bdguss

:FutureCamp Climate GmbH

Roadmap

Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie

„Wir arbeiten intensiv an der Treibhausgasneutralität unserer Branche.“

Den Weg weisen mit unserer Roadmap

Deutschland will bis 2045 klimaneutral werden. Das ist ein ehrgeiziges Ziel, beruht doch der Wohlstand unseres Landes – immerhin die drittgrößte Volkswirtschaft weltweit – auf ihrer Industrieproduktion und dem Export technologisch wettbewerbsfähiger Produkte. Wir als Gießereien gehören zu den ersten in der Wertschöpfungskette. Diese Wertschöpfung ist durchaus ressourcenintensiv, auch beim Energieverbrauch. Die künftige Klimaneutralität ist damit insbesondere für die energieintensiven Industrien eine enorme Herausforderung – die wir als Deutschlands Gießerei-Industrie ausdrücklich bejahen und annehmen: Wir arbeiten intensiv an der Treibhausgasneutralität unserer Branche. Das belegt die vorliegende Roadmap eindrucksvoll. Unser Partner FutureCamp Climate hat dafür verschiedene Szenarien – Dekarbonisierungspfade – unter die Lupe genommen und deren Auswirkungen modelliert. Als Königsweg arbeitet die Studie die Elektrifizierung heraus, das heißt: Bislang fossil betriebene Thermoprozesse werden elektrifiziert. Dies bedeutet hohe Investitionen in neue Anlagen. Die gesamte Transformation der Branche wird mehr als sechs Milliarden Euro kosten. Und trotz Effizienzgewinnen wird der Stromverbrauch um fast 60 Prozent steigen.

Dem Erfolg dieses Transformationspfades liegen damit zwei wesentliche Voraussetzungen zugrunde: Die Politik muss mittelstandstaugliche Rahmenbedingungen für die erforderlichen Investitionen schaffen. Und wir benötigen in Deutschland grünen Strom zu wettbewerbsfähigen Kosten. Das sind die nötigen Voraussetzungen, damit wir die Wertschöpfungskette im eigenen Land und mit ihr unseren Wohlstand halten können.

Clemens Küpper,
Präsident Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG)

Gemeinsam Zukunft formen

Die Gießerei-Industrie nimmt eine Schlüsselstellung in der Wertschöpfungskette des Industriestandorts Deutschland ein. Bis heute wird die Branche dieser Aufgabe gerecht: Die deutsche Gießerei-Industrie ist Nummer eins im europäischen Guss-Ranking und Nummer fünf weltweit. Die hoch spezialisierten Betriebe sind mehrheitlich mittelständisch organisiert, die Branche entsprechend äußerst heterogen. Allen Betrieben ist zweierlei gemeinsam: Die Kreislaufwirtschaft – aus altem Metall werden neue Gussstücke – ist fester Bestandteil ihrer Arbeitsweise. Und sie sind energieintensiv, und alleine deswegen immer schon auf größtmögliche Energieeffizienz bedacht.

Dennoch wird eine Industrie, die verfahrensbedingt energieintensiver industrieller Mittelstand ist, durch die Transformation vor große Herausforderungen gestellt: Klimaschonende, induktiv arbeitende Schmelzaggregate, die zurzeit in Betrieb genommen werden, schmelzen bei 1.500 Grad bis zu 30 Tonnen Material pro Stunde und entsprechen im Strombedarf 30.000 Haushalten, also einer Kleinstadt. Dieser Bedarf ist selbstredend nicht durch PV-Elemente auf dem Betriebsgelände zu decken, sondern wird aus dem öffentlichen Netz bedient.

Dem hohen Energiebedarf des gesamten Verfahrens entspricht ein beträchtliches Einsparpotenzial beim Ausstoß von Treibhausgasen. Unter dem von der Bundesregierung gesetzlich fixierten Ziel, Deutschland bis 2045 klimaneutral zu stellen, ergibt sich folgende Aufgabe für Deutschlands Gießerei-Industrie: Aus den bis 2020 vorliegenden Branchenzahlen errechnen sich CO_2-Emissionen von rund 5 Millionen Tonnen pro Jahr – direkt durch die Verbrennung von Gießereikoks und Erdgas, indirekt durch ihren Stromverbrauch. Diese sind bis auf Null zu reduzieren.

Aus letzterem resultiert die Brisanz der Aufgabe: Selbst nach konsequenten Investitionen zur hundertprozentigen Elektrifizierung aller Prozesse wird keine deutsche Gießerei klimaneutral produzieren können, wenn der deutsche Strommix im öffentlichen Netz, auf das die Betriebe der Branche angewiesen sind, weiterhin vergleichsweise „dreckig“ bleibt.

Die erfolgreiche Dekarbonisierung der deutschen Gießereien, das muss an dieser Stelle deswegen sehr deutlich betont werden, unterliegt also Voraussetzungen, die sich außerhalb der eigenen Gestaltungsmöglichkeiten befinden. Hier liegt die Verantwortung insbesondere bei der Bundespolitik, die vor allem in der Gewährleistung von global wettbewerbsfähigen Energiekosten und der Bereitstellung von grünem Strom in ausreichender Menge, alternativ auch von weiteren CO_2-neutralen Energiequellen, besteht.

Diese Rahmenbedingungen sind staatliche Aufgabe, die technische Umsetzung bleibt betriebliche Aufgabe. Der Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG) gibt den Betrieben der Branche durch seine kontinuierliche Arbeit die Leitplanken für ihre strategische Aufstellung im Zuge der Transformation. Um hinsichtlich dieser technischen Rahmenbedingungen gut gerüstet zu sein, hat der Verband die Studie „Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie“ bei der Unternehmensberatung FutureCamp Climate GmbH in Auftrag gegeben. Die Studie basiert auf aufbereiteten und neu modellierten Daten, die in den Jahren 2021 bis 2023 im Zuge des Dekarbonisierungs-Projektes „InnoGuss“ in nordrhein-westfälischen Gießereien erhoben worden waren. Dazu wurden teilweise aktualisierte Werte, etwa bei Prognosen zu Preis- und Konjunkturentwicklungen, verwendet und Annahmen einbezogen, wo für die Modellierung notwendig. Zudem wurden die Erkenntnisse aus „InnoGuss“ um aktuelle Entwicklungen sowie weitere Informationen aus anderen Studien, Veröffentlichungen etc. ergänzt.

Ziel dieser Studie ist, verschiedene Dekarbonisierungsszenarien zu definieren und Pfade zu modellieren, die den idealtypischen Gießereien als Orientierung dienen können. Die Pfade werden jeweils mit Daten und Plausibilitäten hinterlegt und abschließend bewertend eingeordnet. Außerdem werden die externen Rahmenbedingungen benannt, die für eine erfolgreiche Transformation der Branche unerlässlich sind, um auch politischen Entscheidern das für ihre Arbeit nötige Rüstzeug an die Hand zu geben.

Denn es gilt, gemeinsam den Industriestandort Deutschland in Zukunft klimaneutral und wettbewerbsfähig aufzustellen.

1 Die FutureCamp Climate GmbH mit Sitz in München berät seit 2001 Konzerne, regierungsnahe Behörden, Kommunen, mittelständische Unternehmen, öffentliche Bildungsträger und Unternehmensverbände in den Kompetenzfeldern Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Umweltmanagement und Innovation.

Die Deutsche Gießerei-Industrie

Die Branche ist Schlüsselindustrie

Den Deutschen Gießereien kommt aufgrund ihrer Funktion als Zulieferer für einen Großteil des produzierenden Gewerbes eine hohe systemische Bedeutung zu. Die Branche steht für ein Prozent der industriellen Wertschöpfung in Deutschland, ihre Produkte sind aber unerlässlich für die anderen 99 Prozent der industriellen Fertigung. Gusskomponenten sind zentraler Bestandteil aller wesentlichen Produktbereiche – von Windenergieanlagen über E-Mobilität und Raumfahrtkomponenten bis hin zu medizinischen und bauwirtschaftlichen Produkten. Dabei agiert die Branche global und belegt als weltweiter Technologieführer bei der Produktion in Europa den Spitzenplatz, im internationalen Vergleich den Platz fünf. Mehr Informationen über die Branche sind zu finden unter www.guss-ist.de

Die Branche ist Mittelstand

Zwar zählt die Gießerei-Industrie im Hinblick auf das Produktionsvolumen zu einem der kleineren deutschen Industriezweige. Auch hinsichtlich Mitarbeiterzahl und Umsatz gehören die meisten Unternehmen zu den KMU, die in der öffentlichen Wahrnehmung nicht so präsent sind wie Großkonzerne. Dennoch: Der industrielle Mittelstand ist das Rückgrat unserer Volkswirtschaft. Gießereien finden sich zudem oft in ländlich geprägten Regionen, wo sie wichtige Arbeitgeber sind. Rund 70.000 Mitarbeiter sind in den rund 600 deutschen Gießereien beschäftigt. Hinzu kommt eine Vielzahl weiterer Arbeitsplätze, die indirekt mit der Branche verbunden sind.

Die Branche ist energieintensiv

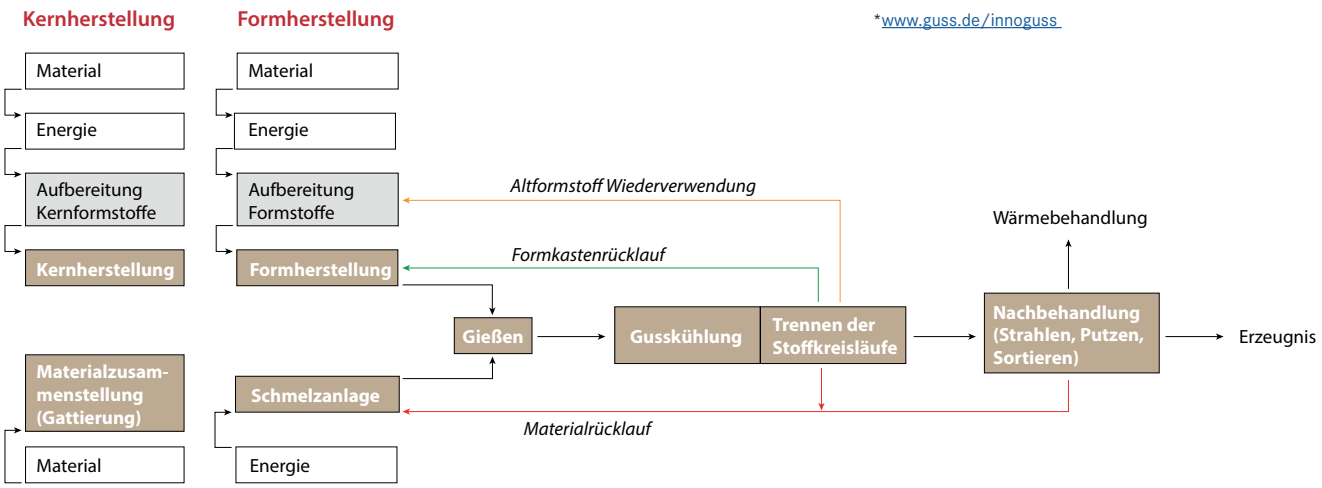
Insgesamt machen die CO_2-Emissionen der Gießerei-Industrie rund ein Prozent der Gesamt-Emissionen in Deutschland aus. Für das Schmelzen von Metallen sind sehr hohe Temperaturen erforderlich – aber auch weitere Gießereiprozesse sind energieintensiv, wie beispielsweise das Warmhalten der Schmelze, die Wärmebehandlung von Rohgussteilen sowie die Vorwärmung der Gießpfannen (siehe Abbildung unten).

Die Branche ist vielfältig

„Es gibt nicht die eine Gießerei oder den einen Gießprozess.“ Ein Satz, der unter Gießern immer wieder fällt. Eine Industrie, deren Produkte in der Energietechnik, der Lebensmittel- und Verpackungsindustrie, der Medizintechnik, der Wasserversorgung, dem Straßenfahrzeug- und Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Bauwirtschaft, der Stahlindustrie, dem Schiffbau, der Luft- und Raumfahrt und der Schienentechnik benötigt werden, ist naturgemäß sehr heterogen im Hinblick auf Fertigungsprozesse, Anlagentechnik, Werkstoffe, Arbeitsabläufe, Produktionsmengen, Energieträger und -verbräuche sowie Treibhausgasemissionen. Die Herausforderung besteht also zunächst in einer „Typisierung“ der Unternehmen. Hierbei konnte auf die bewährte Methodik des Transformationsprojektes InnoGuss* aufgebaut werden.

*www.guss.de/innoguss

Anlagentechnisches Grundkonzept einer Gießerei: Die Gießerei ist als Gesamtsystem zu sehen, das an mehreren Stellen Energie benötigt, und somit auch mehrere Stellschrauben zur CO_2-Einsparung und Kreislaufwirtschaft hat.



Die sechs Modellgießereien (MG)

In den deutschen Gießereien werden verschiedene Metalle mit jeweils unterschiedlichen Eigenschaften verarbeitet. Entscheidende Faktoren zur Clusterung von Gießereien sind deshalb die jeweils eingesetzten metallischen Werkstoffe sowie die maßgeblich davon abhängigen Fertigungsprozesse, die eingesetzten Technologien und die Energiebedarfe.

Primäres Kriterium zur Clusterung von Gießereien ist der metallische Einsatzstoff: Metalle werden in Eisenwerkstoffe (Stähle und Gusseisenlegierungen) und Nicht-Eisenwerkstoffe (Leicht- und Schwermetalle, wie z.B. Aluminium und Magnesium sowie Kupfer und Zink) gegliedert. Das zweites Kriterium für die Clusterung wird durch den Schmelzprozess als energieintensivsten Verfahrensschritt definiert. Dabei kann zwischen Schmelzaggregat und Energieträger unterschieden werden: Öfen mit fossilen Brennstoffen sind Kupolöfen (Koks) sowie Schacht- und Tiegelöfen (Gas und Öl). Elektrisch betriebene Schmelzanlagen sind Induktionsöfen, Lichtbogenöfen und widerstandsbeheizte Tiegelöfen.

Modellgießerei 1: Eisengießerei mit Serienfertigung im Heißwindkupolofen
Heißwindkupolöfen werden typischerweise in kapazitätsstarken Gießereien zur Fertigung von Großserien zur kontinuierlichen Bereitstellung von Gusseisenschmelze eingesetzt (MG 1). Das Ofenabgas enthält hohe Konzentrationen von CO_2 aufgrund des eingesetzten Kokses und besitzt große thermische Energie, die zur Vorwärmung der Verbrennungsluft genutzt wird.

Modellgießerei 2a: Eisengießerei mit Induktionsofen
In Induktionsöfen (MG 2a) werden durch elektromagnetische Induktion elektrische Ströme innerhalb des metallischen Werkstoffs erzeugt, was zu Erhitzung und Schmelzen des Metalls führt. Da Induktionsöfen mit Strom arbeiten, kann bei Nutzung von grünem Strom treibhausgasneutral geschmolzen werden.

Modellgießerei 2b: Eisengießerei mit Kaltwindkupolofen
Beim Kaltwindkupolofen wird im Gegensatz zum Heißwindkupolofen die thermische Energie der Abgase nicht genutzt. Die Zufuhr der Verbrennungsluft erfolgt ohne Vorwärmung („kalt“). Gießereien, die mit Kaltwindkupolöfen arbeiten, fertigen eher kleinere Mengen von Gussprodukten (MG 2b).

Modellgießerei 3: Stahlgießerei mit Lichtbogen- oder Induktionsofen
Lichtbogenöfen sind Elektroschmelzöfen, bei denen mittels Graphitlanzen ein Lichtbogen oberhalb des metallischen Einsatzmaterials und der Stahlschmelze erzeugt wird (MG 3). Der Lichtbogen weist eine sehr hohe Energiedichte auf; am Lichtbogen selbst sind Temperaturen von bis zu 4.000 °C möglich. Zu den ebenfalls in Stahlgießereien betriebenen Induktionsöfen siehe MG 2a.

Modellgießerei 4: NE-Metall-Druckgießerei
In dieser Roadmap bezieht sich diese Modellgießerei (MG 4) auf die Serienproduktion von Gussstücken aus Aluminium. Beim Druckgießverfahren wird flüssiges Metall unter hohem Druck und mit hoher Geschwindigkeit in Dauerformen aus Stahl gegossen. Das Aufschmelzen der metallischen Werkstoffe erfolgt in gasbetriebenen Schachtschmelzöfen oder elektrischen Induktionstiegelöfen.

Modellgießerei 5: Aluminium-/Buntmetallgießerei im Kokillen- oder Sandguss
Im Kokillenguss lassen sich breit gespannte Seriengrößen fertigen. Im Leicht- und Schwermetallbereich wird, wie im Eisen- und Stahlguss, die Sandgussfertigung angewandt, da sie relativ einfach umgesetzt werden kann und sich auch kompliziertere geometrische Formen abbilden lassen. Das Aufschmelzen der metallischen Werkstoffe erfolgt in gasbetriebenen Schachtschmelzöfen oder elektrischen Induktionstiegelöfen (MG 5).

Die Modellierung

In dieser Roadmap werden die Scope 1- und Scope 2-Emissionen der deutschen Gießereien betrachtet. Zum einen können diese CO_2-Emissionen durch die Unternehmen direkt beeinflusst werden, zum anderen referenzieren die Ziele des deutschen Klimaschutzgesetzes* auf diese beiden Scopes.

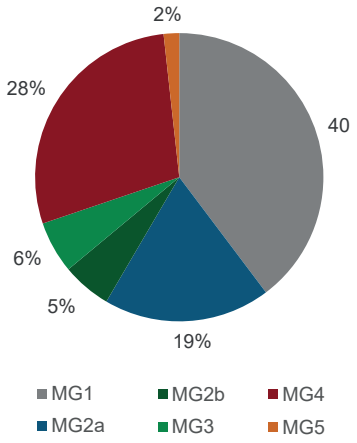
Das der Modellierung zugrundeliegende Kalkulationsmodell betrachtet für alle Trans-

Scope 1 (direkte Emissionen) entstehen durch die Verwendung von fossilen Energieträgern am Standort.

Scope 2 (indirekte Emissionen) resultieren aus dem externen Bezug von Strom.

Scope 3 (indirekte Emissionen) ergeben sich aus der Nutzung eingekaufter Waren und Dienstleistungen aus vor- und nachgelagerten Prozessen.

[3] www.gesetze-im-internet.de/ksg/

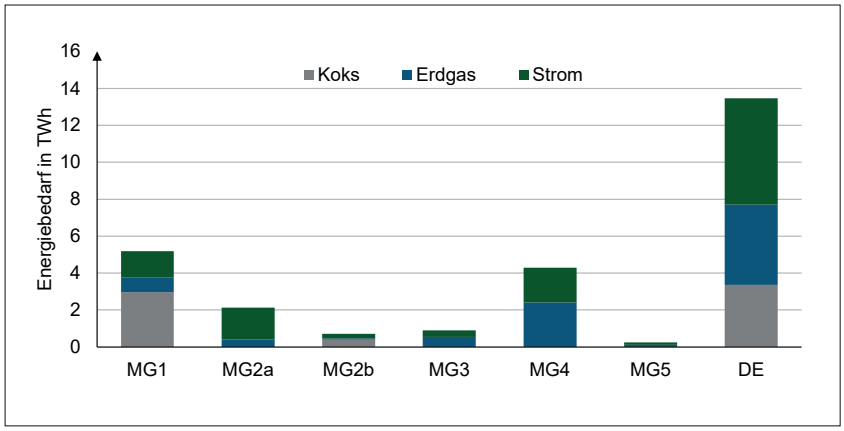


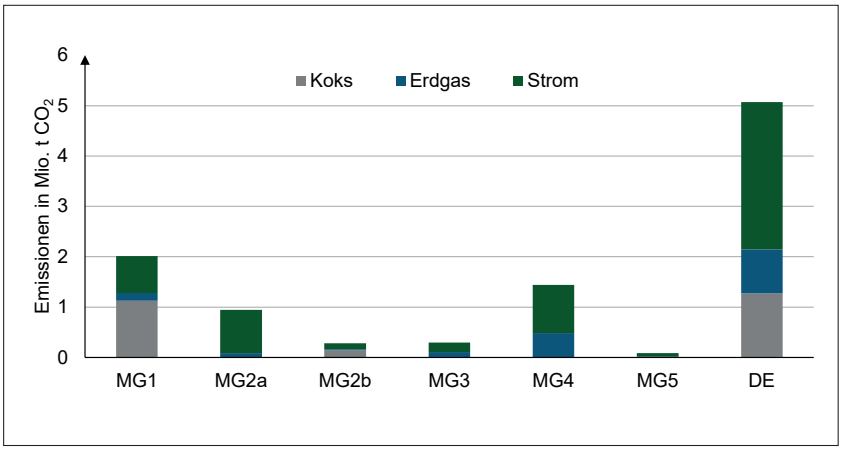
Anteil der Emissionen nach Modellgießerei

formationspfade und Modellgießereien die CO_2-Emissionen, Energieträgerverbräuche, Investitionen und operative Kosten sowie die Umsetzung von Maßnahmen in Fünfjahresabschnitten. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, Entwicklungen im zeitlichen Verlauf realistischer abzubilden. Im Rahmen der Modellierung erfolgte für jeden Transformationspfad und jede Modellgießerei zudem eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Die Investitionskosten pro Fünfjahreszeitraum ergeben sich aus der Anzahl der umgerüsteten Anlagen und den durchschnittlichen Investitionskosten pro Anlage, jeweils abhängig von der implementierten Maßnahme. Auf dieser Basis wurden die durchschnittlichen jährlichen Kosten pro Zeitraum ermittelt.

Es ist zu beachten, dass dies keine vollständige betriebswirtschaftliche Kostenrechnung, sondern eine Näherung der laufenden Transformationskosten darstellt.

Durchschnittlicher Energiebedarf pro Jahr je Modellgießerei in Deutschland im Basisjahr 2020





Durchschnittliche Emissionen pro Jahr im Basisszenario je Modellgießerei und für Deutschland

Der Ausgangspunkt: Energiebedarfe und Emissionen

Aus den spezifischen Energiebedarfen der Modellgießereien und der jeweiligen jährlich produzierten Menge an gutem Guss ergab sich im Basisjahr 2020 ein Gesamtenergieverbrauch von ca. 13,9 TWh. Zum Vergleich: die deutsche Stahlindustrie hat einen jährlichen Gesamtenergieverbrauch von rund 166,8 TWh.*

Schon heute wird der Energiebedarf der Gießerei-Industrie zu mehr als 40 Prozent – und mit steigender Tendenz – durch elektrischen Strom gedeckt, gefolgt von Erdgas mit einem Anteil von etwa 30 Prozent. Ein Viertel des Energiebedarfs geht auf die Nutzung von Gießereikoks in den Kupolöfen zurück; hier zeichnet sich langfristig ein sinkender Bedarf ab.

Der Energieträgereinsatz in den Modellgießereien spiegelt sich unmittelbar im Emissionsgeschehen wider. Insgesamt beträgt der Ausstoß an CO_2 über alle Gießereitypen ca. 5,1 Mio. t jährlich. Obwohl die Anzahl der Gießereien mit Heißwindkupolofen (MG 1) vergleichsweise gering ist, generieren diese Anlagen mit ca. 2 Mio. t den höchsten Anteil der CO_2-Emissionen. Die große Anzahl von Unternehmen der Modellgießereien 2a und 4 (Eisengießerei mit Induktionsofen und Aluminium- oder NE-Metall-Druckgießerei) trägt mit 0,9 und 1,4 Mio. t CO_2 ebenfalls wesentlich zu den klimarelevanten Emissionen bei.

Obwohl Koks und Erdgas wichtige Energieträger sind, stammt der größte Teil der gießereispezifischen CO_2-Emissionen aus der Verwendung von elektrischem Strom. Der Grund hierfür liegt in der aktuellen Zusammensetzung des deutschen Strommixes. Der aus einem noch relativ hohen Anteil an fossilen Energieträgern resultierende ungünstige Emissionsfaktor und ein hoher Stromverbrauch machen letztlich weit mehr als die Hälfte der Gesamtemissionen aus.

[4] https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiewende-in-der-industrie-ap2a-branchensteckbrief-stahl.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Die vier Transformationspfade

Jede Gießerei arbeitet mit innovativen Methoden an der Steigerung ihrer Energieeffizienz, indem sie ihren Standort ganzheitlich und prozessübergreifend betrachtet. Der mit Abstand energieintensivste Prozess ist der Schmelzbetrieb und hier gilt es, die Frage zu klären, mit welchen Technologien und Energieträgern die Treibhausgasneutralität wirtschaftlich gelingen kann. Die Roadmap fokussiert auf direkte Treibhausgas-Emissionen des Unternehmens (Scope 1) und berücksichtigt zudem die indirekten Emissionen aus dem Bezug von Energie (Scope 2). Deren Dekarbonisierung liegt allerdings außerhalb der Einflussmöglichkeit der Branche. Indirekte Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen in der Wertschöpfungskette (Scope 3) gehen nicht in die Betrachtung ein.

Grundsätzlich kann jeder gießereispezifische Thermoprozess elektrifiziert werden. Technische Lösungen sind bereits heute oder mittelfristig verfügbar; wobei der prozessuale und finanzielle Aufwand für einen Switch von fossilen Energieträgern zu Strom je nach Modellgießerei erheblich variieren kann. Deshalb werden in der Roadmap vier Dekarbonisierungsszenarien anhand von idealtypischen Pfaden diskutiert. Es werden außerdem weitere Technologien mit zukünftigem Potenzial betrachtet (siehe Kap. 5.3 der Langfassung).

Pfad 1: Anwendung der Besten Verfügbaren Techniken (BVT) – das Referenzszenario

Die Gießerei-Industrie ist eine innovative Branche, deren Unternehmen sich am Stand der Technik orientieren. Pfad 1 geht von einer grundsätzlichen Anwendung der Besten Verfügbaren Techniken (BVT) aus. Er beschreibt ein Szenario, demgemäß Gießereien ohnehin erforderliche Modernisierungsmaßnahmen an ihren Anlagen durchführen würden.

Die konsequente Umsetzung der BVT wird einer kontinuierlichen Effizienzsteigerung gleichgesetzt, die zu einer Reduzierung des spezifischen Energieverbrauchs führt. Dazu gehören zudem der effektivere Einsatz von Roh- und Betriebsstoffen sowie die Rückgewinnung und Verwertung von Produktionsrückständen. Hierfür nimmt die Studie einen jährlichen Effizienzgewinn von 0,6 Prozent an.

Im Ergebnis führt die alleinige Anwendung der BVT nicht zur Treibhausgasneutralität bis 2045. Dieser Pfad stellt vielmehr eine Referenz für den Vergleich der unterschiedlichen Maßnahmen in den anderen Pfaden dar und bildet zugleich die Basis aller weiteren Transformationspfade.

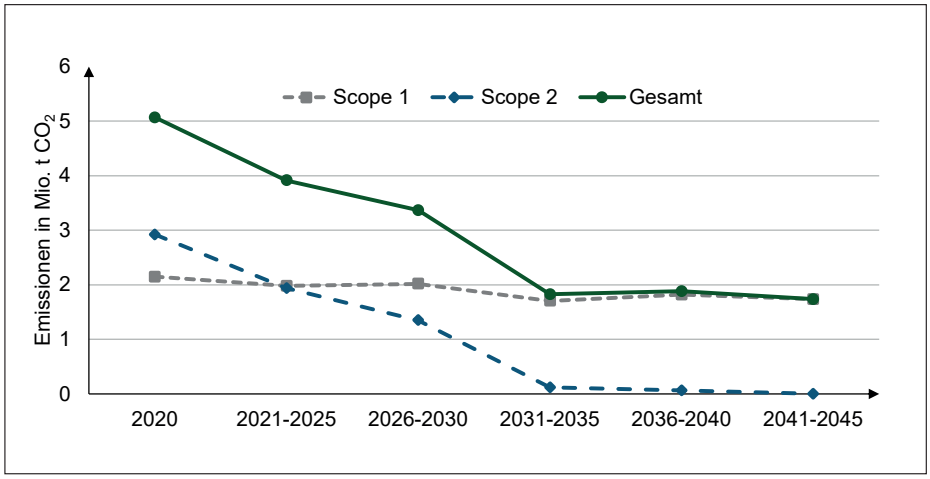
Emissionsentwicklung und Energiebedarf

> Pfad 1 führt bis zum Jahr 2045 zu einer Reduktion des gesamten Energiebedarfs von 13,5 auf 11,2 TWh und der Emissionen von 5,1 auf 1,7 Mio. t. CO_2.

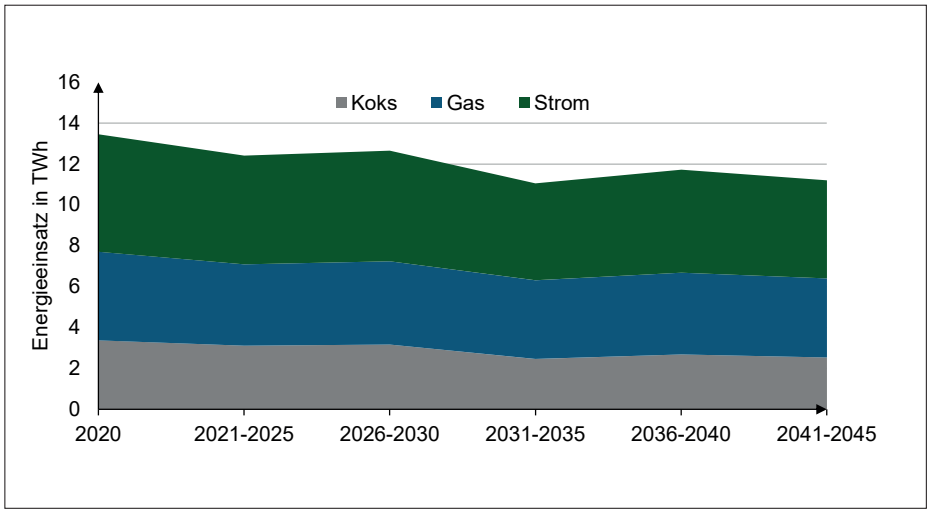
> Dafür zeichnet neben Effizienzgewinnen in erster Linie der angenommene Rückgang der Scope-2-Emissionen aus fremdbezogenem Strom bis zum Jahr 2035 verantwortlich.

> Aufgrund des Ausbleibens weiterer Maßnahmen in diesem Pfad verharren die CO_2-Emissionen aus Scope 1 nach 2035 auf etwa gleichbleibendem Niveau.

Entwicklung der durchschnittlichen CO_2-Emissionen bis 2045 in Pfad 1



Entwicklung des durchschnittlichen Energieträgereinsatzes pro Jahr bis 2045 in Pfad 1



Kostenentwicklung und Investitionsbedarf

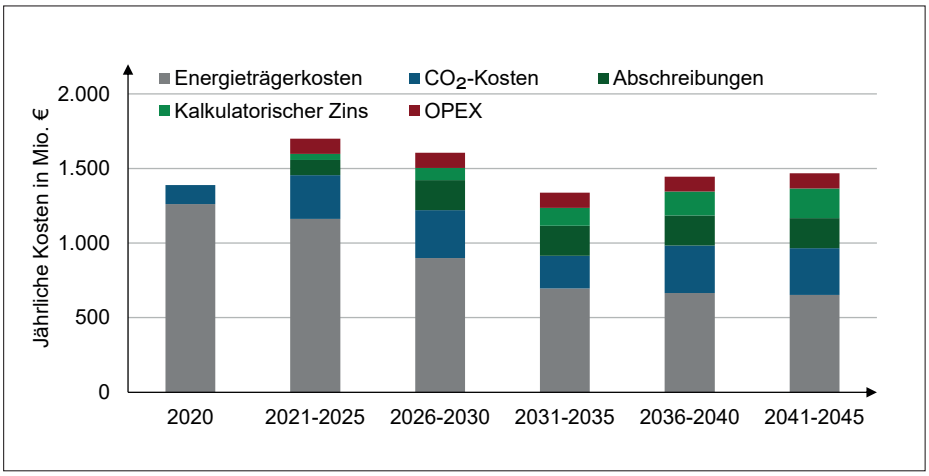
> Schon die kontinuierliche Implementierung der Besten Verfügbaren Technologien und die damit einhergehenden regelmäßigen Investitionen führen über den Gesamtzeitraum zu einem Basisinvestitionsbedarf von rund 5,1 Mrd. Euro der gleichmäßig über die Fünfjahreszeiträume verteilt ist.

> Durch die verbleibenden CO_2-Emissionen aufgrund des fortgesetzten Verbrauchs fossiler Brennstoffe und steigender CO_2-Preise kommt es zum Ende des Betrachtungszeitraums zu einer Annäherung an die Kostenentwicklung der anderen Pfade.

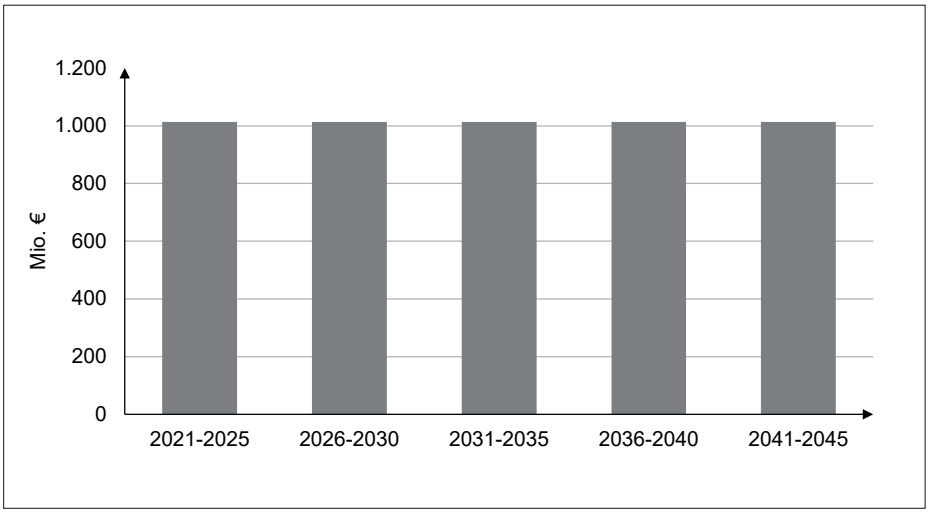
Externe Faktoren

Das Absinken der CO_2-Emissionen bis 2035 folgt aus der zunehmenden Dekarbonisierung des fremdbezogenen Stroms (Scope 2). Die Emissionsentwicklung dieses Pfades ist somit im Wesentlichen abhängig von der Zusammensetzung des deutschen Strommixes, der auf dem Erfolg der Energiewende in Deutschland und der Erreichung einer weitestgehenden Klimaneutralität im Stromsektor bis 2035 beruht.

Damit hängt die Dekarbonisierungswirkung von einem übergeordneten externen Faktor ab, auf den die Gießerei-Industrie keinen Einfluss nehmen kann. Die Branche ist somit – und das gilt für alle betrachteten Pfade – für die Erreichung der Treibhausgasneutralität in hohem Maße darauf angewiesen, dass Deutschland seine Dekarbonisierungsziele im Stromsektor erreicht und ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht.



Entwicklung der durchschnittlichen Kosten pro Jahr bis 2045 in Pfad 1



Entwicklung des durchschnittlichen Investitionsbedarfs bis 2045 in Pfad 1

Pfad 2: Elektrifizierung von Thermoprozessen – der Weg zur Treibhausgasneutralität

In diesem Pfad wird von einer Elektrifizierung der Thermoprozesse in allen Gießereitypen ausgegangen. Dies hat bei Anlagen der Modellgießerei 1 (Heißwindkupolofen) oder 2b (Kaltwindkupolofen) die größten betrieblichen Veränderungen zur Folge. Die Schmelzaggregate in den anderen Modellgießereien werden vielfach bereits elektrisch betrieben. Der Switch von fossilen Energieträgern auf Strom betrifft weitere Gießereiprozesse, insbesondere die Erdgas-basierten Prozesse Wärmebehandlung und Pfannenvorwärmung.

In der Modellierung führt eine konsequente Umsetzung der Elektrifizierung aller Thermoprozesse zur vollständigen Treibhausgasneutralität der Branche. Hierbei wird die Elektrifizierung als Umstellung von fossilen Energieträgern (Koks, Erdgas) auf elektrischen Strom angenommen. Aufgrund der Verfügbarkeit der erforderlichen technischen Lösungen ist Pfad 2 für die meisten Gießereistandorte ein praktikabler Weg zur Dekarbonisierung.

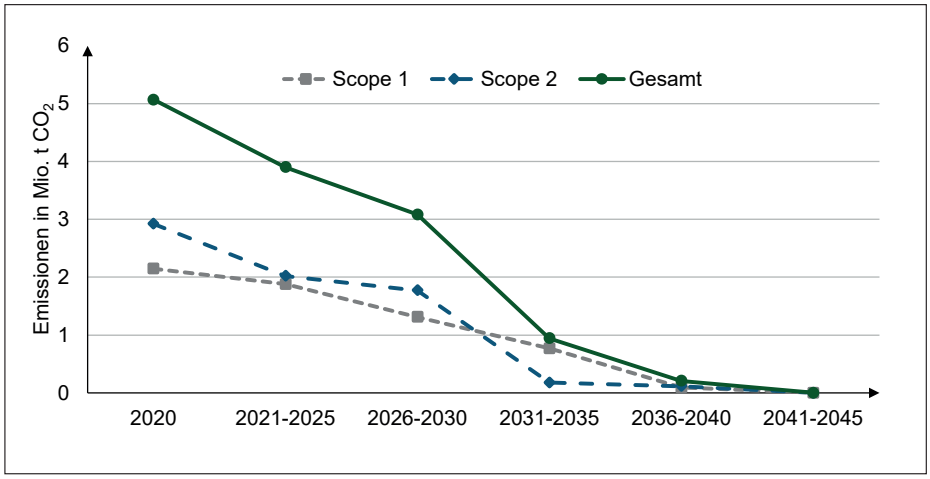
Emissionsentwicklung und Energiebedarf

> Pfad 2 führt zur vollständigen Treibhausgasneutralität: Bis 2035 wird eine Senkung der Emissionen von 5,1 auf 0,9 Mio. t CO_2 p.a. angenommen, 2045 liegen die CO_2-Emissionen bei null.

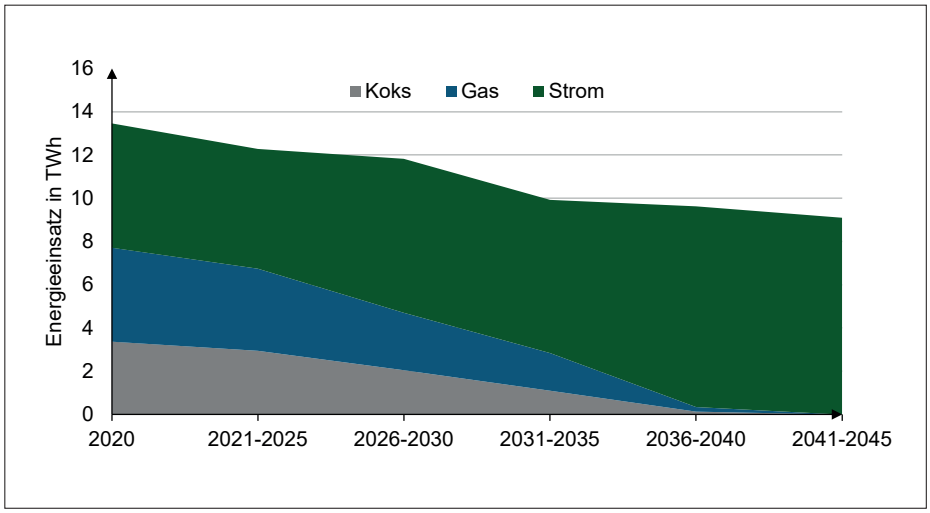
> Der Gasbedarf sinkt im Vergleich zum Basisjahr 2020 bis 2035 um 60 Prozent, der Koksbedarf um 67 Prozent. Im Zeitraum 2036 bis 2045 werden nur noch geringe Mengen der Energieträger Koks und Erdgas verwendet und bis 2045 sind die fossilen Energieträger gänzlich durch Strom ersetzt.

> Demgegenüber steigt der Strombedarf bis 2045 um 58 Prozent auf 9,1 TWh.

Entwicklung der durchschnittlichen Emissionen pro Jahr bis 2045 in Pfad 2



Entwicklung des durchschnittlichen Energieträgereinsatzes pro Jahr bis 2045 in Pfad 2



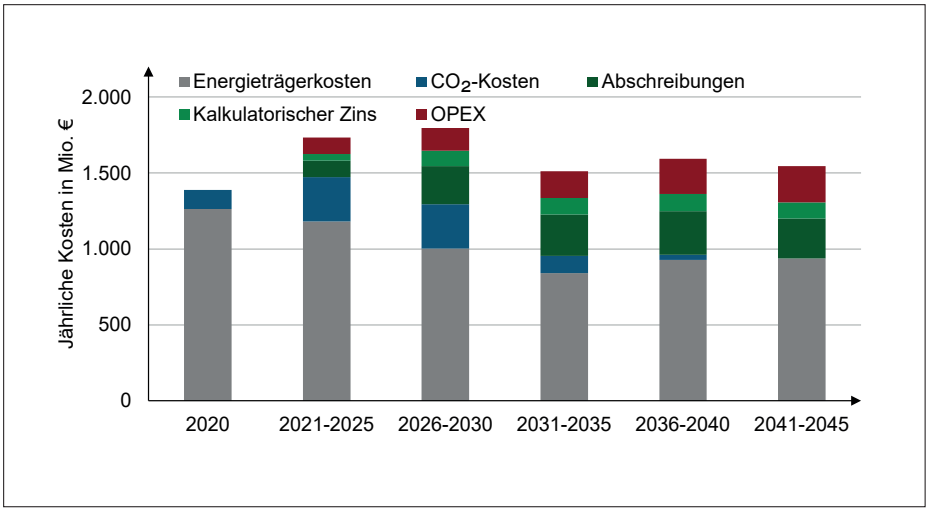
Kostenentwicklung und Investitionsbedarf

> Pfad 2 ist aufgrund der in Deutschland sehr hohen Strompreise mit erheblichen Kosten verbunden.
> Der ermittelte Gesamtinvestitionsbedarf beträgt 6,4 Mrd. Euro, wobei der Investitionsschwerpunkt im Zeitraum von 2026 bis 2040 liegt.
> Bei den Gießereien mit Heißwindkupolofen (MG1) verfünffachen sich die Investitionsbedarfe von 170 auf über 800 Mio. Euro im Vergleich zu Pfad 1. Es gibt zwar nur rund zwei Dutzend dieser Anlagen, allerdings sind die notwendigen Investitionssummen pro Standort hoch. Durch den umfangreichen Umbau der Schmelzbetriebe entfallen allein auf MG 1 13 Prozent der Gesamtinvestitionen.
> Für die zahlreichen Standorte der MG 2a und 4 wurden über den gesamten Zeitraum Investitionskosten von 1,85 bzw. 2,62 Mrd. Euro ermittelt.
> Nicht in der Modellierung berücksichtigt, aber dennoch nicht zu unterschätzen sind die finanziellen Aufwände für bauliche Anpassungen der Werksgebäude sowie für die erforderlichen Stromnetzanschlüsse.

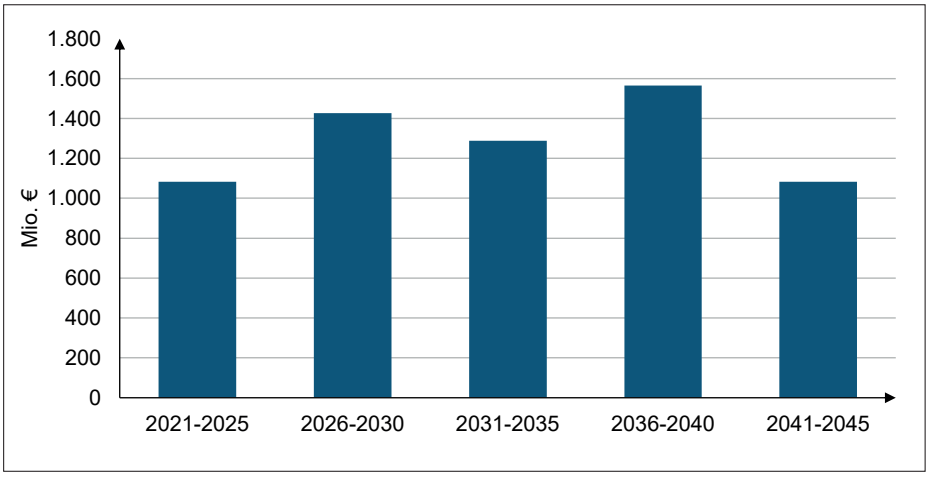
Externe Faktoren

Das vollständige Absenken der CO_2-Emissionen bis hin zur Treibhausgasneutralität in der Gießerei-Industrie basiert auf der angenommenen Erreichung der deutschen Ziele zur Transformation der Stromversorgung bis zum Jahr 2035. Dies liegt außerhalb des unmittelbaren Einflusses der Branche. Die erfolgreiche Dekarbonisierung des Stromsystems ist somit eine fundamentale Voraussetzung für die Dekarbonisierung der Branche.

Grüner Strom muss zudem in ausreichender Menge und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Hierbei müssen auch die Netzentgelte als wichtiger Preisbestandteil der Energiekosten betrachtet werden. Dauerhaft hohe Stromkosten stellen einen Nachteil für den Wirtschaftsstandort Deutschland dar und gefährden die Wirtschaftlichkeit der Gießerei-Industrie.



Entwicklung der durchschnittlichen Kosten pro Jahr bis 2045 in Pfad 2



Entwicklung des durchschnittlichen Investitionsbedarfs bis 2045 in Pfad 2

Pfad 3: Biokoks und CCU – der Übergangspfad für Heißwindkupolöfen

Der Ersatz von 40 Prozent des fossilen Gießereikokses durch Biokoks und die CO_2-Abscheidung mit Methanolsynthese durch CCU (Carbon Capture and Utilization) bei Elektrifizierung aller weiteren Thermoprozesse sowie Anwendung der BVT führt nicht zur Treibhausgasneutralität. Dieser Pfad ist jedoch für Gießereien mit Heißwindkupolofen (MG 1) eine technisch und wirtschaftlich attraktive Option, die CO_2-Emissionen signifikant zu reduzieren. Da Gießereikoks auch eine strukturbildende Funktion im Schmelzaggregat besitzt und Biokoks die erforderliche Heißfestigkeit zurzeit nicht aufbringt, wird nicht von einer vollständigen Substitution des fossilen Gießereikokses durch Biomasse-Karbonisat (kurz „Biokoks“) ausgegangen. Die verbleibenden CO_2-Emissionen werden deshalb anteilig für die Herstellung von Methanol abgeschieden. Somit ist Pfad 3 eine Übergangslösung, die ohne größere Investitionen Emissionen reduziert.

Emissionsentwicklung und Energiebedarf

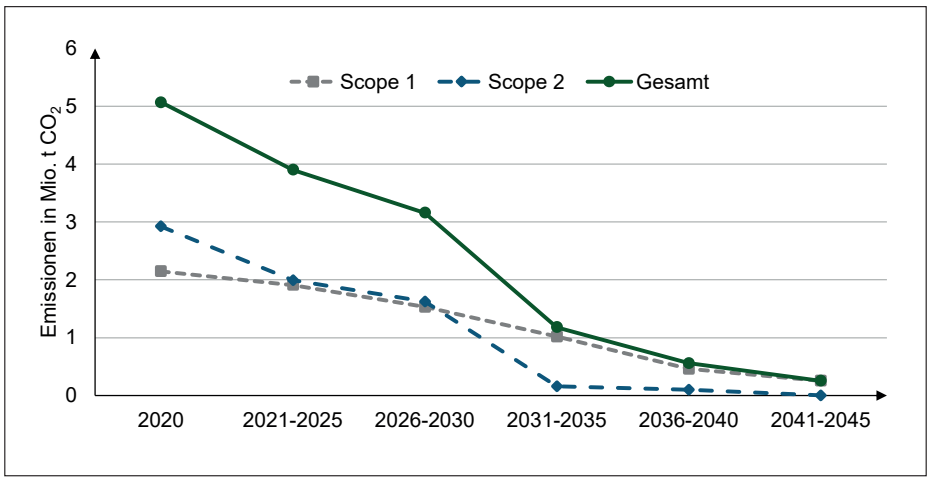
> Im Pfad 3 entwickeln sich die CO_2-Emissionen aller Modellgießereien bis 2035 ähnlich zum Pfad 2 (Elektrifizierung), was vor allem an der Reduktion der fossilen Anteile im deutschen Strommix liegt.

> Da es in den MG 1 nicht zum kompletten Ausstieg aus fossilem Koks kommt und die Emissionen nicht gänzlich abgeschieden werden können, verbleiben im Jahr 2045 0,25 Mio. t CO_2-Emissionen.

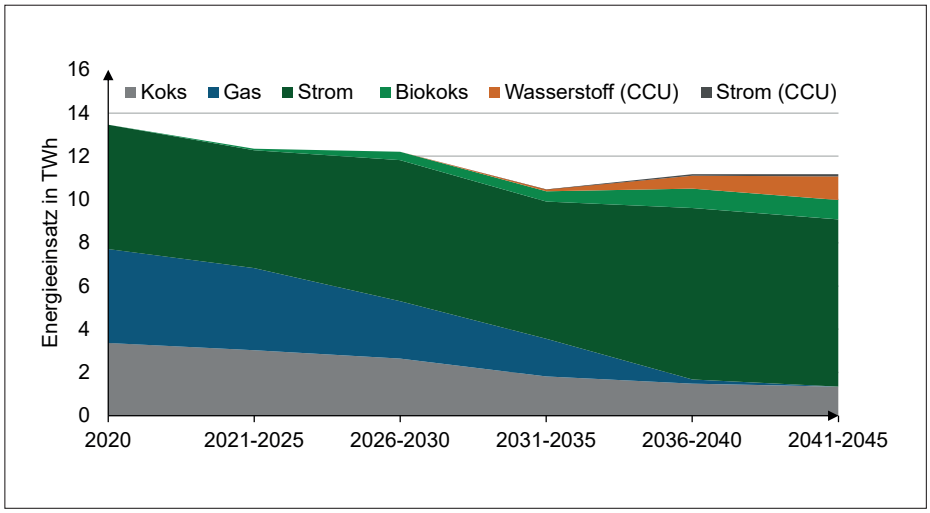
> Bis 2045 verringert sich der fossile Koksverbrauch um 60 Prozent von 3,4 auf 1,3 TWh. Zudem werden 0,9 TWh Biokoks verbraucht. Die der CO_2-Abscheidung nachfolgende Methanolsynthese erfordert im Jahr 2045 1,1 TWh Wasserstoff.

> Der Strombedarf steigt bis 2045 im Vergleich zu 2020 um 34 Prozent von 5,8 auf 7,7 TWh.

Entwicklung der durchschnittlichen Emissionen pro Jahr bis 2045 in Pfad 3



Entwicklung des durchschnittlichen Energieträgereinsatzes pro Jahr bis 2045 in Pfad 3



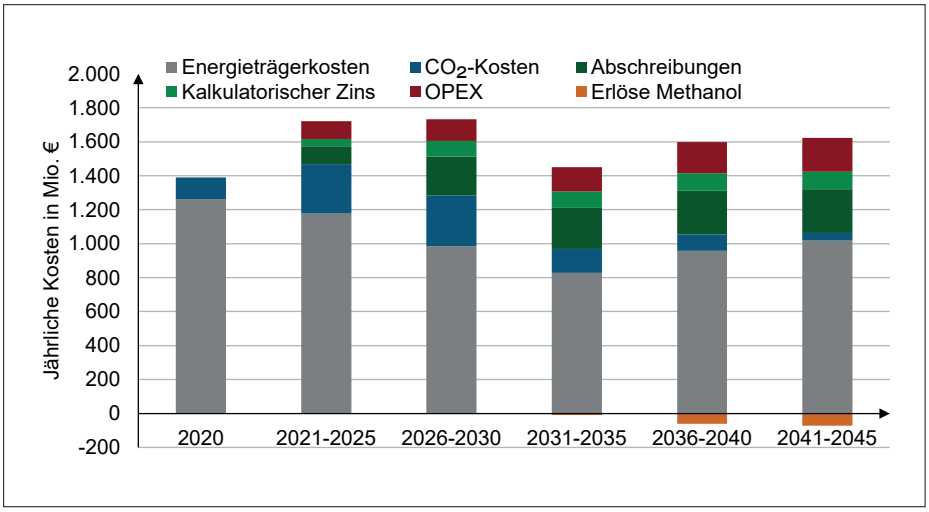
Kostenentwicklung und Investitionsbedarf

> Beim Einsatz von Biokoks im Heißwindkupolofen (MG1) wird von moderaten Brennstoffkosten und vergleichsweise geringem Investitionsbedarf im technisch/baulichen Bereich ausgegangen. Hinzu kommen jedoch hohe Investitionskosten durch die Nutzung von Wasserstoff für die Methanolsynthese. Aufgrund der voraussichtlich mangelnden Verfügbarkeit von Wasserstoff könnte dieses Szenario erst nach 2035 realisiert werden und stellt somit keine Option für ein früheres Handeln dar.

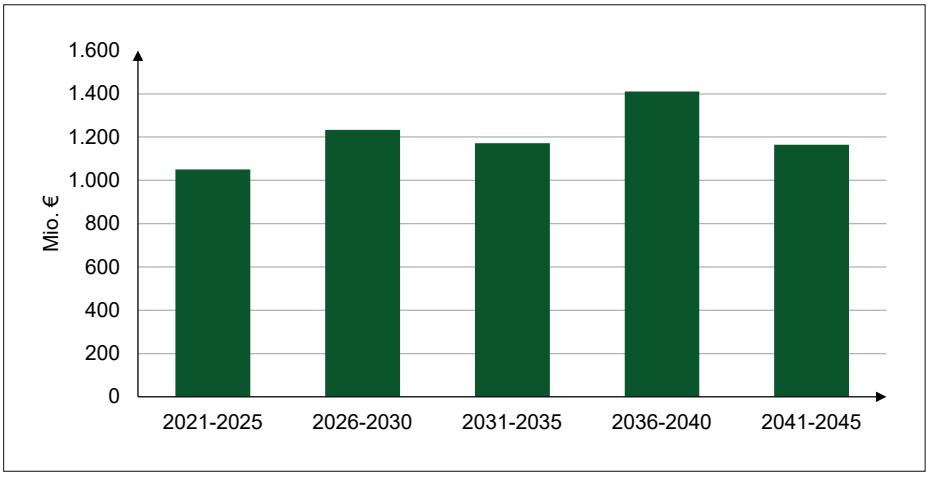
> Insgesamt ist dieser Pfad mit einem Investitionsvolumen von ca. 6 Mrd. Euro verbunden, davon 402 Mio. Euro für Gießereien mit Heißwindkupolofen. Außerdem schlägt sich der Bedarf an Wasserstoff für die Methanolsynthese bei den Energieträgerkosten nieder, auch wenn diese Kosten durch den Verkauf des gewonnenen Methanols teilweise kompensiert werden können.

Externe Faktoren

Für Pfad 3 bestehen Unsicherheiten hinsichtlich Regulatorik, Infrastruktur und Verfügbarkeit sowohl für Biokoks als auch Wasserstoff. Da ist zum einen die aus heutiger Sicht für viele Gießereistandorte unwahrscheinliche bzw. kostspielige Anbindung an eine zu schaffende Wasserstoffinfrastruktur. Wann und in welchem Umfang die Nutzung von grünem Wasserstoff möglich sein wird, ist derzeit kaum vorhersehbar. Zum anderen ist die rechtliche Zulässigkeit des Einsatzes von Biokoks bzw. hochwertiger Biomasse in thermischen Prozessen rechtlich bislang nicht sichergestellt. Aufgrund der unvollständigen Minderung der CO_2-Emissionen, der hohen Komplexität sowie der Abhängigkeit von den genannten Faktoren erscheint Pfad 3 wegen seines technisch und wirtschaftlichen Potenzials als Übergangspfad dennoch attraktiv.



Entwicklung der durchschnittlichen Kosten pro Jahr bis 2045 in Pfad 3



Entwicklung des durchschnittlichen Investitionsbedarfs bis 2045 in Pfad 3

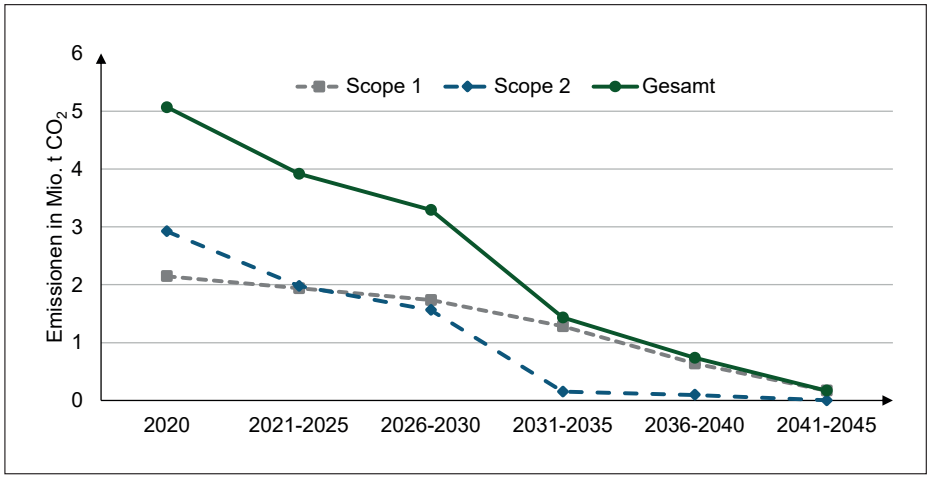
Pfad 4: Wasserstoff statt Gießereikoks – potenzielle Alternative für Heißwindkupolöfen

Diesem Transformationspfad liegt im Wesentlichen die Substitution von 80 Prozent des Gießereikokses durch Wasserstoff in Heißwindkupolöfen (MG 1) bei Elektrifizierung aller weiteren Thermoprozesse sowie Anwendung der BVT zugrunde. Für die Strukturbildung und Aufkohlung im Kupolofen wird von der Verwendung eines bleibenden Anteils von 20 Prozent Gießereikoks ausgegangen. Sofern das Problem der mangelnden Heißfestigkeit von Biokoks gelöst würde, könnte dieser den fossilen Koks ersetzen.

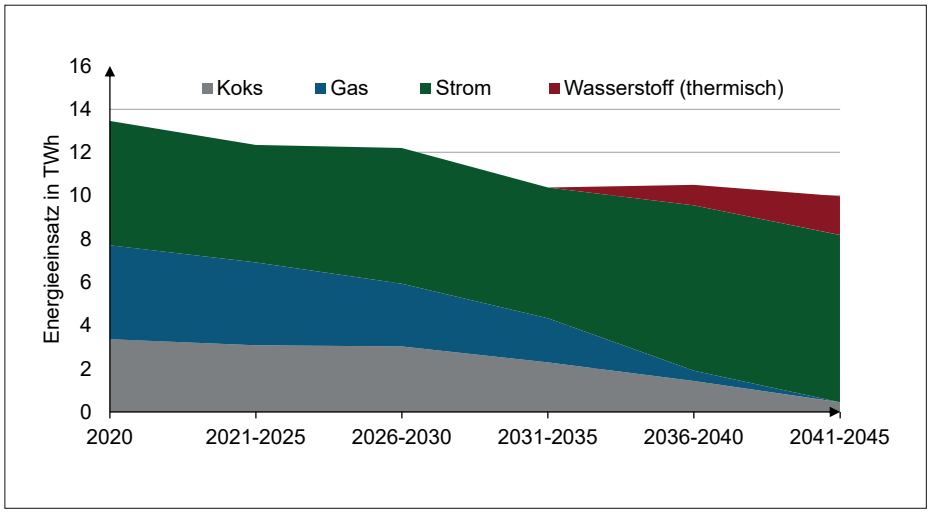
Emissionsentwicklung und Energiebedarf

> Pfad 4 führt zwar zu stark reduzierten CO_2-Emissionen, erreicht jedoch keine branchenweite Treibhausgasneutralität.
> Am Ende des Betrachtungszeitraums 2045 verbleibt ein fossiler Koksverbrauch von 0,45 TWh, was einer Reduktion um 87 Prozent gegenüber dem Jahr 2020 entspricht. Daraus resultieren Restemissionen von 0,2 Mio. t CO_2.
> Von einer Wasserstoffnutzung in MG 1 wird aufgrund der späten Verfügbarkeit erst nach dem Jahr 2035 ausgegangen. Dann entsteht ein thermischer Bedarf von Wasserstoff in Höhe von 1,8 TWh.
> Der Strombedarf steigt im Vergleich zum Jahr 2020 um 34 Prozent von 5,7 auf 7,7TWh, obwohl sich Effizienzgewinne positiv auswirken. Durch die Elektrifizierung aller gasbasierten Thermoprozesse wird der Gasbedarf bis 2035 mehr als halbiert und entfällt 2045 komplett.
> Der Betrieb von Heißwindkupolöfen mit Wasserstoff ist nicht im industriellen Maßstab erprobt; es besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Zurzeit ist ungeklärt, ob diese Technik die nötige technologische Reife der Pfade 2 oder 3 (Elektrifizierung und Biokoks/CCU) erreichen wird.

Entwicklung der durchschnittlichen Emissionen pro Jahr bis 2045 in Pfad 4



Entwicklung des durchschnittlichen Energieträgereinsatzes pro Jahr bis 2045 in Pfad 4

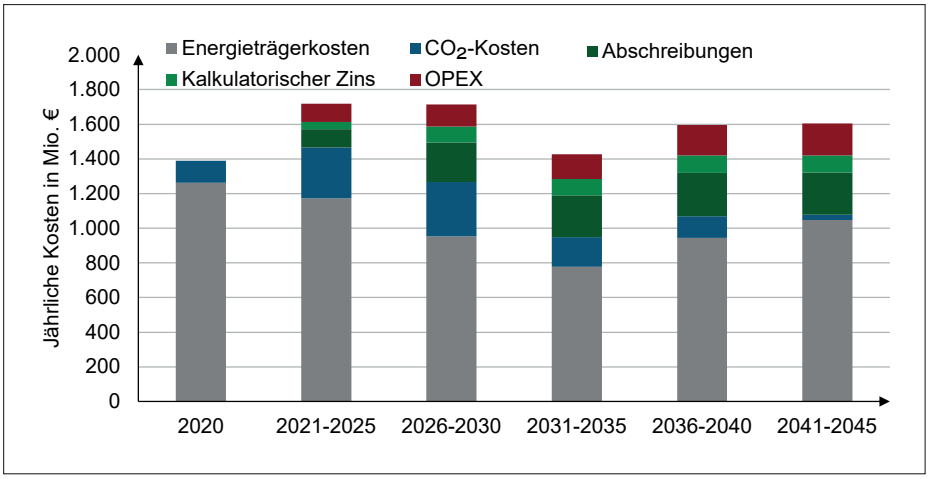


Kostenentwicklung und Investitionsbedarf

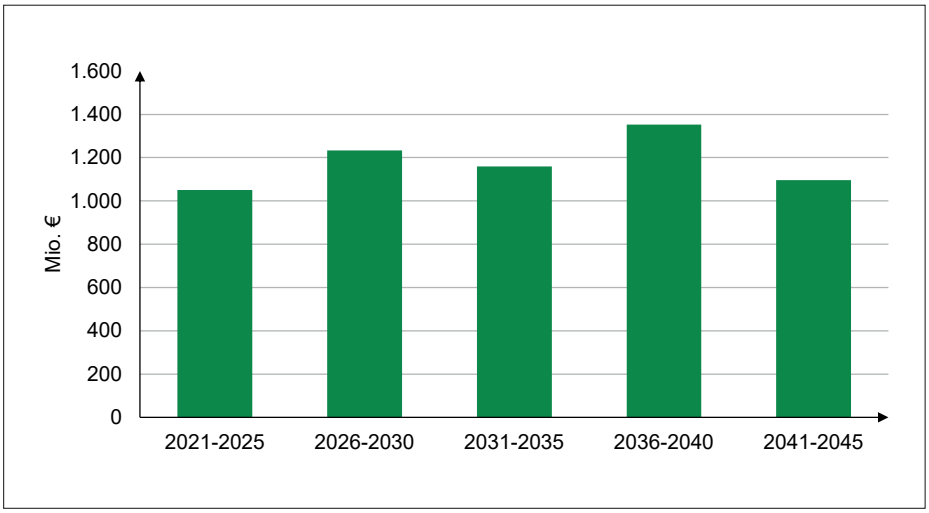
> Zur Umsetzung aller Maßnahmen fallen in den Modellgießereien über den gesamten Betrachtungszeitraum Investitionskosten von ca. 5,9 Mrd. Euro an.
> Die Investitionen für die Umrüstung der Anlagen für Gießereien mit Heißwindkupolofen auf die thermische Nutzung von Wasserstoff betragen 265 Mio. Euro. Zwar sind Umrüstungen an den Schmelzanlagen notwendig, jedoch werden diese als weniger aufwändig angenommen als die Investitionen in die Pfade 2 oder 3 (Elektrifizierung bzw. Biokoks/CCU).
> Der thermische Einsatz von Wasserstoff führt jedoch zu höheren Energieträgerkosten für Gießereien mit Heißwindkupolöfen. Dadurch weist dieser Pfad die vergleichsweise höchsten Kosten für Energieträger auf.

Externe Faktoren

Für die thermische Verwendung von Wasserstoff in diesem Pfad gelten die gleichen Unwägbarkeiten wie bei der Verwendung von Wasserstoff für die Methanolsynthese (CCU, Pfad 3). Essentielle Voraussetzungen sind eine ausreichende Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff sowie die Anbindung an eine funktionierende Wasserstoffinfrastruktur. Beides liegt außerhalb der Einflussmöglichkeiten der Branche. Aus heutiger Sicht erscheint es wenig realistisch, dass Gießereien zu vertretbaren Kosten einen baulichen Anschluss an das Wasserstoffnetz erhalten werden. Zudem ist bei diesem Szenario der mangelnde technologische Reifegrad der thermischen Nutzung von Wasserstoff im Kupolofen zu berücksichtigen.



Entwicklung der durchschnittlichen Kosten pro Jahr bis 2045 in Pfad 4



Entwicklung des durchschnittlichen Investitionsbedarfs bis 2045 in Pfad 4

Überblick Treibhausgasminderung

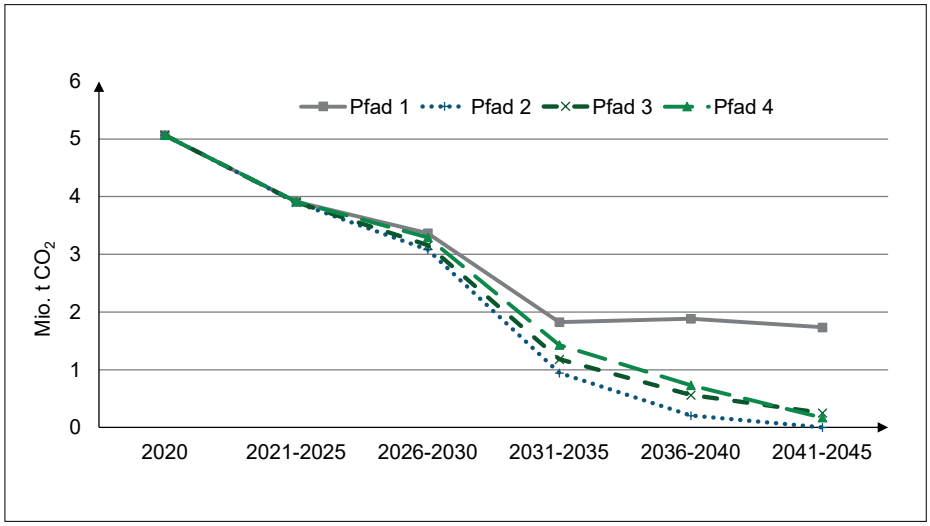
Pfad 1 (Anwendung BVT): Die Anwendung der Besten Verfügbaren Techniken führen bis zum Jahr 2045 zu einer Reduktion der Emissionen von 5 auf 1,7 Mio. t CO_2. Diese Minderung resultiert aus Effizienzgewinnen sowie in viel stärkerem Maße aus dem stetig steigenden Anteil erneuerbarer Energien im eingekauften Strom. Nach dem Willen des Gesetzgebers soll die Stromversorgung bereits im Jahr 2035 nahezu klimaneutral sein, also nahezu vollständig durch erneuerbare Energien und grünen Wasserstoff erfolgen. Da in diesem Pfad keine weiteren emissionsmindernden Maßnahmen vorgenommen werden, stagnieren die CO_2-Emissionen aus Scope 1 ab 2035 auf gleichbleibendem Niveau.

Pfad 2 (Elektrifizierung): Nur die Elektrifizierung aller Thermoprozesse führt zur Treibhausgasneutralität der Branche. Dieser Transformationspfad ist allerdings im hohem Maße abhängig von der Verfügbarkeit (grünen) elektrischen Stroms zu wettbewerbsfähigen Preisen.

Pfad 3 (Biokoks + CCU): Die anteilige Nutzung von Biokoks in Heißwindkupolöfen bei Elektrifizierung aller weiteren Thermoprozesse sowie Anwendung der BVT führt zu Restemissionen von ca. 0,3 Mio. t CO_2 im Zieljahr 2045. Zu den Unwägbarkeiten dieses Pfades zählt, dass der Einsatz von Biomasse in thermischen Prozessen bislang rechtlich nicht abgesichert und eine CO_2-Abscheidung technisch bedingt nicht vollständig möglich ist. Zudem erfordert der Einsatz von Wasserstoff für die Methanolsynthese (CCU) die Anbindung an ein Wasserstoffnetz.

Pfad 4 (Wasserstoff): Die Notwendigkeit einer Wasserstoffinfrastruktur betrifft auch auf die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger in Heißwindkupolöfen, der zu ähnlich niedrigen Restemissionen von 0,2 Mio. t CO_2 im Zieljahr 2045 führt. Ein weiteres Hemmnis für diesen Transformationspfad stellt die bislang nicht vorhandene technologische Reife des Einsatzes von Wasserstoff in Heißwindkupolöfen dar.

Entwicklung der CO_2-Emissionen im Vergleich



Überblick Investitionsbedarf

Pfad 1 (Anwendung BVT): Die kontinuierliche Anwendung der Besten Verfügbaren Techniken erfordert in gleichem Maße beständige Investitionen in die Anlagentechnik (Pfad 1). Dieser Basisinvestitionsbedarf von 5,1 Mrd. Euro ist gleichmäßig über den gesamten Zeitraum verteilt.

Die Investitionsbedarfe für die Pfade 2, 3 und 4 berücksichtigen stets Investitionen für die Anwendung der BVT. Hinzu kommen die Investitionskosten für die spezifischen Transformationsmaßnahmen der einzelnen Pfade.

Aufgrund der hohen Anzahl von Anlagen der Modellgießereien 2a und 4 (Eisengießereien mit Induktionsofen und NE-Metall-Druckgießereien) entfallen auf diese Gießereitypen insgesamt stets die höchsten Investitionskosten pro Pfad.

Pfad 2 (Elektrifizierung): Der Gesamtinvestitionsbedarf für diesen Pfad beträgt 6,45 Mrd. Euro, wobei der Schwerpunkt der Investitionen im Zeitraum 2026 bis 2040 liegt. Davon entfallen auf die Modellgießereien 2a und 4 Investitionskosten von 1,85 bzw. 2,62 Mrd. Euro. Für Anlagen mit Heißwindkupolofen (MG1) entsteht ein Investitionsbedarf von 816,5 Mio. Euro. Bei diesen Gießereien führt die Elektrifizierung aller Thermoprozesse zu erheblichen Mehrbedarfen an Investitionen im Vergleich zu den alternativen Transformationsmaßnahmen in Pfad 3 oder 4. Für die Elektrifizierung von Gießereien mit Kaltwindkupolofen belaufen sich die Investitionen auf 231 Mio. Euro.

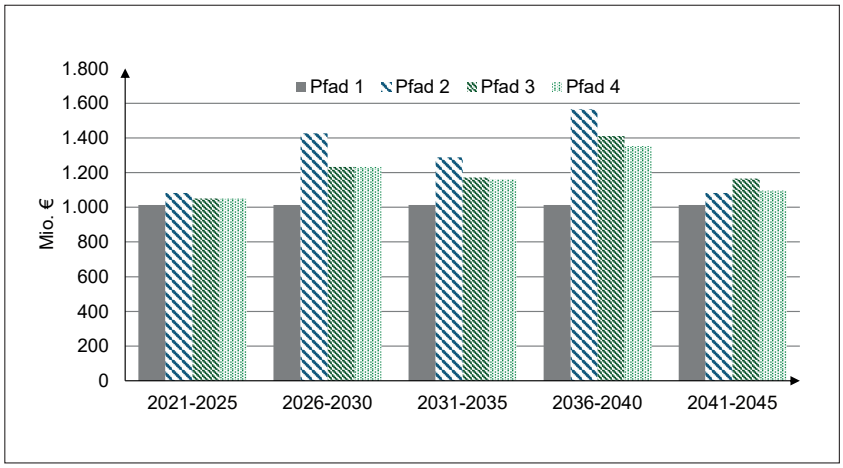
Pfad 3 (Biokoks + CCU): Insgesamt ist dieser Pfad mit einem Investitionsvolumen von 6,03 Mrd. Euro verbunden, davon 402 Mio. Euro für Gießereien mit Heißwindkupolofen. Der Einsatz von Biokoks im Heißwindkupolofen (MG1) erfordert relativ geringe Investitionsbedarfe, da die Schmelzanlage weitergenutzt werden kann. Der größte Anteil des Investitionsvolumens ist der Verwendung von Wasserstoff für die Methanolsynthese (CCU) zuzurechnen.

Pfad 4 (Wasserstoff): Für die Umrüstung von Gießereien mit Heißwindkupolofen auf den Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff wird im Vergleich zur Elektrifizierung ebenfalls ein geringerer Investitionsaufwand angenommen, da das Schmelzaggregat in diesem Szenario grundsätzlich weitergenutzt werden kann. Insgesamt ist dieser Pfad mit Investitionskosten von 5,89 Mrd. Euro verbunden, davon entfallen 264 Mio. Euro auf Gießereien mit Heißwindkupolofen.

In die Modellierung der Investitionsbedarfe nicht inkludiert sind zusätzliche finanzielle Aufwände für die erforderliche Strom- und Wasserstoffinfrastruktur, zu schaffende Netzanschlüsse sowie Umbaumaßnahmen an Werksgebäuden.

Die Tabelle auf der nächsten Seite zeigt die jeweiligen Investitionskosten je Modellgießerei und Maßnahme. Die Investitionskosten der Maßnahmen wurden als Durchschnittswert pro Gießerei betrachtet. Sie ergeben sich aus der Anzahl der umgerüsteten Anlagen im Zeitraum und dem CAPEX pro Anlage bei Umsetzung der Maßnahme. Für zusätzliche Betriebskosten wurden vereinfachend 10 Prozent der Investitionskosten angenommen.

Investitionen pro Pfad und Periode im Vergleich



Investitionsparameter		
	Maßnahmen	**CAPEX (Durchschnitt pro Gießerei bei Umsetzung in Euro)**
MG 1 (Eisengießerei mit Heißwind-kupolofen)	Anwendung BVT	**300.000**
	Umstellung auf Elektro-Öfen	**28.000.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (Pfannentrocknung und -vorwärmung, Wärmebehandlung)	**200.000**
	Umrüstung auf 40 Prozent Biokoks-Anteil	**0**
	Abscheidung von 50 Prozent der Restemissionen für CCU	**10.000.000**
	Umrüstung auf 80 Prozent Wasserstoff-Anteil (thermisch)	**4.000.000**
MG 2a (Eisengießerei mit Induktions-ofen)	Anwendung BVT	**600.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen	**450.000**
MG 2b (Eisengießerei mit Kaltwind-kupolofen)	Anwendung BVT	**120.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen	**7.050.000**
MG 3 (Stahlgießerei mit Elektrolicht-bogenofen)	Anwendung BVT	**200.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen	**1.850.000**
MG 4 (Nichteisen-metall-Druck-guss)	Anwendung BVT	**400.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen	**1.400.000**
MG 5 (Nichteisen-metall-Kokillen-, Sandguss)	Anwendung BVT	**200.000**
	Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen	**1.200.000**

Handlungsempfehlungen für die Gießereien

Bereits die Anwendung der Besten Verfügbaren Techniken (Pfad 1) führt bis zum Jahr 2045 zu einer Verringerung der Emissionen um rund 3 Mio. t CO_2. Voraussetzung ist die konsequente Umsetzung der BVT, um eine kontinuierliche Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz zu realisieren.

Das Klimaziel der Treibhausgasneutralität kann ausschließlich durch die Elektrifizierung aller Thermoprozesse (Pfad 2) erreicht werden. Für die meisten Gießereien ist das ein gangbarer Weg, da bereits viele Prozesse mit Strom betrieben werden und technische Lösungen weitestgehend zur Verfügung stehen. Zugleich ist die Elektrifizierung aber auch der investitionsintensivste der vier betrachteten Transformationspfade.

Besonders für Gießereien mit Heißwindkupolöfen (MG 1) stellt die Umstellung auf elektrische Schmelzanlagen eine erhebliche Herausforderung dar.

Aus diesem Grund sind für die Modellgießereien des Typs MG 1 auch Übergangspfade (Pfad 3 und 4) betrachtet worden. Gegenüber der Nutzung von Biokoks (Pfad 3) ist der technologisch nicht ausgereifte thermische Einsatz von Wasserstoff (Pfad 4) allerdings mit so großen Unsicherheiten behaftet, dass er wenig realistisch erscheint.

Insgesamt ist festzuhalten, dass auf die Branche auf ihrem Weg zur Treibhausgasneutralität erhebliche Investitionen zukommen. Zudem kann ein wesentlicher Faktor von den Unternehmen nicht beeinflusst werden: Die ausreichende Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien zu wettbewerbsfähigen Kosten.

FOTO: FRITZ WINTER EISENGIESSEREI

Forderungen an die Politik

Für die Unternehmen der deutschen Gießerei-Industrie sind Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen ökonomisch sinnvoll, ja notwendig – können doch selbst Maßnahmen mit hohen Investitionskosten aufgrund eingesparter Betriebskosten perspektivisch rentabel sein. Es gibt jedoch Faktoren, auf die die Branche keinen Einfluss hat. Diese Rahmenbedingungen müssen vielmehr auf politischer Ebene geschaffen werden. Sie sind Voraussetzung, damit die Branche angesichts der mit den genannten Investitionen verbundenen Risiken ihrer Verantwortung gegenüber ihren Stakeholdern gerecht werden kann.

Energiekosten und CO_2-Preise

Die aktuellen Stromkosten in Deutschland stellen ein Hemmnis für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie dar. Aufgrund nationaler Regelsetzung ist ein weiterer Anstieg der Energiekosten und CO_2-Preise in Deutschland bis 2050 zu erwarten. Es ist Aufgabe der Bundespolitik, für ein Level Playing Field zu sorgen, welches deutsche Gießereien vor Wettbewerbsnachteilen gegenüber Unternehmen in Ländern mit geringeren Umwelt- und Sozialauflagen schützt. Eine Produktionsverlagerung aufgrund mangelnder Standortattraktivität ist für die mittelständischen Unternehmen weder wirtschaftlich noch ökologisch und sozial erstrebenswert.

Strom aus erneuerbaren Quellen muss deshalb nicht nur in ausreichender Menge, sondern auch zu wettbewerbsfähigen Kosten zur Verfügung stehen. Zum einen müssen Großhandelspreise durch ein ausreichendes Stromangebot, Speicherkapazitäten und wirtschaftliche Lösungen für das Management von Spitzenlasten auf ein geringeres Niveau gebracht werden. Zum anderen muss die Politik den steigenden Netzentgelten nachhaltig entgegenwirken.

Zudem benötigen die Unternehmen finanzielle Unterstützung bei der Schaffung der erforderlichen Netzanschlüsse. Diese nicht zu unterschätzende Kostenkomponente wurde in dieser Roadmap nicht berücksichtigt. Sie sollte jedoch bei der finanziellen Förderung von Elektrifizierungsmaßnahmen beachtet werden.

Versorgungssicherheit – Infrastruktur für Wasserstoff, Strom, CO_2

Die vollständige Transformation der Gießerei-Industrie vollzieht sich über die Elektrifizierung ihrer Thermoprozesse. Nicht nur die vollständige Elektrifizierung der Schmelzanlagen in Pfad 2, sondern auch die diesbezüglichen Maßnahmen der anderen Transformationspfade resultieren in erhöhten Strombedarfen. Da die Branche somit in Zukunft in höherem Maße Netzstrom beziehen wird, ist ihre Dekarbonisierung eng mit der des gesamten Stromsystems verbunden. Der Erfolg der Transformation der deutschen Gießerei-Industrie hängt also wesentlich davon ab, dass Deutschland seine Ziele zur Energiewende bis 2035 erreicht und den erforderlichen Ausbau aller erneuerbaren Energieträger und der notwendigen Speicherkapazitäten gewährleistet. Grüner Strom muss überall, in ausreichender Menge und jederzeit zur Verfügung stehen.

Viele der mittelständischen Gießereien sind historisch bedingt eher nicht in städtischen Ballungsgebieten oder Industrieparks angesiedelt. Für diese Standorte bedingt die Elektrifizierung von Prozessen einen infrastrukturellen Ausbau, zum Teil sogar die komplette Neuinstallation des erforderlichen Netzanschlusses. Dafür müssen regionale Verteilnetze ausreichend dimensioniert sein, um die zusätzlichen Strombedarfe realisieren zu können. Eine frühzeitige Einbindung der Gießereien in lokale Netzplanungsprozesse kann dazu beitragen, Bedarfe adäquat und frühzeitig zu berücksichtigen.

Die Nutzung von Wasserstoff ist als Option für die Transformation zwar regulatorisch festgelegt. Es sind jedoch noch viele Fragen zu Verfügbarkeit, Zugangsperspektive und Zugangskosten sowie zur schaffenden Wasserstoffinfrastruktur zu klären. In den Pfaden 3 und 4 wären große Wasserstoffmengen nicht nur für die direkte Nutzung von Wasserstoff als Energieträger, sondern auch für die Nutzung von CO_2 zur Methanolsynthese (CCU) erforderlich. Die Verfügbarkeit des benötigten Wasserstoffbedarfs ist derzeit weder vor- noch darstellbar.

Regulatorische Planungssicherheit für Biomasse und CCU

Die anteilige Nutzung von Biokoks und CCU in Gießereien mit Heißwindkupolöfen könnte mehr als eine Brückentechnologie darstellen – sie böte vielmehr eine weniger investitionsintensive Lösung zur Emissionsminderung in Heißwindkupolöfen, bevor die

betroffenen Standorte Maßnahmen zur Elektrifizierung durchführen.

Voraussetzung hierfür ist allerdings die schnellstmögliche Klärung des rechtlichen Zulässigkeit. Die regulatorische Grundlage hierfür bildet die europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Richtlinie (EU) 2023/2413 „RED“)[7] sowie deren Umsetzung in das nationale Regelwerk. Darin wird eine thermische Nutzung hochwertiger Biomasse äußerst restriktiv gehandhabt. Zudem besteht bereits heute eine hohe Nutzungskonkurrenz um die in Deutschland verfügbare nachhaltige Biomasse.

Die Bundesregierung sollte regulatorische Unsicherheiten um den Einsatz von Biokoks schnell auflösen und mit einer klaren Entscheidung Planungssicherheit herstellen. Zur Klärung der Optionen sollte z.B. die Nationale Biomassestrategie fertiggestellt und mit künftigen Gesetzesvorhaben der Bundesregierung abgestimmt werden.

Rohstoffsicherheit

Als eher rohstoffarmes Land wird Deutschland auch zukünftig abhängig vom Import von Rohstoffen und Energieträgern sein. Eine gesicherte Versorgung mit Rohstoffen ist jedoch essenziell für die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit der Gießerei-Industrie. Essentiell wichtige Handlungsfelder für die Branche sind hierbei die Verfügbarkeit von sekundären und primären Rohstoffen (insbesondere von Schrotten, Primärmetallen und Roheisen) sowie von Kohlenstoff als Aufkohlungsmittel.

Die Bundesregierung ist aufgerufen, handelspolitisch strategische Weitsicht zu beweisen, um eine Benachteiligung der heimischen Produktion gegenüber dem Weltmarkt zu vermeiden. Betroffen hiervon sind Zölle, Sanktionen sowie sonstige Handelsrestriktionen, Bündnisse und den Schutz von Deutschland als zuverlässigem Produktionsstandort. Damit dessen Gießereien auch zukünftig die Global Player der Fahrzeugindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus zuverlässig beliefern können.

[7] Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates

Kupolöfen als Instrumente der Kreislaufwirtschaft

Im Dezember 2024 wurden Kupolöfen als Beste Verfügbare Technik durch die EU-Kommission bestätigt. Mehr noch: Heißwindkupolöfen, die mit biogenen Brennstoffen betrieben werden können, fanden als sog. Emerging Technique (Zukunftstechnik) Eingang in das gießereispezifische BVT-Dokument (SF BREF). Hintergrund hierfür ist die Wirkungsweise der Kupolöfen als Instrumente der Circular Economy. Gießereien sind Pioniere der Kreislaufwirtschaft. Der metallische Sekundäranteil in Eisengießereien beträgt durchschnittlich 90 Prozent. Das entspricht jährlich fast 4 Mio. t Schrott, wobei durch den Einsatz einer Tonne Stahlschrott anstelle von Primärrohstoffen durchschnittlich 1,67 t CO_2 eingespart werden. Zu dieser Minderung von Treibhausgasemissionen tragen Kupolöfen in besonderem Maße bei. Im Gegensatz zu elektrisch betriebenen Öfen benötigen sie keine hochwertigen, reinen Schrotte, sondern ermöglichen durch die sog. metallurgische Arbeit im Schmelzaggregat die Fertigung hochwertiger Gussprodukte auch aus minderen Schrottqualitäten. Dies stellt zugleich einen ökonomischen Vorteil dar: Die Transformation der Stahlindustrie wird ebenfalls zu einer verstärkten Nutzung elektrischer Schmelzanlagen bei der Stahlerzeugung führen. Rohstoff hierfür sind die gleichen hochwertigen Schrottqualitäten, wie sie in den Induktionsöfen von Gießereien eingesetzt werden. Es zeichnet sich für diese also eine Konkurrenzsituation ab, von der Kupolöfen nicht betroffen wären.

Fazit: Elektrifizierung als Basis der Dekarbonisierung der deutschen Gießerei-Industrie

Bereits heute steht fest, dass für die meisten Gießereien die Elektrifizierung der Thermoprozesse der Weg zur Dekarbonisierung ist – nicht zuletzt, da viele Gießereitypen bereits elektrisch schmelzen. Für Gießereien mit Heißwindkupolofen stehen zudem als Übergangslösung verschiedene Wege zur Dekarbonisierung offen. Die Betrachtung der verschiedenen Transformationspfade zeigt jedoch, dass auch für diese Unternehmen langfristig vieles für eine Elektrifizierung – auch ihres Schmelzprozesses – spricht. Folgendes ist festzuzuhalten:

> **Dekarbonisierungswirkung:** Die Elektrifizierung aller Thermoprozesse ist gemäß der Datenmodellierung der einzige Pfad, der zur Treibhausgasneutralität der Branche führt.
> **Planungssicherheit:** Die Elektrifizierung weist zwar die höchsten Investitionskosten auf, aber es bestehen keine Unsicherheiten hinsichtlich der rechtlichen Zulässigkeit wie bei der Anwendung von Biokoks und CCU. Zwar sind Infrastrukturfragen auch im Falle der Elektrifizierung nicht trivial – Stichwort Stromnetzausbau und -anschlüsse – jedoch erscheinen sie im Vergleich zur Wasserstoffinfrastruktur einfacher lösbar. Für CCU sowie für die thermische Nutzung von Wasserstoff müsste eine Infrastruktur erst von Grund auf geschaffen werden.
> **Versorgungssicherheit und Nutzungskonkurrenz:** Für die erfolgreiche Umsetzung der Elektrifizierung sind die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Quellen und – einhergehend damit – wettbewerbsfähige Stromkosten unabdingbar. Dies muss im Fokus der Politik stehen. Hinsichtlich der Nutzung von Wasserstoff und Biokoks/CCU vorhandene Unsicherheiten in puncto Verfügbarkeit und einhergehender Nutzungskonkurrenzen sowie regulatorisch festgelegter Nutzungshierarchien müssen schnellstmöglich geklärt werden.
> **Technologische Reife:** Die anlagentechnischen Lösungen zur Elektrifizierung sind technologisch ausgereift und stehen als Stand der Technik zur Verfügung. Der Einsatz noch größerer Anteile von Biokoks, als die betrachteten 40 Prozent sowie die Verwendung von Wasserstoff als Brennstoff im Kupolofen sind bislang nicht hinreichend erprobt und bedürfen weiterer Entwicklungsarbeiten.

Damit die Treibhausgasneutralität der Gießerei-Industrie erfolgreich und zu wettbewerbsfähigen Bedingungen gelingen kann, sind auf politischer Ebene folgende Weichenstellungen erforderlich:

> **Dekarbonisierung des Stromsektors:** Die Gießerei-Industrie steht bereit, mit Innovationen und den erforderlichen Investitionen ihren Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaziele zu leisten. Da die Industrie jedoch in hohem Maße Netzstrom bezieht, ist ihre Transformation eng mit jener des deutschen Stromsystems verbunden. Deswegen ist es von höchster Bedeutung, dass Deutschland seine Ziele zur Energiewende bis 2035 erreicht. Der beschleunigte Ausbau der erneuerbaren Energien, des Stromnetzes sowie von Speicherkapazitäten ist hierfür unerlässlich.
> **Wettbewerbsfähige Stromkosten:** Grüner Strom muss nicht nur in ausreichender Menge, sondern auch zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Die aktuellen Stromkosten in Deutschland sind zu hoch und stellen ein Hemmnis für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Branche dar. Zum einen müssen Großhandelspreise durch ausreichendes Stromangebot, Stromspeicher und wirtschaftliche Lösungen für die Deckung von Spitzenlasten auf ein geringeres Niveau gebracht werden. Zum anderen muss die Politik stark steigenden Netzentgelten nachhaltig entgegenwirken.
> **Netzausbau und -anschlüsse:** Die regionalen Verteilnetze müssen ausreichend dimensioniert sein, um die zusätzlichen Strombedarfe bedienen zu können. Die Elektrifizierung von Prozessen wird für viele Gießereistandorte einen Ausbau oder die komplette Neuinstallation des Netzanschlusses erforderlich machen.
> **Mittelstandstaugliche Rahmenbedingungen:** Die Kosten des Ausbaus dürfen nicht unterschätzt werden und sollten bei der finanziellen Förderung von Elektrifizierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Unerlässlich für die Investitionen sind mittelstandstaugliche Rahmenbedingungen.

Zusammenfassende Tabelle

	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	Pfad 4
MG 1 (Eisengießerei mit Heißwind-kupolofen)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Elektrifizierung durch Elektro-Öfen	> Anwendung BVT > Ersatz von 40 Prozent des Kokses durch Biokoks > CCU: Abscheidung von 50 Prozent der Emissionen und anschließende Methanolsynthese	> Anwendung BVT > Ersatz von 80 Prozent des Kokses durch Wasserstoff
MG 2a (Eisengießerei mit Induktionsofen)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (insbes. Pfannenvorwärmung, Wärmebehandlung)		
MG 2b (Eisengießerei mit Kaltwindkupolofen)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Elektrifizierung durch Elektro-Öfen > Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (insbes. Pfannenvorwärmung, Wärmebehandlung)		
MG 3 (Stahlgießerei mit Elektrolichtbogenofen)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (insbes. Pfannenvorwärmung, Wärmebehandlung)		
MG 4 (Nichteisenmetall-Druckguss)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (insbes. Schmelzöfen, Pfannenvorwärmung, Wärmebehandlung)		
MG 5 (Nichteisenmetall-Kokillen-, Sandguss)	Anwendung BVT	> Anwendung BVT > Umstellung auf elektrische Aggregate in allen gasbasierten Prozessen (insbes. Schmelzöfen, Pfannenvorwärmung, Wärmebehandlung)		

Kurzfassung der Studie von FutureCamp Climate GmbH für den BDG

Impressum
Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG)
Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf
Stand: 03/2025