Schlüsselrohstoff Schrott

Die industrielle Transformation braucht eine sichere Rohstoffversorgung

Frank Pothen[12] Florian Jankowski[1]

20. Oktober 2026

Zusammenfassung

Die Dekarbonisierung der Gießerei-, Stahl- und Aluminiumindustrie verändert den Bedarf an Metallschrott in Deutschland grundlegend. Durch den Einsatz von Schrott als Rohstoff können diese Branchen ihre CO_2-Emissionen mit marktgängigen Technologien deutlich reduzieren, weil die emissionsintensiven Schritte der Primärmetallerzeugung vermieden werden. Diese Studie quantifiziert plausible Bandbreiten des Schrottbedarfs im Eisen- und Stahlguss sowie im Aluminiumguss bis 2045. Sie untersucht sowohl den Gesamtbedarf als auch den Bedarf an hochwertigen Schrottqualitäten und identifiziert mögliche Versorgungsengpässe. Der Stahlschrottbedarf der Eisen- und Stahlgießereien wird dazu gemeinsam mit dem der Stahlindustrie betrachtet.

Die Eisen- und Stahlgießereien brauchen nicht zwingend mehr Stahlschrott, aber deutlich mehr hochwertigen Stahlschrott mit geringen Gehalten an unerwünschten Begleitelementen. Der künftige Bedarf der Eisen- und Stahlgießereien an hochwertigem Stahlschrott hängt dabei wesentlich davon ab, welche Ofentechnik eingesetzt wird. Bei einer weitgehenden Umstellung der mit Koks befeuerten Kupolöfen auf elektrische Induktionsöfen steigt er den Szenarien zufolge von derzeit rund 1,2 Mio. t pro Jahr bis 2045 auf 1,8 bis 2,6 Mio. t pro Jahr. Induktionsöfen stellen höhere Anforderungen an die Reinheit des eingesetzten Stahlschrotts als Kupolöfen. Werden Heißwindkupolöfen weiterbetrieben, fällt der Bedarf niedriger aus; die Bandbreite der betrachteten Szenarien liegt dann bei 1,3 bis 1,4 Mio. t pro Jahr. Für die Einordnung des zusätzlichen Bedarfs der Gießereien muss auch der Bedarf der Stahlindustrie in den Blick genommen werden. Betrachtet man den Bedarf von Eisen- und Stahlgießereien sowie Stahlindustrie gemeinsam, ergibt sich ohne zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung des Angebots bis 2045 im Mittelwert der betrachteten Szenarien eine rechnerische Lücke in der Versorgung mit hochwertigem Schrott von 2,0 Mio. t pro Jahr. Bei einer

[1]Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Betriebswirtschaft, Carl-Zeiss-Promenade 2, 07745 Jena, Deutschland.

[2]Korrespondierender Autor, frank.pothen@eah-jena.de.

stärker schrottbasierten Dekarbonisierung der Stahlindustrie könnte sich diese rechnerische Lücke auf bis zu 5,4 Mio. t pro Jahr vergrößern. Damit würde der Bedarf die unterstellte Verfügbarkeit um 33,8 % beziehungsweise 90,6 % übersteigen.

Der Schrottbedarf im Aluminiumguss steigt in sieben der neun betrachteten Szenarien. Bis 2045 läge er in diesen Szenarien um 12,5 % bis 38,0 % über dem Status quo. Aufgrund der höheren Toleranz von Aluminiumgusslegierungen gegenüber unerwünschten Begleitelementen erscheint die Versorgungslage im Aluminiumguss weniger kritisch als im Eisen- und Stahlguss.

Die zukünftige Schrottversorgung ist damit nicht nur eine Frage der Gesamtmenge, sondern vor allem der verfügbaren Qualität. Die mittelständisch geprägte Gießerei-Industrie steht dabei vor einer besonderen Herausforderung: Größere Stahl- und Metallunternehmen besitzen häufig bessere Möglichkeiten, sich einen bevorzugten Zugang zu hochwertigem Schrott zu sichern. Altschrott aus ausgedienten Produkten muss zunehmend als Quelle für hochwertige Recyclingrohstoffe erschlossen werden, um die industrielle Versorgung sicherzustellen. Dazu bedarf es einer umfassenderen Demontage ausgedienter Produkte, einer sortenreineren Sammlung und einer verbesserten Aufbereitung von Altschrott.

Die deutsche und europäische Politik kann regulatorische Anreize schaffen, um die Verfügbarkeit von hochwertig aufbereitetem Altschrott zu steigern. Dazu kann sie auf Vorgaben zur Demontage ausgedienter Produkte, Qualitätsanforderungen an Metallfraktionen, digitale Produktpässe und Maßnahmen gegen illegale Exporte von Abfällen zurückgreifen. Eine erweiterte Herstellerverantwortung kann die zusätzlichen Kosten verursachungsgerecht verteilen und Anreize für ein recyclinggerechtes Produktdesign schaffen. Diese Prinzipien sind bereits in der EU-Altfahrzeugverordnung verankert und sollten konsequent umgesetzt sowie auf andere Produktgruppen übertragen werden. Anknüpfungspunkte hierfür sind die Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie in Deutschland sowie der Circular Economy Act auf EU-Ebene.

Auch die Entstehung von Märkten für hochwertig aufbereiteten Altschrott sollte politisch unterstützt werden. Beispielsweise können Schrottsorten für hochwertigen Altschrott die Such- und Vertragskosten im Handel senken. Kooperative Beschaffungsmodelle könnten den Zugang der Gießerei-Industrie zu hochwertigen Recyclingrohstoffen vereinfachen.

Eine nationale Schrottstrategie könnte die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie der Bundesregierung um Maßnahmen für eine bessere Verfügbarkeit von hochwertig aufbereitetem Altschrott ergänzen und konkretisieren. In ihre Erarbeitung sollte die Expertise der Gießerei-, Stahl- und Metallindustrie, der Recyclingwirtschaft, des Anlagenbaus sowie der Wissenschaft und der öffentlichen Hand einfließen. Flankierend sollte die Politik die Transformation der Gießerei-Industrie durch wettbewerbsfähige Strompreise, Bürokratieabbau und verlässliche Investitionsbedingungen fördern.

1 Einleitung

Die Gießerei-Industrie bildet die Basis zahlreicher industrieller Wertschöpfungsketten, insbesondere in prägenden Industriebranchen wie der Automobilindustrie und dem Maschinenbau. Ihre Produkte reichen von Motorblöcken über Naben für Windkraftanlagen bis hin zu Kunstwerken. Mit einer Produktion von 3,3 Mio. t im Jahr 2025 (BDG, 2026c) gehört die deutsche Gießerei-Industrie zu den größten der Welt. Die 545 Eisen-, Stahl- und Nichteisenmetallgießereien in Deutschland schaffen 67.700 Arbeitsplätze und generieren Wertschöpfung in Höhe von 4,9 Mrd. Euro. Etwa 3,85 Millionen Menschen sind in gussintensiven Abnehmerbranchen tätig. Die Produkte der deutschen Gießereien sind in ihren Anwendungen von zentraler Bedeutung und schwer zu ersetzen (IW Consult, 2026).

Gleichzeitig ist die Gießerei-Industrie eine Vorreiterbranche der Kreislaufwirtschaft. Beispielsweise setzen die Eisengießereien in Deutschland bis zu 90 % Recyclingmaterial in der Produktion ein (VDI ZRE, 2026). Damit vermeidet die Gießerei-Industrie Treibhausgasemissionen in erheblichem Umfang. Jede wieder eingeschmolzene Tonne Stahlschrott vermeidet etwa 1,66 bis 1,67 t CO_2 (World Steel Association, 2021; Pothen et al., 2019). International Aluminium (o.J.) nennt CO_2-Einsparungen von über 90 % durch das Recycling von Aluminium. Für die Gießerei-Industrie ist Schrott somit ein wesentlicher Rohstoff und ein zentrales Instrument für eine treibhausgasneutrale Produktion.

Eine Erhöhung des Schrotteinsatzes erlaubt mit heute verfügbarer Technologie deutliche CO_2-Einsparungen, da besonders emissionsintensive Verarbeitungsschritte wie die Reduktion von Eisenerz im Hochofen vermieden werden. Darüber hinaus benötigt das Einschmelzen von Schrott erheblich weniger (elektrische) Energie als die Produktion von Eisen mittels wasserstoffbasierter Eisenerzdirektreduktion oder von Primäraluminium. Ambitionierte Klimapolitik dürfte daher die Nachfrage nach hochwertigem Metallschrott deutlich erhöhen. Als führender Standort von Gießerei-Industrie, Primärstahlproduktion und Aluminiumherstellung in Europa wäre Deutschland von diesem Trend besonders betroffen.

Für die Gießerei-Industrie in Deutschland stellt sich damit eine Reihe von Fragen: Wie wird sich der Schrottbedarf der Eisen-, Stahl- und Aluminiumgießereien in Deutschland – sowohl quantitativ als auch qualitativ – entwickeln? Drohen Knappheiten bei Metallschrott? Und welche Handlungsmöglichkeiten ergeben sich für Politik und Industrie, um ihnen entgegenzuwirken?

Diese Studie quantifiziert die Bandbreite des Schrottbedarfs der deutschen Gießerei-Industrie bis 2045. Sie fokussiert sich auf den Eisen- und Stahlguss (Fe-Guss) sowie den

Aluminiumguss (Al-Guss), die mengenmäßig größten Bereiche der Gießerei-Industrie. Die Studie entwickelt Szenarien für die Zukunft der Gießerei-Industrie in Deutschland und leitet den damit verbundenen Schrottbedarf ab. Der Stahlschrottbedarf wird zudem zusammen mit dem der deutschen Stahlindustrie betrachtet, um ein vollständigeres Bild des Stahlschrottbedarfs zu zeichnen und eine mögliche Nutzungskonkurrenz zu identifizieren. Dem Bedarf werden plausible Entwicklungen der Schrottverfügbarkeit gegenübergestellt, um mögliche Engpässe sichtbar zu machen. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden Handlungsempfehlungen für Politik und Industrie entwickelt.

Die Studie ist wie folgt aufgebaut: Kapitel 2 vermittelt technische Hintergründe sowie Zahlen und Fakten zur Gießerei-Industrie. Kapitel 3 gibt einen Überblick über relevante Studien. Die Methodik, die dieser Untersuchung zugrunde liegt, wird in Kapitel 4 erläutert. Kapitel 5 stellt die Annahmen der Szenarien dar. Die Szenarien und ihre Implikationen für Schrottbedarf und mögliche Schrottknappheiten werden in Kapitel 6 präsentiert. Kapitel 7 leitet Handlungsempfehlungen ab. Kapitel 8 fasst die Ergebnisse zusammen.

2 Hintergründe

2.1 Begriffsdefinitionen, Werkstoffe und Produktionsverfahren

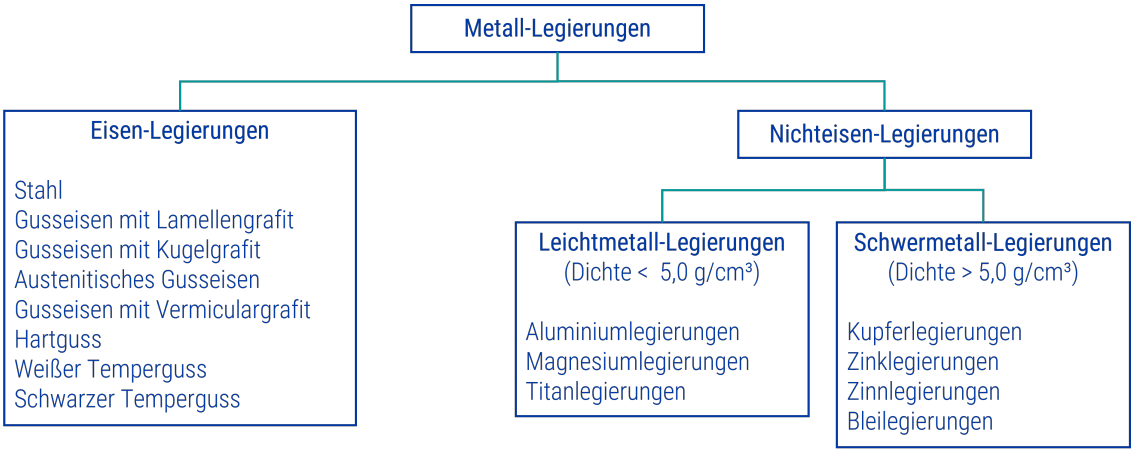
Die Gießerei-Industrie umfasst Unternehmen, die flüssiges Metall (Schmelze) in vorbereitete Formen gießen, um daraus endkonturnahe Gussteile mit komplexer Geometrie und präzise definierten Eigenschaften herzustellen. Nach DIN 8580 gehört das Gießen zum Urformen. Gießereien setzen dabei eine Vielzahl von Metallen, Gießverfahren und Schmelzofentypen ein (Roller et al., 2023).

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Werkstoffe der Gießerei-Industrie. Diese werden in Eisen- beziehungsweise Fe-Legierungen auf der einen Seite und Nichteisen- beziehungsweise NE-Legierungen auf der anderen Seite unterteilt. Fe-Legierungen umfassen sowohl verschiedene Formen des Eisengusses als auch den Stahlguss. Die NE-Legierungen werden in Leichtmetall-Legierungen und Schwermetall-Legierungen unterschieden. Der Schwerpunkt dieser Studie liegt auf dem Schrottbedarf im Eisen- und Stahlguss (Fe-Guss) und im Aluminiumguss (Al-Guss), den mengenmäßig bedeutsamsten Gusswerkstoffen.

Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Prozesskette der Gießerei-Industrie.[1] Der Prozess beginnt mit der Gattierung, also dem Zusammenstellen des Schmelzmaterials. Hierbei

[1] Eine Übersicht über die Vielzahl von Gießverfahren findet sich in Roller et al. (2023).

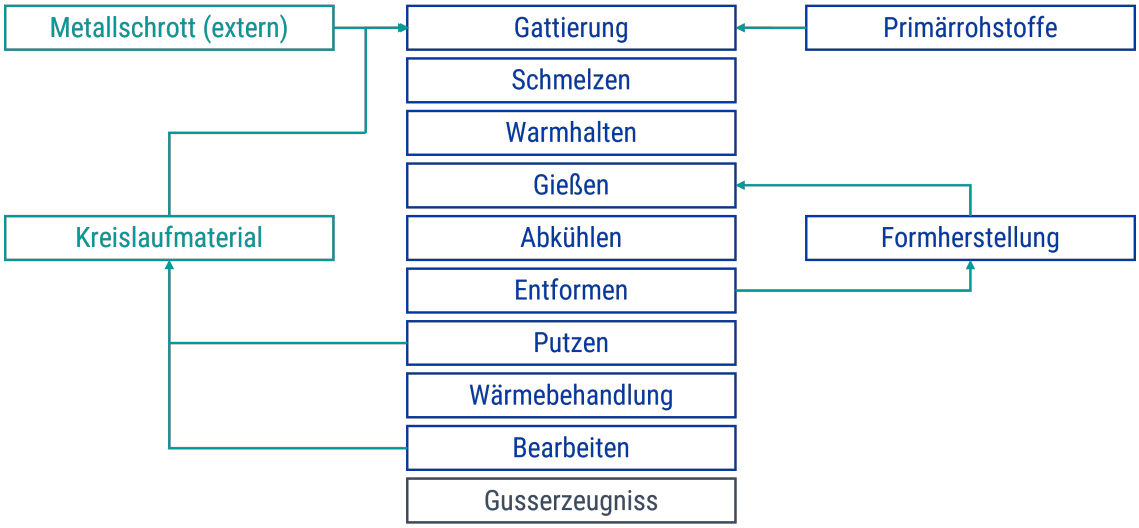
Abbildung 1
Gusswerkstoffe im Überblick



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Roller et al. (2023).

kommen externer Metallschrott, Primärrohstoffe wie Roheisen und Kreislaufmaterial zum Einsatz. Im Al-Guss wird der Rohstoff typischerweise in Form von Masseln (Metallbarren) oder als flüssiges Aluminium angeliefert.

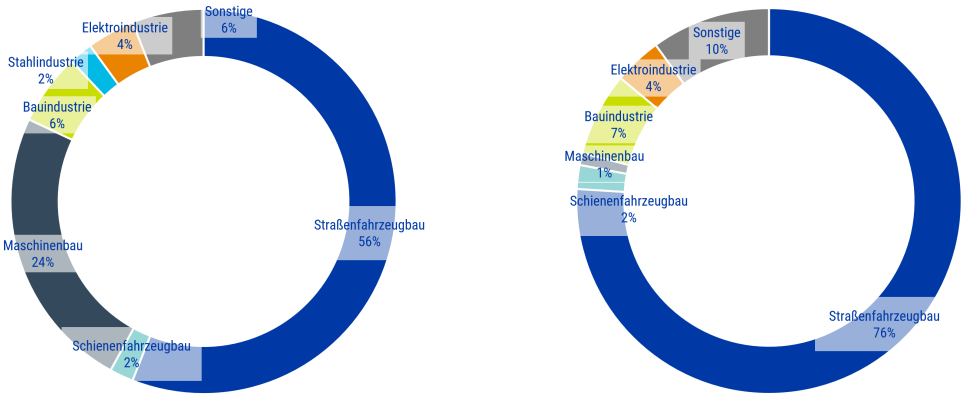
Abbildung 2
Vereinfachte Prozesskette der Gießerei-Industrie



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Roller et al. (2023).

Im nächsten Schritt werden die Rohstoffe in einem Schmelzofen verflüssigt. Nach dem Schmelzen erfolgt der Abstich. Das flüssige Metall wird entweder direkt in vorbereitete Formen gegossen oder in einer Pfanne warmgehalten und später gegossen. Nachdem das Gussteil abgekühlt ist, wird es aus der Form entnommen und geputzt. Je nach Anforde-

Abbildung 3
Abnehmerstruktur der Gießerei-Industrie



(a) Fe-Guss (b) NE-Guss

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Aries et al. (2024).
Daten für Deutschland.

rungen an das Bauteil wird es außerdem einer Wärmebehandlung unterzogen und weiter bearbeitet. Die Formherstellung ist ein eigenständiger Schritt der Prozesskette und kann sich zwischen den eingesetzten Legierungen und den Gießverfahren deutlich unterscheiden.

Die Produkte der Gießerei-Industrie kommen in einer großen Bandbreite von Anwendungen zum Einsatz. Diese reichen vom Automobilbau (beispielsweise Motorblöcke, Bremsscheiben) über den Maschinenbau (beispielsweise Naben für Windkraftanlagen, Walzen für Stahlwerke) bis hin zum Kunstguss. Abbildung 3 zeigt die Anteile der Abnehmerbranchen der Gießerei-Industrie, unterteilt in Fe-Guss (Abbildung 3a) und NE-Guss (Abbildung 3b). Sowohl im Fe-Guss als auch im NE-Guss ist die Automobilindustrie die wichtigste Abnehmerbranche. Im Fe-Guss gehen etwa 56 % der Produkte in den Automobilsektor, im NE-Guss sogar 76 %. Im Fe-Guss ist der Maschinenbau mit 24 % Anteil ein weiterer zentraler Abnehmer.

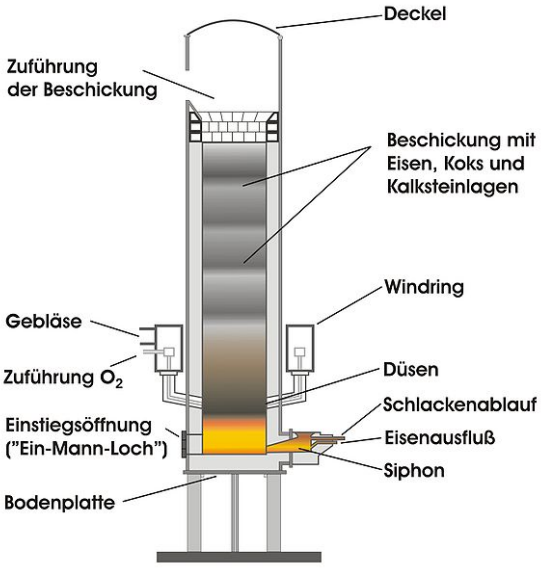
2.2 Schmelzöfen

Ein wesentlicher Schritt der Prozesskette der Gießerei-Industrie ist das Schmelzen des Einsatzmaterials in Schmelzöfen. In der Gießerei-Industrie kommt eine Vielzahl unterschiedlicher Schmelzofentypen zum Einsatz, in Abhängigkeit von Gusswerkstoff, Produktspezifikationen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen. Im Fe-Guss kommen Kaltwind- und Heißwindkupolöfen, Induktionsöfen und – in geringerem Maße – Drehtrommelöfen

zum Einsatz. Etwa ein Dutzend Lichtbogenöfen finden sich schwerpunktmäßig in Stahlgießereien. Im Al-Guss werden primär Induktionsöfen sowie mit Gas befeuerte Schmelzöfen eingesetzt. Da im Al-Guss das Einsatzmaterial typischerweise als fertige Legierung angeliefert wird und die Auswahl des Schmelzofens damit von untergeordneter Bedeutung für den Schrottbedarf ist, werden im Folgenden die wesentlichen Typen von Schmelzöfen für den Fe-Guss beschrieben.[2]

Kupolöfen sind Schachtöfen von bis zu 30 m Höhe, die im Gegenstromprinzip betrieben werden. Abbildung 4 skizziert den Aufbau eines (Kaltwind-)Kupolofens. Die Beschickung mit dem Einsatzmaterial (Stahlschrott, Roheisen, Koks) erfolgt oben. Aufsteigende Abgase erwärmen das Einsatzmaterial, das im Ofen nach unten sinkt. Der Abstich der Schmelze und das Entfernen der Schlacke erfolgen unten. Die Schmelze nimmt auf dem Weg nach unten Kohlenstoff aus dem Steinkohlekoks auf, der als Energieträger dient. Im unteren Teil des Kupolofens werden Luft und Sauerstoff in einem sogenannten Windring eingeblasen. Kupolöfen können Stahlschrott mit niedrigerer Qualität – also geringerer Reinheit – verarbeiten als Induktionsöfen. Kupolöfen sind für eine kontinuierliche Produktion ausgelegt (Wolff, 2014; Roller et al., 2023).

Abbildung 4
Kaltwindkupolofen



Quelle: Wolff (2014).

[2]Eine detailliertere Beschreibung der Schmelzofentypen findet sich beispielsweise bei Roller et al. (2023).

Heißwindkupolöfen nutzen im Abgas (Gichtgas) enthaltene Energie, um die eingeblasene Luft zu erhitzen. Dazu wird das im Abgas enthaltene Kohlenmonoxid (CO) nachverbrannt und die Wärme mit einem Wärmetauscher (Rekuperator) zurückgewonnen. Damit kann ein Heißwind mit Temperaturen von mehr als 800 °C erreicht werden. Heißwindkupolöfen weisen eine höhere Energieeffizienz, kürzere Schmelzzeiten und eine höhere Schmelzleistung auf als Kaltwindkupolöfen (Wolff, 2014).

Elektrisch betriebene Induktionsöfen sind der zweite wesentliche Typ von Schmelzöfen im Fe-Guss in Deutschland. In Induktionsöfen erzeugt Wechselstrom ein elektromagnetisches Feld, das im Einsatzmaterial Wirbelströme erzeugt. Diese schmelzen das Material und erzeugen Badbewegungen, die für eine gute Durchmischung der Schmelze sorgen (Roller et al., 2023). Im Vergleich zu Kupolöfen haben Induktionsöfen höhere Ansprüche an den eingesetzten Stahlschrott. Während Kupolöfen Altschrott einsetzen können, benötigen Induktionsöfen Stahlneuschrott oder in vergleichbarer Qualität aufbereiteten Altschrott.

2.3 Rohstoff Schrott

Bei Schrott handelt es sich um einen Sekundärrohstoff oder Recyclingrohstoff. Schrott ist bereits heute der wichtigste Rohstoff der Gießerei-Industrie: Eisengießereien setzen bis zu 90 % Recyclingmaterial in der Produktion ein (VDI ZRE, 2026), auch im Al-Guss ist ein Schrotteinsatz von bis zu 90 % möglich (Deng et al., 2026).

Schrott kann in Abhängigkeit davon, an welchem Punkt in der Wertschöpfungskette er anfällt, in drei Kategorien eingeteilt werden. Kreislaufmaterial (auch Kreislaufschrott, englisch Home Scrap) fällt in der Gießerei-Industrie selbst an. Dazu gehören beispielsweise Speiser oder Angüsse, die in der Gießerei selbst wieder eingeschmolzen werden. Die Zusammensetzung des Kreislaufmaterials ist gut bekannt und es wird vollständig recycelt.

Neuschrott (auch Pre-Consumer Scrap) fällt in der Metallverarbeitung an. Er ist typischerweise wenig verunreinigt und seine Zusammensetzung ist bekannt. Neuschrott wird zu nahezu 100 % recycelt. Neuschrott eignet sich daher besonders als Rohstoff für anspruchsvolle Anwendungen mit geringer Toleranz für Verunreinigungen.

Altschrott (auch Post-Consumer Scrap) stammt aus Produkten am Ende ihres Lebenszyklus. Er ist stärker verunreinigt und enthält häufig unerwünschte Begleitelemente. Altschrott muss daher entweder sortiert und aufbereitet oder für weniger anspruchsvolle Anwendungen eingesetzt werden. So wird Stahlaltschrott häufig für die Produktion von Baustahl genutzt.

Die Qualität von Schrott wird – über die Aufteilung in Kreislauf-, Neu- und Altschrott hinaus – anhand von Schrottsortenlisten definiert (BDSV, 2010, 1993; BVSE, o.J.; VDM, 1988). Diese Listen definieren Eigenschaften wie die Abmessungen, die chemische Zusammensetzung oder die Sauberkeit des Schrotts.

Die Kategorisierung des Joint Research Centre der Europäischen Kommission kann als Referenz für Schrottqualitäten herangezogen werden (Maury et al., 2025b). Diese unterscheidet vier Qualitätsstufen für Stahlschrott und gibt den maximalen Kupfergehalt (Daehn et al., 2017) als Indikator für die Reinheit an: Q1 umfasst Kreislaufschrott aus der Hochofen-Konverter-Route sowie Neuschrott[3] mit einem Kupfergehalt von unter 0,1 %. Die Stufe Q2 beinhaltet Kreislaufschrott aus der Elektrostahlroute sowie zusätzlich aufbereiteten Altschrott[4]. Der Kupfergehalt liegt zwischen 0,1 und 0,2 %. Bei der Stufe Q3 handelt es sich um konventionellen Altschrott[5] mit einem Kupfergehalt von 0,2 bis 0,4 %. Die Stufe Q4 umfasst minderwertigen Altschrott mit einem Kupfergehalt von über 0,4 %; hierzu gehören beispielsweise Betonstahl und Mischschrott ohne weitere Aufbereitung (Maury et al., 2025b).

Maury et al. (2025b) schätzen, dass im Jahr 2024 in Europa etwa 100 Mio. t Stahlschrott zur Verfügung standen. Davon entfielen etwa 17 Mio. t auf die Qualitätsstufe Q1 und 11 Mio. t auf Q2. Der größte Teil des verfügbaren Stahlschrotts entfiel auf die Qualitätsstufe Q3 (etwa 55 Mio. t), also auf konventionellen Altschrott. Bei den verbleibenden 18 Mio. t handelt es sich um Schrott der Qualitätsstufe Q4.

Der Schrotteinsatz der Gießerei-Industrie in Deutschland ist nur teilweise direkt beobachtbar. Im Fe-Guss wurden in den letzten Jahren etwa 2,4 Mio. t extern zugekaufter Stahlschrott eingesetzt (vgl. Abschnitt 5.1.3). Da Aluminium typischerweise in Form von Masseln oder flüssigem Aluminium angeliefert wird, erfolgt der Schrotteinsatz meist nicht direkt in der Gießerei. Die Schätzungen dieser Studie deuten auf einen Einsatz von etwa 521.000 t Aluminiumschrott im Al-Guss hin.

Die mit diesem Schrotteinsatz verbundenen CO_2-Einsparungen lassen sich mit einer Überschlagsrechnung grob quantifizieren. Unterstellt man, dass im Fe-Guss eine Tonne Stahlschrott eine Tonne Roheisen ersetzt, dann liegen die Einsparungen bei ungefähr 1,7 t CO_2 pro t Stahlschrott. Somit ergäben sich CO_2-Einsparungen von ungefähr 4,1 Mio. t CO_2 pro Jahr durch den Einsatz von Stahlschrott.

[3] Schrottsorten E2, E6 und E8.
[4] Schrottsorten E40, E1 und E3.
[5] Schrottsorten E40, E1 und E3 ohne weitere Aufbereitung.

European Aluminium (2025) schätzt die CO_2-Emissionen von in Europa eingesetztem Primäraluminium auf 10,1 t CO_2 pro t. Für Aluminium aus Altschrott beziffert die Untersuchung die Emissionen auf 0,37 bis 0,41 t CO_2 pro t. Ersetzt eine Tonne Aluminium aus Altschrott eine Tonne Primäraluminium, dann ergeben sich CO_2-Einsparungen von 9,73 t CO_2 pro t.[6] Damit lägen die CO_2-Einsparungen durch den Einsatz von Aluminiumschrott bei etwa 5,1 Mio. t CO_2 pro Jahr.

Insgesamt deuten diese Rechnungen darauf hin, dass der Schrotteinsatz der deutschen Gießerei-Industrie CO_2-Emissionen in einer Größenordnung von bis zu 9,2 Mio. t vermeidet. Es ist zu beachten, dass diese Zahlen eine reine Überschlagsrechnung darstellen. Unterschiede in der Herkunft des Primäraluminiums (European Aluminium, 2025), die Zugabe von Aufkohlungsmitteln im Fe-Guss (Abdelshafy et al., 2023) oder Materialverluste im Schmelzprozess sind nicht berücksichtigt. Die Zahlen illustrieren lediglich die Größenordnung der Einsparungen durch den Schrotteinsatz der Gießerei-Industrie.

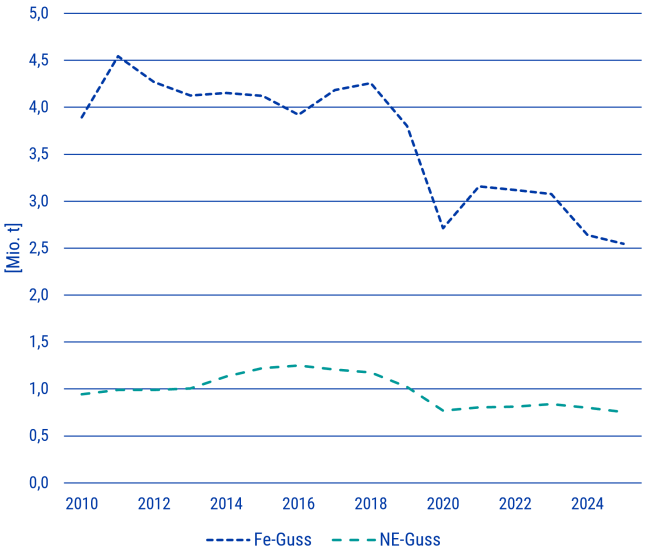
2.4 Produktion und Beschäftigung

Im Jahr 2025 produzierte die Gießerei-Industrie in Deutschland etwa 3,3 Mio. t Gusserzeugnisse. Davon entfielen etwa 2,55 Mio. t auf Fe-Guss und 0,75 Mio. t auf NE-Guss. Abbildung 5 stellt die Entwicklung der Produktionsmengen der Gießerei-Industrie seit 2010 dar. Die Zahlen für Fe-Guss und NE-Guss sind gesondert ausgewiesen. Während die Produktionsmenge im Fe-Guss seit 2019 zurückgegangen ist, hat sich die Produktion im NE-Guss in den letzten Jahren stabilisiert. Im Fe-Guss dominiert der Eisenguss mit einem Anteil von mehr als 95 %. Der Al-Guss macht etwa 87 % des NE-Gusses aus.

Derzeit arbeiten etwa 67.700 Beschäftigte in den etwa 545 Eisen-, Stahl- und Nichteisenmetallgießereien in Deutschland (IW Consult, 2026). Abbildung 6 stellt den Anteil der Betriebe der Gießerei-Industrie nach Beschäftigten-Größenklassen im Jahr 2024 dar. Sie zeigt, dass die Gießerei-Industrie stark mittelständisch geprägt ist. Im Fe-Guss haben 74 % aller Betriebe weniger als 250 Beschäftigte, im NE-Guss sind es 84 %.

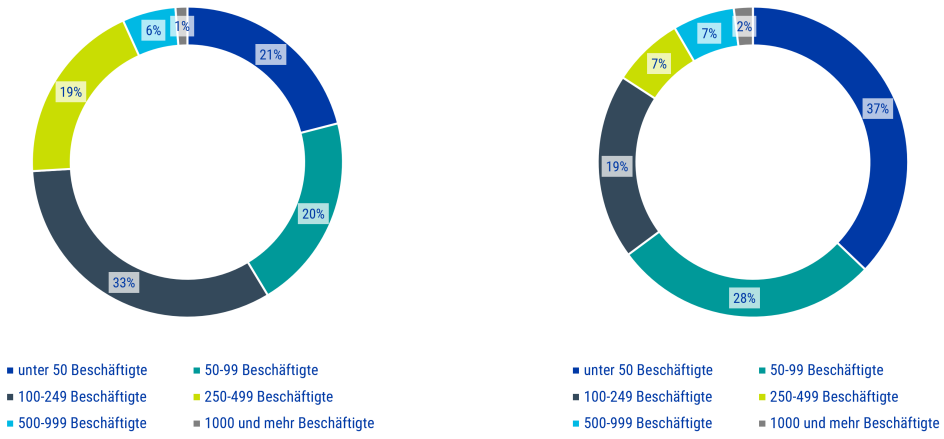
[6] Der Unterschied beim Aluminium aus Altschrott ist darauf zurückzuführen, dass im höheren Wert die Nutzung von Aluminiumoxid in anderen Industrien nicht berücksichtigt wird. Bei der Kalkulation der Einsparungen wird diese Nutzung mit einbezogen.

Abbildung 5
Produktionsentwicklung in der Gießerei-Industrie seit 2010



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an BDG (2026b).

Abbildung 6
Größenklassen der Gießerei-Industrie



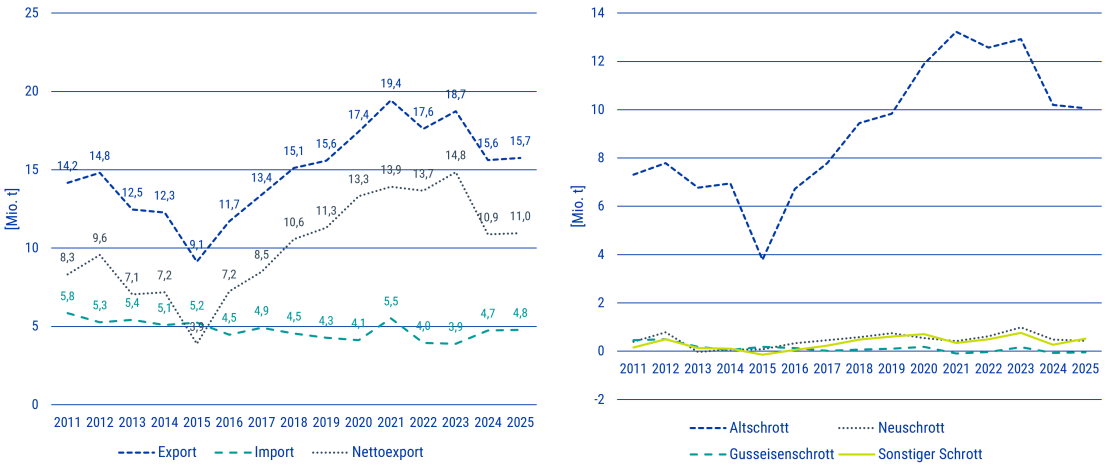
(a) Fe-Guss (b) NE-Guss

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (2026).

2.5 Internationaler Handel

Metallschrott ist ein international gehandelter Rohstoff. Im Folgenden werden die Handelsströme mit Stahl- und Aluminiumschrott dargestellt. Hierbei wird auf Daten für die Europäische Union zurückgegriffen, da der Schrotthandel europäisch geprägt ist und denkbare handelspolitische Instrumente auf europäischer Ebene implementiert würden. Die Zahlen illustrieren, welche Rolle Importe für die Schrottversorgung Europas spielen und inwieweit heute exportierte Schrottmengen zur zukünftigen Versorgung beitragen können.

Abbildung 7
Internationaler Handel mit Eisen- und Stahlschrott



(a) Importe, Exporte und Nettoexporte von Eisen- und Stahlschrott

(b) Nettoexporte von Eisen- und Stahlschrott nach Typen

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Eurostat (2026); Maury et al. (2025b).

Abbildung 7a zeigt die Exporte (blaue Linie), Importe (grüne Linie) und Nettoexporte (graue Linie) von Eisen- und Stahlschrott[7] der Europäischen Union zwischen 2011 und 2025 in Mio. t. Es werden die Exporte aus der Europäischen Union und die Importe in die Europäische Union betrachtet. Der Handel innerhalb der EU – beispielsweise zwischen Deutschland und Belgien – wird nicht berücksichtigt. Zwischen 2020 und 2025 lagen die Exporte der Europäischen Union bei durchschnittlich 17,4 Mio. t, die Importe bei 4,5 Mio. t und die Nettoexporte bei 12,9 Mio. t. Abbildung 7a zeigt einen spürbaren Anstieg der Exporte in den letzten Jahren. Ihr höchstes Niveau erreichten die Eisen- und Stahlschrottexporte der EU im Jahr 2021, als 19,4 Mio. t ausgeführt wurden. In den Jahren 2024 und 2025 hat sich der Export bei etwa 15,7 Mio. t stabilisiert.

[7] HS-Code 7204.

Die Nettoexporte der EU von Eisen- und Stahlschrott sind – parallel zu den Exporten – seit Mitte der 2010er-Jahre ebenfalls gestiegen. In den Jahren 2024 und 2025 gingen die Nettoexporte von ihrem Höchstwert von 14,8 Mio. t auf etwa 11 Mio. t zurück. Für eine Antwort auf die Frage, inwieweit heute exportierte Schrottmengen den zukünftigen Bedarf im Fe-Guss decken können, ist es jedoch notwendig, die Zusammensetzung dieser Handelsströme genauer zu betrachten.

Abbildung 7b unterteilt die Nettoexporte der Europäischen Union in vier Kategorien: Stahlaltschrott, Stahlneuschrott, Gusseisenschrott und sonstiger Eisen- und Stahlschrott. Die Zuordnung der Codes im Harmonisierten System zur Bezeichnung und Codierung der Waren (HS-Codes) zu den vier Kategorien folgt Maury et al. (2025b). Abbildung 7b zeigt, dass es sich bei den Nettoexporten der Europäischen Union weitgehend um Stahlaltschrott handelt. Im Durchschnitt von 2020 bis 2025 betrug der Anteil des Stahlaltschrotts an den Nettoexporten der EU 91,5 %.[8] Dieser Anteil schwankt zwischen den Jahren, ein klarer Trend ist jedoch nicht zu erkennen.

Auf Stahlneuschrott entfiel zwischen 2020 und 2025 durchschnittlich 4,4 % der Nettoexporte der EU. Dies deckt sich mit der Analyse von Maury et al. (2025b), die schätzen, dass nur etwa 4 % des verfügbaren Stahlneuschrotts in Europa exportiert wird. Auf Gusseisenschrott entfielen 0,1 % der Nettoexporte. In den Jahren 2024 und 2025 war die EU Nettoimporteur von Gusseisenschrott, hat also mehr Gusseisenschrott importiert als exportiert. Sonstiger Eisen- und Stahlschrott (beispielsweise rostfreier Edelstahl) machte durchschnittlich 4,0 % der Nettoexporte aus.

Aus den Handelsdaten von Eurostat (2026) lassen sich die implizierten Preise für exportierten und importierten Stahlschrott ableiten. Dazu werden die gehandelten Werte durch die gehandelten Mengen dividiert. Die Auswertung zeigt, dass nach Europa importierter Stahlschrott im Durchschnitt von 2020 bis 2025 um 24,8 % teurer war als exportierter. Auch auf Ebene der HS-Codes gilt, dass importierter Schrott typischerweise teurer war als exportierter. Eine wichtige Ausnahme bildet der Gusseisenschrott: Importierter Gusseisenschrott war zwischen 2020 und 2025 im Durchschnitt um 43,3 % günstiger als exportierter.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Nettoexporte von Stahlschrott der EU von Altschrott dominiert werden. Neuschrott machte in den letzten Jahren etwa 4,4 % der Nettoexporte aus. Eine Reduktion des Stahlschrottexports kann – ohne zusätzliche Aufbe-

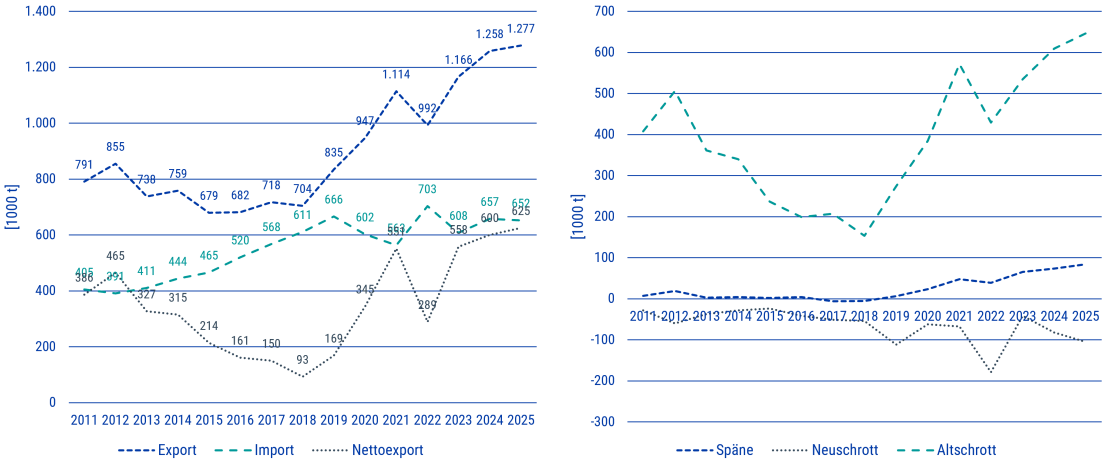
[8] Der Löwenanteil der Importe von Stahlaltschrott stammt aus Großbritannien, der Schweiz, den USA und Norwegen. Hauptziele der Stahlaltschrottexporte sind die Türkei, Ägypten und Indien (Eurostat, 2026).

reitung – nur sehr eingeschränkt zur Deckung eines steigenden Bedarfs an hochwertigem Stahlschrott beitragen.

Abbildung 8a zeigt die Exporte (blaue Linie), Importe (grüne Linie) und Nettoexporte (graue Linie) von Aluminiumschrott zwischen 2011 und 2025 in 1.000 t. Die durchschnittlichen Ausfuhren aus der Europäischen Union beliefen sich zwischen 2020 und 2025 auf 1,13 Mio. t pro Jahr, die Einfuhren auf 631.000 t pro Jahr. Somit ergaben sich in diesem Zeitraum Nettoexporte von Aluminiumschrott von durchschnittlich 495.000 t pro Jahr. Seit 2018 weisen sowohl Exporte als auch Nettoexporte einen steigenden Trend auf.

Abbildung 8b bricht die Nettoexporte von Aluminiumschrott in drei Kategorien herunter: Späne, Neuschrott und Altschrott. Zwischen 2020 und 2025 beliefen sich die Nettoausfuhren von Spänen auf durchschnittlich 55.000 t pro Jahr, die von Altschrott auf 529.000 t pro Jahr. Für Neuschrott war die Europäische Union in diesem Zeitraum Nettoimporteur: Sie hat durchschnittlich 90.000 t pro Jahr mehr ein- als ausgeführt. Die steigenden Nettoexporte seit 2019 wurden primär von Spänen und Altschrott getrieben.

Abbildung 8
Internationaler Handel mit Aluminiumschrott



(a) Importe, Exporte und Nettoexporte von Aluminiumschrott

(b) Nettoexporte von Aluminiumschrott nach Typen

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Eurostat (2026).
Die Typen von Aluminiumschrott werden folgenden 8-stelligen Codes der Kombinierten Nomenklatur zugeordnet: Späne: 76020011; Neuschrott: 76020019; Altschrott: 76020090 (Europäische Kommission, 2026).

Betrachtet man nur die Exporte, ergibt sich folgende Zusammensetzung: Von 2020 bis 2025 entfielen etwa 7 % der Ausfuhren der Europäischen Union auf Späne. Neuschrott machte 33 % der Exporte aus, Altschrott 60 %. Diese Anteile an den Exporten liegen bereits seit Mitte der 2010er-Jahre auf einem ähnlichen Niveau.

Auch für Aluminium ist es möglich, die implizierten Preise für exportierten und importierten Schrott zu berechnen. Der Preis für importierten Aluminiumschrott war zwischen 2020 und 2025 durchschnittlich um 6,6 % höher als für exportierten. Importierter Neuschrott war um durchschnittlich 6,4 % teurer als exportierter Neuschrott, importierter Altschrott um durchschnittlich 8,5 % teurer als exportierter. Importierte Späne waren dagegen zwischen 2020 und 2025 um durchschnittlich 19,0 % günstiger als exportierte.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Europäische Union ein Nettoexporteur von Aluminiumschrott ist. Bei den Ausfuhren handelt es sich in erster Linie um Altschrott sowie Späne, die vor dem Recycling von Fremdstoffen wie Ölen und Fetten befreit werden müssen (Europäische Kommission, 2026). Der Anteil des Neuschrotts an den Exporten ist jedoch deutlich größer als beim Stahlschrott.

3 Literatur

Die für diese Studie relevante Literatur lässt sich in drei Kategorien einteilen: Studien zur wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung der Gießerei-Industrie, Untersuchungen zum Stahlschrottbedarf sowie zur Verfügbarkeit und Qualität von Aluminiumschrott.

Eine Reihe aktueller Studien beschäftigt sich mit der Zukunft der Gießerei-Industrie in Deutschland. IW Consult (2026) untersucht die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Branche. Die Studie zeigt, dass die Gießerei-Industrie 67.700 Menschen beschäftigt und eine Wertschöpfung in Höhe von 4,9 Mrd. Euro generiert. Mittels volkswirtschaftlicher Input-Output-Rechnungen quantifiziert sie die indirekten und induzierten Effekte der Gießerei-Industrie. Diese Rechnungen zeigen, dass für jeden Arbeitsplatz in der Gießerei-Industrie 0,85 weitere Jobs in vorgelagerten Wirtschaftszweigen entstehen.

Noch größer ist die Bedeutung der Gießerei-Industrie für nachgelagerte Wirtschaftszweige. Laut IW Consult (2026) sind 3,85 Mio. Beschäftigte in gussintensiven Abnehmerbranchen tätig, die etwa 38 % der industriellen Wertschöpfung in Deutschland generieren. Szenarien zur Entwicklung der deutschen Gießerei-Produktion illustrieren die ökonomische Relevanz der Branche. So würde ein Negativszenario, in dem die Gussproduktion in Deutschland um 50 % sinkt, zu einem Verlust von 1,6 % der gesamten Wertschöpfung beziehungsweise 7,5 % der Wertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes führen.

Die Studie „Guss 2035“ (Knight Wendling, 2022) analysiert die Transformation zur Klimaneutralität aus der Perspektive der Gießerei-Industrie. Sie identifiziert unter anderem infrastrukturelle Voraussetzungen für die Klimaneutralität und thematisiert die wirtschaft-

liche Entwicklung aus Sicht der Gießerei-Industrie. Darüber hinaus analysiert sie Chancen und Risiken für die Branche, beispielsweise durch den Hochlauf der Elektromobilität.

Eine wesentliche Referenz für diese Studie ist die „Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie“ (FutureCamp Climate, 2024). Sie entwickelt Technologiepfade für eine treibhausgasneutrale Gießerei-Industrie im Jahr 2045 und leitet die mit diesen Technologiepfaden verbundenen Emissionen, Energiebedarfe sowie Kosten und Investitionen ab. Die von FutureCamp Climate (2024) unterstellte Produktionsentwicklung und die analysierten Technologiepfade fließen direkt in die Entwicklung der Szenarien dieser Studie ein.

Proassort (2023) und Proassort (2025) untersuchen den Stahlschrottbedarf der Stahlindustrie und der Gießerei-Industrie. Sie tragen dabei der Bedeutung von Legierungsmetallen im Schrott Rechnung. Proassort (2025) ermittelt für Stahlindustrie und Gießerei-Industrie einen Mangel von 4,5 bis 6,5 Mio. t „transformationsfähigem“ Neuschrott. Proassort (2023) betont, dass insbesondere die Verfügbarkeit von Neuschrott aus Flachstahl für die Fe-Gießereien von größter Bedeutung ist. Darüber hinaus weist Proassort (2023) auf weitere Herausforderungen bei der Schrottversorgung der Gießerei-Industrie hin. Diese entstehen durch die Übernahme von Recyclingunternehmen durch Stahlhersteller oder sogenannte Closed-Loop-Modelle, bei denen Stahlhersteller die Lieferung von Stahl mit der direkten Rücknahme von Schrott koppeln.

Hartung et al. (2025) nutzen einen szenariobasierten Ansatz, um Bandbreiten des Stahlschrottbedarfs der deutschen Stahlindustrie zu quantifizieren. Dazu kombinieren sie Annahmen über die Entwicklung der Stahlproduktion, die Zusammensetzung der Verfahrensrouten der Stahlindustrie und die Schrotteinsatzquoten in diesen Routen. Aus den Szenarien leiten sie den Schrottbedarf der Stahlindustrie bis 2045 ab. Die Ergebnisse deuten an, dass insbesondere hochwertiger Stahlschrott knapp werden könnte. Die erwartete Knappheit an hochwertigem Stahlschrott deckt sich mit den Ergebnissen von Proassort (2023) und Proassort (2025). Den Schrottbedarf der Gießerei-Industrie klammern Hartung et al. (2025) allerdings aus. Diese Lücke schließt die vorliegende Untersuchung.

Eine Reihe von Studien analysiert den Bedarf an und die Verfügbarkeit von Aluminiumschrott (beispielsweise Deng et al., 2026; Pedneault et al., 2023; Buchner et al., 2017; Billy und Müller, 2023; Løvik et al., 2014; Cullen und Allwood, 2013). In der Literatur wird häufig zwischen Aluminiumschrott für Gusslegierungen und Aluminiumschrott für Knetlegierungen, aus denen Bleche oder Profile gefertigt werden, unterschieden. Dabei stehen

meist Fragen nach der Qualität des Aluminiumschrotts im Vordergrund. Eine szenariobasierte Untersuchung des Schrottbedarfs für den Al-Guss in Deutschland fehlt jedoch.

Die wirtschaftliche Bedeutung und die technologische Transformation der Gießerei-Industrie in Deutschland wurden bereits wissenschaftlich analysiert. Szenariobasierte Bandbreiten des Schrottbedarfs für den Fe-Guss wurden bislang nur in wenigen Studien untersucht. Der Bedarf an Aluminiumschrott wurde zwar wissenschaftlich analysiert, es fehlen jedoch Untersuchungen mit Fokus auf den Al-Guss in Deutschland. Hier setzt diese Studie mit einem transparenten, szenariobasierten Ansatz an.

4 Methodik

Diese Studie quantifiziert plausible Bandbreiten für den Schrottbedarf der deutschen Gießerei-Industrie bis 2045. Um dieses Ziel zu erreichen, greift sie auf Szenarien zurück. Szenarien sind konsistente und schlüssige Bilder der Zukunft und beruhen auf hypothetischen Abfolgen von Ereignissen (Günther, 2018). Sie haben nicht den Anspruch, die Zukunft vorherzusagen. Stattdessen bilden sie in sich stimmige und plausible Entwicklungen ab, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden können.

Der Schrottbedarf B der Gießerei-Industrie kann in drei wesentliche Bestimmungsfaktoren zerlegt werden, die zur Entwicklung der Szenarien herangezogen werden. Gleichung (1) stellt diesen Zusammenhang dar. Auf einen expliziten Zeitindex wird zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet.

$$B = \sum_i Q \cdot \alpha_i \cdot \mathrm{SEQ}_i \tag{1}$$

Der Schrottbedarf B hängt erstens von der Produktionsmenge der Gießerei-Industrie Q ab. Je größer die Produktionsmenge, desto größer ist der Rohstoff- und damit der Schrottbedarf. Zweitens hängt B – insbesondere im Fe-Guss – von den Anteilen der Schmelzöfen ab (vgl. dazu Abschnitt 2.2): In Induktionsöfen wird typischerweise mehr Stahlschrott eingesetzt als in Kupolöfen. Zudem stellen Induktionsöfen höhere Ansprüche an die Reinheit des Schrotts. Der Anteil von Schmelzofentyp i an der Produktionsmenge wird mit α_i bezeichnet. Drittens hängt der Schrottbedarf von der Schrotteinsatzquote SEQ_i in Schmelzofentyp i ab.

In dieser Studie wird zwischen dem Schrottbedarf des Fe-Gusses und des Al-Gusses unterschieden. Die Logik von Gleichung (1) gilt grundsätzlich für beide Teilbereiche der

Gießerei-Industrie. Eine Ausnahme stellen die Anteile der Schmelzofentypen α_i im Al-Guss dar. Da die Rohstoffe im Al-Guss überwiegend als Masseln oder flüssiges Aluminium bezogen werden, sind die Anteile der Schmelzofentypen von untergeordneter Bedeutung.

Die Ausprägungen der Bestimmungsfaktoren im Fe-Guss und Al-Guss beruhen auf historischen Trends, aktuellen Studien sowie begründeten ergänzenden Annahmen. Aus der Kombination der Ausprägungen entstehen die Szenarien, für die der Schrottbedarf berechnet wird.

Für den Fe-Guss werden der Schrottbedarf insgesamt sowie der Schrottbedarf der Induktionsöfen berechnet. Damit wird den bereits angesprochenen höheren Ansprüchen der Induktionsöfen an den eingesetzten Stahlschrott Rechnung getragen. Dabei ist zu beachten, dass diese Trennung eine Vereinfachung darstellt: Auch in Kupolöfen wird hochwertiger Stahlschrott – heute vor allem Stahlneuschrott – eingesetzt. Die Annahme spiegelt eine fehlende Datengrundlage wider (Hartung et al., 2025) und sollte, falls bessere Daten verfügbar werden, in zukünftiger Forschung überprüft und differenziert werden.

5 Annahmen

5.1 Eisen- und Stahlguss

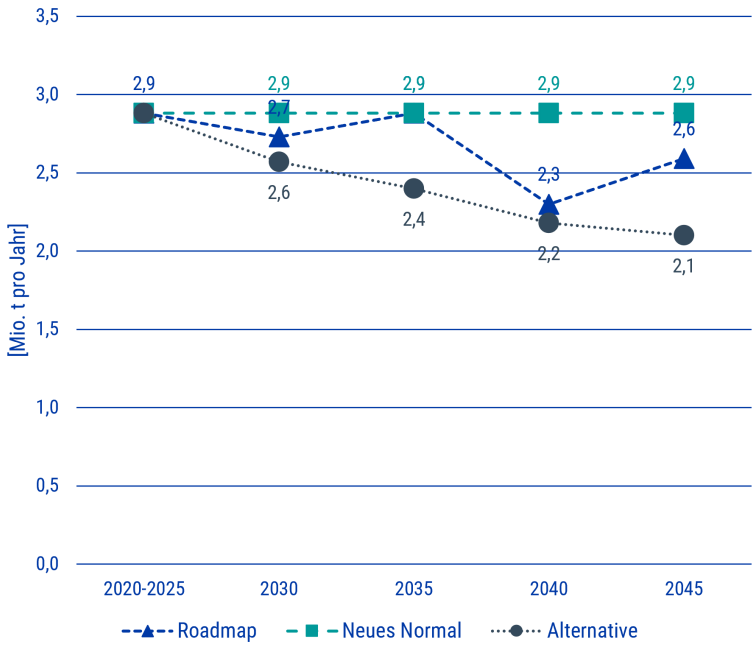
5.1.1 Produktionsmengen

Die Szenarien für den Stahlschrottbedarf im Fe-Guss kombinieren Ausprägungen von drei Bestimmungsfaktoren: die Produktionsmenge, die Anteile der Schmelzofentypen und die Schrotteinsatzquoten in den Schmelzöfen (vgl. Gleichung 1). Im Folgenden werden diese Ausprägungen beschrieben und begründet.

Abbildung 9 stellt die Ausprägungen zur Produktionsmenge im Fe-Guss in Mio. t pro Jahr dar. Als Referenz dient der Durchschnitt der Fe-Gussproduktion in den Jahren 2020 bis 2025 von 2,9 Mio. t. Im Folgenden werden drei Ausprägungen unterschieden.

Die erste Ausprägung *Roadmap* basiert auf der Studie „Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie“ (FutureCamp Climate, 2024). Die Roadmap analysiert potenzielle Transformationspfade zu einer treibhausgasneutralen Gießerei-Industrie in Deutschland im Jahr 2045. Dabei werden auch Annahmen über die Entwicklung der Produktionsmengen im Fe-Guss und NE-Guss getroffen. Die Jahre 2020 bis 2025 dienen in der Roadmap als Status quo. Die Roadmap geht von einem weiteren Rückgang der Produktion bis 2030 und einer anschließenden Erholung bis 2035 aus. Danach fällt die

Abbildung 9
Annahmen zur Produktionsmenge im Fe-Guss



Produktionsmenge im Fe-Guss in Mio. t pro Jahr.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Produktionsmenge im Fe-Guss bis 2040 auf 80 % der Menge in den Jahren 2020 bis 2025. Bis 2045 steigt die Produktion wieder an.

Die zweite Ausprägung der Produktionsmenge im Fe-Guss wird als *Neues Normal* bezeichnet. Diese unterstellt, dass das Niveau der Fe-Gussproduktion der Jahre 2020 bis 2025 (vgl. Abbildung 5) langfristig bestehen bleibt. Dementsprechend bleibt die Produktionsmenge bis 2045 konstant bei 2,9 Mio. t.

In der dritten Ausprägung *Alternative* wird eine pessimistischere Zukunft für die Fe-Gussproduktion in Deutschland gezeichnet. Dabei wird unterstellt, dass der Absatzmarkt in der Automobilindustrie bis 2045 gegenüber 2025 um 30 % schrumpft. Darüber hinaus wird angenommen, dass die Automobilproduktion bis 2045 vollständig auf batterieelektrische Fahrzeuge umgestellt wird. Die Nachfrage der anderen Abnehmerbranchen bleibt auf dem Niveau von 2020 bis 2025.

In der Ausprägung *Alternative* sinkt die Produktionsmenge im Fe-Guss bis 2045 kontinuierlich. Im Jahr 2030 wird sie mit 2,6 Mio. t angenommen, im Jahr 2035 mit 2,4 Mio. t und im Jahr 2040 mit 2,2 Mio. t. Im Jahr 2045 liegt die Produktionsmenge im Fe-Guss bei 2,1 Mio. t oder 73 % des Durchschnitts von 2020 bis 2025.

Tabelle 1 fasst die drei Ausprägungen der Produktionsmengen zusammen, die den Szenarien zugrunde liegen.

Tabelle 1
Annahmen über die Produktionsmengen im Fe-Guss

Ausprägung	Erklärung	2020–2025	2030	2035	2040	2045
Roadmap	Produktion nach Roadmap Treibhausgasneutralität	2,9	2,7	2,9	2,3	2,6
Neues Normal	Konstantes Produktionsniveau 2020–2025	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Alternative	Negative Entwicklung der Produktionsmenge	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1

Produktionsmengen im Fe-Guss in Mio. t.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

5.1.2 Anteile der Schmelzofentypen

Im Fe-Guss ist die Zusammensetzung der eingesetzten Schmelzöfen sowohl für die Quantität als auch für die Qualität des benötigten Schrotts von Bedeutung. Induktionsöfen setzen einen größeren Stahlschrottanteil ein als Kupolöfen. Darüber hinaus haben sie höhere Ansprüche an die Reinheit des eingesetzten Stahlschrotts. Daher werden drei Ausprägungen für die Anteile der Schmelzofentypen an der Fe-Gussproduktion unterschieden.

In der Literatur finden sich einzelne Angaben zu den Anteilen der Schmelzofentypen. Laut Wolff (2014) waren 2012 30 % aller Schmelzanlagen Kupolöfen, 70 % Induktionsöfen. Die für diese Studie wichtigeren Anteile der Schmelzofentypen an der Produktionsmenge teilten sich zu 50 % auf Kupolöfen und zu 50 % auf Induktionsöfen auf. Fleiter et al. (2023) geben vergleichbare Werte für 2019 an. dena (2021) nennt einen Anteil von 62 % der Produktion im Kupolofen, allerdings ohne Jahresangabe.

Zahlen über die Anteile von Kaltwind- und Heißwindkupolöfen an der Produktionsmenge sind in der Literatur nicht zu finden. Allerdings weisen Heißwindkupolöfen typischerweise deutlich größere Schmelzleistungen auf. Fleiter et al. (2023) nennen typische Schmelzleistungen von 2 t/h bis 10 t/h bei Kaltwindkupolöfen und 8 t/h bis 100 t/h bei Heißwindkupolöfen.

Im Status quo werden folgende Anteile an der Produktionsmenge unterstellt (BDG, 2026a): Heißwindkupolöfen 45 %, Kaltwindkupolöfen 10 % und Induktionsöfen 45 %. Diese Zahlen dienen als Referenz für die Szenarien.

Tabelle 2
Annahmen über die Anteile der Schmelzofentypen im Fe-Guss

Ausprägung	Erklärung	Schmelzofentyp	2025	2030	2035	2040	2045
A	Schnellere Elektrifizierung	Heißwindkupolofen	45,0	29,3	20,3	2,3	0,0
		Kaltwindkupolofen	10,0	6,5	4,5	0,5	0,0
		Induktionsofen	45,0	64,3	75,3	97,3	100,0
B	Langsamere Elektrifizierung	Heißwindkupolofen	45,0	42,8	29,3	20,3	2,3
		Kaltwindkupolofen	10,0	6,5	4,5	0,5	0,0
		Induktionsofen	45,0	50,8	66,3	79,3	97,8
C	CCU bei Heißwind-kupolöfen	Heißwindkupolofen	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
		Kaltwindkupolofen	10,0	6,5	4,5	0,5	0,0
		Induktionsofen	45,0	48,5	50,5	54,5	55,0

Anteile der Schmelzofentypen an den Produktionsmengen in Prozent.
Abweichungen von 100 % sind rundungsbedingt.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Tabelle 2 zeigt die Entwicklung der Anteile der Schmelzofentypen an der Produktionsmenge bis 2045. Es werden drei Ausprägungen unterschieden. Diese Ausprägungen orientieren sich an der Studie „Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie“ (FutureCamp Climate, 2024).

Die Ausprägung *A* repräsentiert eine Transformation, in der die Kupolöfen der Fe-Gießereien bis 2045 vollständig durch Induktionsöfen ersetzt werden. Sie entspricht dem Pfad 2 (Elektrifizierung von Thermoprozessen) in FutureCamp Climate (2024). Es wird unterstellt, dass die Kaltwind- und Heißwindkupolöfen in der gleichen Geschwindigkeit durch Induktionsöfen ersetzt werden.

Ausprägung *B* spiegelt eine langsamere Elektrifizierung wider. Mögliche Gründe für diese langsamere Elektrifizierung sind hohe Strompreise oder verzögerte Netzanschlüsse. Dabei wird unterstellt, dass die größeren und effizienteren Heißwindkupolöfen später ersetzt werden. In Ausprägung *B* verzögert sich ihre Elektrifizierung um fünf Jahre im Vergleich zu Ausprägung *A*, während die Elektrifizierung der Kaltwindkupolöfen in der gleichen Geschwindigkeit abläuft.

Einen alternativen Transformationspfad zur Reduktion der CO_2-Emissionen bildet die Ausprägung *C* ab. Sie unterstellt, dass Heißwindkupolöfen bis 2045 weiterbetrieben werden. Die Öfen könnten mit Biokoks betrieben und das CO_2 abgeschieden sowie zur Metha-

nolsynthese eingesetzt werden (Carbon Capture and Utilization, CCU). Dieses Szenario orientiert sich am Pfad 3 (Biokoks und Carbon Capture and Utilisation) der Roadmap-Studie (FutureCamp Climate, 2024). Zudem wird unterstellt, dass Kaltwindkupolöfen – analog zu Ausprägung *A* – durch Induktionsöfen ersetzt werden.

5.1.3 Schrotteinsatzquoten

Die Schrotteinsatzquoten sind der dritte wesentliche Bestimmungsfaktor für den Schrottbedarf der Gießerei-Industrie. Im Fe-Guss werden mit Kupolöfen und Induktionsöfen voraussichtlich zwei Ofentypen zum Einsatz kommen, die bereits heute etabliert sind. Die Unsicherheit über die Schrotteinsatzquoten dieser Ofentypen ist deutlich geringer als bei den Produktionsmengen und den Anteilen der Ofentypen. Daher wird für die Schrotteinsatzquoten im Fe-Guss nur eine Ausprägung betrachtet.

Tabelle 3
Schrotteinsatz im Fe-Guss 2010 bis 2025

Jahr	Produktion	Eigenentfall	Zukauf		Gesamt	
	BDG	Future Camp	BDSV, BVSE	Future Camp	BIR	Future Camp
2010	3,9	2,0	3,1	3,3		5,3
2011	4,5	2,3	3,8	3,8		6,1
2012	4,3	2,2	2,6	3,6		5,8
2013	4,1	2,1	3,3	3,3		5,4
2014	4,2	2,1	3,4	3,4		5,5
2015	4,1		3,4			
2016	3,9		3,3			
2017	4,2		3,4			
2018	4,3		3,6			
2019	3,8		3,2			
2020	2,7	1,3		2,3	3,8	3,6
2021	3,2	1,5		2,6	4,4	4,2
2022	3,1	1,5		2,9	4,4	4,4
2023	3,1	1,4		2,8	4,3	4,2
2024	2,6		2,4		3,7	3,7
2025	2,5		2,1		3,7	3,4

Produktionsmenge und Schrotteinsatz im Fe-Guss in Mio. t pro Jahr.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis von (BDG, 2026b; BIR, 2026; BDSV und BVSE, 2026; BIR, 2025; FutureCamp Climate, 2024; BDSV, o.J.).

Daten über die Entwicklung des Schrotteinsatzes im Fe-Guss finden sich in verschiedenen Literaturquellen (BIR, 2026, 2025; FutureCamp Climate, 2024; BDSV, o.J.). Diese Quellen unterscheiden zwischen dem Eigenentfall beziehungsweise Kreislaufmaterial, dem Zukauf von Stahlschrott sowie dem Gesamtschrotteinsatz. Tabelle 3 zeigt den Schrotteinsatz im Fe-Guss in Deutschland von 2010 bis 2025 in Mio. t. Als Vergleichsgrundlage dient die Gussproduktion in Mio. t im gleichen Zeitraum.

Um den Stahlschrottbedarf im Fe-Guss zu quantifizieren, wird die Schrotteinsatzquote als Verhältnis zwischen dem zugekauften Stahlschrott und der Produktionsmenge im Fe-Guss berechnet. Die Schrotteinsatzquote ist somit pro t guten Gusses, also pro t des fertigen Endprodukts zu verstehen. Kreislaufmaterial, das im Gießprozess anfällt und wieder eingeschmolzen wird, wird nicht betrachtet, da es keinen zusätzlichen Bedarf an zugekauftem Stahlschrott auslöst.

Die historischen Daten in Tabelle 3 zeigen, dass die Einsatzquote von zugekauftem Stahlschrott im Fe-Guss bei durchschnittlich 84 % lag.[9] Die Daten differenzieren nicht zwischen den Schmelzofentypen. In Anlehnung an BDG (2026b) wird unterstellt, dass die Schrotteinsatzquote in den Induktionsöfen höher ist als in den Kupolöfen.

Für Heiß- und Kaltwindkupolöfen werden Schrotteinsatzquoten von 80 %, für Induktionsöfen von 90 % unterstellt. Bei der Zusammensetzung der Schmelzofentypen im Status quo (vgl. Tabelle 2) impliziert dies eine Schrotteinsatzquote von 85 % für die gesamte Fe-Gussproduktion, was nah an der historischen Schrotteinsatzquote von 84 % liegt. Diese Annahme von Schrotteinsatzquoten von 80 % beziehungsweise 90 % wird in allen Szenarien bis 2045 beibehalten. Tabelle 4 stellt die Annahmen über die Schrotteinsatzquoten kompakt dar.

5.2 Aluminiumguss

5.2.1 Produktionsmengen

Abbildung 10 zeigt die Annahmen über die Produktionsmengen im Al-Guss in 1.000 t pro Jahr. Wie beim Fe-Guss dient die durchschnittliche Produktion der Jahre 2020 bis 2025 als Status quo. Sie lag bei 695.000 t. Bei den Annahmen über die zukünftige Produktionsmenge des Al-Gusses werden ebenfalls drei Ausprägungen unterschieden.

[9] Eine Ausnahme stellt das Jahr 2012 nach Daten der BDSV dar. BDSV (o.J.) gibt für dieses Jahr einen Einsatz von zugekauftem Stahlschrott von 2,6 Mio. t an. Dies entspräche einer Schrotteinsatzquote von 61 %. Dieser Wert erscheint im Vergleich mit den übrigen Daten inkonsistent. Daher wird für die Berechnung der Schrotteinsatzquote der Wert von 3,6 Mio. t aus FutureCamp Climate (2024) verwendet.

Tabelle 4
Annahmen über die Schrotteinsatzquoten im Fe-Guss

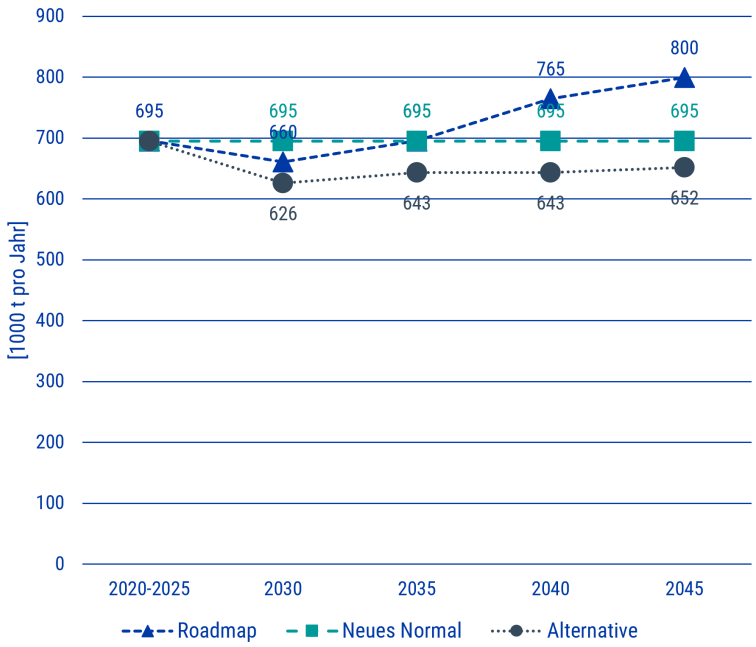
Schmelzofentyp	2020–2025	2030	2035	2040	2045
Heißwindkupolofen	80	80	80	80	80
Kaltwindkupolofen	80	80	80	80	80
Induktionsofen	90	90	90	90	90

Schrotteinsatzquoten im Fe-Guss in Prozent.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Die Ausprägung *Roadmap* basiert auf der Studie „Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie“ (FutureCamp Climate, 2024). Die Annahmen der Roadmap zur Produktionsentwicklung im NE-Guss werden in dieser Ausprägung genutzt. Es wird unterstellt, dass der Anteil des Al-Gusses am NE-Guss konstant bleibt.

Wie im Fe-Guss geht auch im Al-Guss in der Ausprägung *Roadmap* die Produktionsmenge bis 2030 zurück. Allerdings steigt sie danach schrittweise bis auf 800.000 t im Jahr 2045. Dies entspräche einem Anstieg von 15 % gegenüber dem Status quo.

Abbildung 10
Annahmen zur Produktionsmenge im Al-Guss



Produktionsmenge im Al-Guss in 1.000 t pro Jahr.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Auch für den Al-Guss wird eine Ausprägung mit konstanter Produktionsmenge betrachtet. In dieser als *Neues Normal* bezeichneten Ausprägung verbleibt die Produktionsmenge im Al-Guss bei 695.000 t.

Die dritte Ausprägung *Alternative* bildet eine pessimistischere Entwicklung des Al-Gusses ab. Zwar führt eine Umstellung der Automobilproduktion auf batterieelektrische Fahrzeuge zu einem größeren Bedarf an Al-Guss pro Fahrzeug, die sinkende Zahl produzierter Fahrzeuge senkt jedoch die Nachfrage. Für die weiteren Abnehmerbranchen des Al-Gusses wird eine steigende Nachfrage unterstellt.

In der Ausprägung *Alternative* fällt die Produktionsmenge im Al-Guss von 695.000 t im Status quo auf 626.000 t im Jahr 2030. Danach erholt sich die Al-Gussproduktion wieder, verbleibt aber bis 2045 unterhalb des Status quo. Im Jahr 2045 läge sie bei 652.000 t und wäre damit etwa 6 % geringer als im Status quo.

Tabelle 5 fasst die drei Ausprägungen und die mit ihnen verbundenen Produktionsmengen im Al-Guss zusammen.

Tabelle 5
Annahmen über die Produktionsmengen im Al-Guss

Ausprägung	Erklärung	2020–2025	2030	2035	2040	2045
Roadmap	Produktion nach Roadmap Treibhausgasneutralität	695	660	695	765	800
Neues Normal	Konstantes Produktionsniveau 2020–2025	695	695	695	695	695
Alternative	Negative Entwicklung der Produktionsmenge	695	626	643	643	652

Produktionsmengen im Al-Guss in 1.000 t.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

5.2.2 Anteile der Schmelzofentypen

Im Al-Guss kommen verschiedene Typen von Schmelzöfen zum Einsatz. Dazu gehören Induktionsöfen sowie mit Gas oder Öl betriebene Schacht- und Tiegelöfen (BDG, 2026b). Im Gegensatz zum Fe-Guss sind die Anteile der Schmelzofentypen im Al-Guss für den Schrottbedarf nur von untergeordneter Bedeutung.

Al-Gießereien beziehen ihre Rohstoffe von Aluminiumhütten, entweder in fester Form als Masseln oder als flüssiges Aluminium (Roller et al., 2023). Dementsprechend findet der Schrotteinsatz überwiegend nicht in den Schmelzöfen der Al-Gießereien, sondern bei den

Aluminiumproduzenten statt. Allerdings bestimmen die Al-Gießereien den Schrotteinsatz über die Spezifikationen der zugekauften Al-Legierungen indirekt (BDG, 2026a).

5.2.3 Schrotteinsatzquoten

Um den Schrottbedarf im Al-Guss zu quantifizieren, müssen Annahmen über die Schrotteinsatzquoten in den genutzten Legierungen getroffen werden. Direkt verwendbare Daten für den Al-Guss in Deutschland liegen nicht vor. Grobe Richtwerte lassen sich aus der Literatur ableiten. Die Studie von Cullen und Allwood (2013) betrachtet Aluminium auf globaler Ebene und nutzt Daten von vor 2010. Aus ihren Daten ergibt sich eine Schrotteinsatzquote von etwa 62 % in Al-Gusslegierungen. Deng et al. (2026) betrachten die USA auf Basis aktuellerer Daten. Sie ermitteln eine Schrotteinsatzquote von etwa 85 %.

Laut Daten des BDG liegt die Schrotteinsatzquote im Al-Guss in Deutschland in einer Größenordnung von 60 bis 90 % (BDG, 2026a). Dies deckt sich mit den Zahlen von Cullen und Allwood (2013) und Deng et al. (2026). Für den Status quo wird eine Schrotteinsatzquote von 75 % unterstellt.

Für die Entwicklung der Schrotteinsatzquote bis 2045 werden drei Ausprägungen unterschieden. In Ausprägung *1* bleibt sie bis 2045 unverändert bei 75 %. In Ausprägung *2* bleibt sie bis 2030 bei 75 % und steigt dann in Schritten von fünf Prozentpunkten bis auf 90 % im Jahr 2045. Ausprägung *3* bildet einen schnelleren Anstieg der Schrotteinsatzquote ab: Es wird unterstellt, dass sie bereits ab 2035 bei 90 % liegt.

Tabelle 6 zeigt die Annahmen über die Schrotteinsatzquote im Al-Guss in den drei betrachteten Ausprägungen.

Tabelle 6
Annahmen über die Schrotteinsatzquoten im Al-Guss

Ausprägung	Erklärung	2020–2025	2030	2035	2040	2045
1	Konstante Schrotteinsatzquote	75	75	75	75	75
2	Steigende Schrotteinsatzquote	75	75	80	85	90
3	Schnell steigende Schrotteinsatzquote	75	80	90	90	90

Schrotteinsatzquoten im Al-Guss in Prozent.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

6 Szenarien für den Schrottbedarf der Gießerei-Industrie

6.1 Eisen- und Stahlguss

6.1.1 Bedarf an externem Stahlschrott

Im ersten Schritt wird der Bedarf der Fe-Gießereien an Stahlschrott in acht Szenarien dargestellt. Erfasst wird der extern zugekaufte Stahlschrott, nicht jedoch das Kreislaufmaterial. Es wird nicht zwischen dem Bedarf für Kupolöfen und Induktionsöfen unterschieden. Betrachtet wird somit die gesamte eingesetzte Menge an externem Stahlschrott.

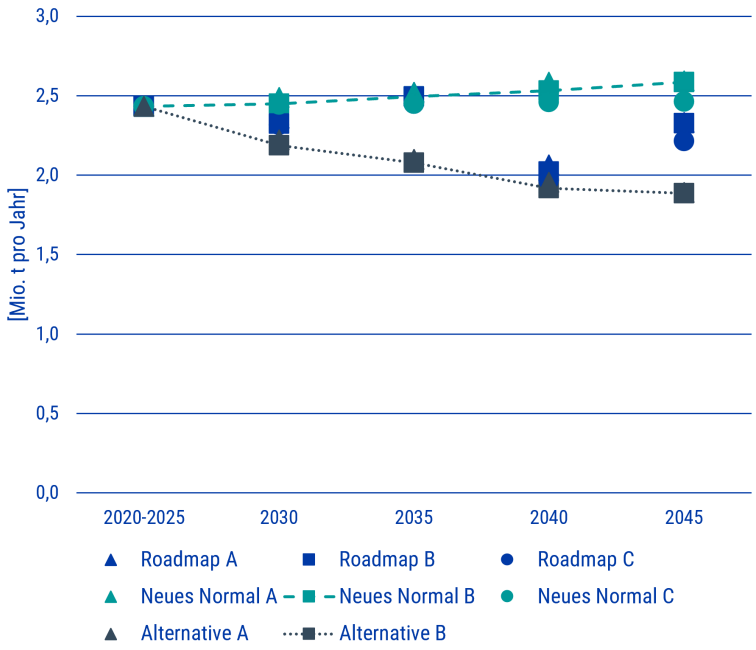
Abbildung 11 stellt den durchschnittlichen Bedarf an externem Stahlschrott von 2020 bis 2025 sowie den mit den Szenarien verbundenen Bedarf dar. Er wird in Mio. t pro Jahr gemessen und für die Jahre 2030, 2035, 2040 sowie 2045 berechnet. Insgesamt werden acht Szenarien gezeigt, die sich aus den in Kapitel 5.1 dargestellten Annahmen ergeben.

Abbildung 11 kann wie folgt interpretiert werden. Die Farbe der Symbole entspricht den Annahmen über die Entwicklung der Produktionsmengen. Die Szenarien, in denen die Produktionsentwicklung der Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie (FutureCamp Climate, 2024) folgt, sind in Blau dargestellt. Szenarien mit konstanter Produktionsmenge (*Neues Normal*) sind grün dargestellt und die Szenarien mit der alternativen, pessimistischeren Produktionsentwicklung (*Alternative*) in Grau.

Die Form der Symbole zeigt die Annahmen über die Entwicklung der Anteile der Schmelzöfen an der Produktionsmenge. Dreiecke repräsentieren die Ausprägung A, also eine schnelle Elektrifizierung der Fe-Gießereien. Quadrate stehen für eine verzögerte Elektrifizierung der Heißwindkupolöfen (Ausprägung B). Kreise spiegeln die Ausprägung C wider, in der die Heißwindkupolöfen bis 2045 weiterbetrieben werden. Das Szenario *Alternative C*, das eine pessimistische Nachfrageentwicklung mit dem Weiterbetrieb der Heißwindkupolöfen verknüpft, wird nicht dargestellt. Ein solches Szenario erscheint nicht in sich konsistent, da bei einem deutlichen Rückgang der Produktionsmenge im Fe-Guss vor allem ein Rückgang der kupolofenbasierten Produktion zu erwarten wäre.

Bei einer Stahlschrotteinsatzquote von 80 % in den Kupolöfen und 90 % in den Induktionsöfen ergibt sich zwischen 2020 und 2025 eine durchschnittliche Stahlschrotteinsatzmenge von etwa 2,4 Mio. t pro Jahr. Abbildung 11 zeigt, dass die Entwicklung der Produktionsmengen im Fe-Guss auch die Entwicklung des Stahlschrottbedarfs prägt. In den *Roadmap*-Szenarien folgt der Stahlschrottbedarf weitgehend der Produktionsentwicklung: Der Schrottbedarf fällt bis 2030, erholt sich bis 2035, sinkt spürbar bis 2040 und

Abbildung 11
Bedarf an Stahlschrott im Fe-Guss



Bedarf an externem Stahlschrott der Gießerei-Industrie in Deutschland in Abhängigkeit von den Szenarien, in Mio. t pro Jahr.
Farben entsprechen den Annahmen über die Produktionsmenge: Blau: *Roadmap*, Grün: *Neues Normal*, Grau: *Alternative*.
Symbole entsprechen den Annahmen über die Zusammensetzung der Schmelzofentypen: ▲: *A* (schnellere Elektrifizierung), ■: *B* (langsamere Elektrifizierung), ●: *C* (CCU bei Heißwindkupolöfen).
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

erholt sich dann ein weiteres Mal bis 2045. Langfristig implizieren die *Roadmap*-Szenarien einen Stahlschrottbedarf in einer Bandbreite von 2,2 bis 2,3 Mio. t pro Jahr.

Die *Neues Normal*-Szenarien implizieren einen Anstieg des Stahlschrottbedarfs auf eine Bandbreite von 2,5 Mio. t (*Neues Normal C*) bis 2,6 Mio. t pro Jahr (*Neues Normal A* und *Neues Normal B*) im Jahr 2045. Der Grund hierfür ist ein steigender Anteil der Induktionsöfen an der (konstanten) Produktionsmenge.

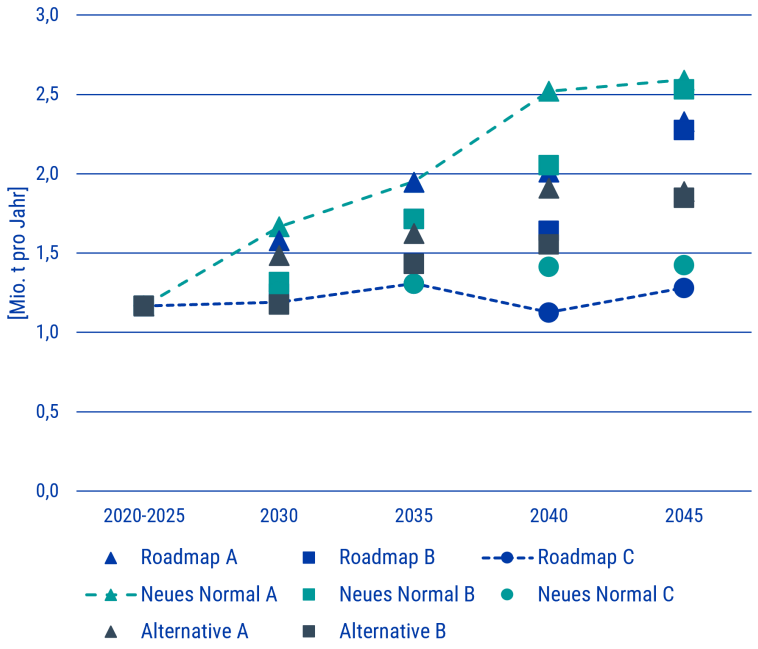
Unter pessimistischeren Annahmen über die Produktionsentwicklung (*Alternative*) sinkt der Stahlschrottbedarf der Fe-Gießereien kontinuierlich von 2,4 Mio. t im Status quo auf etwa 1,9 Mio. t im Jahr 2045. Dies entspräche einem Rückgang von etwa 22 %.

Insgesamt lässt sich festhalten: Die Szenarien deuten an, dass mit einer Stagnation oder einem Rückgang des Stahlschrottbedarfs der Fe-Gießereien zu rechnen ist. Nur die Szenarien mit einer konstanten Produktionsmenge im Fe-Guss (*Neues Normal*) führen zu einem Anstieg des Stahlschrottbedarfs. Die Produktionsmenge im Fe-Guss erscheint als dominanter Faktor für die Entwicklung des Stahlschrottbedarfs.

6.1.2 Bedarf an externem Stahlschrott der Induktionsöfen

In diesem Abschnitt wird der Stahlschrottbedarf der Induktionsöfen im Fe-Guss gesondert betrachtet. Grund hierfür sind die höheren Anforderungen der Induktionsöfen an die Reinheit des eingesetzten Stahlschrotts. Abbildung 12 zeigt die Szenarien für den Schrottbedarf der Induktionsöfen im Fe-Guss. Die Interpretation ist analog zu Abbildung 11: Die Farben entsprechen den Annahmen über die Produktionsmengen (*Roadmap*: blau, *Neues Normal*: grün, *Alternative*: grau). Die Symbole zeigen die Anteile der Schmelzofentypen an der Produktion (*A*: schnelle Elektrifizierung, *B*: verzögerte Elektrifizierung, *C*: Weiterbetrieb der Heißwindkupolöfen). Der Schrottbedarf der Induktionsöfen im Fe-Guss wird in Mio. t pro Jahr ausgedrückt. Es wird nur der (externe) Stahlschrottbedarf dargestellt, das eingesetzte Kreislaufmaterial wird ausgeklammert.

Abbildung 12
Bedarf an Stahlschrott für Induktionsöfen im Fe-Guss



Bedarf an externem Stahlschrott für die Induktionsöfen im Fe-Guss in Deutschland in Abhängigkeit von den Szenarien, in Mio. t pro Jahr.
Farben entsprechen den Annahmen über die Produktionsmenge: Blau: *Roadmap*, Grün: *Neues Normal*, Grau: *Alternative*.
Symbole entsprechen den Annahmen über die Zusammensetzung der Schmelzofentypen: ▲: *A* (schnellere Elektrifizierung), ■: *B* (langsamere Elektrifizierung), ●: *C* (CCU bei Heißwindkupolöfen).
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Der Stahlschrottbedarf der Induktionsöfen im Fe-Guss lag – bei einer Stahlschrotteinsatzquote von 90 % – zwischen 2020 und 2025 bei durchschnittlich 1,2 Mio. t pro Jahr. Abbildung 12 zeigt, dass dieser Bedarf in Zukunft deutlich wachsen könnte. Im Jahr 2045 liegt er in den Szenarien zwischen 1,3 und 2,6 Mio. t pro Jahr.

Auch für den Stahlschrottbedarf der Induktionsöfen ist die Entwicklung der Produktionsmenge ein wesentlicher Faktor. Die Ausprägung *Neues Normal* führt tendenziell zu einem höheren Bedarf als *Roadmap* oder *Alternative*. Dies wird im Jahr 2045, in dem die Elektrifizierung der Schmelzöfen in den Ausprägungen *A* und *B* weitgehend abgeschlossen ist, besonders deutlich. Die große Bandbreite des Schrottbedarfs der Induktionsöfen im Fe-Guss in den Szenarien deutet darauf hin, dass dieser Bedarf mit einer größeren Unsicherheit behaftet ist als der Schrottbedarf des Fe-Gusses insgesamt. Die Kombination von Unsicherheiten über die Produktionsmenge und über die Anteile der Schmelzöfen erklärt dieses Phänomen.

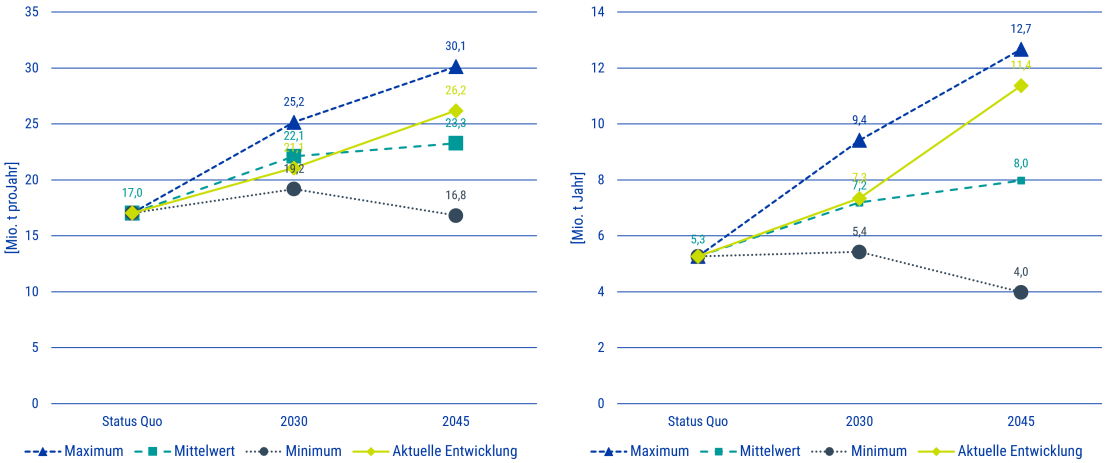
Allerdings zeigt sich auch, dass ein Weiterbetrieb der Heißwindkupolöfen, beispielsweise mit Koks aus Biomasse und dem Einsatz von CO_2-Abscheidung und -Nutzung, zu einem deutlich geringeren Schrottbedarf der Induktionsöfen führt. Dies machen die Szenarien *Roadmap C* und *Neues Normal C* deutlich. Der fortgesetzte Betrieb von Heißwindkupolöfen würde also den Anstieg des Bedarfs an besonders reinem Stahlschrott dämpfen.

6.1.3 Stahlschrottbedarf von Gießerei- und Stahlindustrie

Um ein vollständigeres Bild des Stahlschrottbedarfs zu zeichnen und eine mögliche Nutzungskonkurrenz zu identifizieren, werden die Ergebnisse für den Stahlschrottbedarf im Fe-Guss mit dem Schrottbedarf der Stahlindustrie aus Hartung et al. (2025) kombiniert. Abbildung 13 zeigt die Bandbreite des Gesamtbedarfs an Stahlschrott im Fe-Guss (auf Basis dieser Studie) und in der Stahlindustrie (Hartung et al., 2025) in Mio. t pro Jahr. Um diese Bandbreite zu verdeutlichen, werden die Szenarien mit dem jeweils höchsten (*Maximum*, blaue Linie) und niedrigsten Bedarf (*Minimum*, graue Linie) an Stahlschrott dargestellt. Für das Maximum werden die höchsten Bedarfswerte beider Branchen addiert, für das Minimum die niedrigsten. Der *Mittelwert* (grüne Linie) stellt den durchschnittlichen Schrottbedarf über alle betrachteten Szenarien hinweg dar.

Die Untersuchung von Hartung et al. (2025) stützt sich in erster Linie auf Studien, die in den Jahren 2021 und 2022 veröffentlicht wurden. Diese berücksichtigen dementsprechend die Auswirkungen der russischen Invasion in die Ukraine und die geopolitischen Spannungen im Nahen Osten nur teilweise. Aktuell zeigt sich ein deutlich langsamerer Hochlauf der wasserstoffbasierten Stahlproduktion als in den von Hartung et al. (2025) ausgewerteten Studien erwartet (PWC, 2026). Projekte werden verschoben oder grundsätzlich infrage gestellt, der Import von Eisenschwamm rückt stärker in den Vordergrund.

Abbildung 13
Kombinierter Schrottbedarf von Gießerei-Industrie und Stahlindustrie



(a) Stahlschrott gesamt

(b) Hochwertiger Stahlschrott

Kombinierter Bedarf an Stahlschrott der Gießerei-Industrie und Stahlindustrie in Abhängigkeit von den Szenarien, in Mio. t pro Jahr.
Farben und Symbole repräsentieren die Szenarien: ▲: Maximum der betrachteten Szenarien, ■: Mittelwert der betrachteten Szenarien, ●: Minimum der betrachteten Szenarien, ♦: Szenario mit stärker schrottbasierter Transformation der Stahlindustrie.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Rechnungen und Hartung et al. (2025).

Um den aktuellen Entwicklungen in der Stahlindustrie bei der Analyse des Stahlschrottbedarfs Rechnung zu tragen, wird ein zusätzliches Szenario *Aktuelle Entwicklung* betrachtet. Dieses Szenario bildet eine eher pessimistische Entwicklung der Stahlproduktion ab. Es wird unterstellt, dass im Jahr 2045 die Hälfte dieser Produktion aus schrottbasierter Elektrostahlproduktion stammt. Die wasserstoffbasierte Stahlproduktion macht in diesem Szenario 20 % der Produktionsmenge aus. Die verbleibenden 30 % werden von Elektrostahlwerken gefertigt, die hochwertige (Flach-)Stähle produzieren und dafür auf entsprechend hochwertigen Stahlschrott angewiesen sind. Das Szenario *Aktuelle Entwicklung* wird in hellgrün dargestellt.

Im Status quo liegt der Gesamtbedarf an Stahlschrott in Deutschland bei etwa 17,0 Mio. t pro Jahr. Davon entfallen 14,6 Mio. t auf die Stahlindustrie und 2,4 Mio. t auf die Gießerei-Industrie.[10] Abbildung 13a zeigt, dass dieser Gesamtbedarf bis 2045 in einer Bandbreite von 16,8 Mio. t bis 30,1 Mio. t pro Jahr liegen könnte. Der Mittelwert der Szenarien liegt bei 23,3 Mio. t pro Jahr. Dies entspräche einem Anstieg von 36,7 % gegenüber dem Status quo. Im Szenario *Aktuelle Entwicklung* steigt der kombinierte Schrottbedarf

[10] Für die Stahlindustrie bezieht sich der Status quo auf das Jahr 2023 (Wirtschaftsvereinigung Stahl, 2024).

von Gießerei- und Stahlindustrie zuerst auf 21,1 Mio. t pro Jahr im Jahr 2030 und dann deutlich auf 26,2 Mio. t pro Jahr im Jahr 2045.

Der mögliche relative Anstieg des Bedarfs an hochwertigem Stahlschrott ist erheblich größer, aber auch deutlich unsicherer. Abbildung 13b illustriert, dass dieser Bedarf im Maximum der betrachteten Szenarien bis 2045 auf 12,7 Mio. t pro Jahr ansteigen könnte. Dies entspräche einem Anstieg von 140,6 % gegenüber dem heutigen Bedarf von etwa 5,3 Mio. t pro Jahr. Im Minimum würde der Bedarf an hochwertigem Stahlschrott bis 2045 um 24,3 % auf 4,0 Mio. t pro Jahr zurückgehen. Im Mittelwert der betrachteten Szenarien würde der Bedarf an hochwertigem Stahlschrott bis 2045 um 51,6 % auf 8,0 Mio. t pro Jahr ansteigen. Vom Bedarf an hochwertigem Stahlschrott im Mittelwert entfielen 25,3 % auf die Induktionsöfen im Fe-Guss. Im Szenario *Aktuelle Entwicklung*, in dem ein erheblich größerer Teil des Flachstahlbedarfs mittels schrottbasierter Elektroöfen gedeckt wird als bei Hartung et al. (2025), steigt der Bedarf an hochwertigem Schrott bis 2030 auf 7,3 Mio. t pro Jahr und bis 2045 auf 11,4 Mio. t pro Jahr.

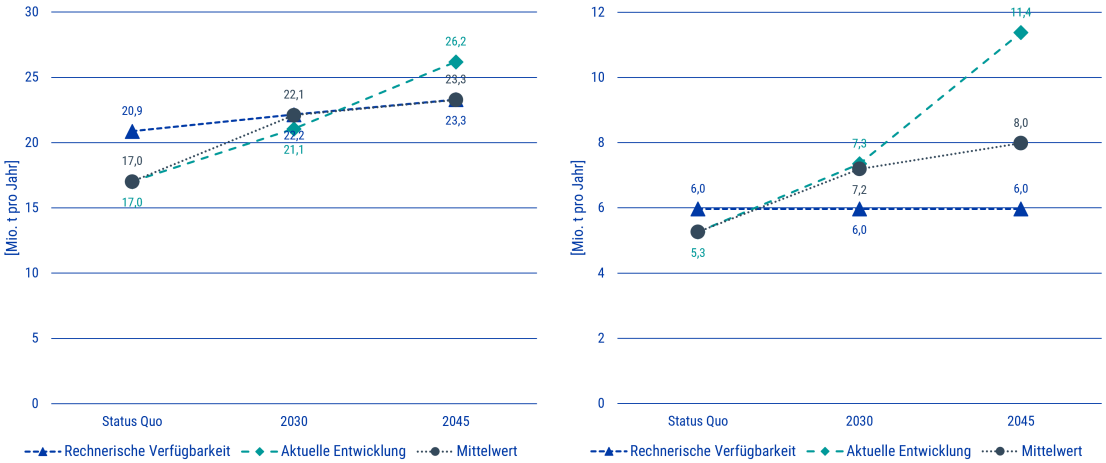
6.1.4 Verfügbarkeit und Knappheit von Stahlschrott

Die gemeinsame Betrachtung von Gießerei- und Stahlindustrie lässt einen Anstieg des Stahlschrottbedarfs in Deutschland erwarten. Insbesondere der Bedarf an hochwertigem Stahlschrott, der bisher durch Neuschrott gedeckt wurde, könnte in Zukunft erheblich steigen. Um abschätzen zu können, inwieweit sich Knappheiten von Stahlschrott entwickeln könnten, muss dem Bedarf die Verfügbarkeit gegenübergestellt werden.

Hierbei ist zu beachten: Angebot und Nachfrage nach Stahlschrott sind – wie bei anderen Gütern auch – das Ergebnis von Marktprozessen. In der Praxis würden steigende Preise, zusätzliche Importe, der Einsatz anderer Rohstoffe oder Produktionsanpassungen dazu beitragen, Knappheit abzubauen. Nichtsdestoweniger kann der Vergleich Indizien für zukünftige Entwicklungen liefern. Die ausgewiesenen Versorgungslücken sind rechnerische Differenzen zwischen dem Bedarf in den Szenarien und der unterstellten Schrottverfügbarkeit. Künftige Marktreaktionen auf diese Differenzen werden in den Rechnungen nicht explizit modelliert.

Abbildung 14 stellt den Bedarf an Stahlschrott einer plausiblen Verfügbarkeit gegenüber. Der Vergleich für Stahlschrott insgesamt wird in Abbildung 14a gezeigt, der für hochwertigen Stahlschrott in Abbildung 14b. Die Verfügbarkeit wird jeweils in Blau dargestellt. Um den Bedarf zu illustrieren, werden die Szenarien *Aktuelle Entwicklung* und

Abbildung 14
Bedarf und Verfügbarkeit von Stahlschrott



(a) Stahlschrott gesamt

(b) Hochwertiger Stahlschrott

Rechnerische Verfügbarkeit von Stahlschrott und Bedarf der Gießerei-Industrie und Stahlindustrie an Stahlschrott in Abhängigkeit von den Szenarien, in Mio. t pro Jahr.
Farben und Symbole repräsentieren die Verfügbarkeit und die Szenarien: ▲: rechnerische Verfügbarkeit von Stahlschrott, ■: Szenario mit stärker schrottbasierter Transformation der Stahlindustrie, ●: Mittelwert der betrachteten Szenarien.
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Rechnungen und Hartung et al. (2025).

Mittelwert herangezogen. Das Szenario *Aktuelle Entwicklung* wird mit einer grünen Linie dargestellt, das Szenario *Mittelwert* mit einer grauen Linie.

Die Verfügbarkeit von Stahlschrott in Deutschland wurde im Status quo auf etwa 20,9 Mio. t pro Jahr geschätzt. Sie setzt sich aus dem Stahlschrotteinsatz von Gießerei- und Stahlindustrie sowie den durchschnittlichen Nettoexporten Deutschlands in den Jahren 2020 bis 2025 von etwa 3,8 Mio. t pro Jahr (Eurostat, 2026) zusammen. Es wird unterstellt, dass die Verfügbarkeit von Stahlschrott in Europa bis 2035 um 1 % pro Jahr steigt (Maury et al., 2025a) und danach konstant bleibt. Überträgt man diese Annahmen auf Deutschland, wären im Jahr 2030 in Deutschland etwa 22,2 Mio. t pro Jahr und im Jahr 2045 ungefähr 23,3 Mio. t pro Jahr Stahlschrott verfügbar.

Abbildung 14a zeigt, dass der Stahlschrottbedarf schneller steigen dürfte als die Verfügbarkeit. Im Jahr 2030 liegt der Bedarf von Gießerei- und Stahlindustrie in den Szenarien *Aktuelle Entwicklung* und *Mittelwert* knapp unterhalb der Verfügbarkeit. Im Jahr 2045 entspricht er im Szenario *Mittelwert* etwa der Verfügbarkeit von 23,3 Mio. t pro Jahr. Dagegen übersteigt im Szenario *Aktuelle Entwicklung* der Schrottbedarf die Verfügbarkeit im Jahr 2045 um 2,9 Mio. t pro Jahr oder 12,5 %. Eine mögliche Anpassung wäre ein Rückgang der Nettoexporte bis hin zu einem Nettoimport von Stahlschrott.

Abbildung 14b stellt den Bedarf und die Verfügbarkeit von hochwertigem Stahlschrott dar. Die Verfügbarkeit von hochwertigem Stahlschrott wird als Summe des Schrotteinsatzes in den Induktionsöfen im Fe-Guss und in der Hochofen-Konverter-Route der Stahlindustrie sowie des Nettoexports von Stahlneuschrott approximiert. Unter diesen Annahmen liegt sie im Status quo bei 6,0 Mio. t pro Jahr. Es wird unterstellt, dass die Verfügbarkeit ohne weitere Maßnahmen konstant bleibt. Die möglichen Auswirkungen der EU-Altfahrzeugverordnung werden bei der Verfügbarkeit nicht berücksichtigt.

In den Szenarien *Aktuelle Entwicklung* und *Mittelwert* liegt der Bedarf bereits 2030 mit 7,2 bis 7,3 Mio. t pro Jahr oberhalb der Verfügbarkeit von 6,0 Mio. t pro Jahr. Für das Jahr 2045 deuten die Szenarien einen Bedarf von 8,0 Mio. t pro Jahr (*Mittelwert*) beziehungsweise 11,4 Mio. t pro Jahr (*Aktuelle Entwicklung*) an. Damit läge der Bedarf um 33,8 % beziehungsweise 90,6 % oberhalb der unterstellten Verfügbarkeit in Deutschland. Bei der Interpretation der Zahlen ist zu beachten, dass die große Bandbreite des Bedarfs auf erhebliche Unsicherheiten hindeutet. Die Szenarien weisen – auf Basis der getroffenen Annahmen – auf erhebliche rechnerische Versorgungslücken bei hochwertigem Stahlschrott der Qualitätsstufen Q1 und Q2 hin. Diese verdeutlichen mögliche Versorgungsrisiken sowie einen Anpassungsbedarf auf der Angebots- oder Nachfrageseite.

Für die mittelständisch geprägte Gießerei-Industrie könnten diese Versorgungsrisiken problematischer sein als für die großen Unternehmen der Stahlindustrie. Stahlhersteller etablieren sogenannte Closed-Loop-Modelle nach dem Prinzip „Stahl hin – Schrott zurück“ mit großen Kunden (Klimek und Fooladi, 2026; Salzgitter, 2018), um sich die Neuschrottversorgung zu sichern. Durch die Übernahme von Recyclingunternehmen erhöhen sie ihren Zugriff auf Schrott zusätzlich (Roland Berger, 2025; Proassort, 2023). Diese Möglichkeiten stehen mittelständischen Gießereien nicht oder nicht im gleichen Maße zur Verfügung.

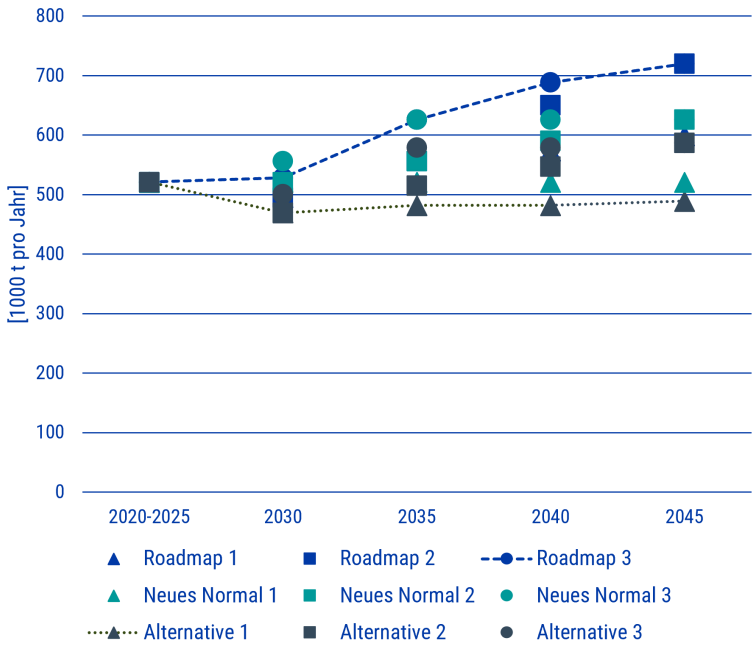
6.2 Aluminiumguss

6.2.1 Bedarf an Aluminiumschrott

Abbildung 15 stellt die neun Szenarien für den Schrottbedarf im Al-Guss in 1.000 t pro Jahr dar. Sie kombinieren die drei Ausprägungen der Produktionsmengen mit den drei Ausprägungen der Schrotteinsatzquoten. Die Farben der Symbole spiegeln die Annahmen über die Produktionsmengen wider (*Roadmap*: blau, *Neues Normal*: grün, *Alternative*: grau). Die Form der Symbole repräsentiert die Annahmen über die Schrotteinsatzquoten: Dreiecke stehen für eine konstante durchschnittliche Schrotteinsatzquote von 75 % (Aus-

prägung *1*). Quadrate repräsentieren einen Anstieg der Schrotteinsatzquote von 75 % im Status quo auf 90 % im Jahr 2045 (Ausprägung *2*). Kreise stellen die Ausprägung *3* und damit einen schnelleren Anstieg der Schrotteinsatzquote dar. In dieser Ausprägung wird eine Schrotteinsatzquote von 90 % im Al-Guss bereits 2035 erreicht.

Abbildung 15
Bedarf an Aluminiumschrott im Al-Guss



Bedarf an Aluminiumschrott im Al-Guss in Deutschland in Abhängigkeit von den Szenarien, in 1.000 t pro Jahr.
Farben entsprechen den Annahmen über die Produktionsmenge: Blau: *Roadmap*, Grün: *Neues Normal*, Grau: *Alternative*.
Symbole entsprechen den Annahmen über die Schrotteinsatzquoten: ▲: *1* (konstante Schrotteinsatzquote), ■: *2* (steigende Schrotteinsatzquote), ●: *3* (schnell steigende Schrotteinsatzquote).
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der ausgewerteten Daten und Studien.

Der Schrottbedarf des Al-Gusses lag im Status quo bei etwa 521.000 t pro Jahr. Die Mehrzahl der Szenarien deutet auf einen Anstieg dieses Bedarfs hin. Langfristig zeigt sich nur im Szenario *Alternative 1* ein Rückgang des Schrottbedarfs gegenüber dem Status quo. In diesem Szenario sinkt der Schrottbedarf bis 2045 auf 489.000 t pro Jahr, was einem Rückgang von etwa 6,3 % entspricht. Im Szenario *Neues Normal 1* bleibt der Schrottbedarf unverändert. In den verbliebenen sieben Szenarien steigt er an. Der größte Anstieg tritt in den Szenarien *Roadmap 2* und *Roadmap 3* auf, in denen sich der Aluminiumschrottbedarf des Al-Gusses bis 2045 auf etwa 720.000 t pro Jahr erhöht. Dies entspricht einem Wachstum von 38,0 % gegenüber dem Status quo. In den – mit Blick auf die Produktionsmengen eher pessimistischen – Szenarien *Alternative 2* und *Alternative 3* steigt der Schrottbedarf bis 2045 auf etwa 587.000 t pro Jahr, was einem Anstieg von etwa 12,5 % entspricht.

Abbildung 15 deutet an, dass es in den kommenden Jahren (bis 2030 oder 2035) zu einem Rückgang des Schrottbedarfs im Al-Guss kommen könnte. Dieses Phänomen kann durch die Entwicklung der Produktionsmengen erklärt werden. Sowohl in den *Roadmap*-Szenarien als auch in den *Alternative*-Szenarien sinkt die Produktionsmenge im Al-Guss bis 2030. Erst nach 2030 wächst sie wieder, was zu einem Anstieg des Schrottbedarfs führt.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Szenarien einen Anstieg des Schrottbedarfs für den Al-Guss plausibel erscheinen lassen. In den Szenarien mit steigendem Bedarf liegt der Anstieg bis 2045 in einer Größenordnung von 12,5 % bis 38,0 % gegenüber dem Status quo. Aufgrund kurzfristig fallender Produktionsmengen könnte es in den kommenden Jahren jedoch zu einem vorübergehenden Rückgang des Schrottbedarfs des Al-Gusses kommen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die für den Status quo unterstellte Schrotteinsatzquote eine Approximation und kein exakt beobachteter Wert ist. Zudem hängt die Schrotteinsatzquote von den Spezifikationen der Gusslegierungen ab.

6.2.2 Verfügbarkeit und Knappheit von Aluminiumschrott

In der Literatur gibt es keine mit Hartung et al. (2025) vergleichbare Studie, die Szenarien für den Schrottbedarf der Aluminiumindustrie in Deutschland entwickelt. Eine Auswertung der wissenschaftlichen Literatur lässt jedoch qualitative Aussagen über die Verfügbarkeit und Knappheit von Aluminiumschrott für den Al-Guss zu.

In den kommenden Jahren ist mit einem spürbaren Wachstum der weltweiten Aluminiumnachfrage zu rechnen. So rechnet McKinsey (2025) mit einem Anstieg von 106 Mio. t im Jahr 2025 auf 130 Mio. t im Jahr 2035. Dieses Wachstum wird primär von der Automobilindustrie und den erneuerbaren Energien getrieben. Die Bedeutung des Automobilsektors für die zukünftige Aluminiumnachfrage betonen auch Billy und Müller (2023). Ihre Elektrifizierungsszenarien deuten an, dass sich die Aluminiumnachfrage der Automobilindustrie zwischen 2020 und 2050 auf 80,1 Mio. t pro Jahr fast vervierfachen könnte. Laut McKinsey (2025) könnte sich die Primärproduktion von Aluminium bis 2035 um 5 Mio. t pro Jahr erhöhen. Die zusätzliche Sekundärproduktion könnte 16 Mio. t pro Jahr betragen. Ermöglicht werde diese Menge durch eine steigende Altschrottverfügbarkeit in China.

Die Literatur zeigt spürbare Unsicherheiten über die zukünftig verfügbare Menge an Aluminiumschrott und die möglichen Schrotteinsatzquoten. Buchner et al. (2017) betonen beispielsweise die Bedeutung des Wachstums der Aluminiumproduktion, der Recyclingquoten von Aluminiumprodukten und des Exports von Altfahrzeugen.

In der Literatur werden zudem die Qualität von Aluminiumschrott sowie die Möglichkeiten, diese zu steigern, untersucht. Dabei steht oft der Schrott aus der Altfahrzeugverwertung im Mittelpunkt (Løvik et al., 2014; Buchner et al., 2017; Pedneault et al., 2023). Derzeit wird Aluminiumaltschrott in erster Linie zu Gusslegierungen verarbeitet, die relativ tolerant gegenüber unerwünschten Begleitelementen sind. Ein aufwändigerer Recyclingprozess, beispielsweise durch eine bessere Zerlegung von Altfahrzeugen oder eine bessere Sortierung von Schredderschrott, würde höhere Schrotteinsatzquoten in Knetlegierungen ermöglichen. Pedneault et al. (2023) schätzen, dass durch eine optimale Sortierung von Aluminiumschrott die CO_2-Emissionen der Aluminiumproduktion bis 2045 um 30 %, durch eine bessere Demontage von Produkten aus Aluminium sogar um 45 % gesenkt werden könnten.

Aus Sicht des Al-Gusses erscheint die Schrottversorgung damit weniger kritisch als aus Sicht des Fe-Gusses. Gusslegierungen sind typischerweise toleranter gegenüber Begleitelementen als Knetlegierungen. Außerdem dürfte die Verfügbarkeit von Mischschrott, der für Gusslegierungen eingesetzt werden kann, in Zukunft steigen.

Zwei Unsicherheiten sind jedoch zu berücksichtigen: Erstens gehen die meisten Untersuchungen von einem Rückgang des Al-Gusses im Automobilsektor aus. Die Studie von Ducker (2023) erwartet jedoch, dass die Menge des Al-Gusses pro Automobil bis 2030 um 22 kg steigt. Dieser Anstieg sei einerseits auf elektrofahrzeugspezifische Komponenten (Gehäuse für Elektroantrieb oder Batterien) und andererseits auf Gussteile in der Karosserie zurückzuführen. Ein wachsender Bedarf an Al-Gussbauteilen würde auch den Schrottbedarf steigen lassen. Ein Anstieg der Al-Gussproduktion wird in den *Roadmap*-Szenarien abgebildet.

Zweitens erscheint es plausibel, dass Aluminiumlegierungen für den Guss von Karosseriekomponenten höheren Ansprüchen genügen müssen als beispielsweise Legierungen für den Guss von Motorblöcken. Dadurch könnte auch für die Gießerei-Industrie die Verfügbarkeit von besonders reinem Aluminiumschrott wichtiger werden.

7 Handlungsempfehlungen

7.1 Aufbereitung von Altschrott verbessern

Die Studie zeigt, dass eine bessere Aufbereitung von Altschrott notwendig ist, um die Versorgung mit hochwertigem Metallschrott als Recyclingrohstoff sicherzustellen. Dabei müssen unerwünschte Begleitelemente im Schrott durch eine bessere Demontage von Produkten sowie eine umfassendere Sortierung und Aufbereitung von Altschrott reduziert werden. Der Nutzen dieser Aufbereitung beschränkt sich nicht auf die verbesserte Rohstoffversorgung: Sie vermeidet zudem, dass sich unerwünschte Begleitelemente im volkswirtschaftlichen Metallkreislauf anreichern und damit Teile des Metallschrotts langfristig nur noch eingeschränkt nutzbar sind (Daehn et al., 2017).

Mit der EU-Altfahrzeugverordnung (End-of-Life Vehicles Regulation; Europäische Union, 2026) hat die Europäische Union einen wichtigen Ansatzpunkt für ein hochwertigeres Recycling von Altschrott geschaffen, der einen mengenmäßig bedeutenden Anwendungsbereich von Stahl und Aluminium erfasst. In Europa ist die Automobilindustrie mit einem Anteil von 19,7 % am Stahleinsatz der zweitgrößte Nutzer von Stahl (Eurofer, 2025). Sie setzt zudem große Mengen von Flachstahl mit einem geringen Anteil an Begleitelementen wie Kupfer ein (Ciacci et al., 2026). Etwa 40 % des Aluminiumeinsatzes in Europa entfällt auf den Transportbereich (European Aluminium, 2023).

Die EU-Altfahrzeugverordnung adressiert eine Reihe von Problemen: die unzureichende Integration zirkulärer Prinzipien in Design und Produktion von Fahrzeugen, Defizite bei Qualität und Quantität des Recyclings sowie Umweltbelastungen durch illegal exportierte oder zerlegte Fahrzeuge. Außerdem soll die Ungleichbehandlung von Automobilen und anderen Fahrzeugtypen reduziert werden (Europäische Kommission, 2023). Die im August 2026 in Kraft getretene Verordnung umfasst unter anderem Qualitätsanforderungen an Recyclingmaterialien aus der Altfahrzeugverwertung, Mindestrezyklatanteile in Neufahrzeugen sowie Beschränkungen für den Export von Altfahrzeugen. Kosten der Altfahrzeugverwertung, die nicht durch den Verkauf von Teilen und Materialien gedeckt werden, sind über eine erweiterte Herstellerverantwortung von den Herstellern zu tragen. Die Vorgaben werden zeitlich gestaffelt anwendbar. Beispielsweise gilt das neue Regime der erweiterten Herstellerverantwortung ab September 2029.

Die EU-Altfahrzeugverordnung legt fest, dass der Kupfergehalt der wesentlichen Stahlfraktion der Altfahrzeugverwertung maximal 0,25 % betragen darf. Ab September 2031

wird der Grenzwert auf 0,15 % gesenkt. Damit würde der Altschrott aus Altfahrzeugen mindestens die Anforderungen der Qualitätsstufe Q2 erfüllen. Ab September 2029 muss Aluminium in Guss- und Knetaluminium sortiert werden. Ab 2032 müssen mindestens vier Aluminiumfraktionen sortiert werden.

Szenarien des Joint Research Centre der Europäischen Kommission zur damals geplanten EU-Altfahrzeugverordnung (Maury et al., 2025b) deuten darauf hin, dass die Verfügbarkeit von Stahlschrott der Qualitätsstufe Q2 durch ihre Umsetzung bis 2035 um etwa 20 Mio. t pro Jahr steigen könnte. Eine Ausdehnung der Behandlung von Altschrott auf weitere Produktgruppen und andere Schrottsorten könnte die Verfügbarkeit um weitere 20 Mio. t pro Jahr erhöhen. Addiert man diese Mengen zu den etwa 30 Mio. t Stahlschrott, die ohne zusätzliche Maßnahmen mindestens den Qualitätsanforderungen der Stufe Q2 entsprechen, wären im Jahr 2035 etwa 70 Mio. t Stahlschrott pro Jahr verfügbar, die mindestens den Qualitätsanforderungen der Stufe Q2 genügen. Die Altfahrzeugverordnung und eine Ausdehnung ihrer Grundprinzipien auf weitere Produktgruppen könnten damit wesentlich zur Schließung der Qualitätslücke beitragen.

Die in der EU-Altfahrzeugverordnung vorgesehenen Mechanismen sollten weiterentwickelt werden, um die Verfügbarkeit von hochwertigem Metallschrott zu erhöhen. Es sollte geprüft werden, inwieweit die Qualitätsanforderungen an Metallfraktionen weiter verschärft werden können. Der ab September 2031 vorgesehene Grenzwert von 0,15 % stellt zwar eine Verbesserung gegenüber dem Status quo dar, ist für anspruchsvolle Anwendungen wie Tiefziehblech aber weiterhin zu hoch (Daehn et al., 2017). Dabei sollte auch geprüft werden, inwieweit Gusseisen- und Stahlschrott in höherem Maße getrennt werden können. Das gilt insbesondere bei Bauteilen, die nicht für die Wiederverwendung entnommen werden. Ein direkter Einsatz von Gusseisenschrott senkt die Treibhausgasemissionen der Gießerei-Industrie, da die Zugabe von Aufkohlungsmitteln oder Legierungselementen vermieden werden kann (Abdelshafy et al., 2023).

Die Logik der EU-Altfahrzeugverordnung sollte auf weitere Produktgruppen ausgedehnt werden, in denen hochwertige Metalllegierungen zum Einsatz kommen. Dazu zählen große elektrische Haushaltsgeräte („Weiße Ware“). Die Altfahrzeugverordnung beinhaltet bereits eine Vorgabe, dass das gemeinsame Schreddern von Altfahrzeugen und anderen Abfällen die Qualität der Abfallströme im Vergleich zu einer getrennten Behandlung nicht verschlechtern darf (Europäische Union, 2026). Für große elektrische Haushaltsgeräte sollten die bestehenden Vorgaben der Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Richtlinie (WEEE-

Richtlinie) und des Elektro- und Elektronikgeräte-Gesetzes (ElektroG) um Anforderungen an die Qualität der gewonnenen Metallfraktionen ergänzt werden. Explizite Regelungen für weitere Produkte am Lebensende könnten zusätzliche Quellen für hochwertigen Altschrott erschließen. Darüber hinaus sollten Vorgaben für die zirkuläre Nutzung von Altprodukten mit einer erweiterten Herstellerverantwortung kombiniert beziehungsweise durch die Weiterentwicklung bestehender Systeme ergänzt werden. Ziel sollte dabei sein, die zusätzlichen Kosten der Zerlegung und Sortierung verursachungsgerecht zu verteilen und Anreize für ein recyclingfreundliches Design von Materialien und Produkten zu schaffen.

Ansatzpunkte für eine konkrete Umsetzung dieser Empfehlungen in Deutschland sind das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUV, 2024) sowie das Aktionsprogramm zur Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUKN, 2026a). Die derzeitige Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) soll bis Juni 2027 abgeschlossen sein. Laut Referentenentwurf soll das KrWG künftig auch dazu beitragen, „die Rohstoffsouveränität und die Rohstoffversorgungssicherheit zu erhöhen“ (BMUKN, 2026b). Die Novelle sollte so ausgestaltet werden, dass dieses Ziel auch für hochwertigen Metallschrott erreicht wird.

Ein erster Ansatzpunkt bestünde darin, die Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung von Metallschrott zu konkretisieren und auf ein Recycling auszurichten, bei dem Metallschrott zur Herstellung vergleichbarer Legierungen eingesetzt wird. Auf Basis einer solchen Definition könnten die zu erreichenden Recyclingziele qualitativ ausdifferenziert und eine bessere Datenbasis für das Metallrecycling entwickelt werden. Die in §§ 9 und 10 KrWG verankerten Vorgaben und Verordnungsermächtigungen zur getrennten Sammlung sollten geschärft werden. Ergänzend sollten produkt- oder materialstromspezifische Anforderungen an die Demontage ausgedienter Produkte und die nachgeschaltete Schredder-Aufbereitung entwickelt werden. Hierbei sollten Produkte und Materialströme im Mittelpunkt stehen, in denen große Mengen hochwertiger Metalllegierungen eingesetzt werden. Die Regelungen zur Produktverantwortung (§§ 23–25 KrWG) sollten dabei einerseits sicherstellen, dass nicht gedeckte Kosten des Recyclings von den Produktherstellern getragen werden. Andererseits sollten sie Anreize für wiederverwendbare, reparierbare und recyclingfähige Produkte schaffen. Auch hier sollte – im Einklang mit dem Zweck des KrWG – die Versorgung mit hochwertigem Metallschrott angestrebt werden. Zusätzliche Vorgaben zur Demontage ausgedienter Produkte, zur Qualität von Metallfraktionen und zur erweiterten Herstellerverantwortung sollten auf europäischer Ebene verankert werden.

Die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie benennt eine Reihe von Herausforderungen beim hochwertigen Recycling von Metallschrott. Dazu gehören die Vielzahl eingesetzter Legierungen, der fehlende flächendeckende Einsatz von mehrstufigen Sortierverfahren sowie die zusätzlichen Kosten einer strikteren Trennung und Demontage (BMUV, 2024). Das Aktionsprogramm zur Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUKN, 2026a) adressiert bereits wichtige Maßnahmenfelder zur Stärkung des hochwertigen Recyclings von Metallschrott. Hierzu gehören die Förderung von Investitionen und Innovationen, die Nutzung der öffentlichen Beschaffung zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft, die Einführung digitaler Produktpässe sowie die Weiterentwicklung der erweiterten Herstellerverantwortung. Darüber hinaus umfasst das Aktionsprogramm eine Weiterentwicklung des Kreislaufwirtschaftsrechts, insbesondere des KrWG.

Die Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie sollte gezielter auf die Erschließung von Altschrott als hochwertigem Recyclingrohstoff für die Industrie ausgerichtet werden. Aufgrund ihrer großen klimapolitischen und ökonomischen Bedeutung sollten Stahl- und Aluminiumschrott verstärkt in den Mittelpunkt gerückt werden. Hierbei ist es wichtig, die geplante Investitions- und Innovationsförderung umfassend umzusetzen und dabei Projekte zur Entwicklung, Erprobung und Skalierung automatischer Sortier- und Aufbereitungsverfahren zu fördern. Dabei könnte eine nationale Schrottstrategie als Baustein der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie entstehen (vgl. Abschnitt 7.4).

Auf europäischer Ebene könnte der Circular Economy Act dazu beitragen, das Angebot von hochwertigem Metallschrott zu erhöhen. Er soll einen funktionierenden EU-Binnenmarkt für Recyclingrohstoffe schaffen, das Angebot an hochwertigen Sekundärrohstoffen erhöhen und die Nachfrage nach ihnen stimulieren (Europäische Kommission, o.J.). Ein Schwerpunkt des Circular Economy Act soll die Überarbeitung der Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE-Richtlinie) sein. Im Zuge seiner Ausgestaltung sollte geprüft werden, wie der regulatorische Rahmen der Kreislaufwirtschaft und die erweiterte Herstellerverantwortung stärker europäisch harmonisiert werden können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Politik in Deutschland und auf europäischer Ebene zusätzliche Anreize schaffen sollte, um das Angebot von Altschrott als hochwertigem Recyclingrohstoff für industrielle Anwendungen zu erhöhen. Dazu sollte sie auf Regelungen zur getrennten Sammlung und Demontage von ausgedienten Produkten, Qualitätskriterien für Metallfraktionen und Informationspflichten wie digitale Produktpässe zurückgreifen. Dabei sollte sie Produkte priorisieren, in denen große Mengen hochwertiger

Metalle eingesetzt werden. Ergänzend bedarf es einer erweiterten Herstellerverantwortung, um die zusätzlichen Kosten des hochwertigen Recyclings zu decken und ein recyclingfreundliches Produktdesign anzureizen. In Deutschland sollten diese Prinzipien in die Novelle des KrWG und die Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie einfließen, auf EU-Ebene in den Circular Economy Act. Die Regelungen sollten dabei möglichst europäisch harmonisiert sein, um einen regulatorischen Flickenteppich zu vermeiden.

7.2 Märkte für hochwertigen Altschrott schaffen

Aktuelle Untersuchungen deuten an, dass die Qualitätsanforderungen der EU-Altfahrzeugverordnung an Stahlschrott durch eine umfassendere Demontage von Altfahrzeugen, eine bessere nachgeschaltete Schredder-Aufbereitung oder eine Kombination beider Maßnahmen erreicht werden können. Unter Schredder-Aufbereitung wird dabei die manuelle oder automatische Sortierung des geschredderten Metalls verstanden. Auch ökonomisch scheinen diese Maßnahmen tragbar zu sein. Da der Wert des zurückgewonnenen Kupfers die Lohnkosten übersteigt, könnte insbesondere die Entfernung des Hauptkabelbaums aus Altfahrzeugen wirtschaftlich lohnenswert sein (Gross und Hermine, 2025; Gross et al., 2026; Sutter et al., 2025). Gross et al. (2026) berechnen, dass dazu ein Preisaufschlag von etwa 10 % oder 30 Euro pro t gegenüber konventionellem Schredderaltschrott notwendig sei. Nichtsdestoweniger sollte die Politik die Entwicklung von Märkten für hochwertigen Altschrott unterstützen.

Die EU-Altfahrzeugverordnung verpflichtet die EU-Kommission, nach einer Machbarkeitsanalyse bis September 2028 Mindestanteile von recyceltem Stahl und Aluminium für neue Fahrzeugtypen festzulegen. Die Vorgaben beziehen sich insbesondere auf recycelte Metalle aus Verbraucherabfällen, also auf aus Altschrott gewonnene Materialien. Derartige Mindestanteile können die Nachfrage nach hochwertigem Altschrott erhöhen, wenn ihre Ausgestaltung dessen Einsatz vorschreibt und zugleich hohe Anforderungen an die Materialqualität gelten. Allerdings sind politisch festgelegte Mindestanteile von recyceltem Stahl und Aluminium mit Risiken verbunden: Während zu niedrige Anteile wirkungslos bleiben, können zu hohe Quoten mit erheblichen Mehrkosten verbunden sein und den Schrottmarkt verzerren. Je nach Ausgestaltung könnten derartige Vorgaben dazu führen, dass hochwertiger Altschrott aus regulatorischen Gründen nicht dort eingesetzt wird, wo seine Reinheit benötigt wird. Daher spricht diese Studie keine Empfehlung für die Einführung von Mindestrezyklatanteilen für Stahl und Aluminium aus.

Eine weitere Möglichkeit, den Einsatz von hochwertigem Altschrott zu fördern, ist die Entwicklung spezifischer Schrottsorten und Qualitätsstandards. Gross et al. (2026) schlagen beispielsweise die Einführung einer Schrottsorte „E40+“ mit einer niedrigeren Obergrenze für den Kupfergehalt als die aktuelle Sorte für Schredderaltschrott E40 vor. Spezifische Schrottsorten für hochwertigen Altschrott könnten die Kosten von Suche und Vertragsgestaltung am Markt senken, den Handel erleichtern und damit den Einsatz von hochwertigem Stahlaltschrott fördern.

7.3 Kooperation in der Rohstoffversorgung stärken

Die Ergebnisse dieser Studie deuten auf große Herausforderungen bei der Schrottversorgung der Gießerei-Industrie hin. Diese ergeben sich aus möglichen Engpässen bei hochwertigem Metallschrott und werden durch die mittelständische Struktur der Gießerei-Industrie verstärkt. Große Stahlhersteller sichern sich beispielsweise bereits heute durch die direkte Rücknahme von Produktionsresten (Closed-Loop-Modelle; Klimek und Fooladi, 2026) oder die Übernahme von Recyclingunternehmen (Roland Berger, 2025; Proassort, 2023) einen bevorzugten Zugang zu Stahlschrott. Diese Optionen stehen mittelständischen Gießereien in der Regel nicht oder nicht im gleichen Maß zur Verfügung.

Daher erscheint es sinnvoll, kooperative Modelle zwischen Unternehmen der Gießerei-Industrie sowie zwischen Gießereien und Recyclingunternehmen auszubauen (vgl. beispielsweise PWC, 2022, für eine Analyse von Strategien bei der Versorgung mit Rohstoffen). Hierzu gehören beispielsweise langfristige Lieferverträge, gemeinsame Rohstoffbeschaffung oder Joint Ventures. Innovative Projekte zur Skalierung der Aufbereitung von Altschrott – insbesondere unter Beteiligung mittelständischer Unternehmen – sollten öffentlich gefördert werden. Hierbei sollte die im Aktionsprogramm zur Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUKN, 2026a) verankerte Investitions- und Innovationsförderung für die Kreislaufwirtschaft genutzt und gezielt auf Projekte mittelständischer Unternehmen ausgerichtet werden.

Ein internationales Beispiel ist die AB Järnbruksförnödenheter (JBF). Die JBF ist die gemeinsame Einkaufsagentur der schwedischen Stahlindustrie für unlegierten Eisen- und Stahlschrott. Sie dient als zentraler Knotenpunkt im schwedischen Stahlschrottnetzwerk und unterstützt die Stahlindustrie sowie die Recyclingwirtschaft bei der Sicherstellung von Qualität und einem effizienten Handel (Berlin et al., 2022).

7.4 Nationale Schrottstrategie erarbeiten

Für Deutschland ist Metallschrott ein wesentlicher Teil der Rohstoffbasis. Gleichzeitig birgt die zirkuläre Nutzung von Rohstoffen erhebliche wirtschaftliche Potenziale (BCG, 2026). Darüber hinaus trägt eine verstärkte Nutzung von Metallschrott zum Erreichen ambitionierter Klimaziele bei. Eine bessere Zerlegung ausgedienter Produkte sowie eine verbesserte Aufbereitung von Altschrott stellen wesentliche Ansätze dar, um den künftigen Schrottbedarf in Deutschland zu decken. Hierbei ist eine Vielzahl technischer, wirtschaftlicher und regulatorischer Herausforderungen zu bewältigen. Dazu gehören beispielsweise die Ausarbeitung von Qualitätsanforderungen für die Aufbereitung von Altschrott, die Entwicklung neuer Standards oder die Erforschung innovativer Lösungen wie Legierungen, die toleranter gegenüber Begleitelementen sind.

Die nationale Schrottstrategie könnte die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUV, 2024) sowie das Aktionsprogramm zu ihrer Umsetzung (BMUKN, 2026a) ergänzen und konkretisieren. Sie könnte die Erschließung von Altschrott als Quelle für hochwertige Recyclingrohstoffe stärker in den Mittelpunkt rücken. Es bedarf der gemeinsamen Expertise der Gießerei-, Stahl- und Metallindustrie, der Recyclingwirtschaft, des Anlagenbaus sowie der Wissenschaft und der öffentlichen Hand, um eine solche nationale Schrottstrategie zu entwickeln. Für die Entwicklung von Qualitätsstandards für Metallfraktionen oder die Konzeption geeigneter Schrottsorten ist beispielsweise Wissen über die technische und wirtschaftliche Machbarkeit sowie über die Anforderungen der rohstoffnutzenden Unternehmen erforderlich. Die nationale Schrottstrategie kann zudem wichtige Impulse für die europäische Politik geben.

Organisatorisch könnte die Erarbeitung der nationalen Schrottstrategie an die im Aktionsprogramm zur Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie angelegte Umsetzungsplattform NKWS gekoppelt werden. Hierzu könnten eine oder mehrere spezialisierte Arbeitsgruppen eingerichtet werden, um den Besonderheiten der einzelnen Metalle Rechnung zu tragen.

7.5 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen stärken

Die Szenarien zeigen, dass die Entwicklung der Produktionsmenge ein zentraler Bestimmungsfaktor des Schrottbedarfs der Gießerei-Industrie ist. Von 2018 bis 2025 ist die Produktion der deutschen Gießerei-Industrie von 5,4 Mio. t auf 3,3 Mio. t gesunken. Dies entspricht einem Rückgang um 39,3 %. Diese deutliche Schrumpfung der Produktion ist

auf eine Vielzahl von – häufig miteinander verknüpften – Faktoren zurückzuführen. Dazu gehören konjunkturelle Schwächen in der Automobilindustrie und im Maschinenbau als wesentliche Nachfragerbranchen, hohe Energiepreise und politische Unsicherheiten (IW Consult, 2026).

Eine wirksame Senkung industrieller Strompreise, ein Bürokratieabbau auf deutscher wie europäischer Ebene sowie die Schaffung von Planungssicherheit für Investitionen sind für die Wettbewerbsfähigkeit der Gießerei-Industrie ebenso wesentlich wie für ihre Kunden und Zulieferer. Beispielsweise sollte die Bundesregierung auf das sogenannte „Goldplating", eine über die EU-Vorgaben hinausgehende nationale Umsetzung von Richtlinien der Europäischen Union, verzichten.

Maßnahmen zur Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen haben keinen unmittelbaren Einfluss auf die Verfügbarkeit von Metallschrott. Eine wettbewerbsfähigere Gießerei-Industrie ist aber besser in der Lage, Rohstoffe auf nationalen wie internationalen Märkten zu beschaffen.

8 Fazit

Diese Studie analysiert den Schrottbedarf der Eisen-, Stahl- und Aluminiumgießereien in Deutschland bis 2045 sowie mögliche Knappheiten von Stahl- und Aluminiumschrott. Dazu entwickelt sie Szenarien für die Produktionsmengen, die Anteile verschiedener Ofentechnologien und die Schrotteinsatzquoten in der Gießerei-Industrie. Der Stahlschrottbedarf wird zudem gemeinsam mit dem der Stahlindustrie betrachtet, um ein vollständigeres Bild des Bedarfs zu zeichnen und eine mögliche Nutzungskonkurrenz zu identifizieren.

Der Stahlschrottbedarf der Fe-Gießereien stagniert oder sinkt in den meisten Szenarien. Der Bedarf an hochwertigem Stahlschrott, also Stahlschrott mit geringen Gehalten an unerwünschten Begleitelementen wie Kupfer, steigt dagegen in allen Szenarien. Unterstellt man, dass die mit Koks betriebenen Kupolöfen durch elektrische Induktionsöfen ersetzt werden, steigt der Bedarf an hochwertigem Stahlschrott von derzeit etwa 1,2 Mio. t pro Jahr bis 2045 auf 1,8 bis 2,6 Mio. t pro Jahr. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Induktionsöfen höhere Anforderungen an die Reinheit des eingesetzten Stahlschrotts stellen als Kupolöfen.

Die Transformation der Stahlindustrie dürfte den Bedarf an Stahlschrott, insbesondere an hochwertigem Stahlschrott, zusätzlich erhöhen. Der Vergleich der Szenariorechnungen mit der unterstellten Schrottverfügbarkeit deutet daher auf erhebliche rechnerische Versorgungslücken bei hochwertigem Stahlschrott hin. Betrachtet man den Bedarf von Gießerei-

und Stahlindustrie gemeinsam, ergibt sich bis 2045 ohne zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung des Angebots im Mittelwert der betrachteten Szenarien eine rechnerische Versorgungslücke von 2,0 Mio. t pro Jahr. Bei einer stärker schrottbasierten Transformation der Stahlindustrie könnte sich diese Lücke auf bis zu 5,4 Mio. t pro Jahr vergrößern. Der Bedarf würde die unterstellte Verfügbarkeit in Deutschland um 33,8 % beziehungsweise 90,6 % übersteigen.

Der Schrottbedarf im Aluminiumguss steigt in sieben der neun betrachteten Szenarien. Im Jahr 2045 läge er in diesen Szenarien um 12,5 % bis 38,0 % über dem Status quo. Die Versorgungslage erscheint jedoch weniger kritisch als im Fe-Guss, da Aluminiumgusslegierungen typischerweise toleranter gegenüber unerwünschten Begleitelementen sind als Knetlegierungen.

Die zukünftige Schrottversorgung ist nicht allein eine Frage der Quantität, sondern zunehmend eine Frage der Qualität. Entscheidend ist, den steigenden Bedarf an hochwertigem Metallschrott durch eine vollständigere Demontage ausgedienter Produkte, eine sortenreine Sammlung und eine verbesserte Aufbereitung von Altschrott zu decken. Dies stellt insbesondere für die mittelständische Gießerei-Industrie eine Herausforderung dar, da sie gegenüber größeren Stahl- und Metallunternehmen häufig geringere Möglichkeiten besitzt, sich einen bevorzugten Zugang zu hochwertigem Schrott zu sichern.

Mit regulatorischen Anreizen kann die Politik die Verfügbarkeit von hochwertig aufbereitetem Altschrott steigern. Dazu kann sie Vorgaben für die Demontage ausgedienter Produkte erlassen, Qualitätsanforderungen an Metallfraktionen festlegen, digitale Produktpässe mit den für das Recycling notwendigen Informationen verbindlich vorschreiben sowie gegen illegale Abfallexporte vorgehen. Über eine erweiterte Herstellerverantwortung kann sie die zusätzlichen Kosten verursachungsgerecht verteilen und Anreize für ein recyclinggerechtes Produktdesign schaffen.

Gleichzeitig kann die Politik die Entstehung von Märkten für hochwertig aufbereiteten Altschrott fördern. Neue Schrottsorten für hochwertigen Altschrott können Such- und Vertragskosten senken. Kooperative Beschaffungsmodelle können den Zugang der Gießerei-Industrie zu hochwertigen Recyclingrohstoffen vereinfachen.

Eine nationale Schrottstrategie könnte die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie der Bundesregierung ergänzen und konkretisieren. In ihre Erarbeitung sollten Vertreter der Gießerei-, Stahl- und Metallindustrie, der Recyclingwirtschaft, des Anlagenbaus sowie der Wissenschaft und der öffentlichen Hand eingebunden werden.

Darüber hinaus sollten der Bedarf und die Verfügbarkeit von Stahl- sowie Aluminiumschrott eingehender erforscht werden. Die Szenarien verdeutlichen die erheblichen Unsicherheiten über die Zukunft der Gießerei-Industrie. Daher sollten erstens die Szenarien regelmäßig aktualisiert werden. Zweitens erscheint es sinnvoll, auch den Schrottbedarf der europäischen Gießerei-Industrie zu betrachten, da wesentliche politische Rahmenbedingungen auf EU-Ebene gesetzt werden. Drittens sollte die Datenlage zum Schrotteinsatz und zur Verfügbarkeit unterschiedlicher Schrottqualitäten verbessert werden. Auf dieser Grundlage ließen sich mögliche Knappheiten bei Metallschrott präziser abschätzen.

Danksagungen

Wir bedanken uns herzlich bei Elke Radtke, Johannes Kappes, Tillman van de Sand, Martin Theuringer und Carolin Hundt für die fruchtbaren Diskussionen bei der Erstellung der Studie.

9 Referenzen

Abdelshafy, A., Franzen, D., Mohaupt, A., Schüssler, J., Bührig-Polaczek, A., und Walther, G. (2023). A Feasibility Study to Minimize the Carbon Footprint of Cast Iron Production While Maintaining the Technical Requirements. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 9(1):249–265.

Aries, E., Chronopoulos, G., Schorcht, F., und Roudier, S. (2024). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Smitheries and Foundries Industry (SF BREF): Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

BCG (2026). *Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz: Chancen der Circular Economy für die deutsche Industrie*. BDI, Berlin.

BDG (07.05.2026a). Anteile von Schmelzöfen. Persönliche Kommunikation. E-Mail.

BDG (2026c). *Zahlen des Jahres 2025*. BDG, Düsseldorf.

BDG (21.1.2026b). Schrotteinsatzquoten im Fe-Guss und Al-Guss. Persönliche Kommunikation. E-Mail.

BDSV (1993). Deutsche Sortenliste Gussbruch- und Giessereistahlschrott (Fassung vom 01.01.1993). Verfügbar unter: `https://www.bdsv.org/fileadmin/service/gesetze_und_regelwerke/sortenliste_giesserei.pdf`. Zuletzt geprüft: 21.08.2026.

BDSV (2010). Deutsche Stahlschrottsortenliste (Fassung vom 01.01.2010). Verfügbar unter: `https://www.bdsv.org/fileadmin/service/gesetze_und_regelwerke/sortenliste_de.pdf`. Zuletzt geprüft: 21.08.2026.

BDSV (o.J.). Stahlrecyclingwirtschaft. Verfügbar unter: `https://www.bdsv.org/die-branche/stahlrecyclingwirtschaft/`. Zuletzt geprüft: 29.06.2026.

BDSV und BVSE (2026). Deutsche Stahlschrottbilanz 2025: Schwache Inlandsnachfrage macht Schrottexporte zur wirtschaftlichen Notwendigkeit. Verfügbar unter: `https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/02-Presse/04-Schrott-ES-Kfz/2026/260504_gemeinsame_PM_BDSV_bvse_Schrottbilanz_2025.pdf`. Zuletzt geprüft: 30.06.2026.

Berlin, D., Feldmann, A., und Nuur, C. (2022). Supply network collaborations in a circular economy: A case study of Swedish steel recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 179:106112.

Billy, R. G. und Müller, D. B. (2023). Aluminium use in passenger cars poses systemic challenges for recycling and GHG emissions. *Resources, Conservation and Recycling*, 190:106827.

BIR (2025). World Steel Recycling in Figures 2020-2024. Verfügbar unter: `https://www.bir.org/images/uploads/publications/Ferrous_report_16_Ed_2020-2024_FIN2_ONLINE.pdf`. Zuletzt geprüft: 29.06.2026.

BIR (2026). World Steel Recycling in Figures 2021-2025.

BMUKN (2026a). Aktionsprogramm der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie. Verfügbar unter: `https://www.kreislaufwirtschaft-deutschland.de/fileadmin/user_upload/aktionsprogramm_nkws_bf.pdf`. Zuletzt geprüft: 22.09.2026.

BMUKN (2026b). Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Verfügbar unter: https://www.bundesumweltministerium.de/gesetz/referentenentwurf-eines-gesetzes-zur-aenderung-des-kreislaufwirtschaftsgesetzes. Zuletzt geprüft: 22.09.2026.

BMUV (2024). Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie. Verfügbar unter: https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nationale_kreislaufwirtschaftsstrategie_bf.pdf. Zuletzt geprüft: 22.09.2026.

Buchner, H., Laner, D., Rechberger, H., und Fellner, J. (2017). Potential recycling constraints due to future supply and demand of wrought and cast Al scrap—A closed system perspective on Austria. *Resources, Conservation and Recycling*, 122:135–142.

BVSE (o.J.). Europäische Stahlschrottsortenliste. Verfügbar unter: https://www.bvse.de/images/pdf/schott-elektro-kfz/schrottsorten.pdf. Zuletzt geprüft: 21.08.2026.

Ciacci, L., Fellner, J., Matos, C. T., Maury, T., und Mathieux, F. (2026). Circularity strategies for steel in the EU: Insights from consolidated material flows data. *Resources, Conservation and Recycling*, 234:109055.

Cullen, J. M. und Allwood, J. M. (2013). Mapping the global flow of aluminum: from liquid aluminum to end-use goods. *Environmental science & technology*, 47(7):3057–3064.

Daehn, K. E., Cabrera Serrenho, A., und Allwood, J. M. (2017). How Will Copper Contamination Constrain Future Global Steel Recycling? *Environmental science & technology*, 51(11):6599–6606.

dena (2021). Systematisch Energieeffizienz steigern und CO2-Emissionen senken in der Gießerei-Industrie. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/LEITFADEN_Systematisch_Energieeffizienz_steigern_und_CO2-Emissionen_senken_in_der_Giesserei-Industrie.pdf. Zuletzt geprüft: 16.06.2026.

Deng, S., Zhu, Y., Tsai, A., und Cooper, D. R. (2026). Decarbonizing the U.S. aluminum ecosystem using a dynamic material flow simulation framework. *Journal of Cleaner Production*, 538:147413.

Ducker (2023). Aluminum Content in Passenger Vehicles (Europe): Assessment 2022 and Outlook 2026, 2030. Verfügbar unter: https://www.duckercarlisle.com/european-aluminum-commissions-ducker-carlisle-for-aluminum-content-in-cars-study/. Zuletzt geprüft: 04.09.2026.

Eurofer (2025). European Steel in Figures 2025. Verfügbar unter: https://www.eurofer.eu/assets/publications/brochures-booklets-and-factsheets/european-steel-in-figures-2025/European-Steel-in-Figures-2025_23062025.pdf. Zuletzt geprüft: 04.09.2026.

Europäische Kommission (2023). Commission Staff Working Document Impact Assessment Report Accompanying the document Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles, amending Regulations (EU) 2018/858 and 2019/1020 and repealing Directives 2000/53/EC and 2005/64/EC: SWD(2023) 256 final.

Europäische Kommission (2026). Erläuterungen zur Kombinierten Nomenklatur der Europäischen Union: 02019XC0329(02)-20260213. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02019XC0329(02)-20260213. Zuletzt geprüft: 28.08.2026.

Europäische Kommission (o.J.). Circular Economy. Verfügbar unter: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en. Zuletzt geprüft: 23.09.2026.

Europäische Union (2026). Verordnung (EU) 2026/1738 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juli 2026 über Anforderungen an die kreislauforientierte Konstruktion von Fahrzeugen und über die Bewirtschaftung von Altfahrzeugen. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32026R1738. Zuletzt geprüft: 23.09.2026.

European Aluminium (2023). *Net Zero by 2050: Science-based Decarbonisation Pathways for the European Aluminium Industry*. European Aluminium, Brüssel. Verfügbar unter: https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2023/11/23-11-14-Net-Zero-by-2050-Science-based-Decarbonisation-Pathways-for-the-European-Aluminium-Industry_FULL-REPORT.pdf. Zuletzt geprüft: 03.09.2026.

European Aluminium (2025). *Environmental Profile Report 2024 V.2.0*. European Aluminium, Brüssel.

Eurostat (2026). EU trade since 1988 by HS2-4-6 and CN8. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/DS-045409/default/table?lang=en. Zuletzt geprüft: 18.08.2026.

Fleiter, T., Rehfeldt, M., Hirzel, S., Neusel, L., Aydemir, A., Schwotzer, C., Kaiser, F., Gondorf, C., Hauch, J., Hof, J., Sankowski, L., und Langhorst, M. (2023). *CO2-neutrale Prozesswärmeerzeugung: Umbau des industriellen Anlagenparks im Rahmen der Energiewende: Ermittlung des aktuellen SdT und des weiteren Handlungsbedarfs zum Einsatz strombasierter Prozesswärmeanlagen*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11850/publikationen/161_2023_texte_prozesswaermepumpen_0.pdf. Zuletzt geprüft: 16.06.2026.

FutureCamp Climate (2024). *Roadmap Treibhausgasneutralität für die deutsche Gießerei-Industrie*. Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie, Düsseldorf.

Gross, H. und Hermine, J.-P. (2025). *Car to Car Steel: Potential of End-of-Life Vehicle deep-dismantling and use of copper depolluted steel scrap to decarbonize automotive flat steel production*. MT-IDDRI, Paris.

Gross, H., Hermine, J.-P., und Rault, B. (2026). *Car to Car Steel: Potential of End-of-Life Vehicle deep-dismantling and deep-sorting to produce copper-depolluted steel scrap and decarbonize automotive flat steel production. 2026 Update*. MT-IDDRI, Paris.

Günther, E. (2018). Szenarien. Verfügbar unter: https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/szenarien-53735.

Hartung, M., Pothen, F., und Hundt, C. (2025). Szenarien für den Stahlschrottbedarf der deutschen Stahlindustrie. *Wirtschaftswissenschaftliche Schriften des Fachbereichs Betriebswirtschaft der Ernst-Abbe-Hochschule Jena*, 2025(02).

International Aluminium (o.J.). Aluminium recycling saves 95% of the energy needed for primary aluminium production. Verfügbar unter: https://international-aluminium.org/landing/as-well-as-aluminium-recycling-saving-95-of-the-energy-needed-for-primary-aluminium-production-the-recycling-process-saves-a-similar-percentage-in-greenhouse-gas-emissions. Zuletzt geprüft: 02.07.2026.

IW Consult (2026). *Die ökonomische Bedeutung der Gießerei-Industrie in Deutschland*. IW Consult, Köln.

Klimek, P. und Fooladi, J. (2026). The Steel Scrap Age: Bridging the Quality Gap through Structural Supply Chain Reorganization.

Knight Wendling (2022). *Guss 2035. Neue Perspektiven für die Gießerei-Industrie*. BDG, Düsseldorf.

Løvik, A. N., Modaresi, R., und Müller, D. B. (2014). Long-term strategies for increased recycling of automotive aluminum and its alloying elements. *Environmental science & technology*, 48(8):4257–4265.

Maury, T., Torres de Matos, C., Blanco Perez, S., Arcipowska, A., Moya, J., Sala, S., und Mathieux, F. (2025a). *Analysis of the EU Steel supply chain: Current trends and circularity opportunities*. European Commission.

Maury, T., Torres de Matos, C., und Mathieux, F. (2025b). *Characterisation & use of EU steel scrap in relation to global trade dimensions*. European Commission.

McKinsey (2025). Cleaning up mixed scrap: Decarbonizing aluminum through circularity. Verfügbar unter: `https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/cleaning-up-mixed-scrap-decarbonizing-aluminum-through-circularity`. Zuletzt geprüft: 26.08.2026.

Pedneault, J., Majeau-Bettez, G., und Margni, M. (2023). How much sorting is required for a circular low carbon aluminum economy? *Journal of Industrial Ecology*, 27(3):977–992.

Pothen, F., Growitsch, C., Engelhardt, J., und Reif, C. (2019). *Schrottbonus: Externe Kosten und fairer Wettbewerb in den globalen Wertschöpfungsketten der Stahlherstellung*. Fraunhofer-Institute for Microstructure of Materials and Systems IMWS, Halle (Saale).

Proassort (03.12.2025). Angebots- und Nachfrageszenarien für Stahlrezyklate. Verfügbar unter: `https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads_diverses/vortrag_pillkhan.pdf?__blob=publicationFile&v=1`.

Proassort (2023). *Bericht zur Studie „Zukunft.Eisenguss.Rohstoff“ über die zukünftige Schrottversorgung der Eisen- und Stahlgießereien*. BDG, Düsseldorf.

PWC (2022). *Securing raw material supply: Benchmarking of measures of foreign manufacturing companies and recommendations for action*, Band 52 in *DERA Rohstoffinformationen*. DERA, Berlin.

PWC (2026). *Das Ende der europäischen Stahlwirtschaft... oder einfach nur anders?* PWC.

Roland Berger (2025). The growing battle for scrap steel in green steel production. Verfügbar unter: `https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/The-growing-battle-for-scrap-steel-in-green-steel-production.html`. Zuletzt geprüft: 28.08.2026.

Roller, R., Berndt, K., Buck, V., Dahlmann, M., Leineweber, L., Ludwig, J., Appelt, C., Pröm, M., Rödter, H., Schlotterbeck, M., und Wintgens, R. (2023). *Fachkunde Gießereitechnik: Technologie des Formens und Gießens*. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 9., überarbeitete und erweiterte. Auflage.

Salzgitter (2018). Closed Loop. Nachhaltigkeit durch geschlossenen Stoffkreislauf. Verfügbar unter: `https://www.salzgitter-ag.com/de/newsroom/pressemeldungen/details/closed-loop-nachhaltigkeit-durch-geschlossenen-stoffkreislauf-12458.html`. Zuletzt geprüft: 28.08.2026.

Statistisches Bundesamt (2026). Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Beschäftigtengrößenklassen, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie): 42271-0006.

Sutter, J., Adjei, F., Baron, Y., und Kosińska-Terrade, I. (2025). *Boosting the use of recycled steel in the EU automotive industry under the ELV Regulation.* Oeko-Institut, Freiburg.

VDI ZRE (2026). *Abfallwirtschaft und Recycling in der Metallindustrie.* VDI Technologiezentrum, Düsseldorf.

VDM (1988). Klassifizierungen für NE-Metallschrott. Verfügbar unter: `https://helper.kaatsch.de/doks/kaatsch/downloads/dateiname/20/Kaatsch_VDM-Klassifizierung_NE-Metall.pdf`. Zuletzt geprüft: 21.08.2026.

Wirtschaftsvereinigung Stahl (2024). *Statistischer Bericht – Stahlschrott 2024.* Wirtschaftsvereinigung Stahl, Berlin.

Wolff, H. (2014). *Innovative Techniken: Beste verfügbare Techniken (BVT) in ausgewählten industriellen Bereichen Teilvorhaben 3: Gießereien.* Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: `https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/378/publikationen/texte_82_2014_innovative_techniken_vol_3.pdf`. Zuletzt geprüft: 16.06.2026.

World Steel Association (2021). Life cycle inventory (LCI) study. 2021 data release. Verfügbar unter: `https://worldsteel.org/media/publications/life-cycle-inventory-study-report-2021-data-release/`. Zuletzt geprüft: 04.09.2026.