



STAHLPRODUKTION

Orientierungsrahmen für Unternehmensdialoge



Inhalt

PATHWAYS TO PARIS	3
VORWORT: GEMEINSAM FÜR DEN KLIMASCHUTZ	4
DIE AUSGANGSLAGE FÜR KLIMASCHUTZ IM STAHLSEKTOR	6
DIE ECKPFEILER DES TRANSFORMATIONSPFADES	10
DIE SCHRITTE DER TRANSFORMATION IN DER STAHLPRODUKTION	12
Technologie: Ablösung der BF/BOF-Routen bis 2040	13
Ausbau der DRI-Anlagen	13
CCS und CCU	15
Energie: Effizienz und Wechsel der Energieträger	16
AUSBLICK UND IMPULSE FÜR DEN DIALOG	18
LITERATURVERZEICHNIS	19

Pathways to Paris

Das Projekt hat zum Ziel, die Transformation der deutschen Wirtschaft hin zur Klimaneutralität in Deutschland zu unterstützen und zu beschleunigen. Dafür wurden verschiedene Werkzeuge erarbeitet, die helfen, die notwendigen Veränderungsbedarfe für die Paris-kompatible¹ Emissionsreduktion in verschiedenen Sektoren und Subsektoren zu verstehen und strategisch umzusetzen. Auf dieser Basis können Unternehmen und Finanzmarktakteure gemeinsam Transformationsstrategien und -maßnahmen diskutieren, Investitionsbedarfe identifizieren und Finanzierungslösungen erarbeiten. Zudem wird es den Finanzmarktakteuren ermöglicht, transformationsbasierte Risiken und Chancen der einzelnen Sektoren besser zu verstehen und in ihren Risikosystemen zu berücksichtigen.

Diese drei Instrumente sind:

- 1** Mit dem webbasierten [Transformationstool](#) können Unternehmen aus den abgedeckten zehn Sektoren in drei Schritten ihre eigenen Pläne zur Emissionsreduktion konkretisieren.
- 2** Eine [Bewertungsmatrix](#) bestehend aus sektorübergreifenden und sektorspezifischen Indikatoren, hilft Finanzinstituten, diese Konkretisierungen und ihre Fortschritte zu bewerten.
- 3** Ergänzende [sektorspezifische Orientierungsrahmen](#) erläutern die zentralen Maßnahmen, die Unternehmen auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität umsetzen müssen, und liefern den Finanzmarktakteuren eine fundierte Basis für lösungsorientierte Dialoge mit den Unternehmen.



Bei der **Betrachtung des Sektors Stahl** lag im Rahmen des Projektes der Fokus auf den THG-Emissionen der Anlagen zur Herstellung von Stahl (Hochöfen und Elektrostaahlwerke). In diesem vorliegenden Orientierungsrahmen werden insbesondere Scope 1, Wärmeerzeugung durch Verbrennung, und Scope 2, externer Strombezug, beleuchtet.

¹ Paris-kompatible Emissionsreduktionspfade sind Treibhausgasreduktionspläne für Unternehmen, die im Einklang mit den Pariser Klimazielen stehen. Sie sind also an einem Ambitionsniveau ausgerichtet, das die Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C, wenn möglich auf 1,5 °C relativ zum vorindustriellen Niveau ermöglicht. Wichtig ist zu beachten, dass das Pariser Klimaabkommen neben den Temperaturlimits noch weitere Ziele festlegt: Die Anpassungsfähigkeit an die globale Erwärmung soll erhöht und die globalen Finanzströme sollen so gelenkt werden, dass sie mit den Zielen des Abkommens vereinbar sind. Da der Fokus dieses Leitfadens auf der Treibhausgasreduktion liegt, wird hier Paris-Kompatibilität im Sinne von „im Einklang mit dem Temperaturlimit des Pariser Abkommens“ verwendet.

Vorwort: Gemeinsam für den Klimaschutz



Vanessa Bolmer, Senior Policy Advisor, Sustainable Finance, WWF Deutschland

Beim Klimaschutz geht es längst nicht mehr um das Ob, sondern um das Wie. Viele Unternehmen, ob klein, mittel oder groß, haben bereits Transformationsmaßnahmen eingeleitet. Sie setzen sich mit ihren Prozessen und Geschäftsmodellen auseinander, testen den Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder setzen sich für den Aufbau entscheidender Infrastruktur ein. Altbekanntes kritisch zu hinterfragen, birgt Chancen für das Klima. Um die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit der deutschen Wirtschaft zu sichern, müssen diese Prozesse beschleunigt und tatsächlich umgesetzt werden. Dafür braucht es eine mutige, zukunftsorientierte Politik, die sich ohne weitere Umschweife für den Klimaschutz und die notwendige Transformation entscheidet und einen verlässlichen Rahmen für die Wirtschaftsakteure setzt. Und es braucht natürlich entsprechendes Kapital.



Dr. Nicole Röttmer, Global Lead Climate Clients & Industries, PWC Deutschland

Die Liquidität ist vorhanden. Doch wie finden die nach zukunftsfähigen Investitionen suchenden Gelder des privaten Finanzsystems den Weg zu gesellschaftlich sinnvollen und zukunftsweisenden Projekten? Eine zentrale Voraussetzung ist, dass entsprechende Investitionen ein wettbewerbsfähiges Risiko-Rendite-Profil haben müssen – auch und gerade im Vergleich zu nicht nachhaltigen, z. B. fossil-basierten Alternativen. Drei Lösungsfelder zeichnen sich ab, die Kapitalgeber:innen auf der Anlage- wie Kreditseite unterstützen, ihre beschleunigende Wirkung auf die Transformation zu entfalten:

Erstens, neben einem regulatorischen Rahmen, der strukturelle Barrieren beseitigt und transformationspositive Investitionen fördert, müssen zweitens, Kenntnisse über die Herausforderungen in den einzelnen Industrien und systematisches, zielorientiertes Engagement in den Fokus rücken. Drittens müssen die klassischen finanzwirtschaftlichen Kennzahlen ergänzt werden um zukunftsgerichtete sektorübergreifende und sektorspezifische Indikatoren, wenn z. B. das Risiko von Stranded Assets, Wertminderung der Vermögensgegenstände oder Kreditausfälle durch Transformationsprozesse erfasst und minimiert werden soll.

Doch noch steckt eine Bewertungspraxis unter Einbeziehung von Dekarbonisierungsszenarien und passgenauen Transformationsbedarfen in den Kinderschuhen. Der Fortschritt unternehmerischer Transformation ist erst über intelligente Indikatoren bewertbar, die nicht nur den Status quo, sondern zusätzlich Elemente wie Klimaziele sowie bewertete Transformations- und Investitionspläne beinhalten.

Ebenfalls einfließen müssen die individuelle strukturelle Aufstellung von Unternehmen sowie die konkrete Einschätzung technischer Maßnahmen des jeweiligen Sektors. Zukünftig wird es über den reinen THG-Fußabdruck des eigenen Portfolios weit hinausgehen müssen, um einen relevanten Beitrag zu einer realen Reduktion der Treibhausgase in der Wirtschaft zu leisten. Dies wird von regulatorischen Entwicklungen national wie international begünstigt. Von Unternehmen wird u. a. eine umfassende Offenlegung von Nachhaltigkeitsdaten verlangt (Europäische Kommission, 2021). Gleichzeitig werden Finanzakteure verpflichtet, Auskünfte über die Transitionsrisiken und Nachhaltigkeitsauswirkungen ihrer Investments zu geben (ARUG II, 2019; Richtlinie 2014/65/EU; Verordnung (EU) 2019/2088; Verordnung (EU) 2020/852; GFANZ, 2022).

Im Rahmen von [Pathways to Paris](#) entwickelten WWF Deutschland und PwC Deutschland im Sparring mit 90 Vertreter:innen der Industrie und Finanzwirtschaft drei Instrumente, die beide Akteursgruppen dabei unterstützen sollen, den Wandel zur treibhausgasarmen Wirtschaft im Rahmen ihrer Anlage- und Finanzierungsentscheidungen aktiv zu begleiten. Sie sollen als Grundlage für Dialoge dienen, so dass einschätzbar wird, ob Unternehmen auf den strukturellen Wandel zur Klimaneutralität der Wirtschaft vorbereitet sind. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Der Überfall Russlands auf die Ukraine und die gesamtwirtschaftlichen Effekte, wie Inflationsverschiebungen, Preisentwicklungen, Rohstoffzugänge, sowie die bereits sicht- und spürbaren Klimawandelauswirkungen, wie Hitzewellen und Dürren, konnten als kurzfristige Sondereffekte nicht explizit berücksichtigt werden. Nach unserer Einschätzung wirken diese Faktoren verstärkend. Effizienterer Energieverbrauch, Reduktion CO₂-intensiver Energieträger, reduzierte Gasnutzung, Elektrifizierung, Dekarbonisierung von Industrieprozessen – all diese Maßnahmen stünden auch ohne russischen Angriffskrieg auf der Tagesordnung. Gerade die Gasknappheit und die aktuellen Sparmaßnahmen zeigen, welche Reduktionspotenziale bislang ungenutzt geblieben sind.



Wir hoffen, dass der vorliegende Orientierungsrahmen² Ihnen hilft, die Anforderungen an die Transformation im sektorspezifischen Kontext nachzuvollziehen und so in einen systematischen und zielorientierten Dialog mit Unternehmen treten zu können. Wir freuen uns auf Ihr Feedback und Ihre Erfahrungsberichte!

2 Sofern nicht anders angegeben, beruhen sämtliche Angaben, Annahmen, Entwicklungen oder Ableitungen in diesem Dokument auf dem von Agora Energiewende beauftragten [Dekarbonisierungsszenario KN 2045](#) (Prognos, 2021). Da es sich hierbei um eines der ambitioniertesten Szenarien für Deutschland handelt, mit einer umfassenden Sektorabdeckung und Dokumentation, wurde es für die Arbeit von Pathways to Paris als Referenz für Paris-kompatible Entwicklungen in Deutschland ausgewählt. Alle Annahmen, die dem Projekt „Pathways to Paris“ zugrunde liegen, können online abgerufen werden. https://pathwaystoparis.com/wp-content/uploads/2022/05/PtP_Annahmen_Entwicklung_Brennstoffkosten.pdf



Die Ausgangslage für Klimaschutz im Stahlsektor

Widerstandsfähig, zäh, große Härte. Nicht nur in tragenden Konstruktionen ist Stahl unverzichtbar geworden. Der Stahlsektor ist Teil der Schwerindustrie und trägt für viele Wirtschaftszweige eine zentrale Bedeutung in ihren Wertschöpfungsketten. Stahl ist meist eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt von maximal 2 %. Die heutigen Produktionsverfahren lassen sich stark vereinfacht in zwei Routen³ einteilen: die Hochofen-Konverter-Route sowie die Elektrolichtbogenofen-Route. Die Art der Route gibt die zentralen Produktionsschritte zur Erzeugung von Stahl vor und legt Anlagenstrukturen, aber auch Materialspielräume fest. Die Legierung von Stahl mit unterschiedlichen Elementen, z. B. Kohlenstoff oder Nickel, beeinflusst die Eigenschaften des Endproduktes. Je höher der Kohlenstoffgehalt ist, desto stärker ist beispielsweise die Sprödigkeit und desto schlechter lässt sich Stahl formen, schweißen oder dehnen. Auch die Korrosionsanfälligkeit erhöht sich. Nicht jedes Produkt kann daher über beide Produktionsrouten hergestellt werden.

Die **Hochofen-Konverter-Route** stellt die bedeutendste Primärstahlroute dar. Durch eine Reduktion wird im Hochofen (Blast Furnace, BF) aus Eisenerzen Roheisen gewonnen. Für diese Reduktion wird der Hochofen in abwechselnden Schichten mit Eisenerz, Koks und Zuschlägen wie beispielsweise Kalkstein beschickt, während von unten heiße Luft eingeblasen wird. Durch diesen Prozess entsteht unter anderem Kohlenstoffmonoxid, das die Eisenoxide reduziert. Im unteren Bereich des Hochofens sammelt sich flüssiges Roheisen, das regelmäßig aus dem Ofen entnommen wird. Das Roheisen wird anschließend weiter veredelt und im Basissauerstoffofen (Basic Oxygen Furnace, BOF) zu Stahl verarbeitet. Der Sauerstoff löst eine Reihe intensiv exothermer Reaktionen aus, einschließlich der Oxidation von Verunreinigungen wie Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Mangan.

Als alternativer Weg zur Reduktion von Eisenoxid zu Roheisen kann das Verfahren der **Direktreduktion** angewandt werden. Eisenerz wird dann z. B. in einem Schachtofen, der im Gegenstromprinzip arbeitet, zu Eisenschwamm (Direct Reduced Iron, DRI) reduziert. DRI-Anlagen arbeiten mit niedrigeren Temperaturen und die Reduktion erfolgt durch die Umwandlung von Erdgas in Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Die beiden Reduktionsvarianten unterscheiden sich zudem in ihrem derzeitigen Kapazitätsvermögen: Die größten Hochofen produzieren aktuell zwischen 3,6 Mio. t und 4 Mio. t Roheisen pro Jahr. Die größten DRI-Anlagen rangieren um 2,5 Mio. t Jahreskapazität (Hartbrich, 2022).

Daneben existiert die **Elektrolichtbogenofen-Route**, die meistgenutzte Sekundärstahlroute. Der zentrale Prozessschritt findet im namensgebenden Elektrolichtbogenofen (Electric Arc Furnace, EAF) statt. Die Wärmestrahlung von elektrischen Lichtbögen erhitzt die Rohmaterialien, wie Stahlschrott oder Eisenschwamm. Durch Zuführung weiterer Stoffe und die Regulierung des Verhältnisses von Primär- und Sekundärmaterialien werden die Eigenschaften des Endproduktes beeinflusst.

³ Die unterschiedlichen Öfen der Herstellungsrouten geben ihnen ihren häufig verwendeten Namen. So wird auch im vorliegenden Dokument die BF/BOF- oder die EAF-Route entsprechend referenziert.

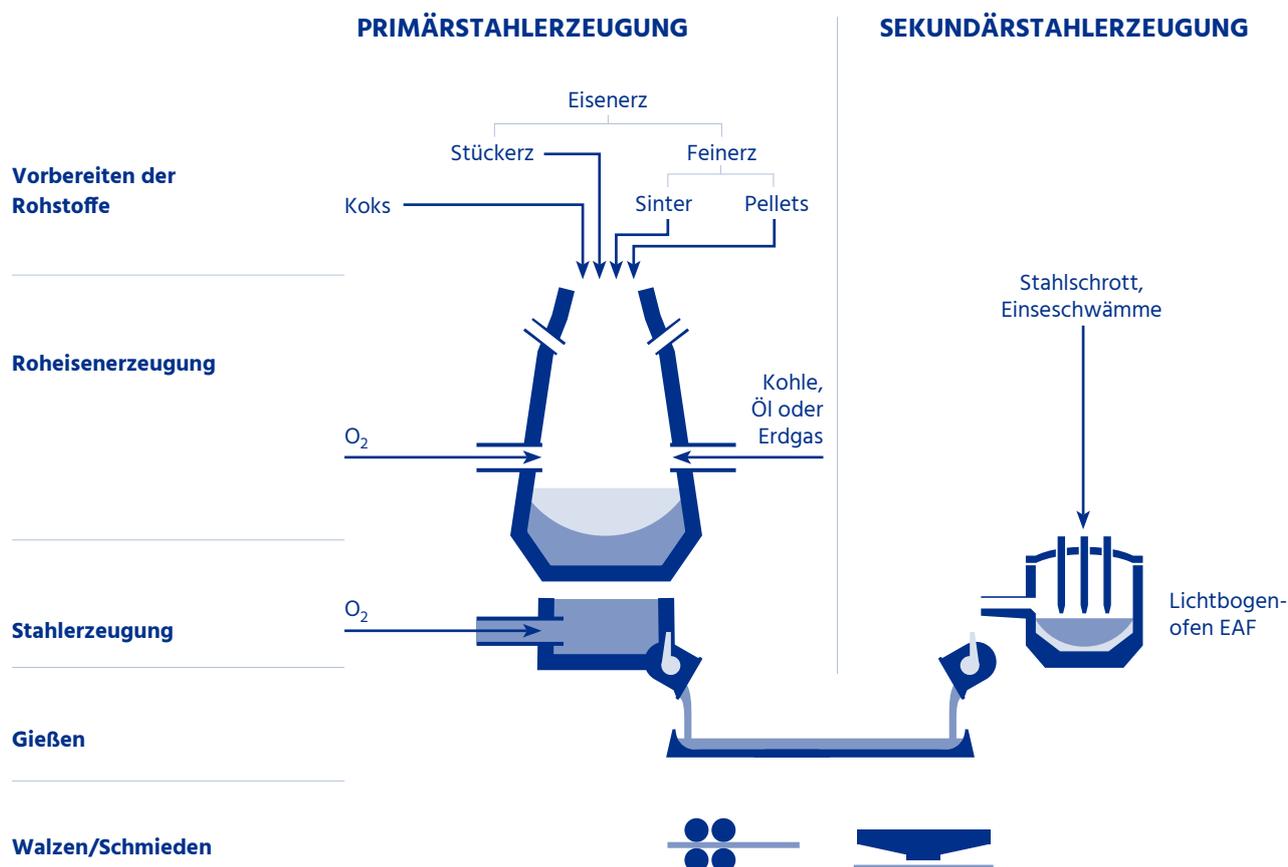


Abbildung 1: Prozessrouten Primär- und Sekundärstahlerzeugung

Im Jahr 2021 machten Industrieemissionen 24 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland aus, wovon knapp 10 % auf die Herstellung von Metallen entfielen (Umweltbundesamt, 2022). Auf die deutsche Stahlindustrie entfallen rund 37 MtCO₂e der absoluten Treibhausgasemissionen, basierend auf einer Produktionsmenge von etwa 40 Mt Rohstahl. Der Wert liegt auf einem vergleichbaren Niveau wie seit 1995: 39 MtCO₂e bei 42 Mt Rohstahl (Statista, 2022). Durch Effizienzmaßnahmen wurden erste Reduktionen der THG-Emissionen erzielt, jedoch ist der Verlauf der absoluten Emissionen vor allem an die Entwicklung der Produktionsvolumina gekoppelt. Das trifft insbesondere auf durch die emissionsintensivere BF/BOF-Route produzierten Rohstahlmengen zu. Während der Wirtschafts- und Finanzkrise in 2009 und der Coronapandemie in 2020 ließen die geschwächte Konjunktur sowie angeschlagene wichtige stahlverwendende Industrien die Nachfrage und somit die Emissionen sinken.

Die EU-Taxonomie für ökologisch nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten definiert für die Stahlerzeugung die folgend aufgeführten Emissionsintensitäten (Europäische Kommission, 2022).

- » Koksherstellung 0,144 tCO₂e/tProdukt
- » Roheisen 1,331 tCO₂e/tProdukt
- » Stahl aus EAF-Route von 0,209 bis 0,266 tCO₂e/tProdukt
- » Sinter-Erz 0,163 tCO₂e/tProdukt
- » Eisenguss 0,299 tCO₂e/tProdukt

Die Werte sollen sukzessive im Laufe der 2020er Jahre verschärft werden. Die Kriterien entsprechen der sogenannten „Best Available Technology“. Anlagen, die heute neu gebaut werden, sollten diese Emissionsintensitäten grundsätzlich einhalten können. Herausfordernder wird es sein, existierende Produktionsstätten durch die richtigen Maßnahmen auf die gleiche Effizienz zu bringen.

Die **Schlüsselmaßnahmen** des Stahlsektors liegen in der Dekarbonisierung der Produktionsprozesse. Durch die Umstellung der vorherrschenden BF/BOF-Route auf auf grünem Wasserstoff basierte DRI-Anlagen und die grünstrombetriebene EAF-Route können die größten Potenziale zur Emissionsreduktion gehoben werden. Durch den Auf- und Ausbau der Kreislaufwirtschaft nimmt die Verwendung von Sekundärstahl zu. Bei der Umstellung der Technologien müssen prozessuale Abhängigkeiten in der Herstellung beachtet werden sowie die Verbindung zu anderen Industrien. So beeinflusst die Wahl des Stahlherstellungsprozesses die Eigenschaften und Mengen von Nebenprodukten wie Schlacke, die in der Zementindustrie Anwendung findet. Aktuell wird beispielsweise geforscht, wie die Schlacken der EAF-Route, Elektroofenschlacken (EOS), in Zukunft als Klinkerersatz genutzt werden können (Institut für Baustoff-Forschung, 2022).



Das prognostizierte **Investitionsvolumen** für Klimaschutzmaßnahmen in der gesamten deutschen Industrie beläuft sich bis 2050 auf rund 619 Mrd. Euro. Mit einer Summe von 182 Mrd. Euro fällt dabei ein erheblicher Teil dem Stahlsektor zu (Prognos, 2021). Schätzungen zufolge soll der Aufbau einer DRI-Anlage pro 1 Mio. t Roh-eisenkapazität eines Hochofens mit Kosten von etwa 1 Mrd. Euro verbunden sein. Thyssenkrupp beziffert Pläne zum Gesamtumbau der Duisburger Standorte auf rund 7 Mrd. Euro. Andere Akteure, wie Salzgitter und Stahl-Holding-Saar, rechnen mit jeweils 3 bis 4 Mrd. Euro für ihre Hüttenwerke (Hartbrich, 2022). Der Ausbau der Infrastruktur und die Umstellung bzw. der Neubau teils großer Anlagen sind verbunden mit langen Investitionszyklen und Laufzeiten. Da einige deutsche Stahlhersteller planen, bereits 2025 erste Hochöfen stillzulegen (Hartbrich, 2022), bleibt nicht mehr viel Zeit.

Das **EU-Emissionshandelssystem (ETS)** wurde im Jahr 2005 als das zentrale Instrument der Europäischen Union zur Minderung der Treibhausgasemissionen beschlossen. Er deckt alle Anlagen in der Industrie und in der Stromwirtschaft ab, was etwa 45 % der europäischen Treibhausgasemissionen umfasst. Die Idee ist, eine Obergrenze für den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase festzusetzen, und innerhalb dieser Obergrenze CO₂-Zertifikate zu verkaufen, die Unternehmen berechtigen, CO₂ auszustoßen. Die Verschärfung der Klimaziele erhöht die Knappheit der Zertifikate über die Zeit und damit ihren Preis. So soll ein Anreiz für klimafreundliche Technologien und Verfahren geschaffen werden. Seit 2005 wurden der Industrie jedoch die meisten Zertifikate kostenlos zugeteilt, da eine Verlagerung von Emissionen befürchtet wurde. Diese kostenlose Zuteilung führt zu Fehlanreizen und verhindert, dass das Preissignal an die Industrie weitergegeben wird. Als Konsequenz sind seit 2012 die Industrieemissionen im ETS nicht gesunken. Die kostenlose Zuteilung soll nun bis 2032 auslaufen.

Parallel dazu soll ein neuartiger **Grenzausgleichsmechanismus** (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) eingeführt werden, der EU-Importeure verpflichtet, ab 2026 Zertifikate in Höhe des wöchentlichen EU-Kohlenstoffpreises zu erwerben. Der CBAM würde zunächst für Importe aus fünf emissionsintensiven Sektoren gelten, bei denen ein größeres Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen besteht: Zement, Aluminium, Düngemittel, Strom sowie auch Eisen und Stahl (European Parliamentary Research Service, 2022). Ziel ist es, bei Eisen- bzw. Stahlimporten aus Drittländern, in denen kein ETS oder damit verbundener Mechanismus angewandt wird, denselben Preis zu verlangen wie für innerhalb der EU durch ETS bzw. Umweltauflagen und Emissionsvorgaben unter höheren Kosten produzierte Produkte. So sollen die Klimaneutralitätsziele der EU gestützt und gleichzeitig Partnerländer dazu ermutigt werden, ihre Produktionsprozesse ebenfalls zu dekarbonisieren. Die Instrumente sollen dazu beitragen, deutsche Standorte wettbewerbsfähig zu halten.

Die Eckpfeiler des Transformationspfades

Das Dekarbonisierungsszenario⁴ „Klimaneutralität in Deutschland 2045“, erstellt für Agora Energiewende (im Folgenden KN 2045), modelliert für den Stahlsektor eine absolute Emissionsreduzierung von -115 % bis 2045. Die Treibhausgasneutralität des Sektors wird 2040 erreicht (**siehe Abbildung 2**). Voraussetzung für das Gelingen ist ein politischer Rahmen, der insbesondere den Aufbau der notwendigen Infrastruktur (z. B. der Wasserstoffwirtschaft) strategisch vorantreibt und ein beherzter, zügiger Einsatz der Industrie.

Trotz aller Bemühungen wird es 2045 in der Gesamtbetrachtung der Wirtschaft Residualemissionen geben, vor allem im Landwirtschaftssektor und prozessbedingt in der Industrie. Um Treibhausgasneutralität im deutschen Binnenland zu erreichen, müssen diese Restemissionen durch negative Emissionen⁵ ausgeglichen werden.

▼ THG-Emissionen (MtCO₂e)

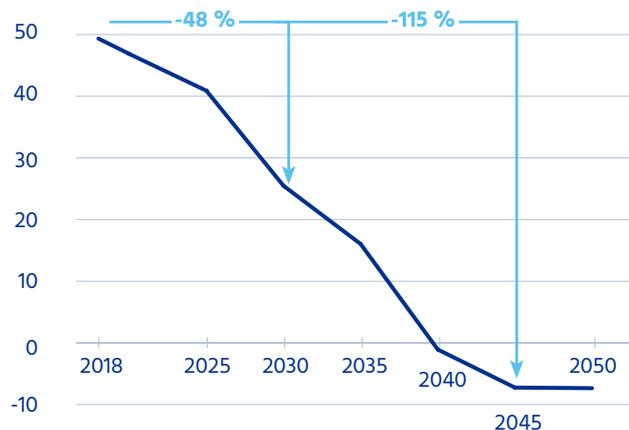


Abbildung 2: Reduzierung der absoluten Emissionen im Stahlsektor nach KN 2045

▼ THG-Emissionsintensität (tCO₂/tStahl)

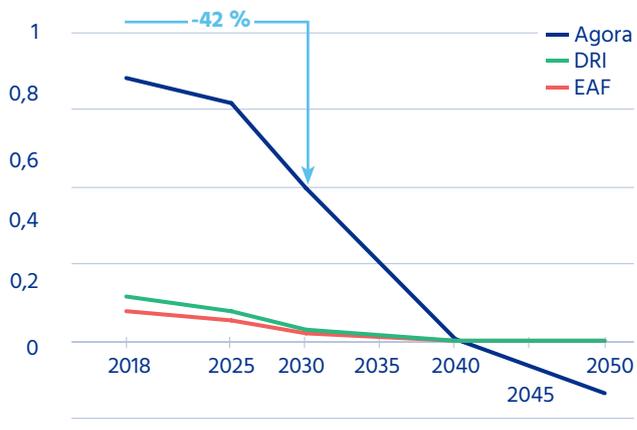


Abbildung 3: Reduzierung der THG-Intensität im Stahlsektor der Produktionsverfahren nach KN 2045

KN 2045 erwartet, dass die Stahlproduktionsmengen nicht wesentlich zurückgehen, sondern sich auf dem Niveau von vor der Covid-19-Pandemie stabilisieren. Erst mit den Umstellungen der eingesetzten Technologien sinken dadurch die Emissionen. Durch Prozessanpassungen und Effizienzmaßnahmen erfolgt bis 2030 eine deutliche Reduktion (-42 %) der Treibhausgasemissionen pro produzierter Tonne Stahl (**Abbildung 3**). Zudem wird verstärkt Sekundärstahl eingesetzt.

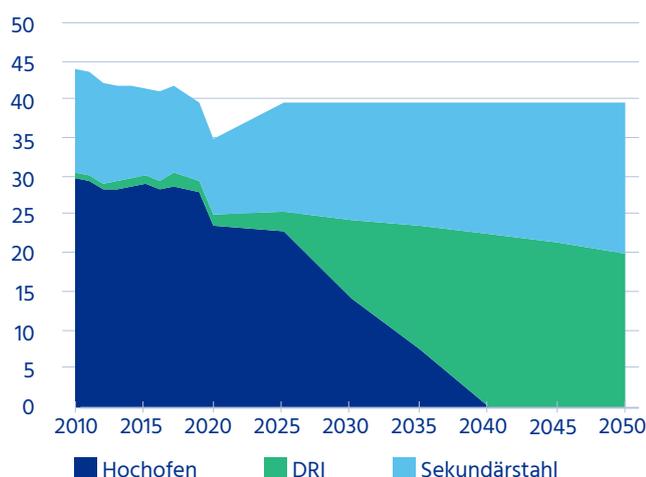
4 Die Ergebnisse der Klimaszenarien und die ihnen zugrundeliegenden Annahmen bilden eine wichtige Grundlage für die Ableitung von Maßnahmenplänen mit Blick auf die Kalibrierung zwischen Kosten, Nutzen und Wirksamkeit in Bezug auf die Emissionsreduzierung. Wichtige Stellschrauben in der Umsetzungsplanung von Dekarbonisierungsstrategien hängen von einer Reihe makroökonomischer und energiespezifischer Annahmen ab. Preisentwicklungen spielen zur Abwägung und Beurteilung von Dekarbonisierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle.

5 Negativemissionen ist ein vom Weltklimarat geprägter Begriff, der Aktivitäten beschreibt, die THG-Emissionen aus der Atmosphäre binden. Dies sind zum Beispiel Aufforstung, Humusaufbau und die technische Fixierung und Speicherung von Kohlenstoff. Da fraglich ist, ob umfangreiche globale Negativemissionen erreicht werden können (Anderson und Peters, 2016), sind Szenarien, die sie in einem geringeren Ausmaß veranschlagen, als belastbarer anzusehen (Fuss et al., 2014).

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung über die drei Produktionsrouten und des Energieträgereinsatzes im Gesamtsektor. Daraus ergeben sich folgende Notwendigkeiten:

- 1 Die BF/BOF-Route zur Primärstahlherstellung ist derzeit das meistgenutzte Verfahren. Bestehende Anlagen werden erst weiter optimiert und schließlich ersetzt. Neue BF/BOF-Routen werden nicht mehr gebaut. Spätestens 2040 wird die Letzte abgeschaltet sein.
- 2 Die Ablösung der BF/BOF-Route erfolgt u. a. durch die Nutzung von Direktreduktionsanlagen. Als Übergangstechnologie können erdgasbetriebene DRI-Anlagen genutzt werden. Ab 2025 wird sukzessive der Anteil des Wasserstoffs erhöht, bis er Erdgas ab 2040 vollständig ersetzt. Für die Herstellung von grünem Wasserstoff sind entsprechende Mengen an Strom aus erneuerbaren Quellen erforderlich.
- 3 Zeitgleich wird zunehmend Sekundärstahl eingesetzt, der über EAF-Routen erzeugt wird. Die produzierte Menge wächst bis 2050 um 20–25 % an. Eine Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft durch verbesserte Sortierungen und Produktdesigns, die die Wiederverwertung stärker berücksichtigen, erhöht sich der Anteil des Sekundärstahls im Mix der Einsatzmaterialien. Der Einsatz von Schrott wird zudem attraktiver, da die voraussichtlichen Produktionskosten für DRI-Anlagen auf Basis von erneuerbarem Wasserstoff deutlich über den aktuellen Kosten der BF/BOF-Route liegen. Auch in der EAF-Route besteht die Möglichkeit, DRI einzusetzen, um Rohstahl zu erzeugen.

▼ Produktionsmengen Rohstahl (Mio. t)



▼ Energieträgereinsatz (TWh)

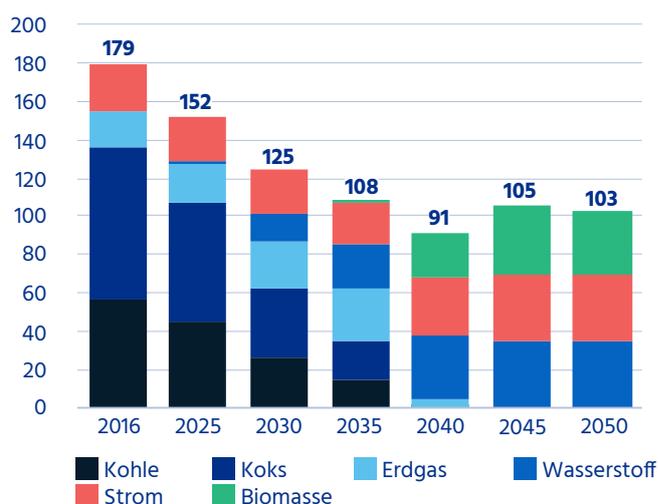


Abbildung 4: Überblick über Produktionsmengen, Herstellungsverfahren, Energieeinsatz und -träger im Stahlsektor nach KN 2045

- 4 Mit der Umstellung der Herstellungsverfahren werden zudem fossile Brennstoffe abgelöst. Direkte Elektrifizierung und Wasserstoff als Energieträger gewinnen an Bedeutung.
- 5 Würden biogene Brennstoffe verwendet, könnten durch den Einsatz von CO₂-Abscheidungsanlagen unter bestimmten Voraussetzungen negative Emissionen erreicht werden.

Zum Vergleich:

Das 1,5°C-Szenario der Internationalen Energieagentur (IEA) sieht für den Stahlsektor eine Reduzierung der weltweiten absoluten Emissionen um 91 % bis 2050 vor. Die IEA geht davon aus, dass die Stahlnachfrage auf globaler Ebene bis 2030 um etwa +5 % leicht wächst bzw. stabil bleibt. Dies bedeutet eine Rückkehr zum 2020er-Niveau bis 2050. Eine ähnliche Entwicklung nimmt KN 2045 für Deutschland an.

Die Schritte der Transformation in der Stahlproduktion

Um resilient zu bleiben und auf einem sich wandelnden Markt zu bestehen, muss der Stahlsektor einige Herausforderungen meistern. Eine erfolgreiche Transformation stellt vorrangig Anforderungen an zwei wichtige Handlungsfelder⁶:

- » **Technologie**, insbesondere Ablösung der Hochofenroute
- » **Energie**, insbesondere Umstellung von Erdgas auf grünen Wasserstoff und sukzessive Erhöhung des Grünstromanteils der EAF-Routen

Unterschieden wird grundsätzlich zwischen energie- und prozessbedingten Emissionen. Durch den immensen Einsatz fossiler Brennstoffe sind die prozessbezogenen Emissionen in der BF/BOF-Route besonders hoch. Auch der spezifische Energieeinsatz liegt mit etwa 20 GJ/t recht hoch. In der EAF-Route entstehen prozessbedingte Emissionen vor allem durch die Zugabe von Kohlenstoff aus metallurgischen Gründen, also z. B. als Zuschlagstoff zur Bildung von Schlacke. Da vorwiegend Sekundärmaterialien zum Einsatz kommen, entfällt der energieaufwendige Schritt der Eisenerzreduktion. Während des Schmelzvorganges müssen Temperaturen bis 3.500 °C erreicht werden. Somit liegt der grundsätzlich weiterhin hohe, aber deutlich geringere Energiebedarf bei etwa 6 GJ/t.⁷

6 Die im Projekt Pathways to Paris identifizierten Maßnahmen wurden in sektorspezifischen Arbeitsgruppen mit Akteuren aus der Industrie, Finanzwirtschaft und Wissenschaft diskutiert. Mithilfe sogenannter Vermeidungskostenkurven (MACCs) können im Transformations-tool für jede Technologie die Maßnahmen mit den geringsten Kosten und dem größten Potenzial zur Vermeidung von THG-Emissionen betrachtet werden. Neben KN 2045 basieren sie u. a. auf Umweltbundesamt (2019), Otto et al. (2017), IEA (2019), Brunke (2017).

7 In der Weiterverarbeitung können Schritte zur Veredelung des Stahls unabhängig von der vorgelagerten Route betrachtet werden und liegen außerhalb der Projektgrenzen. Der Anteil der Energie, der zum Gießen und Walzen des Stahls in beiden Routen benötigt wird, beträgt knapp 3 GJ/t.

Technologie: Ablösung der BF/BOF-Routen bis 2040

Technologische Veränderungen ermöglichen die Verringerung prozessbedingter Emissionen. Im Stahlsektor fallen hier drunter Alternativen zur BF/BOF-Route und bis zur Ablösung der Einsatz von CCU- und CCS-Technologien. Bis 2030 soll die BF/BOF-Route statt 70 % nur noch 50 % des in Deutschland produzierten Stahls herstellen. Ab 2040 fällt diese Route vollständig weg. Um den Rückgang aufzufangen, müssen die Kapazitäten der EAF-Routen ausgebaut werden. Gleichzeitig muss der entscheidende Produktionsschritt der Eisenerzreduktion über DRI-Anlagen mit grünem Wasserstoff erfolgen.



Im Dialog sollten die Ablösepläne der BF/BOF-Routen angesprochen werden und wie sie ersetzt werden sollen.

Wird eine BF/BOF-Route direkt zu einer DRI-Anlage mit Wasserstoff und Grünstrombetrieb angepasst bzw. werden die entsprechenden Komponenten ausgetauscht, bewegen sich die Investitionskosten in ähnlicher Höhe wie bei der Installation einer DRI-Anlage mit Erdgas. Die operativen Energiekosten werden vom zukünftigen Preis für Wasserstoff bestimmt. Rein technisch sollte ein direkter Ersatz ab 2030 möglich sein. Abhängig vom Unternehmen wird dann die gesamte Anlage ausgetauscht oder alternativ der Hochofen demontiert und der Konverter mit der neuen DRI-Anlage weitergenutzt. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei bis zu 93 %.

Ausbau der DRI-Anlagen



Eine BF/BOF-Anlage zunächst in eine erdgasbefeuerte und mit Grünstrom betriebene DRI-Anlage umzubauen, ist technisch grundsätzlich möglich, jedoch mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden. Je nach Technologiestand der BF/BOF-Anlage, langfristig angestrebtem Prozessdesign (z. B. Kombination von DRI mit EAF) sowie bestehender und geplanter Infrastruktur (z. B. für Wasserstoff) muss im Einzelfall entschieden werden, ob ein derartiger Umbau infrage kommt oder ob die fragliche BF/BOF-Route eingestellt werden sollte. Unter Umständen kann stattdessen an anderer Stelle eine Primärstahlroute mit DRI-Anlage aufgebaut werden. Die Brennstoffkosten erhöhen sich durch den ergänzenden Erdgasbedarf deutlich. Ein Umbau auf Gasbefeuerung sollte ab 2025 möglich sein. Wichtig ist, dass diese Maßnahme in jedem Fall eine Übergangslösung bleibt, da sie nach wie vor auf fossiles Erdgas angewiesen ist. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei bis zu 66 %.

Ab 2030 käme die Umstellung der DRI-Anlage von Erdgas auf grünen Wasserstoff in Betracht. Grundsätzlich werden die Anlagen bereits H₂-ready, also mit Eignung für den Einsatz von Wasserstoff, geplant und installiert. Es würden somit geringe zusätzliche Investitionen anfallen, um die bestehende Infrastruktur anzupassen, so dass das Reduktionspotenzial von grünem Wasserstoff maximiert werden kann. Für die Herstellung des grünen Wasserstoffs sind entsprechende Mengen an Strom aus erneuerbaren Quellen erforderlich. Dessen Herstellungskosten sind aufgrund der noch geringen Produktionskapazitäten und gestiegenen Strompreise aktuell sehr hoch. Jedoch werden durch eine zunehmende Verfügbarkeit von Wasserstoff preis-senkende Effekte erwartet. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei ca. 93 %.

Da DRI-Anlagen nur den Reduktionsschritt von Eisenerz zu Roheisen abdecken, gibt es für Hüttenwerke zwei Optionen, die weitere Prozesskette zur Stahlherstellung auszugestalten: über Konverter oder über Elektrolichtbogenöfen.⁸ Bei dem beschriebenen Umbau der BF/BOF-Route kann weiterhin der Konverter genutzt werden. Da über DRI-Anlagen das Roheisen jedoch als fester Eisenschwamm vorliegt, muss zusätzlich ein Aufschmelzaggregat (Submerged Arc Furnace, SAF) eingesetzt werden. In Elektrolichtbogenöfen kann DRI direkt als Inputmaterial genutzt und aufgeschmolzen werden. Im Vergleich zum Konverter können jedoch nur geringere Mengen verarbeitet werden.



8 Beispielhafte Umsetzung: ArcelorMittal plant die Kombination von DRI mit EAF, Thyssenkrupp und Tata Steel planen die Stahlherstellung über Konverter mit vorgeschaltetem Aufschmelzaggregat (Hartbrich, 2022).

CCS und CCU

Dekarbonisierungsszenarien setzen für eine zusätzliche Reduzierung der THG-Emissionen auch auf den Einsatz von CCS und CCU⁹, die flächendeckend ab 2030 verfügbar sein werden. Es ist stets abzuwägen, inwiefern ihr Einsatz zu einem Lock-in-Effekt emissionsintensiver Technologien beitragen würde. Während beispielsweise CCU oder CCS¹⁰ in Verbindung mit neuen Anlagen sinnvoll sein kann, um auch die prozessbedingt anfallenden Residualemissionen abzufangen, sind bei älteren BF/BOF-Anlagen zunächst die Emissionsreduktionspotenziale beschriebener Maßnahmen zur Technologie- und Energieträgerumstellung auszuschöpfen. Der Einsatz darf die Lebensdauer der THG-intensiven Anlagen nicht künstlich verlängern, sondern sollte Teil eines umfänglichen Transformationsplanes sein.



Diese Maßnahme ist derzeit noch mit hohen Investitions- und operativen Kosten verbunden. Zum einen geht sie mit einem deutlich höheren Strombedarf einher. Zum anderen verursacht die CO₂-Sequestrierung zusätzliche Kosten bei Transport und Speicherung, deren Träger noch nicht geklärt sind. Eine Reduktion von Kosten wird jedoch durch Weiterentwicklungen und Sammlung von Erfahrungen in der Anwendung erwartet. Noch ist unklar, welche Industrieregionen wann an ein CO₂-Sequestrierungsnetz angeschlossen werden.

CCS/CCU-Verfahren stehen in der Kritik. Kann CCS eingesetzt werden, ist zu beachten, dass die energieintensiven Abscheidungs- und Verdichtungsanlagen mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Das abgeschiedene CO₂ darf zudem nach seiner Speicherung nicht entweichen. Eine Weiternutzung des CO₂ (CCU) ist nicht uneingeschränkt und unüberlegt zu forcieren. Vielmehr sind die einzelnen Technologien unter Berücksichtigung der individuellen Rahmenbedingungen mittels ökobilanzieller Untersuchungen zu vergleichen. Nur so kann für jede Anlage und jeden Anwendungszweck individuell abgewogen werden, ob und welche Technologien ökologisch sinnvoll sind (WWF Deutschland, 2019).

- 9 KN 2045 schließt den Einsatz von CCU aus. Unter CCU wird die Abscheidung, der Transport und die anschließende Nutzung von CO₂ verstanden. Am Ende der Nutzungskette gelangt das CO₂ wieder in die Atmosphäre. Wichtig ist daher die Betrachtung des Lebenszyklus der Endprodukte. Für die stoffliche Verwertung von CO₂ stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich jedoch in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Eine Auswahl möglicher Anwendungsgebiete wird hier beschrieben: WWF Deutschland (2019).
- 10 Derzeit ist CCS in Deutschland noch nicht vorgesehen, jedoch Gegenstand einiger Pilot- und Forschungsprojekte (Umweltbundesamt, 2022). Sollte CCS genehmigt werden, müssten die energieintensiven Abscheidungs- und Verdichtungsanlagen mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Das eingefangene CO₂ darf bei seiner Speicherung nicht entweichen. Die für den CO₂-Transport notwendige Infrastruktur müsste geschaffen werden. Siehe auch BMWK (2022)



Im Dialog kann insbesondere die Emissionsintensität des Stroms sowie Aufbaupläne für den Einsatz von grünem Wasserstoff adressiert werden.

Energie: Effizienz und Wechsel der Energieträger

Nach einer Umstellung auf wasserstoffbasierte DRI-Anlagen oder Nutzung einer EAF-Route, bietet auch die Wahl des Energieträgers Einsparpotenziale für THG-Emissionen (**siehe Abbildung 5**).

Ist eine BF/BOF-Anlage noch im Einsatz, sollen die vorhandenen Energieeffizienzmaßnahmen (EEFM) umgehend ausgeschöpft werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Maßnahmen die Lebensdauer von THG-intensiven Anlagen nicht künstlich verlängern dürfen, sondern Teil eines umfänglichen Transformationsplans sind. Der Strauß an Optionen umfasst:

- » Verbesserungen in der Wärmeerzeugung und von bestehenden Prozessen wie Temperaturkontrollen, dazu zählt die Gichtgasrückführung (Top-Gas Recycling Blast Furnace, TGRBF)
- » Biokohlestaubeinblasung
- » Abwärmenutzung der Hochofenschlacke zur Prozessdampferzeugung
- » Energiegewinnung aus Abgas durch eine Gichtgasentspannungsturbine (Top-Gas Recovery Turbine, TRT)
- » Doppelglockenverschluss für verminderte Gichtgasverluste

Um fossile Brennstoffe zu ersetzen, kann eine BF/BOF-Route mit Biokohle¹¹ betrieben werden. Rund 25 % des Brennstoffbedarfs könnten dadurch gedeckt werden. Allerdings stehen biogene Brennstoffe nicht in unbegrenztem Maße zur Verfügung, die Kosten sind entsprechend hoch. Eine Senkung der Energiekosten kann erst langfristig erreicht werden. Das Reduktionspotenzial der Maßnahme liegt bei ca. 22 %.

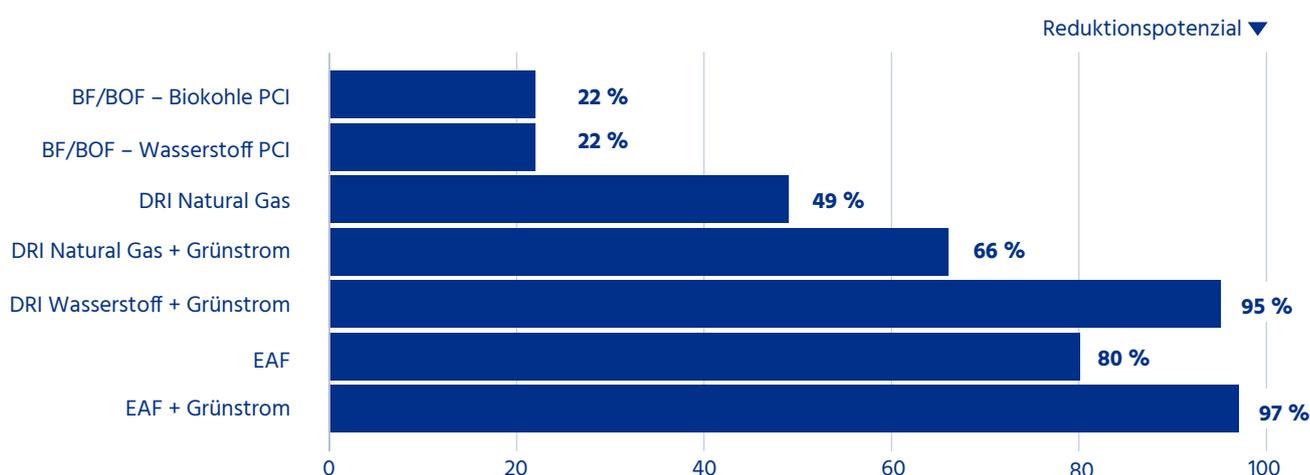


Abbildung 5: Emissionsreduktionspotenziale verschiedener Maßnahmen im Vergleich zum Basiszustand einer durchschnittlichen BF/BOF-Route

¹¹ Für die Produktion der benötigten Biokohle dürfen keine Grünlandflächen mit hoher Biodiversität, Waldflächen oder Torfmoor zu Anbauflächen umgewandelt werden. Damit können eine nahezu CO₂-neutrale Herstellung der Biokohle sichergestellt und negative Skaleneffekte abgewendet werden. Die Möglichkeit dieser negativen Skaleneffekte rührt daher, dass Biokohle (wie Biogas) in vielen Sektoren als Möglichkeit zur Dekarbonisierung betrachtet wird, nachhaltige Biokohle aber nicht zur Versorgung aller interessierten Sektoren ausreicht.

In DRI-Anlagen lassen sich energiebedingte Emissionen senken, indem sie wie beschrieben auf grünen Wasserstoff umgestellt werden und elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt wird. Die Maßnahme ist ungefähr ab 2025 verfügbar und hat ein Reduktionspotenzial von ca. 95 %.

Wird für die EAF-Route Grünstrom bezogen, können ihre THG-Emissionen sehr schnell gesenkt werden. Durch die fortschreitende Dekarbonisierung des Stromsektors sollte der deutsche Strommix kontinuierlich CO₂-ärmer werden. Zusätzliche Investitionen sind mit der Umstellung des Stroms vor allem dann verbunden, wenn eigene Photovoltaikanlagen oder Windparks errichtet werden. Das Reduktionspotenzial der Emissionen zeigt mit rund 86 % die hohe Bedeutung des Emissionsfaktors für Strom auf dieser Route.

Die möglichen Energieeffizienzmaßnahmen in der EAF-Route haben kumuliert ein Emissionsreduktionspotenzial von bis zu 10 %. Sie umfassen Maßnahmen wie:

- » kontinuierliche Verfahrensweisen innerhalb der EAF-Route,
- » Hochleistungstransformatoren sowie Gleichstrom-Elektroden
- » Wärmerückgewinnung

Der Einsatz von Biokohle ist durch den geringeren Brennstoffbedarf mit einem kleineren Anstieg der Energiekosten verbunden als bei der BF/BOF-Route. Das Emissionsreduktionspotenzial liegt bei ca. 3 %. Es gelten dieselben Restriktionen für biogene Brennstoffe wie in der BF/BOF-Route.

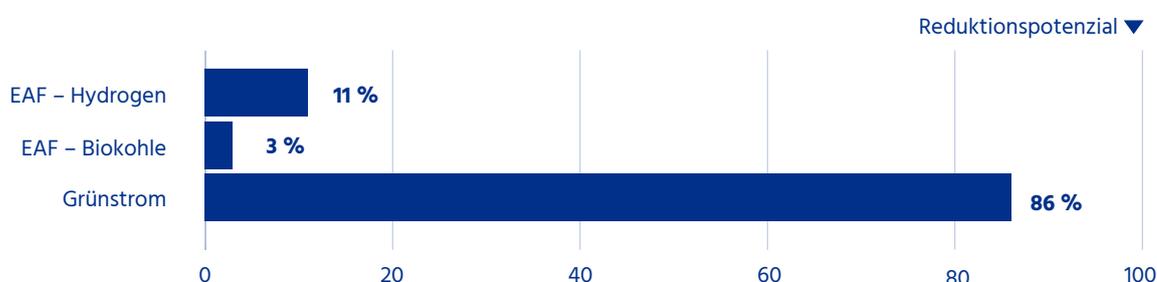


Abbildung 6: Emissionsreduktionspotenziale im Vergleich zum Basiszustand einer durchschnittlichen EAF-Route

Ausblick und Impulse für den Dialog

Im Stahlsektor können längst erste Emissionseinsparungen umgesetzt werden. Die weiteren benötigten Technologien sollten zwischen 2025 und 2030 marktreif sein und flächendeckend zur Verfügung stehen. Rund 50 % der notwendigen Reduktionsanforderungen sollte der Stahlsektor bis 2030 umsetzen können, bestätigen Expertenmeinungen. Eine entscheidende Voraussetzung ist, dass in den kommenden Jahren die notwendige Infrastruktur für den Umbau der BF/BOF-Routen sowie den Ausbau der EAF-Routen zügig aufgebaut wird.

Für die meisten Stahlunternehmen stehen die Um- und Aufbaupläne dieser Technologien grundsätzlich bereits auf der Agenda, teilweise sogar sehr konkret. Als größte Hürde wird von Stahlunternehmen die hohe Investitionssumme für die Umsetzung der Umbaupläne angeführt (Hartbrich, 2022). Die von der Bundesregierung zugesagten 5 Mrd. Euro zum Umbau der Stahlindustrie im Zeitraum 2022–2024 stellen damit einen ersten Schritt dar (BMWK, 2021). Die meisten BF/BOF-Routen in Deutschland erreichen allerdings bald das Ende ihrer technischen Lebenszeit. Damit startet ein neuer Investitionszyklus, den es zu nutzen gilt.

Vor diesem Hintergrund sollte im Unternehmensdialog, bei der Analyse und Bewertung transformationsbezogener Risiken und Chancen der Sektoren und Unternehmen sowie bei der Vorbereitung, Durchführung und Bewertung von Unternehmensdialogen insbesondere auf folgende Erfolgskriterien einer Paris-kompatiblen Transformation im Stahlsektor geachtet werden:



Erfolgskriterien einer Paris-kompatiblen Transformation

- » Anpassung bzw. Austausch von BF/BOF-Routen durch DRI-Anlagen
- » Umstellung auf grünen Wasserstoff
- » zunehmende Elektrifizierung durch den Umstieg auf / Einsatz von EAF-Routen
- » bis 2040 unter bestimmten Voraussetzungen der Einsatz von CCU/CCS-Technologien

In allen Dialogen sollte nach dem Stand der entsprechenden Maßnahmen bzw. konkreten Zeitplänen und Investitionsvorhaben gefragt werden.

Literaturverzeichnis

Anderson, K., und Peters, G. (2016). The trouble with negative emissions. *Science*, 354(6309), 182–183. <https://doi.org/10.1126/science.aah4567>. Abgerufen am 21. September 2022.

ARUG II. (2019). Gesetz zur Umsetzung der zweiten Aktionärsrechterichtlinie. https://www.bmj.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/Dokumente/BGBL_ARUG_II.html. Abgerufen am 21. September 2022.

Brunke, J. C. (2017). Energieeinsparpotenziale von energieintensiven Produktionsprozessen in Deutschland: Eine Analyse mit Hilfe von Energieeinsparkostenkurven. Dissertation. Universität Stuttgart. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/9259/5/BRUNKE_ENERGIEEINSPARKOSTENKURVEN_209.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2021). Grundstein für den Einstieg in die Transformation der Stahlindustrie gelegt. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/04/20210503-grundstein-transformation-stahlindustrie.html>. Abgerufen am 21. September 2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2022). CCU/CCS: Baustein für eine klimaneutrale und wettbewerbsfähige Industrie. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/weitere-entwicklung-ccs-technologien.html#:~:text=Das%20Gesetz%20zur%20Demonstration%20und,31%2FEG%20zur%20geologischen%20Kohlendioxidspeicherung>. Abgerufen am 21. September 2022.

Enargus. (2022). Direktreduktion. https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d2413-2/*/*/*Direktreduktion.html?op=Wiki.getwiki. Abgerufen am 21. September 2022.

Europäische Kommission. (2021). Vorschlag für eine Änderung der Richtlinie hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0189>. Abgerufen am 21. September 2022

Europäische Kommission. (2022). EU Taxonomy Compass – Manufacture of iron and steel. <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/activities/activity/14/view>. Abgerufen am 21. September 2022.

European Parliamentary Research Service. (2022). EU carbon border adjustment mechanism: Implications for climate and competitiveness. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/de/document/EPRS_BRI\(2022\)698889](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/de/document/EPRS_BRI(2022)698889). Abgerufen am 21. September 2022.

Fuss, S., Candell, J. G., Peters, G. P., Tavoni, M., Andrew, R. M., Ciais, P., ... Yamag. (2014). Betting on negative emissions. *Nature Climate Change*, 4(10), 850–853. <https://doi.org/10.1038/nclimate2392>. Abgerufen am 21. September 2022.

Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ). (2022). Financial Institution Net-zero Transition Plans. https://assets.bbhub.io/company/sites/63/2022/06/GFANZ_Recommendations-and-Guidance-on-Net-zero-Transition-Plans-for-the-Financial-Sector_June2022.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Hartbrich, I. (2022). Stahl: Diese Anlagentechnik wird bei Thyssenkrupp und Co. den Hochofen ablösen. *VDI Nachrichten*. <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/werkstoffe/direktreduktion-diese-anlagentechnik-wird-bei-thyssenkrupp-und-co-den-hochofen-abloesen/>. Abgerufen am 21. September 2022.

Institut für Baustoff-Forschung. (2022). Neue Elektroofenschlacke für CO₂-reduzierten Zement. <https://www.fehs.de/unser-service/presse/>. Abgerufen am 21. September 2022.

International Energy Agency (IEA). (2019). The Future of Hydrogen – Seizing today's opportunities. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Otto, A., Robinius, M., Grube, T., Schiebahn, S., Praktiknjo, A., und Stolten, D. (2017). Power-to-Steel: Reducing CO₂ through the Integration of Renewable Energy and Hydrogen into the German Steel Industry. *Energies*, 10(4), 451. <https://doi.org/10.3390/en10040451>. Abgerufen am 21. September 2022.

Prognos. (2021). Beitrag von Green Finance zum Erreichen von Klimaneutralität in Deutschland. Im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). In Zusammenarbeit mit: Nextra Consulting & Institut für nachhaltige Kapitalanlagen. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Green-Finance-und-Klimaneutralitaet.pdf>. Abgerufen am 21. September 2022.

Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut. (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045-vollversion/>. Abgerufen am 21. September 2022.

Richtlinie 2014/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Märkte für Finanzinstrumente sowie zur Änderung der Richtlinien 2002/92/EG und 2011/61/EU. (2014). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014L0065>. Abgerufen am 21. September 2022.

Statista. (2022). Rohstahlerzeugung in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28355/umfrage/stahlproduktion-von-rohstahl-in-deutschland-seit-1980/>. Abgerufen am 21. September 2022.

Statista. (2022). Treibhausgasemissionen der deutschen Stahlindustrie in den Jahren 1995 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/476860/umfrage/treibhausgasemissionen-der-deutschen-stahlindustrie/>. Abgerufen am 21. September 2022.

Umweltbundesamt. (2019). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. <https://www.umweltbundesamt.de/rescue>. Abgerufen am 21. September 2022.

Umweltbundesamt. (2022). Carbon Capture and Storage. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grundlegende-informationen>. Abgerufen am 21. September 2022.

Umweltbundesamt. (2022). Emissionsübersichten in Sektoren. Daten der Treibhausgasemissionen des Jahres 2021 nach KSG. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>. Abgerufen am 21. September 2022.

Verordnung (EU) 2019/2088 des Europäischen Parlaments und des Rates über nachhaltigkeitsbezogene Offenlegungspflichten im Finanzdienstleistungssektor. (2019). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32019R2088>. Abgerufen am 21. September 2022.

Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088. (2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>. Abgerufen am 21. September 2022.

Wirtschaftsvereinigung Stahl. (2022). Von WV Stahl für Anpassung der Pläne zu ETS und CBAM. <https://www.stahl-online.de/stahl-online-news/wv-stahl-fuer-anpassung-der-plaene-zu-ets-und-cbam/>. Abgerufen am 21. September 2022.

WWF Deutschland. (2019). Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf. Abgerufen am 21. September 2022.

Impressum

Herausgeber: WWF Deutschland
Stand: Oktober 2022
Gesamtverantwortung: Matthias Kopp, Director Sustainable Finance, WWF Deutschland;
Dr. Nicole Röttmer, Global Lead Climate Clients & Industries, PwC Deutschland
Autor:innen/Mitarbeit: Vanessa Bolmer, Lisa Okken, David Knewitz (alle WWF Deutschland);
ao. Prof. Dr. Jürgen Peterseim, Moritz Zahn (beide PwC Deutschland)
Kontakt: Vanessa Bolmer (Senior Policy Advisor, Sustainable Finance, WWF Deutschland);
ao. Prof. Dr. Jürgen Peterseim (Senior Manager Sustainability Services, PwC
Deutschland);
info@pathwaystoparis.com
Gestaltung: Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)
Bildnachweise: Cover: istock/Getty Images; S. 8, 14, 15: Georgsmarienhütte GmbH;
S. 13: Saarstahl AG

Disclaimer

Pathways to Paris ist ein vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) gefördertes Projekt mit einer Laufzeit von zwei Jahren. Die aktive Projektphase endete im Oktober 2022.

WWF Deutschland und PwC Deutschland begleiteten und unterstützten die teilnehmenden Unternehmen bei der Entwicklung von Transformationspfaden, die für die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens notwendig sind. Neben der Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses und breiter Akzeptanz für die Anforderungen einer erfolgreichen Klimawende wurden sektorspezifische, reproduzierbare Transformationspfade beleuchtet, die öffentlich zugänglich sind.

Eine exklusive Beratung mit unmittelbarer Wirkung auf z. B. Produktionstechnologien, Strategieplanung oder Wertschöpfungsketten einzelner Unternehmen fand nicht statt. Des Weiteren bestehen im Rahmen des Projektes keine finanziellen Verbindlichkeiten zwischen den teilnehmenden Unternehmen und den Projektinitiatoren, so dass etwaige Interessenkonflikte ausgeschlossen sind.

Die Inhalte des vorliegenden Orientierungsrahmens wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Der Anbieter übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte. Die Nutzung des Orientierungsrahmens erfolgt auf eigene Gefahr des Nutzers.

Eine Kooperation von:



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages