id/46437/arbeitspolitik-in-der-transformation.
- Braunschweiger Zeitung (2022):** Salzgitter AG will führend in der Kreislaufwirtschaft werden, 3.2.2022.

- Bundesregierung (2021):** Klimaschutzsofortprogramm 2022, unter: www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/sofortprogramm-klimaanpassung-2019928.
- Bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (2021):** Würth setzt auf Nachhaltigkeit, 2.6.2021, unter: www.bvse.de/sachverstand-bvse-recycling/themen-ereignisse/7290-wuerth-setzt-auf-nachhaltigkeit.html.
- Cakir, Hasan/Wilhelm, Matthias (2021):** Alternativen der Transformation, in: Sozialismus 5/2021, S. 41–44.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2021):** Produzierendes Gewerbe. Fachserie 4, Reihe 1.2 vom 20.5.2021.
- Dörre, Klaus/Holzschuh, Madeleine/Köster, Jakob/Sittel, Johanna (Hrsg.) (2020):** Abschied von Kohle und Auto? Sozial-ökologische Transformationskonflikte um Energie und Mobilität, Frankfurt a. M./New York.
- DVS Media (2021):** Jahrbuch Stahl + Technik, Düsseldorf.
- DWV – Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (2018):** Jahresrückblick 2018, unter: www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2019/02/JB2018.pdf.
- Eurofer (2020):** We are ready – are you? Make a success of the EU Green Deal. Why steel?, Brüssel, 13.10.2020.
- Fraunhofer ISI – Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2018):** Industry 4.0 in the European Iron and Steel Industry, Karlsruhe.
- Fritz, Thomas (2022):** Wettbewerb im Treibhaus: EU-Emissionshandel und CO₂-Grenzausgleich. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 6/2022, unter: www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Studie__Industriepolitik-CO2.pdf.
- Grastorff, Kirsten/André, Wolf (2016):** Volkswirtschaftliche Effekte der Reform des europäischen Emissionszertifikatehandels auf die deutsche Stahlindustrie und angeschlossene Wirtschaftszweige, Working Paper Forschungsförderung 022, hrsg. von der Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Grimm, Veronika/Janser, Markus/Stops, Michael (2021):** Kompetenzen für die Wasserstofftechnologie sind jetzt schon gefragt, IAB-Kurzbericht 11/2021, unter: www.iab.de/194/section.aspx/Publikation/K210617KAA.
- Hans-Böckler-Stiftung (2020):** Branchenmonitor Stahlerzeugung, hrsg. von Oliver Emons und Henrik Steinhaus, Düsseldorf.
- Hauser, Philipp D./Burmeister, Helen/Münnich, Paul J./Witecka, Wido K./Mühlpointner Thomas (2021):** Klimaschutzverträge für die Industrietransformation, Analyse zur Stahlbranche, Berlin/Wuppertal, hrsg. von Agroa Energiewende, unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_10_DE_KIT/AEW_230_Klimaschutzvertraege-Industrietransformation-Stahl_WEB.pdf.
- Hölling, Marc/Grasenack, Martin/Jürgens, Lucas/Schäfers, Hans (2021):** Projektbericht «Windstahl aus Norddeutschland» (WiSaNo), unter: www.researchgate.net/publication/352120497_Projektbericht_Windstahl_aus_Norddeutschland_WiSaNo.
- HySteel (2021):** Grüner Stahl. Die Wasserstoffrevolution der Stahlindustrie, Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband, unter: www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2021/06/20210616-EP-Gruener-Stahl.pdf.
- IG Metall (2021a):** Ausbildungsbilanz 2020, Frankfurt a. M., unter: https://wap.igmetall.de/docs_20210316_IGM___Ausbildungsbilanz_2020_40cea7f9623dea3faaf9a870c41e5c217d5ef5da.pdf.
- IG Metall (2021b):** Branchen: Daten, Fakten, News: Die Stahlindustrie. Extranet, Frankfurt a. M., unter: www.igmetall.de/politik-und-gesellschaft/wirtschaftspolitik/industriepolitik/stahlindustrie.
- IG Metall Bezirk Mitte (2021a):** Unser Herz aus Stahl hat eine grüne Zukunft. Stahl und Bundestagswahl, Argumente 1, 15.8.2021. Frankfurt a. M., unter: www.igmetall-bezirk-mitte.de/fileadmin/user/Tarif/Stahl/2021/2021_StahlArgumenteNr1.pdf.
- IG Metall Bezirk Mitte (2021b):** Unser Herz aus Stahl hat eine grüne Zukunft. Stahl und staatliche Förderung, Argumente 2, 16.8.2021. Frankfurt a. M., unter: www.igmetall-bezirk-mitte.de/fileadmin/user/Tarif/Stahl/2021/2021_StahlArgumenteNr2.pdf.
- IG Metall Bezirk Mitte (2021c):** Unser Herz aus Stahl hat eine grüne Zukunft. Stahl und Wasserstoff, Argumente 3, 18.8.2021, Frankfurt a. M., unter: www.igmetall-bezirk-mitte.de/fileadmin/user/Tarif/Stahl/2021/2021_StahlArgumenteNr3.pdf.
- IG Metall Bezirk Mitte (2021d):** Unser Herz aus Stahl hat eine grüne Zukunft. Stahl und Arbeitsplätze. Argumente 4, 19.8.2021. Frankfurt a. M., unter: www.igmetall-bezirk-mitte.de/fileadmin/user/Tarif/Stahl/2021/2021_StahlArgumenteNr4.pdf.
- IG Metall Vorstand (2021):** Trans>FA+Ir, Newsletter 12/2021, Frankfurt a. M.
- IMWS – Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen der Fraunhofer Gesellschaft (2019):** Jahresbericht 2019, unter: www.imws.fraunhofer.de/content/dam/imws/de/documents/InfomaterialIMWS/JB2019_DE_Web_final.pdf.

- Kaltenborn, Bruno (2021):** Auswirkungen der ökologischen Transformation, hrsg. von der Hansböckler-Stiftung, Working Paper Nr. 231, Düsseldorf, unter: www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-008185.
- Kerkhoff, Hans-Jürgen (2021):** Engagement für Stahl, unter: https://issuu.com/stahlonline/docs/wv-stahl_jahresbericht_2021_rz_web.
- König, Otto (2020):** Stahlkocher-Zorn lässt Funken sprühen, in: *Sozialismus* 3/2020, S. 56–58.
- König, Otto/Detje, Richard (2020):** Existenz der Stahlindustrie gefährdet, in: *Sozialismus* 11/2020, S. 21–24.
- Krebs, Tom/Steitz, Jannek (2021):** Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021–2025, *Forum New Economy*, Working Paper 3/2021, unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_09_KlimaInvest2030/FNE_AEW_KlimaInvest2030_WEB.pdf.
- Krichewsky-Wegener, Léna/Abel, Sebastian/Bovenshulte, Marc (2020):** Skills Development for Hydrogen Economies. Damit aus einer Wasserstoffstrategie eine Wasserstoff(weiter)bildungsstrategie wird, Working Paper Nr. 55, Institute for Innovation and Technology Berlin, unter: www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2021/01/2020_11_iit-perspektive_Hydrogen-Economies.pdf.
- Küster Simic, André/Knigge, Malte/Schönfeldt, Janek (2020):** Struktur, Entwicklung und Zukunft der deutschen Stahlindustrie, hrsg. von der Hansböckler-Stiftung, Working Paper Nr. 187, Düsseldorf, unter: www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007701.
- Lehndorff, Steffen (2022):** Auf dem Weg zur klimaneutralen Industrie? Was läuft, wo es hakt, worauf es jetzt ankommt. Ein Überblick über die Studien des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 10/2022, unter: www.rosalux.de/publikation/id/46555/auf-dem-weg-zur-klimaneutralen-industrie.
- Lüngen, Hans Bodo (2021):** Wege zur Minderung von CO₂-Emissionen in der Eisen- und Stahlindustrie in Europa, Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf, unter: https://vdeh.de/media/2021-03-30_luengen_wege_zur_minderung_von_co2-emissionen.pdf.
- Prognos/Öko-Institut/Wuppertal-Institut (2021):** Klimaneutrales Deutschland 2045, Berlin, unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf.
- Radke, Björn/Siebecke, Gerd (2021):** Grüner Stahl aus Brandenburg, in: *Sozialismus* 7–8/2011, S. 8–9.
- RIR – Revolutionäre Initiative Ruhrgebiet (2021):** Stahlindustrie. Staatsbeteiligung oder Gemeineigentum?, unter: www.riruhr.org/broschueren.html.
- Salzgitter AG (2021a):** SALCOS. Projektinformation, unter: <https://salcos.salzgitter-ag.com/de/salcos.html>.
- Salzgitter AG (2021b):** Konzernbilanz. Zwischenbericht, Salzgitter, unter: www.salzgitter-ag.com/fileadmin/finanzberichte/2021/gb2021/de/downloads/szag-gb2021-gesamt.pdf.
- Schreiber, Karsten/Zwick, Martin/Engel, Sarah (2020):** Die Zukunft der saarländischen Stahlindustrie, Saarbrücken, unter: www.vds-stahl.de/wp-content/uploads/2020/05/2020_04_30_Stahlstudie_final.pdf.
- SHS – Stahl Holding Saar (2021):** Unser Engagement für Nachhaltigkeit, unter: www.stahl-holding-saar.de/shs/de/home/index.shtml.
- Stahl 4.0 Innovationsforum (o. J.):** Stahl 4.0, unter: <https://stahl4null.de/stahl-4-0/>.
- Stahlinstitut VDEh (2018):** Weiterbildung als Schlüssel zu Wettbewerbsfähigkeit und Innovation, Düsseldorf.
- Witt, Uwe (2022a):** Klimapolitischer Rahmen für den Industrieumbau. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 11/2022, unter: www.rosalux.de/publikation/id/46554/klimapolitischer-rahmen-fuer-den-industrieumbau.
- Witt, Uwe (2022b):** Wasserstoff: Zentrales Element für den Industrieumbau. Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie», hrsg. von der Rosa-Luxemburg-Stiftung, Online-Studie 9/2022, unter: www.rosalux.de/publikation/id/46476/wasserstoff-zentrales-element-fuer-den-industrieumbau.
- World Steel Association (2020):** Facts and Data: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/December-2020-crude-steel-production-data-table.pdf>.
- World Steel Association (2021):** World Steel in Figures 2020, unter: www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/.
- WV Stahl (2020):** Verkehrsinfrastruktur. Nachhaltiger Brückenbau mit Stahl, unter: www.stahl-online.de/wp-content/uploads/Verkehrsinfrastruktur_Nachhaltiger-Bruecke-bau-mit-Stahl_2019_11_final.pdf.
- WV Stahl (2021a):** Jahresbericht 2021, unter: www.stahl-online.de/wp-content/uploads/WV-Stahl_Jahresbericht_2021_RZ_Web-1.pdf.

WV Stahl (2021b): Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2021/22, unter: www.stahl-online.de/meldungen/statistisches-jahrbuch-2021-22-erhaeltlich/.

WV Stahl (2021c): Digitaler Berliner Stahldialog 2021. Wasserstoff für eine klimaneutrale Stahlindustrie, Meldung, 25.5.2021, unter: www.stahl-online.de/meldungen/livestream-digitaler-berliner-stahldialog-wasserstoff/.

WV Stahl (2021d): Ein politischer Rahmen für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie, unter: www.stahl-online.de/publikationen/ein-politischer-rahmen-fuer-die-dekarbonisierung-der-stahlindustrie/.

WV Stahl (2021e): Dem Fit-for-55-Paket der EU-Kommission fehlt eine industriepolitische Perspektive, unter: www.stahl-online.de/medieninformationen/dem-fit-for-55-paket-der-eu-kommission-fehlt-eine-industriepolitische-perspektive/.

WV Stahl (2021f): Nachhaltige Verkehrsbauten aus Stahl. Mobilitätswende für mehr Klimaschutz, unter: www.stahl-online.de/wp-content/uploads/WV-Stahl_Nachhaltige-Verkehrsbauten_2021-rz_Web.pdf.

WV Stahl (2021g): Einigung im europäisch-amerikanischen Stahlstreit, Medieninformation, 1.11.2021, unter: www.stahl-online.de/medieninformationen/wirtschaftsvereinigung-stahl-zur-einigung-im-europaeisch-amerikanischen-stahlstreit/.

WV Stahl (2021h): Koalitionsvertrag im WV Stahl-Check, 6.12.2021, unter: www.stahl-online.de/meldungen/koalitionsvertrag-im-wv-stahl-check/.

WV Stahl (2021i): Engagement für Stahl. Jahresbericht 2021, Berlin, unter: www.stahl-online.de/wp-content/uploads/WV-Stahl_Jahresbericht_2021_RZ_Web-1.pdf.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGV – Arbeitgeberverband	HBI – Hot Briquetted Iron
AW – Automobilwoche	H₂ – Wasserstoff
BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	HKM – Hüttenwerke Krupp Mannesmann
BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	IG Metall – Industriegewerkschaft Metall
BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	iit – Institut für Innovation und Technologie
CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism	IPCEI – Important Projects of Common European Interest
CCfD – Carbon Contracts for Difference	KSG – Bundes-Klimaschutzgesetz
CCS – Carbon Capture and Storage	LPF – Level Playing Field
CCU – Carbon Capture and Utilization	MINT-Berufe – Berufe in Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften, Technik
CCUS – Kombination aus CCU und CCS	μDRAL – Mikro-Direktionsanlage
CDA – Carbon Direct Avoidance	NAFTA – North American Free Trade Agreement
CL – Carbon Leakage	OEM – Original Equipment Manufacturer
CO – Kohlenstoffmonoxid	SALCOS – Salzgitter Low CO ₂ Steelmaking
CO₂ – Kohlenstoffdioxid	SCU – Smart Carbon Usage
CO₂-Äq – Kohlenstoffdioxid-Äquivalent	SHS – Stahl Holding Saar
DRI – Direct Reduced Iron	THG – Treibhausgas
DWV – Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband	TWh/a – Terrawattstunde pro Jahr
EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz	UBA – Umweltbundesamt
EKGS – Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl	UNESCO – Vereinte Nationen, Organisation für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation
ESF – Europäischer Sozialfonds	VDEh – Verein Deutscher Eisenhüttenleute/ Stahlinstitut
EU ETS – Europäisches Emissionshandelssystem	VDE – Verband Deutscher Elektrotechnik, Elektronik, Informatik
GMH – Georgsmarienhütte	VDI – Verein Deutscher Ingenieure
GUS – Gemeinschaft Unabhängiger Staaten	WZ – Wirtschaftszweig
	WV Stahl – Wirtschaftsvereinigung Stahl