

EuRIC-Strategie für Metalle in der Kreislaufwirtschaft

Kurzfassung

Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen, erfordert drastische Veränderungen in allen Wertschöpfungsketten, insbesondere für energieintensive Branchen wie die Metallproduktion. Dank seiner intrinsischen Eigenschaften und seines Marktwertes wird Metallschrott seit Jahrzehnten wiederverwertet und immer wieder zur Herstellung neuer Eisen- und Nichteisenmetalle genutzt.

Metallrecycling ist unverzichtbar, um die Klima- und Kreislaufwirtschaftsziele zu erreichen, die im europäischen Green Deal¹ und im neuen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft festgelegt sind². Im Vergleich zur Primärproduktion [werden durch das Recycling von Stahl, Aluminium oder Kupfer 58 % bzw. 92 % und 65 % der CO₂-Emissionen eingespart](#) und es brauchen keine Primärrohstoffe, die oft außerhalb Europas gewonnen werden, eingesetzt zu werden.

Allerdings behindern erhebliche Engpässe das Metallrecycling in Europa.

- **Der erste geht auf die Tatsache zurück, dass Europas Industrie weitgehend linear ist und nur 12 % der eingesetzten Materialien aus dem Recyclingprozessen stammen.** Derzeit übersteigt in Europa das Angebot an aufbereitetem Metallschrott, der Industriespezifikationen erfüllt, häufig die Nachfrage.
- Der zweite Engpass bezieht sich auf das Fehlen von Mechanismen, mit denen die bedeutenden Umweltvorteile aus dem Recycling und die Verwendung von Metallschrott als Ersatz für Erze und Konzentrate (die oft außerhalb von Europa gewonnen werden) honoriert werden. **Dadurch sind die enormen Umweltvorteile des Recyclings immer noch nicht in den Rohstoffpreisen internalisiert.**
- **Der dritte Engpass liegt in der europäischen Abfallgesetzgebung begründet, die mehr Zirkularität verhindert.** Metallschrott ist ein wertvoller Rohstoff mit positivem Wert und positiver Umweltbilanz, der nicht als Abfall eingestuft werden sollte. Die derzeitigen Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft werden entweder von den nachgelagerten Verbrauchern von Metallschrott nicht angewandt oder sie sind zu restriktiv. Darüber hinaus ~~steht~~ sind eine ganze Reihe von Verfahren, die die grenzüberschreitende Verbringung oder deren Genehmigung betreffen nach wie vor viel zu aufwändig, um als Anreiz für zirkuläre Metallwertschöpfungsketten zu schaffen.

Dieses Strategiepapier, eine Ergänzung der [EuRIC Metallrecycling-Broschüre](#), hat zum Ziel, ein umfassendes Bild des aktuellen Stands des Metallrecyclings und der notwendigen Maßnahmen zur Erhöhung der zirkulären Nutzung von Metallen in Europa und weltweit zu vermitteln. Folgende Maßnahmen stehen im Mittelpunkt:

- **Aufbau von Rahmenbedingungen und Anreizen, die bisher in europäischen Gesetzen vollkommen fehlen, zur Vergütung der Umweltvorteile des Metallrecyclings und Herstellung von gleichen Wettbewerbsbedingungen mit Primärmaterialien.** Solche Maßnahmen sind unverzichtbar, um den Einsatz von Schrott in der Metallproduktion zu erhöhen, entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiterhin in innovative Recyclingprozesse zu investieren und um die sekundäre Metallproduktion in Europa zu steigern. Insgesamt wird dadurch ein direkter Beitrag zur Klimaneutralität und zur Kreislaufwirtschaft geleistet.
- **Vereinfachung der Gesetze, die zirkulären Wertschöpfungsketten von Metallen gelten,** wobei die Schaffung eines Status „Sekundärrohstoffe“ in der europäischen Abfallgesetzgebung - unbeschadet der bestehenden Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft - und die Vereinfachung der Abfallverbringungsverfahren, die den zirkulären Einsatz von Metallschrott in der Produktion unterstützen, die erste Priorität sein sollten.
- **Gewährleistung eines freien, fairen und nachhaltigen Handels durch Verzicht auf jede Art von Handelsbeschränkungen,** die das Metallrecycling in Europa erheblich beeinträchtigen würden, indem vorgeschrieben wird, dass aus Nicht-EU-Ländern eingeführte Primärmaterialien Standards für Gesundheit, Umwelt und Menschenrechte erfüllen müssen, die im Wesentlichen den in der EU festgelegten Standards entsprechen müssen.

¹ [The European Green Deal, COM \(2019\) 640 Final.](#)

² [A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe, COM/2020/98 Endfassung.](#)

Insofern lohnt es sich, daran zu erinnern, dass Metallschrott ein Rohstoff ist, der weltweit in Übereinstimmung mit Industriespezifikationen gehandelt wird und einen Preis hat. Bei mehreren Recyclingmaterialien wie etwa Stahlschrott übersteigt das Angebot strukturell die Nachfrage. Exportbeschränkungen würden einen Zusammenbruch der gegenwärtigen Sammlungs- und Recycling-Infrastruktur auslösen. Für diese ist der ungehinderte Zugang zu Abnehmermärkten in Europa und darüber hinaus von wesentlicher Bedeutung, um Fixkosten zu decken und wettbewerbsfähig zu bleiben.

1. Inhalt

	Kurzfassung.....	1
2.	Metallrecycling: Zwingende Voraussetzung zur Erreichung der Ziele des europäischen Green Deal	3
	Eine Steigerung des Einsatzes von Metallschrott ist von entscheidender Bedeutung und technisch möglich	4
3.	Intelligentes Stoffstrommanagement kann die Kreislaufführung von Metallschrott ermöglichen, aber die derzeitigen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen kommen den technischen Möglichkeiten nicht immer entgegen	6
	Bei richtiger Sortierung und Verarbeitung kann Metall ohne Qualitätsverlust unbegrenzt recycelt werden	6
	Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen bleibt der Einsatz von Recyclingmaterialien durch Metallhersteller durch die Verwendungsmöglichkeiten der Metalle begrenzt.	6
4.	Der Metallschrottsektor unterstützt den Weg zu einer nachhaltigen europäischen und weltweiten Kreislaufwirtschaft	8
	Metallschrott ist ein wertvoller Rohstoff für die Schaffung einer Kreislaufwirtschaft in globalem Maßstab	8
	Ein freier und fairer Handel mit Metallschrott ist Voraussetzung für einen gut funktionierenden europäischen Markt für Sekundärrohstoffe	10
	Zur Förderung zirkulärer Wertschöpfungsketten ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich	11
5.	Eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erfordert einen gut funktionierenden Markt für Recyclingrohstoffe .	12
6.	Anreize zur Förderung von Märkten für Sekundärrohstoffe unter Anwendung eines Lebenszyklus-Ansatzes.....	13
7.	Literaturverzeichnis	20
8.	Verzeichnis der Abbildungen.....	21
9.	Verzeichnis der Tabellen	21

2. Metallrecycling: Zwingende Voraussetzung zur Erreichung der Ziele des europäischen Green Deal

Kernaussagen

- Im Vergleich zur Produktion mit Primärrohstoffen wird mit dem Recycling ein hoher Anteil der CO₂-Emissionen eingespart;
- Recycling und Kreislaufwirtschaft sind für den Metallproduktionssektor notwendig, um die im Übereinkommen von Paris und im Green Deal gesetzten Ziele zu erreichen;
- In Bezug auf Stahl zeigen Langzeitstudien, dass das Schrottangebot die Anforderungen für die meisten Stahlqualitäten erfüllt und den größten Teil der Stahlnachfrage decken kann.

Metalle, darunter Stahl, Kupfer und Aluminium, sind von entscheidender Bedeutung, um die im europäischen Green Deal und im neuen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft festgelegten Ziele zu erreichen. Diese Metalle werden in praktisch allen Anwendungen eingesetzt, die benötigt werden, damit Europa bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent wird, um die digitale Transformation zu erreichen oder die Ziele der „Renovierungswelle“ umzusetzen³. Aufgrund der Art des Herstellungsprozesses ist die Metallproduktion heute nach wie vor für einen erheblichen Teil der weltweiten industriellen CO₂-Emissionen verantwortlich. Auf die Stahlproduktion beispielsweise entfallen 25 % dieser Emissionen.

Metalle haben Kreislaufcharakter: aufgrund ihrer Eigenschaften können sie theoretisch immer wieder recycelt werden. Metallrecycling bringt erhebliche Klimavorteile mit sich - dank der nachgewiesenen Vermeidung von CO₂, durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen⁴. Das vorliegende Papier befasst sich schwerpunktmäßig mit Stahl- und Aluminiumschrott, aber auch mit Kupferschrott, die zu den meistproduzierten Metallen weltweit gehört.

Recycling und Kreislaufwirtschaft sind für den Metallproduktionssektor notwendig, um Kohlenstoffneutralität zu erreichen. Die Senkung von CO₂-Emissionen im Zusammenhang mit dekarbonisiertem Energie-Einsatz und Energieeffizienz ist möglicherweise für die Produzenten von Eisen- und Nichteisenmetallen nicht ausreichend, um bis zum Jahr 2100 unter der durchschnittlichen Temperaturerhöhung von 2°C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu bleiben, die im Übereinkommen von Paris festgelegt wurde. Die Gesamtmenge von CO₂-Emissionen aus den Aluminium- und Stahlherstellungsbranchen könnte selbst nach Implementierung von Technologien, die sich noch im Entwicklungsstadium befinden (z. B. Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) oder ein vollständig dekarbonisiertes Stromangebot), dem „Kohlenstoffbudget“⁵ der Industrie für das Jahr 2100 (Material Economics, 2018) überlegen sein. Das gilt auch für Kupfer⁶, für das ein nahezu perfektes Recycling erforderlich ist, um kupferbezogene THG-Emissionen unter dem sektorspezifischen Schwellenwert für die Erreichung des 2°C-Ziels zu halten, neben Verbesserungen der Energieeffizienz und Änderungen der Lebensweise. In diesem Fall werden sich sekundäre Kupferströme der zu erwartenden Nachfrage annähern. **Die Kreislaufwirtschaft im Allgemeinen und das Recycling im Besonderen sind - zusätzlich zu Energieeffizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen - eine zwingende Voraussetzung, um diese Ziele zu erreichen.**

Im Falle der Stahlherstellung könnten andere Lösungen für die Dekarbonisierung der Metallproduktion, wie etwa der Einsatz von Eisenschwamm (Direct Reduced Iron, DRI), unter den gegenwärtigen Bedingungen zu sehr hohen Kosten führen. Bei DRI, insbesondere mit Einspeisung von grünem Wasserstoff⁷, ist es unwahrscheinlich, dass bis 2030 größere Fortschritte in der vermehrten Anwendung dieser Technologien erzielt werden (Arcelor Mittal, 2020). Die benötigten Investitionen wurden auf 40 bis 200 Mrd. € geschätzt, wobei das hohe Ende der Bandbreite für die Nutzung der grünen Wasserstoffinfrastruktur anfällt. Zwar sind diese Technologien Teil der Lösung, ihre allgemeine Anwendung in der Stahlindustrie wird jedoch nicht vor Ablauf dieses Jahrzehnts möglich sein, was ein Problem für die Erreichung der Ziele des Übereinkommens von Paris darstellt.

³ [Eine Renovierungswelle für Europa – umweltfreundlichere Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen, COM\(2020\) 662 Endfassung.](#)

⁴ Verglichen mit der Primärproduktion werden im Stahl-, Aluminium- und Kupferrecycling 58 %, 92 % bzw. 65 % der CO₂-Emissionen eingespart (FEDEREC, 2017).

⁵ Gesamtes THG, das emittiert werden kann, um die Erderwärmung unter 2°C zu halten.

⁶ Ciacci et al (2020)

⁷ „Grüner“ Wasserstoff: Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse mit erneuerbaren Energien produziert wird. „Blauer“ Wasserstoff: Wasserstoff, der durch Dampfumformung von Erdgas produziert wird.

Eine erhebliche Reduzierung von CO₂-Emissionen ist daher von entscheidender Bedeutung, denn je länger wir warten, desto höher wird in Zukunft die jährliche Reduktionsrate von THG-Emissionen sein müssen. In Bezug auf Stahl ist auch zu beachten, dass **die Entwicklung der DRI-Stahlherstellung mit einem höheren Schrotteinsatz kompatibel ist**. DRI wird letztlich in Elektrolichtbogenöfen (Electric Arc Furnaces, EAF) geschmolzen, der gleichen Route wie bei der Stahlherstellung aus Schrott⁸, mit bis zu 100 % Stahlschrotteinsatz als Materialzuführung – siehe Stahlherstellungsrouten in Abbildung1. Außerdem wird unabhängig von der Stahlproduktionsroute, BOF oder EAF, Schrott für den Schmelzprozess benötigt.

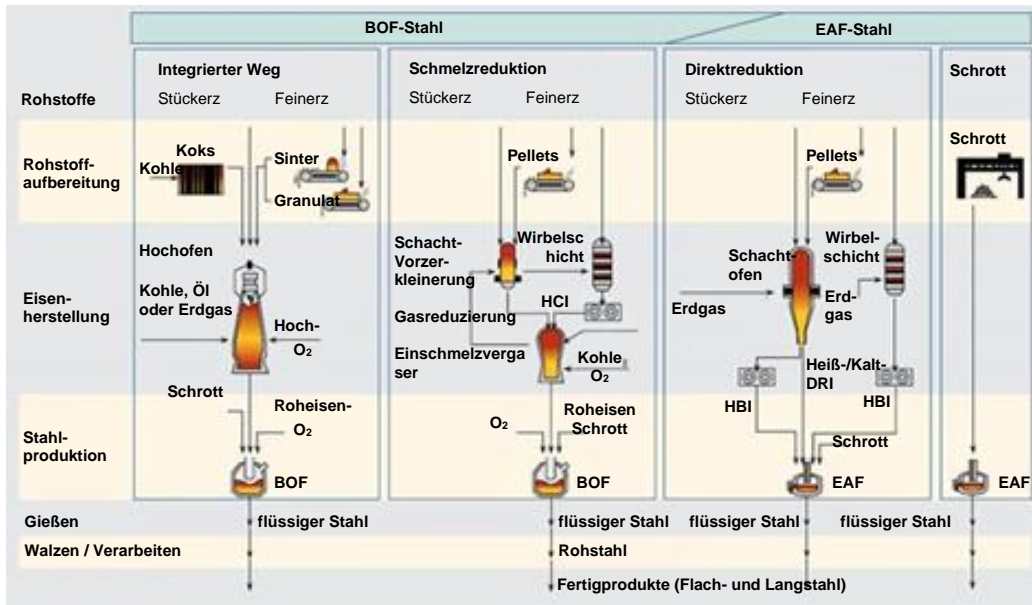


Abbildung 1 : Übersicht über Eisen- und Stahlproduktionsprozesse (Wörtler et al, 2013)

Letztlich sind Metallproduktionsrouten mit der günstigsten Umweltbilanz, nach der Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis, LCA) ermittelt, zu bevorzugen.

Eine Steigerung des Einsatzes von Metallschrott ist von entscheidender Bedeutung und technisch möglich

Auf globaler Ebene könnte die Stahlschrottsammlung 70 % der weltweiten Stahlproduktion abdecken und recycelter Stahl könnte den Qualitätsspezifikationen von 80 % der Stahlnachfrage entsprechen (Joly et al., 2020).

Auf EU-Ebene könnte der verfügbare Schrott 85 % der Stahlnachfrage bis 2050 decken (Material Economics, 2018). Dieser Trend ist gegenwärtig in der EU nicht zu beobachten, wo der Einsatz von Stahlschrott mit etwa 55 % der Rohstahlproduktion bestenfalls konstant bleibt (siehe Tabelle 1), hauptsächlich deshalb, weil Europas Stahlkapazität immer noch weitgehend auf Eisenerz beruht und die EU-Strategien in vieler Hinsicht keine Anreize für den Einsatz von Stahlschrott bieten - trotz der damit verbundenen enormen Umweltvorteile. Länder wie die Türkei oder in der EU Italien, haben vor Jahrzehnten auf Sekundärstahlherstellung umgestellt, die sich auf die Verarbeitung von Schrott als wichtigste Rohstoffquelle stützt, und damit bewiesen, dass eine solche Umstellung machbar ist.

Ein erst im November 2020 veröffentlichter Bericht von Wood Mackenzie bestätigt: „*Altmetalle (...) werden nach wie vor im Vergleich zu ihrer Gesamtverfügbarkeit zu wenig eingesetzt*“ und betont: „*Unter Umweltgesichtspunkten hat die Sekundärproduktion von Aluminium eine Kohlenstoffbilanz, die 5 – 25-mal niedriger ist als die Primärmetallproduktion. Bei Stahl, dem größten Verursacher von Industrieemissionen, können diese rund 30 % geringer sein als heute, trotz steigender Nachfrage*“⁹.

⁸ Stahlschrott wird zwar im Allgemeinen EAF zugeleitet, um Rohstahl herzustellen, dient jedoch auch als Kühlmittel in Sauerstoffaufblaskonverter (Basic Oxygen Furnaces, BOF) Prozessen, mit bis zu 20-30 % der Materialzuführung (Wörtler et al., 2013).

⁹ [Altmetalle werden trotz Verfügbarkeit und steigender Nachfrage zu wenig eingesetzt - Durch Einsatz von Aluminium- und Stahlschrott könnten Emissionen um jeweils bis zu 600 Mio. t im Jahr reduziert werden. 26 November 2020, Wood Mckenzie.](#)

Tabelle 1: Rohstahlproduktion und Stahlschrottverbrauch in der EU-28 (BIR, 2020)

	2016	2017	2018	2019
	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>
Rohstahlproduktion	162	168,5	167,7	159,4
	%	%	%	%
Anteil EAF am Rohstahl	39,5	40,4	41,5	40,4
	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>
Stahlschrott-Gesamtverbrauch	93,6	93,8	90,9	87,5
	%	%	%	%
Verhältnis Stahlschrott / Rohstahl	54,6	55,5	55,9	54,8

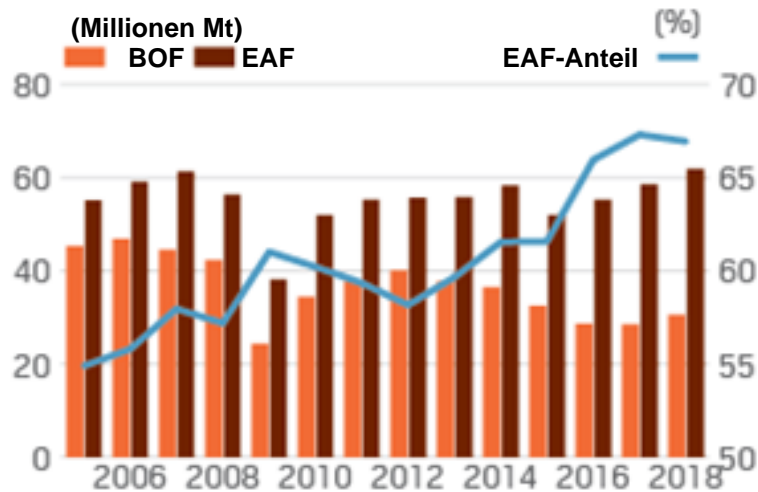
Bei Kupfer ist die Raffinadeproduktion aus Sekundärmaterial in der EU seit Ende der 1990-er Jahre sogar leicht zurückgegangen¹⁰ (Ciacci et al., 2017), einhergehend mit dem Rückgang der Kupfernachfrage in der EU. Bei Aluminium erhöhte sich der Anteil von Sekundäraluminium an der europäischen Gesamtproduktion zwischen 1990 und 2015 von 16 % auf 27 % (BIR, 2017). **Außerdem reicht trotz der relativ guten Recyclingraten am Ende der Nutzungsdauer von Stahl, Kupfer und Aluminium die europäische Nachfrage nach Schrott nicht aus, um dem innerhalb der EU generierten Schrottangebot zu entsprechen (Record, 2019)** – siehe Zahlen in Tabelle 2. Der Einsatz von Schrott hängt dann in hohem Maße von der Exportnachfrage ab, zum Beispiel von der EAF-Stahlproduktionskapazität in der Türkei oder der hohen Nachfrage nach Kupfer und Aluminium in China.

Tabelle 2: Inlandsverbrauch von Kupfer-, Aluminium- und Stahlschrott (Passarini et al, 2018).
Daten von a: 2015, b: 2014, c 2013

	Kupferschrott ^b	Aluminiumschrott ^c
<i>Einheit</i>	<i>Mio. t</i>	<i>Mio. t</i>
Am Ende der Nutzungsdauer gesammelter Schrott	1,6	3
Inlandsverbrauch	0,7	2,2
<i>Einheit</i>	%	%
Anteil des Inlandsverbrauchs am gesammelten Schrott	46	74

Beispiele zeigen jedoch, dass eine Steigerung der Nachfrage nach Sekundärrohstoffen in der Metallproduktion möglich ist. Diese blieb in den letzten Jahren in der EU zwar konstant (Tabelle 1), **der Anteil von EAF in der Stahlproduktion in den USA ist jedoch in den letzten 20 Jahren gestiegen** – siehe Abbildung 2. Im Jahr 2019 betrug der Anteil von EAF in der US-Rohstahlproduktion 67,8 % (BIR, 2020). **Ebenso ist der Anteil von Stahlschrott in der Rohstahlproduktion in den USA erheblich höher als in der EU, rund 70 % seit 2015 (BIR, 2020).**

¹⁰ Ende der 1990-er Jahre erreichte sie mit rund 1000 Tsd. t/Jahr einen Höchststand, ging dann zurück und stabilisierte sich bei rund 800 Tsd. t/Jahr.



Quelle: AISI

Abbildung 2: Anteil der Elektrolichtbogenofen-Stahlproduktion in den USA (Tolomeo, 2019)

Das Beispiel der USA zeigt, dass der Einsatz von Schrott zur Herstellung hochwertiger Stahlsorten technisch machbar ist. Als einer der wichtigsten Stahlproduzenten in den USA stellt NUCOR mehrere Stahlqualitäten, darunter hochwertige Flachstähle, unter Einsatz von Stahlschrott her (NUCOR, 2019). Im Vergleich dazu werden Flachstähle, wie sie beispielsweise in Autos verwendet werden, in der EU zu 91 % in der BOF-Route hergestellt. Das US-Beispiel zeigt, dass die EAF-Route in der Praxis unter bestimmten Bedingungen ein ähnliches Qualitätsniveau erreichen kann wie die BOF-Route.

- Intelligentes Stoffstrommanagement kann die Kreislaufführung von Metallschrott ermöglichen, aber die derzeitigen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen kommen den technischen Möglichkeiten nicht immer entgegen

Kernaussagen

- Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen können nicht so viele Metalle wiedergewonnen werden, wie es technisch möglich wäre.
- Die Anwendung wegweisender Sortier- und Recyclingtechnologien ist mit Kosten verbunden, die sich in den Preisen widerspiegeln müssten, indem sie die generierten Umweltvorteile internalisierten.
- Es werden Rahmenbedingungen benötigt, die eine Vergütung der zirkulären Wertschöpfungsketten für Metalle ermöglichen und Kreislaufkapazitäten in Europa ausbauen.

Bei richtiger Sortierung und Verarbeitung kann Metall ohne Qualitätsverlust unbegrenzt recycelt werden

Die Verringerung des Qualitätsverlusts, d.h. die Erhaltung der Funktion und Zusammensetzung der Metalle aus Sekundärrohstoffen im Vergleich zu ihrem vorherigen Lebenszyklus ("Closed-Loop-Recycling"), ermöglicht es, Metalle länger in Gebrauch zu halten und wird wahrscheinlich die Verwendung von recyceltem Metall erhöhen.

Jede Anwendung erfordert eine bestimmte Materialrezeptur, bestehend aus dem Zielmetall (Fe, Cu, Al), dem einige Legierungselemente in verschiedenen Anteilen zugesetzt werden. Europäische Recyclingunternehmen können dank ihrer Erfahrung und modernen Methoden Metallschrott so sortieren und verarbeiten, dass die Industriespezifikationen oder Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft erfüllt werden².

Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen bleibt der Einsatz von Recyclingmaterialien durch Metallhersteller durch die Verwendungsmöglichkeiten der Metalle begrenzt.

Die derzeitigen Bedingungen ermöglichen nicht immer die Wiedergewinnung von Metall in einer Güte, die der Verwendung im vorigen Lebenszyklus des Materials ähnlich ist, da die Entfernung einiger Legierungselemente unter technisch und wirtschaftlich praktikablen Bedingungen schwierig ist. **Daher entspricht die Nachfrage nach Sekundärmetall für bestimmte Anwendungen nicht dem Angebot.** „Closed-Loop-Recycling“ ist zum Beispiel bei Stahl aus Schrott nicht immer möglich. So hat etwa ferritischer Edelstahl eine spezifische Zusammensetzung, die allein durch den Einsatz von Schrott, auch unter Anwendung der Einsatz der besten verfügbaren Techniken, nicht immer erreicht werden kann. Daher ist die Ergänzung mit Kohlenstoffstahl, ein weiterer Weg für den Einsatz von

Stahlschrott. Ebenso können Aufbereitungsverfahren die Menge des Kupfers im Stahlschrott über den Toleranzwert hinaus erhöhen, der für zahlreiche Stahlprodukte erforderlich ist. Dadurch kann der recycelte Stahl für andere Nutzungen außer für Beton-/Baustahl ungeeignet sein¹¹.

Verunreinigungen, auch als unerwünschte Begleitstoffe bezeichnet, hängen sehr von der Art des aufbereiteten Materials ab. Mit einigen Ausnahmen (Cu, Co, ...) lassen sich Verunreinigungen in EAF- oder BOF-Prozessen leicht aus dem Stahl entfernen, während Legierungselemente sehr schwer aus Aluminium zu entfernen sind. Abbildung 3 veranschaulicht diese Unterschiede, indem sie zeigt, welche Elemente beim Wiedereinschmelzen von Kupfer¹², Aluminium und Stahl in der Metallphase bleiben und welche Elemente in die Schlackephase übergehen.

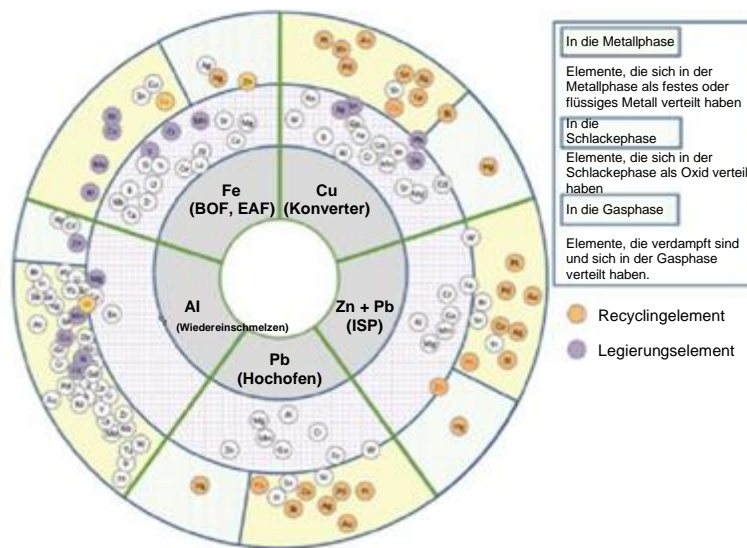


Abbildung 3: Element-Radar-Diagramm für den metallurgischen Prozess von Grundmetallen (Nakajima et al, 2010)

Neue Technologien könnten das Sortieren und Verarbeiten verbessern und dadurch die Menge von Metallen erhöhen, die in nahezu geschlossenen Kreisläufen verwertet werden. **Das Sortieren der einzelnen Legierungen¹³ und die Trennung von Stahl und Kupfer vor der Vorzerkleinerung, z. B. bei Altfahrzeugen, verursacht Kosten für die Recyclingindustrie, die gegenwärtig in den Marktpreisen nicht abgebildet werden, da letztere durchgängig nicht die Umweltvorteile des Recyclings berücksichtigen, die durch den Einsatz von Sekundärmaterialien in der Produktion von Stahl, Kupfer und Aluminium entstehen.**

Eine Erhöhung der Demontagezeit für ein komplexes Produkt um damit bestimmte Schrotte zu lokalisieren und dann zu demontieren ist kostspielig und wird durch die Erlöse des Schrottverkaufs nicht unbedingt gedeckt. Die folgende Abbildung veranschaulicht am Beispiel von Kunststoffen das Verhältnis zwischen höherer Materialrückgewinnung, Demontagezeit und Grenzkosten der Demontage (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).

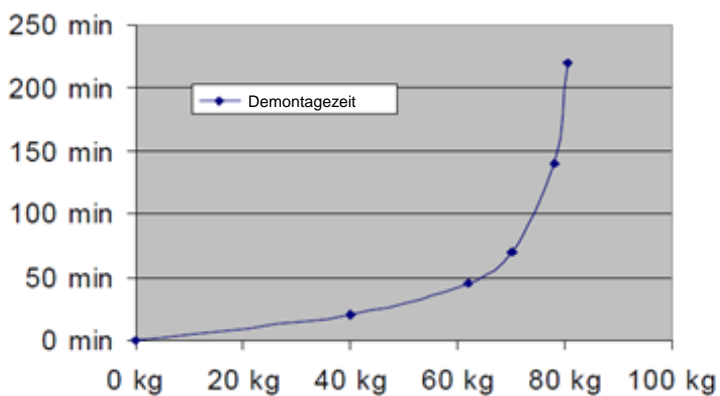


Abbildung 4: Demontagezeit für ein Altfahrzeug (Kunststoffe insgesamt 160kg), (GHK, 2006)

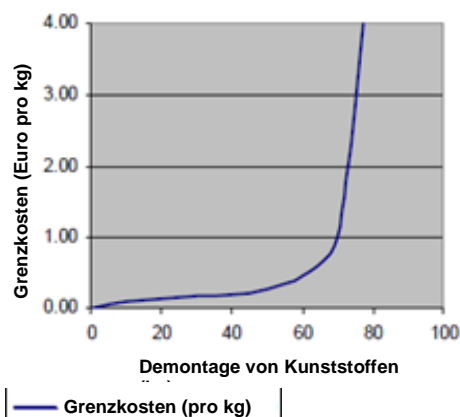


Abbildung 5: Grenzkosten der Demontage von Kunststoffen in einem Altfahrzeug (GHK, 2006)

So sind etwa im Falle von Cu-Verunreinigungen im Stahl **Aktivitäten zur Vermeidung oder Entfernung von Cu in Stahlschrott nicht durch einen höheren Schrottpreis, den das Stahlwerk zahlt, abgedeckt, da Stahlschrott**

¹¹ Der höchste Kupferanteil von Bewehrungsstahl ist 0,4 Gew.-%, der durchschnittliche Wert bei Schrott in der OECD ist 0,2 – 0,25 Gew.-%. Die meisten anderen Anwendungen erfordern einen Cu-Gehalt unter 0,12 Gew.-% (Material Economics, 2018)

¹² Bei Cu kann Sekundärkupfer auch einen Prozess der elektrolytischen Raffination durchlaufen, der die Entfernung der meisten Verunreinigungen ermöglicht.

¹³ z. B. bei Anwendung von Laser-Emissionsspektroskopie (laser induced breakdown spectroscopy, LIBS).

mit Stahl aus Primärrohstoffen gemischt werden kann, um den Cu-Gehalt zu senken und die gewünschten Stahlqualitäten zu produzieren. Daher führt eine weitere Erhöhung der Verfügbarkeit und Qualität von Schrott durch technische oder organisatorische Verbesserungen zu Kosten, die gleichmäßig über die Wertschöpfungskette verteilt werden müssen. Die Recyclingunternehmen sind bereit, den Aufwand auf sich zu nehmen, können jedoch diese Kosten nicht tragen, ohne sicher zu sein, dass die Marktbedingungen weitere Investitionen, die unmittelbar der Kreislaufwirtschaft und der Klimaneutralität zugutekommen, honorieren werden. Letztlich gibt es sowohl eine ökologische als auch eine ökonomische Begründung, die Märkte für Sekundärrohstoffe zu erweitern, um die Schrottverfügbarkeit zu erhöhen – siehe Teil 5.

4. Der Metallschrottsektor unterstützt den Weg zu einer nachhaltigen europäischen und weltweiten Kreislaufwirtschaft

Kernaussagen

- Metalle (sekundär und primär) sind Rohstoffe, deren Preise auf dem Weltmarkt gebildet werden
- Die Metallrecyclingquoten in der EU sind von den weltweiten Metallpreisen nicht unabhängig.
- Ungleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage in unterschiedlichen Weltregionen machen den weltweiten Metallhandel unverzichtbar.
- Beschränkungen von Metallschrottexporten würden die Recyclingindustrie in der EU stark beeinträchtigen.
- Die Recyclingindustrie braucht einen freien und fairen Handel mit Sekundärrohstoffen, gleiche Wettbewerbsbedingungen wie bei Primärrohstoffen und den Schutz nachgelagerter Schrottverbraucher vor ungleichem EU-externem Wettbewerb.

Metallschrott ist ein wertvoller Rohstoff für die Schaffung einer Kreislaufwirtschaft in globalem Maßstab

Metallschrott ist ein bedeutender Rohstoff, der an Metallbörsen wie etwa der LME bewertet und weltweit ebenso wie Primärrohstoffe gehandelt wird. Die Metallschrottpreise sind nicht losgelöst von den Preisen für Primärrohstoffe, obwohl diese oft außerhalb Europas gefördert und anschließend importiert werden, während Sekundärrohstoffe lokal produziert werden. Daher ist Metallschrott ein in globalem Maßstab gehandelter Rohstoff, vor allem im Vergleich zu anderen Abfallströmen Abbildung 6. Auch aufgrund seines intrinsischen Wertes und seiner physischen Eigenschaften wird Metallschrott zur erneuten Herstellung von Metallen verwendet und nicht als Abfall behandelt.

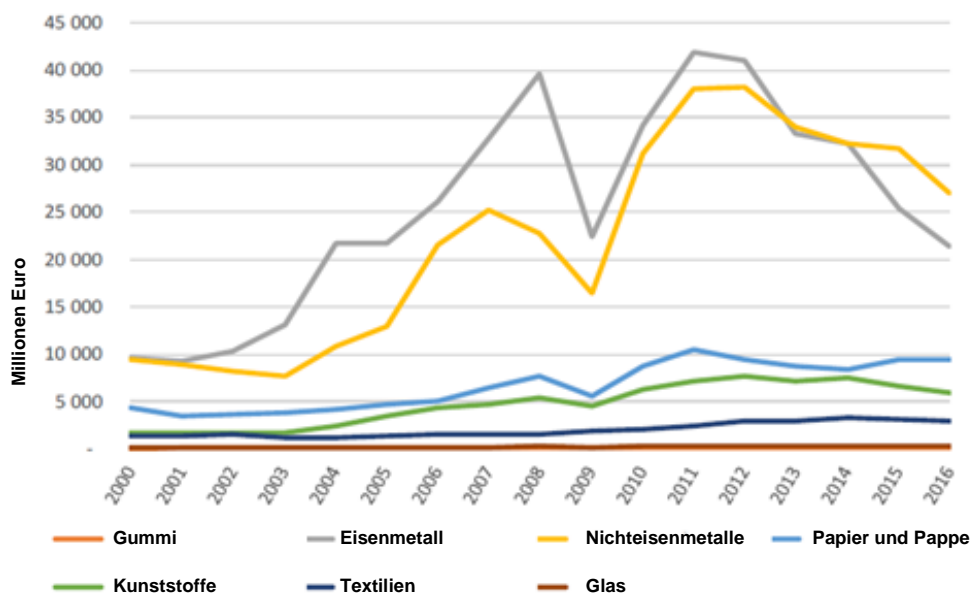


Abbildung 6 : Historische Trends im internationalen Handel mit wiederverwertbaren Abfällen und Sekundärrohstoffen in Mio. € nach Abfallstrom (RECORD, 2019)

Das Schrottangebot in Europa setzt sich zusammen aus großen Mengen an metallhaltigen Altprodukten, aus Produkten, die täglich gebraucht werden (Verpackungsprodukte) bis hin zu komplexen (elektrischen/elektronischen) Altgeräten oder Altfahrzeugen, die jedes Jahr wiederverwertet werden. Dennoch wird die Metallnachfrage aufgrund des Abwärtstrends der Industrie in Europa von anderen Teilen der Welt gestützt, insbesondere von Asien, das von dynamischeren Bausektoren oder erst in jüngster Zeit aufgebauten Kapazitäten für Sekundärrohstoffe profitiert.

Die EU-28 ist mit rund 22 Millionen Tonnen im Jahr 2019 der weltweit größte Stahlschrottexporteur der Welt (BIR, 2020). Dennoch bleibt das Inlandsangebot an Stahlschrott, das für den in Europa verwendeten Stahlschrott sowie für Importe und Exporte von Stahlschrott sorgt, signifikant positiv. Das zeigt, dass es keine Sekundärrohstoff-Verknappung in Europa gibt. Europa exportiert auch Kupfer- und Aluminiumschrott – siehe Tabelle 3.

Tabelle 3: EU-weiter Einsatz und Exporte von Stahl-, Kupfer -und Aluminiumschrott. a) Daten BIR (2020) für das Jahr 2019. b) Daten BIR (2016) für das Jahr 2015. c) Der Einsatz von Kupferschrott innerhalb der EU entspricht der Sekundärschrottproduktion zuzüglich des Einsatzes von Kreislaufschröts (BIR, 2016)

	Stahlschrott ^a	Kupferschrott ^{bc}	Aluminiumschrott ^b
	Mio. t	Mio. t	Mio. t
Schrottverbrauch in der EU	87,5	2,1	2,9
Exporte aus der EU	21,8	1	0,9
	%	%	%
Anteil von Exporten am EU-Schrottverbrauch	25	48	31

Schrott fließt dorthin, wo er gebraucht wird; der Schrotthandel gleicht Angebot and Nachfrage einzelner Regionen aus

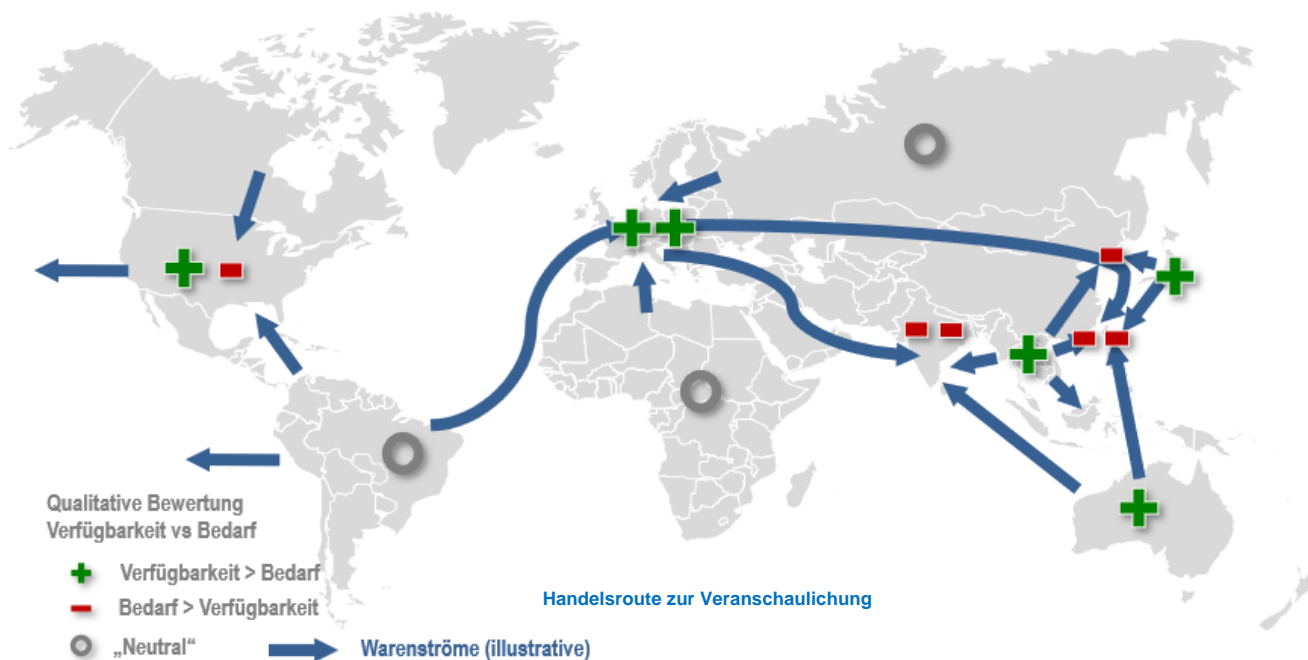


Abbildung 7: Ungleichgewichte bei Angebot und Nachfrage von Edelschrottschrott im Weltmaßstab (Quellen: G. Pariser)

Es wurde zwar eine Beschränkung von Abfallexporten im Allgemeinen gefordert, um nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt zu begrenzen, doch der weltweite Handel mit Metallschrott, der Industriespezifikationen entspricht, stellt eindeutig keine Probleme dar, wie bei manchen anderen Abfallströme beobachtet, und ist unverzichtbare Voraussetzung für einen gut funktionierenden Sekundärrohstoffmarkt.

Erstens gibt es ein Überangebot an Schrott in der EU im Vergleich zur Inlandsnachfrage, vor allem in Zeiten der Konjunkturabschwächung. Daher werden Exportbeschränkungen einfach den Wert von Metallschrott künstlich mindern und das wiederum wird negative Auswirkungen auf gut funktionierende zirkuläre Wertschöpfungsketten haben und letztlich auf die Möglichkeit von Recyclingunternehmen, zu investieren und Kapazitäten auszubauen. Die

Nachfrage in Nicht-EU-Ländern deutet auf die Notwendigkeit eines freien Schrotthandels unter den derzeitigen Marktbedingungen hin – siehe Abbildung 7. Eine Fallstudie über den Metallkreislauf, die von Graedel et al (2019) von der Yale School of Environment durchgeführt wurde, kommt zu dem Schluss, „... dass eine Materialkreislaufwirtschaft auf der Ebene eines einzelnen Landes schwer bis unmöglich zu erreichen ist. Australien diente als Beispiel, doch kein Land gleich in welcher Region verfügt über alle Technologien, die zur Herstellung eines Kreislaufs erforderlich wären. **Es ist offensichtlich, dass man eine Kreislaufwirtschaft auf globaler Ebene denken muss.**“ Da der Markt für Metallproduktion und -verbrauch global ist, könnte eine ähnliche Schlussfolgerung für die EU erreicht werden.

Darüber hinaus werden durch den Export von Metallschrott in Anlagen, die in Übereinstimmung mit internationalen Umweltmanagementstandards arbeiten, die Umweltvorteile des Schrotteinsatzes nicht wesentlich verringert. So werden zum Beispiel Kohlendioxidemissionen und Materialverbrauch überall dort vermieden, wo Schrott eingesetzt wird. Da der Klimawandel ein globales Problem darstellt, ist es besser, Metallschrott in zirkulären Wertschöpfungsketten zu verwenden als ihn nicht zu nutzen oder auf Deponien zu verbringen.

Ein freier und fairer Handel mit Metallschrott ist Voraussetzung für einen gut funktionierenden europäischen Markt für Sekundärrohstoffe

Die ordnungsgemäße Behandlung von Abfall dient der Maximierung der Materialrückgewinnung und der Minimierung nachteiliger Umweltauswirkungen aus „handwerklichen“ Betrieben, die keine Möglichkeit haben, Maßnahmen zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitskräfte und zu deren Durchsetzung zu implementieren. Aus diesem Grund befürwortet EuRIC einen strengeren Vollzug der Verpflichtungen, die in der Verordnung über die Verbringung von Abfällen festgelegt sind, verbunden mit einem vereinfachten Verfahren für Abfallverbringungen zwischen genehmigten Recyclingbetrieben. Zum Beispiel dürfen nicht schadstoffentfrachtete Altfahrzeuge oder nicht vorbehandelte Elektro- und Elektronik-Altgeräte nicht in Betriebe exportiert werden, die nicht über eine Infrastruktur verfügen, welche eine ordnungsgemäße Behandlung garantieren - nicht nur weil sie die Wiedergewinnung großer Mengen von Metallschrott ermöglichen, sondern auch, weil auf jeden Fall sichergestellt werden muss, dass das Recycling in Betrieben erfolgt, die verlässliche Umweltstandards erfüllen.

Metallschrott, der aus Altprodukten rückgewonnen wird - gleich ob Altfahrzeuge, Elektro- und Elektronik-Altgeräte oder Haushaltsabfälle - sind kein wertloser Müll, sondern ein Rohstoff, der Industriespezifikationen erfüllt und oft eine höhere Reinheit aufweist als Primärrohstoffe, die überwiegend aus nicht-europäischen Ländern importiert werden.

Durch die mangelnde Inlandsnachfrage und den grundsätzlich globalen Markt für Rohstoffe, die zur Herstellung von Metallen benötigt werden, gewinnt ein freier und fairer Handel mit aufbereitetem Metallschrott wesentliche Bedeutung. Handelsbeschränkungen werden die wirtschaftlich tragfähigen Bedingungen, die das Sammeln, Sortieren und Recyceln von metallhaltigen Abfällen ermöglichen, erheblich gefährden.

Das strukturelle Überangebot an Schrott innerhalb der EU im Vergleich zur aktuellen Nachfrage wird zu künstlich niedrig gehaltenen Schrottpreisen führen, die nicht nur kurzfristig die Erträge von Recyclingunternehmen beeinträchtigen, sondern auch ihre mittel- bis langfristige Möglichkeit zu investieren, um Kapazitäten auszubauen und mit weiteren Innovationen die Recyclingquoten zu maximieren.

Letztlich werden Exportbeschränkungen von Nachteil für die Gesellschaft sein. Wenn Recyclingmaterialien keinen Absatzmarkt haben, muss die Gesellschaft ihre Sammlung, Behandlung und Entsorgung bezahlen, wie es gegenwärtig bei anderen Materialien mit einem weit niedrigeren intrinsischen Wert der Fall ist. Dies kann auch zur Vernichtung lokaler Arbeitsplätze führen, da das Recycling durch ein Netzwerk kleiner und mittlerer Betriebe durchgeführt wird, die über das gesamte Gebiet Europas verstreut sind. Die Struktur der Recyclingindustrie entspricht in der Regel einer pyramidenförmigen Organisation, wobei ein großes Netzwerk von KMUs Abfall in lokalem Maßstab sammelt und sortiert und dann das Sekundärmaterial zur Weiterverarbeitung an wenige, aber größere Recyclingunternehmen transportiert - Abbildung 8.

Der negative Effekt eines Exportverbots auf die Schrottsammlung wird durch mehrere Fallbeispiele veranschaulicht. So wurde zum Beispiel in der Ukraine im Mai 2018 eine höherer Exportzoll auf Stahlschrott eingeführt, um dem Inlandsmarkt mehr Schrott zur Verfügung zu stellen. Trotzdem lag das Inlandsangebot an Schrott immer noch unter der Nachfrage der Stahlhersteller. Wichtiger war jedoch, dass die Schrottsammelmengen sich wegen des Rückgangs der Inlandspreise verringerten (ArgusMedia, 2019).

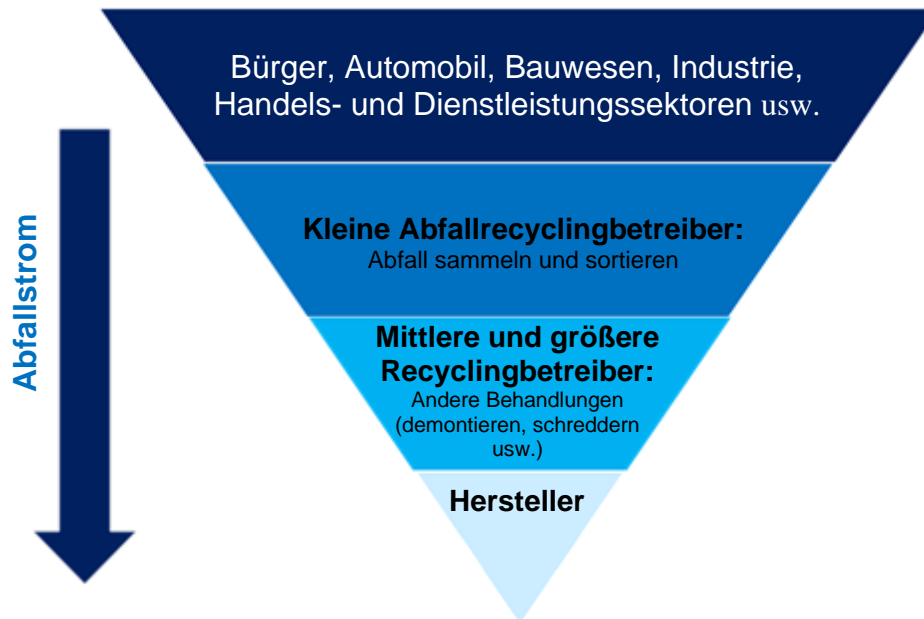


Abbildung 8: Struktur der Recycling-Wertschöpfungskette

Zur Förderung zirkulärer Wertschöpfungsketten ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich

Eine **Win-Win-Lösung** für die gesamte europäische Metall-Wertschöpfungskette sollte sich auf drei Hauptsäulen stützen:

- **Sicherstellung eines freien und fairen Handels mit Metallschrott, um dafür zu sorgen, dass Angebot, Nachfrage und Preise so weit wie möglich durch die Rohstoffmärkte gesteuert werden, die globaler Art sind.**
- **Herstellung gleicher Wettbewerbsbedingungen wie beim Handel mit Primärrohstoffen bezüglich der gesetzlichen Rahmenbedingungen.** In diesem Zusammenhang ist es viel einfacher, Primärrohstoffe aus Nicht-EU-Ländern zu importieren, die in den Rohstoffmärkten mit Sekundärrohstoffen konkurrieren, jedoch viel mehr erhebliche negative Umweltauswirkungen haben, als Sekundärrohstoffe nach Europa oder darüber hinaus zu exportieren, obwohl in Nicht-EU-Ländern geförderte Rohstoffe einen sehr viel höheren „Fußabdruck“ hinsichtlich des Umweltschutzes und manchmal auch dem Schutz von Menschenrechten aufweisen. Zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft müssen diese regulatorischen Verzerrungen beseitigt werden. Es ist daher von wesentlicher Bedeutung, sicherzustellen, dass zumindest nach Europa importierte Primärrohstoffe in Übereinstimmung mit Gesundheits- und Umweltschutzstandards, die den im Gemeinschaftsrecht festgelegten Standards und Vorschriften weitgehend gleichwertig sind, gewonnen und zu Erzen und Konzentraten verarbeitet werden.
- Stärkung der europäischen Metall-Wertschöpfungskette durch besseren Schutz von Europas Stahl- und Nichteisenmetallproduzenten, die unter den anhaltenden ungleichen internationalen Wettbewerbsbedingungen leiden, durch eine ambitioniertere Anwendung von Handelsschutzinstrumenten, wann immer es notwendig ist. Zur Erhöhung europäischer Produktionskapazitäten in nachhaltiger Weise unterstützt EuRIC ausdrücklich Anreize zur Vergütung des Schrotteinsatzes und damit der Erzielung von CO₂-Einsparungen. In diesem Zusammenhang könnte ein Mechanismus zum Grenzausgleich von CO₂ eine wichtige Rolle spielen. Dieser Mechanismus muss nicht nur vor CO₂-Leakage schützen, sondern auch unmittelbar die Anwendung von kohlenstoffarmen Technologien und Sekundärrohstoffen fördern.

5. Eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erfordert einen gut funktionierenden Markt für Recyclingrohstoffe

Kernaussagen

- Ein besonderer Status für Sekundärrohstoffe getrennt von Abfällen ist erforderlich.
- Genehmigungsverfahren für Recyclinganlagen müssen beschleunigt werden.
- Grenzüberschreitende Transporte von Metallschrott müssen vereinfacht werden.
- Die Schnittstelle zwischen Abfall- und Chemikaliengesetzen muss verbessert werden.

Die Reduzierung von Verwaltungsaufwand ist zusammen mit dem freien und fairen Handel mit Metallschrott sowie Anreizen zur Vergütung von Umweltvorteilen von entscheidender Bedeutung, um den Einsatz von Altmetallen in der Metallherstellung zu erhöhen und gleich Wettbewerbsbedingungen wie beim Handel mit Primärrohstoffen herzustellen.

Dies ist umso wichtiger, als **Schrott innerhalb der EU im Geltungsbereich strenger Vorschriften produziert wird, während Erze, aus denen Stahl, Aluminium oder Kupfer hergestellt werden, überwiegend nicht in der EU gefördert werden** (EC, 2017):

- Aluminium: 85 % des EU-Angebots an Bauxiterz sind importiert, auf Guinea entfallen 62 % des gesamten EU-Angebots
- Eisenerz: 74 % des EU-Angebots an Eisenerz: sind importiert, auf Brasilien entfallen 36 % des gesamten EU-Angebots;
- Kupfer: 82 % des EU-Angebots sind importiert, wobei auf Kupferbergbauländer wie Chile und Peru ein großer Anteil des EU-Kupferangebots entfällt, 21 % bzw. 20 %.

Rechtsunsicherheit bleibt ein wesentliches Hindernis für einen gut funktionierenden Metallrecyclingmarkt in Europa. Die Prioritäten für Europas Metallrecyclingindustrie beinhalten Folgendes:

- **Gewährleistung eines angemessenen Status für Metallschrott, der den Spezifikationen der Industrie entspricht und nicht mehr als Abfall eingestuft werden soll.** Recyclingrohstoffe, die das Rückgrat von zirkulären Wertschöpfungsketten bilden, unterliegen nach europäischen Gesetzen einem mit viel größeren Belastungen verbundenen Status, als er für Primärrohstoffe gilt, die oft außerhalb Europas gefördert werden. Wie in dem Dokument [Die Top 5 Prioritäten der Recyclingindustrie für den Zeitraum 2019 -2024](#) dargelegt, ist es unerlässlich, einen neuen Status „Sekundärrohstoffe“ in der europäischen Abfallgesetzgebung festzulegen, um von der ausgeprägten Dichotomie zwischen „Abfall“- und „Produkt“-Status für aufbereiteten Abfall, der Industriespezifikationen oder Qualitätsstandards erfüllt, wegzukommen - unbeschadet der bestehenden Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft.
- Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für Recyclingbetriebe, die eine wesentliche Rolle bei der Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft spielen.
- Beschleunigung der Verfahren für grenzüberschreitende Transporte von Sekundärrohstoffen, insbesondere Metallschrott, um sicherzustellen, dass das Angebot der Nachfrage in Europas Binnenmarkt und darüber hinaus entspricht.
- Verbesserung der Schnittstelle zwischen Abfall-, Produkt- und Chemikalienrecht durch einen risikobasierten Ansatz zur Unterstützung von zirkulären Wertschöpfungsketten für Metall.

Das Zulassungsverfahren nach der Industrieemissionsrichtlinie (IED¹⁴) ermöglicht zwar die Metallproduktion in der EU nach hohen Umweltstandards, doch seine Umsetzung auf der Ebene der Mitgliedstaaten kann die Behandlung von Metallschrott erschweren. Die Mitgliedstaaten können die Festlegung von Zulassungsbedingungen beschließen, die noch strenger sind als die in den BVT-Schlussfolgerungen angegebenen strengsten Luftreinhaltsbestimmungen, wie etwa die für Luftemissions-Grenzwerte, die von der Region Wallonien gegenwärtig für in Wallonien tätige Schredderbetriebe geplant werden. **Gleiche Wettbewerbsbedingungen für Industriebetriebe in Europa sind erforderlich, mit vergleichbaren Genehmigungsverfahren und ohne wesentliche Abweichungen von vereinbarten BVT-Schlussfolgerungen.**

¹⁴ Richtlinie 2010/75/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)

6. Anreize zur Förderung von Märkten für Sekundärrohstoffe unter Anwendung eines Lebenszyklus-Ansatzes

Kernaussagen

- Die Umweltvorteile von Metallrecycling leisten einen wesentlichen Beitrag zu den Klimaschutz- und Kreislaufwirtschaftszielen der EU, werden jedoch in den Marktpreisen nicht abgebildet.
- Anreize zur Vergütung des Einsatzes von Metallschrott in der Herstellung und die Einbeziehung ihrer Umweltvorteile in die Bepreisung sind von entscheidender Bedeutung, um Investitionen in zirkuläre Wertschöpfungsketten zu erhöhen, gleiche Wettbewerbsbedingungen wie beim Handel mit Primärrohstoffen zu schaffen und die Produktion von Sekundärmetallen in Europa zu steigern.

Metallrecycling führt zu wesentlichen Umweltvorteilen. Wie im [EuRIC-Factsheet Metallrecycling](#) (2020) dargelegt, wird durch Aluminium-Recycling das Äquivalent von 92 % der CO₂-Emissionen eingespart und durch Stahl-Recycling wird das Äquivalent von 58 % der CO₂-Emissionen eingespart, jeweils im Vergleich zur Primärproduktion unter Verwendung von Erzen und Konzentraten. Um eine Größenordnung anzugeben: Im Jahr 2018 wurden in der EU 157 Millionen Tonnen CO₂ durch Recycling von 94 Millionen Tonnen Stahlschrott eingespart. Dies entspricht der Menge der CO₂-Emissionen des Gesamten Automobilverkehrs in Frankreich, Großbritannien und Belgien in einem Jahr.

Die Erreichung der anspruchsvollen Ziele, die im europäischen Green Deal, dem neuen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft und der neuen Industriestrategie gesetzt werden, erfordert politische Rahmenbedingungen, die derzeit in Europa nicht gegeben sind. Sowohl die Primär- als auch Sekundärmetallproduktion werden bereits politisch unterstützt, allerdings können die Anreize zugunsten der Primärproduktion die Entwicklung von Märkten für Sekundärmaterialien hemmen, wie in neueren OECD-Berichten gezeigt wurde (OECD, 2019).

Eines der wichtigsten Hindernisse für die Förderung von Investitionen in innovative Recyclingprozesse und den Ausbau von zirkulären Wertschöpfungsketten ist nach wie vor die fehlende Einbeziehung von Kriterien für Umweltvorteile in LCA in Bezug auf THG-Emissionen und Energieeinsparungen. Die Preise für Sekundärmaterialien korrelieren trotz deren positiver Umweltbilanz und einer vollkommen anderen Kostenstruktur mit den Preisen für Primärmaterialien.

Bei Stahl zum Beispiel sind die CO₂-Preise, mit denen negative Externalitäten in Verbindung mit THG-Emissionen einbezogen werden sollen, gegenwärtig zu niedrig und können daher keinen Anreiz für die EAF-Produktion schaffen – siehe Abbildung 9. Der CO₂-Preis nach dem Europäischen Handelssystem (ETS) der EU lag Anfang 2020 bei etwa 25 €/t (Glachant und Mini, 2020).

Wood Mckenzie (2020) schätzt, dass ein CO₂-Preis von 110 USD/t zur Begrenzung der Erderwärmung auf 2 Grad zweifellos zu einer Beschleunigung der Schrottverarbeitung in CO₂-intensiven Branchen führen wird, und vertritt die Auffassung, dass der Einsatz des gesamten verfügbaren Schrotts die Emissionen aus der Aluminium- und Stahlproduktion jeweils um bis zu 600 Mio. t im Jahr verringern könnte. Wenn eine universelle CO₂ Steuer auf 110 USD/t steigt, könnte jede betroffene Branche 66 Mrd. USD im Jahr einsparen.

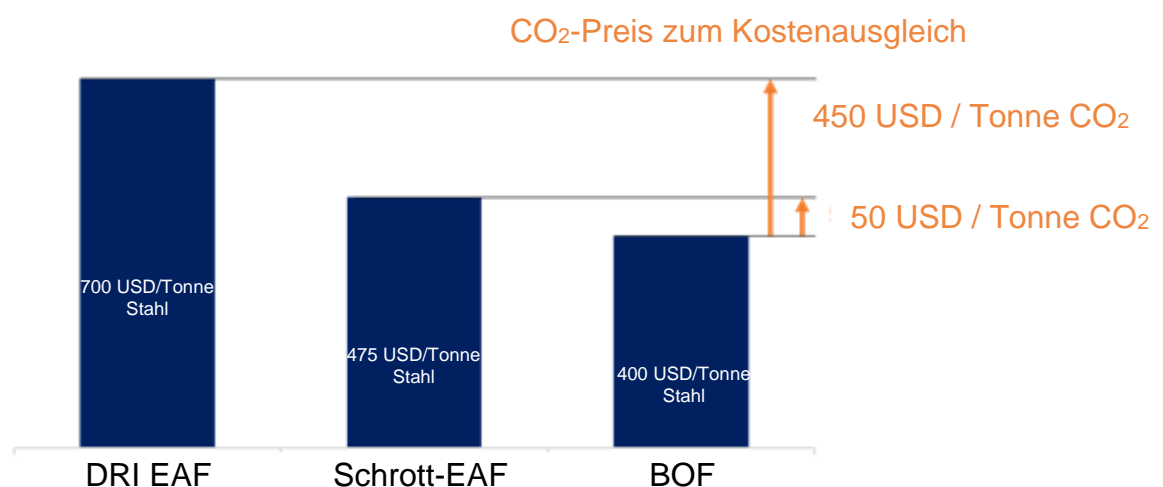


Abbildung 9: Weltdurchschnittskosten für die Stahlproduktion nach Route im Jahr 2018 (Joly et al., 2020).

Um die in Abbildung 9 dargestellten Stahlproduktionskosten zu relativieren, ist festzustellen, dass Versuche einer Preisbildung für positive Externalitäten von Stahlschrott - oder „Schrottbonus“ - ergeben haben, dass diese bei 213 €/t Kohlenstoffstahlschrott und zwischen 158 und 502 €/t Edelstahlschrott liegen (Pothen et al., 2020). Diese „Schrottbonus“ stellt einen erheblichen Anteil der in Abbildung 9 angegebenen Stahlproduktionskosten dar.

Zusätzlich zum Schrottbonus können wir auch davon ausgehen, dass immer noch ein politischer Anreiz für Primärmaterialien besteht, da in den meisten Fällen, die in der Primärmetallproduktion außerhalb der EU geltenden Umweltstandards nicht so streng sind wie diejenigen, die für die Sekundärmetallproduktion innerhalb der EU in Kraft sind. So wird Schrott aufgrund dieser ungleichen Bedingungen weniger wettbewerbsfähig. Durch die Verstärkung der EU-Klimapolitik wird diese Situation in Zukunft mit noch größerer Wahrscheinlichkeit auftreten, außer wenn Maßnahmen getroffen werden, um die Wettbewerbsbedingungen für Primär- und Sekundärmaterialien anzugleichen.

Die Erreichung der Ziele, die im europäischen Green Deal und dem neuen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft gesetzt werden, erfordert politische Rahmenbedingungen und Anreizmechanismen zur Auflösung der Preiskorrelation zwischen Primär- und Sekundärmaterialien auf der Grundlage positiver Externalitäten von Metallschrott. Diese Mechanismen würden es letztlich ermöglichen, die Nachfrage nach Recyclingmaterialien anzukurbeln und damit die CO₂-Bilanz der Metallproduktion zu senken und letztlich Investitionen in neue Sortierungs-, Aufbereitungs- und Produktionstechnologien zu steigern.

Solche Mechanismen sind bereits auf der Angebotsseite und für bestimmte Abfallströme in Kraft, zum Beispiel bei den Gebühren für Produzenten, deren Höhe je nach Recyclingfähigkeit und Recyclinganteil der in diesen Bereich fallenden Produkte angepasst wird. Die derzeitigen EU-Leitlinien für staatliche Beihilfen für Umweltschutz und Energie 2014-2020 (2014/C 200/01) gestatten staatliche Beihilfen zur Behebung von Marktversagen bei der Internalisierung von externen Effekten, insbesondere bei der Materialeffizienz.

Eine Liste von Mechanismen auf der Grundlage von Papieren, die durch oder für EuRIC und EuRIC-Mitglieder erarbeitet wurden (z. B. Pothen et al. (2020), FEDEREC (2017), Hogg et Sherrington (2012), **ist in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.** Sie alle beziehen sich zwar direkt auf die Berücksichtigung von Externalitäten, doch zur Beseitigung der derzeitigen Marktschwächen wird es wichtig sein, eine einzelne oder eine Gruppe von Rahmenbedingungen zu implementieren, die Anreize für zirkuläre Wertschöpfungsketten schaffen.

Indikative Liste der Anreize zur Erhöhung der Zirkularität von Metallwertschöpfungsketten

	In dieser Anmerkung angesprochen	Quellen:
1. Verbindlich vorgeschriebener Rezyklatanteil	✓	FEDEREC (2020); EuRIC (2019)
2. Kennzeichnungen und Standards	✓	Pothen et al. (2020)
3. Gutschriften für den Einsatz von Recyclingmetallen	✓	Pothen et al. (2020) Hogg & Sherrington (2012)
4. Gutschriften für den Einsatz von Recyclingmetallen in Verbindung mit dem EU-ETS	✓	Hogg & Sherrington (2012)
5. CO ₂ -Grenzausgleich	✓	Pothen et al. (2020); Hogg & Sherrington (2012)
6. Kreislauf-MwSt.	✓	EuRIC (2019);
7. Subventionen für den Schrotteinsatz	✓	Pothen et al. (2020); FEDEREC (2020)
8. F&E-Subventionen	✓	Pothen et al. (2020);

Verbindlich vorgeschriebener Rezyklatanteil

Die Vorgabe eines verbindlichen Rezyklatanteils wird sofort die Nachfrage nach Recyclingmaterialien beleben und dadurch zu Investitionen in F&E und den Ausbau von Kapazitäten der Produktionsanlagen anregen, die sich auf den Einsatz von Recyclingmaterialien stützen. Ferner werden Skaleneffekte die Folge sein.

Ein verbindlich vorgeschriebener Rezyklatanteil könnte auf 90 % für die EAF-Produktion in Europa festgesetzt werden. Dieser Grenzwert entspricht dem Anteil von Schrott, der im EAF-Prozess erreicht werden muss, damit die Stahlproduktion einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann, wie es im Entwurf für einen delegierten Rechtsakt im Rahmen der Taxonomie-Verordnung ((EU) 2020/852) über Klimaschutz niedergelegt ist. Bei BOF-Route könnte ein verbindlich vorgeschriebener Recyclinganteil von 25 % der Materialzuführung festgelegt werden, da dies den technischen Möglichkeiten dieser Herstellungsrouten entspricht.

Der Rezyklatanteil könnte Nichteisenmetalle wie etwa Aluminium beinhalten, die zum Beispiel in der Verpackung verwendet werden.

Ein bindendes Ziel für den Rezyklatanteil, das in der Richtlinie für Einwegkunststoffe festgelegt ist, hat sich bereits als ein wirkungsvolles Mittel erwiesen, um die Korrelation von Preisen für Recyclingmaterialien und Preisen für Primärrohstoffe aufzulösen und damit die Umweltvorteile der Kreislauf-Wertschöpfungsketten zu vergüten, die sich auf deren Einsatz stützen¹⁵.

¹⁵ [EuRIC Pressemitteilung - Entschlossenes Handeln zur Unterstützung von Kunststoff-Recycling in Europa ist erforderlich, 17. Juni 2020.](#)

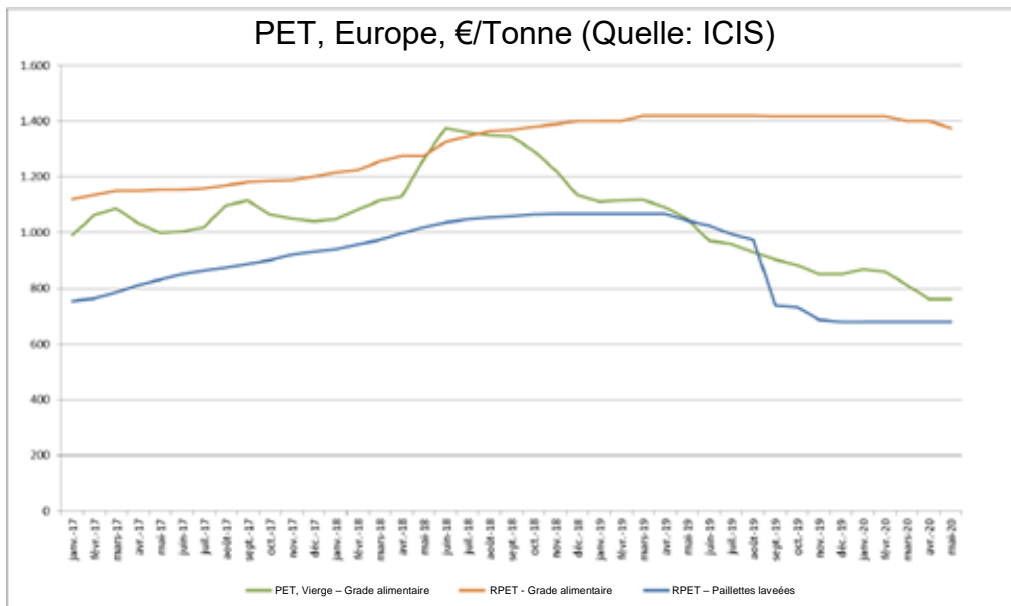


Abbildung 10: Ablaufdiagramm der Auswirkungen von COVID-19 auf RPET-Preise mit Ausnahme von RPET in Lebensmittelqualität. Quelle: ICIS, der Independent Commodities Intelligence Service. Indikative Übersetzung FR → EN : PET Vierge – Grade alimentaire (FR) → Food-grade virgin PET (EN) ; RPET – Grade alimentaire (FR) → Food-grade R-PET (EN) ; RPET – Paillettes lavées (FR) → Washed R-PET flakes (EN)

Kennzeichnungen und Standards

Kennzeichnungen und Standards sind, sofern sie keine verzerrten Umweltforderungen transportieren, wichtig, um Verbraucher zu nachhaltigen Entscheidungen zu befähigen. „Kennzeichnungen, die den Anteil von recycelten Materialien in einem Produkt dokumentieren, signalisieren, dass der Hersteller auf zirkulär genutzte Rohstoffe zurückgreift“ (Pothen et al., 2020). Durch entsprechende Berechnungsvorgaben, Standardwerte und Gewichtungsfaktoren kann sichergestellt werden, dass ein ordnungsgemäß dokumentierter Verbrauch von Altmetallen gemeldet werden kann, und dazu dienen, die Nachfrage nach Recyclingmaterialien anzukurbeln.

Hinsichtlich des Recyclinggehalts verlangen einige Programme wie etwa die LEED-Zertifizierung¹⁶ für nachhaltiges Bauen einen Nachweis des Recyclinganteils. NUCOR legte zu diesem Zweck Zahlen über den Recyclinganteil seiner Produkte vor (NUCOR, 2019). Kennzeichnungen können auch eine Hilfe bei der Angabe sein, welches Produkt zum Recycling geeignet ist, und so eine leichtere Rückgewinnung von Metallen ermöglichen.

Gutschriften für den Einsatz von Recyclingmetallen – Handelbare Recyclingzertifikate

Ein solches Programm kann wie folgt definiert werden: „Ein handelbares Vergütungssystem, das den Einsatz einer bestimmten Menge von Primärmaterialien nach Vorlage eines Nachweises gestattet, dass eine bestimmte Menge Sekundärmaterialien ‚an anderer Stelle‘ eingesetzt wurde. Wer einen höheren Anteil von Sekundärmaterialien einsetzt, würde Gutschriften erhalten, die dann an die Endverbraucher von Primärmaterialien weiterverkauft werden können“ (Hogg & Sherrington, 2012). Das wird zu einem Anstieg der Schrottnachfrage führen.

Je nach Ausgestaltung eines solchen Programms könnten handelbare Recyclingzertifikate die bindenden Ziele für den Recyclinggehalt, bei denen ein Mindestanteil von Recyclingmaterialien in einem Produkt festgesetzt wird, entweder ergänzen oder ersetzen (Pothen et al., 2020).

¹⁶ <https://www.usgbc.org/leed>

Gutschriften für den Einsatz von Recyclingmetallen in Verbindung mit dem EU-ETS

Dieser Mechanismus würde das Prinzip einer Gutschrift für den Einsatz von Recyclingmetallen mit dem bestehenden System des EU ETS verknüpfen. Der Unterschied bestünde darin, dass anstelle einer Belohnung des Recyclings ein Anreiz für das Recycling geschaffen wird, indem die durch das Recycling vermiedenen CO₂-Emissionen in die Zuteilung von EU-ETS-Emissionsquoten integriert werden, die der Stahl- oder Aluminiumindustrie zugeteilt werden. Hogg und Sherrington (2012) nennen mehrere Bedingungen für ein System handelbarer Gutschriften, das auf den CO₂-Externalitäten von Schrott basiert, darunter die beiden oben genannten Ideen:

- Ein CO₂ Grenzausgleich, dessen Ziel es ist, zu vermeiden, dass das System der Recyclinggutschriften die Metallproduktion außerhalb der Grenzen des Handelssystems umleitet.
- Ein Mindestpreis für CO₂-Emissionenzertifikate, d.h. ein CO₂-Mindestpreis, der die Höhe der Zölle rechtfertigen würde.

In den Worten der Autoren: „Vorläufige Überlegungen zu einem möglichen politischen Mechanismus legen nahe, dass dieser wie folgt wirken könnte:

1. Nimmt man die bestehenden für einen Metallsektor ausgestellten Zertifikate, wird im primären und im sekundären Bereich (z. B. im Stahlsektor) die Gesamtmenge der Zertifikate so reduziert, dass sie auf die tatsächlichen Emissionen abgestimmt ist.
2. Dann wird der relative Nutzen der Sekundärproduktion gegenüber der Primärproduktion pro Tonne CO₂ berücksichtigt.
3. Die Sammlung von Recyclingmaterial in Tonnen (in diesem Beispiel Stahl), die in der EU stattfindet und wird ermittelt und die mit dem Einsatz in der EU verbundenen CO₂-Einsparungen (gegenüber der Primärproduktion) werden von der Gesamtzuteilung des Sektors abgezogen.
4. Die (herabgesetzte) Obergrenze des Sektors wird jedes Jahr weiter gesenkt.
5. Gutschriften werden für jede Tonne CO₂ ausgestellt, die durch Stahlrecycling eingespart wurde;
6. Gutschriften werden bei Vorlage eines Recyclingnachweises ausgestellt (entweder innerhalb der EU oder im Ausland).
7. Zum Ausgleich der verknüpften Zertifikatmenge für den Sektor müssen Primär- (und Sekundär-) Produzenten entweder ihre eigenen Emissionen weiter senken oder Gutschriften von den Recyclingbetrieben beschaffen.“

CO₂-Grenzausgleich

In der anfänglichen Folgenabschätzung, die von der Europäischen Kommission am 21.07.2020 veröffentlicht wurde, heißt es „CO₂-Leakage tritt dann ein, wenn die Produktion aus der EU in andere Länder mit niedrigeren Emissionsreduktionszielen ausgelagert wird oder wenn EU-Produkte durch CO₂-intensivere Importe ersetzt werden.“ In diesem Kontext würde ein Mechanismus zum CO₂-Grenzausgleich sicherstellen, dass der **Preis von Importen ihren Kohlenstoffgehalt genauer widerspiegelt** und CO₂-Leakage vermieden wird. Im Idealfall wäre der CO₂ Grenzausgleich ein Zollrecht, das wie folgt berechnet wird

$$\text{Zollrecht} = \text{CO}_2\text{-Preis} \times \text{CO}_2\text{-Gehalt der importierten Produkte}$$

Dieser Mechanismus zum CO₂-Grenzausgleich würde den unfairen Wettbewerb im Zusammenhang mit der Implementierung des EU-Emissionshandelssystems („EU ETS“) beseitigen, ohne die Regeln der Welthandelsorganisation (WTO) zu verletzen. Bis jetzt wurde dies durch die kostenlose Zuteilung von Emissionszertifikaten in energieintensiven Sektoren abgedeckt, insbesondere wenn diese Sektoren einem starken internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind und die Kosten der THG-Reduktion einen Großteil ihrer Bruttowertschöpfung ausmachen. Stahl- und Aluminiumfertigungssektoren erfüllen beide Kriterien – siehe Abbildung 11. Der CO₂-Grenzausgleich könnte dieses System von kostenlosen Zertifikaten ersetzen und Wettbewerbsgleichheit zwischen EU-Produkten und importierten Produkten schaffen, die keinen strengen Umweltbestimmungen unterliegen.

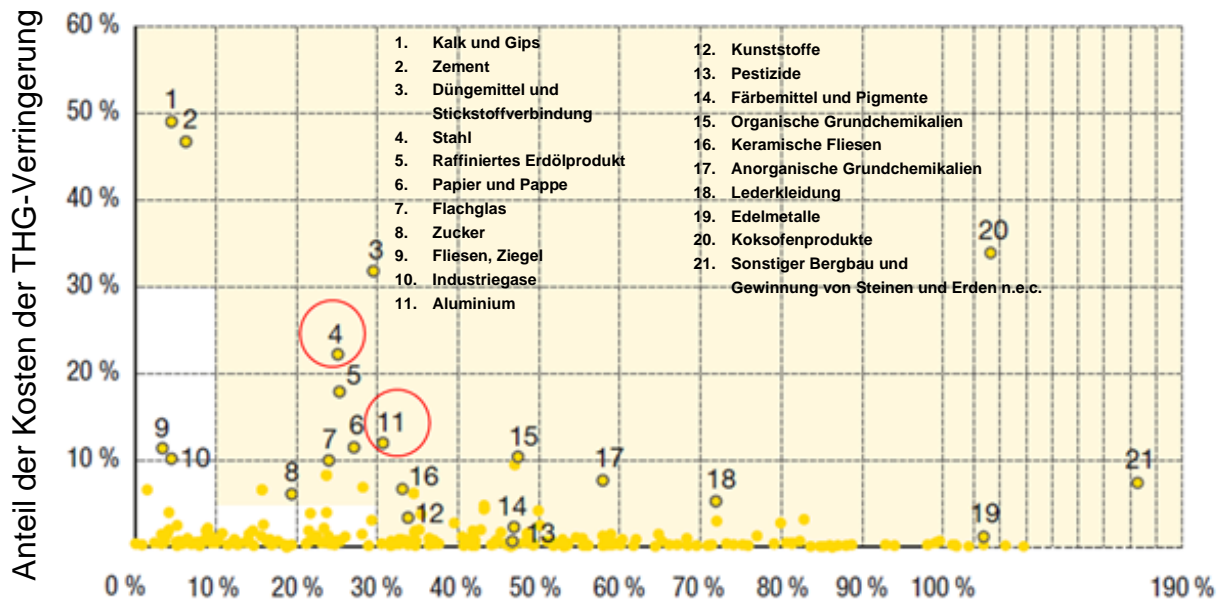


Abbildung 11: Kosten direkter und indirekter THG-Emissionen gegenüber solchen außerhalb der EU verändern die Energieintensität von Industriesektoren im Rahmen des EU-ETS-Systems (Glachant und Mini, 2020)

Kreislauf-MwSt.

Eine „Kreislauf“-Mehrwertsteuer (MwSt.) hätte zum Ziel, die Zirkularität eines Produkts auf MwSt-Ebene wiederzugeben, z. B. einschließlich des im Produkt enthaltenen Anteils an Recyclingmaterialien. Eine MwSt zur Förderung von Kreislaufaktivitäten wurde von der Kommission im neuen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft vorgeschlagen. Sie wäre ein wirkungsvolles Mittel sowohl zur preisbezogenen Vergütung der von Produkten aus Recyclingmaterialien als auch zur Förderung von nachhaltigen Entscheidungen der Verbraucher.

Eine von der ADEME unterstützte Proof-of-Concept-Studie wurde in Frankreich zu einer "zirkulären" Mehrwertsteuer durchgeführt unter dem Namen MODEXT - Environmental externality monetization for a circular Value Added Tax (Gérand et al., 2018). In der Studie wurde die Machbarkeit der Monetarisierung der Umweltexternalitäten eines Produkt- oder Dienstleistungslebenszyklus untersucht, einschließlich der Treibhausgasemissionen, um die Mehrwertsteuersätze darauf abzustimmen. Die Studie verglich beispielsweise die Mehrwertsteuersätze zwischen einem Produkt, das recyceltes Material enthält, und demselben Produkt, das keines enthält, auf der Grundlage der monetarisierten Differenz der externen Effekte zwischen einem Referenzprodukt und einem ökologisch gestalteten Produkt - siehe Beispiel in Tabelle 4 für eine Pfanne mit recyceltem Material.

Tabelle 4: Ergebnis der im Projekt MODEXT durchgeführten Monetarisierungsbewertung

Produkt	Ökodesignstrategie	Festgestellter Marktpreis		Externalitäten des Referenzprodukts		Unterschied in den Externalitäten des Referenzprodukts gegenüber dem Ökodesignprodukt	
		Einschl. Steuer	Ausschl. Steuer	€ 2018	% des Preises aussch. Steuer	€ 2018	% des Preises aussch. Steuer
Pfanne (Tefal Natura)	Verbrauch von Recyclingmaterial	20	16,7	13	78%	2	12%

Schrottsubventionen

Subventionen werden hier als zweckgebundene Übertragungen von Geldbeträgen von Regierungen an Unternehmen definiert. In den vorliegenden Fällen sollte die Zweckbindung beim Einsatz von Recyclingmaterialien durch nachgelagerte Schrottverbraucher bestehen. Pothen et al. (2020) weisen darauf hin, dass der Subventionsbetrag der von ihnen berechneten Schrottbonus entspricht.

F&E-Subventionen

Eine der Schlussfolgerungen im vorstehenden Teil besagt, dass eine Erhöhung der Metallschrotteinsatz in einigen Fällen bessere Sortierungs- und Verarbeitungstechnologien mit sich bringen könnte. Im Bericht über die Implementierung des Aktionsplans Kreislaufwirtschaft heißt es: „Im Zeitraum 2016-2020 hat die Kommission Aktivitäten in beide Richtungen verstärkt, mit insgesamt mehr als 10 Mrd. € öffentlicher Finanzmittel für die Umstellung“ (EC, 2019):

- 1,4 Mrd. € aus H2020-Finanzierung
- 7,1 Mrd. € aus der Kohäsionspolitik
- 2,1 Mrd. € aus dem Europäischen Fonds für strategische Investitionen und Innovationsfinanzierung

Andere Fonds, die sich nicht auf das Recycling konzentrieren, sondern eher auf den Klimaschutz, könnten unterstützend für die Erhöhung des Altmetalleinsatzes tätig werden. Das Programm NER 300¹⁷ zum Beispiel wird durch das EU ETS finanziert und strebt die Finanzierung innovativer kohlenstoffarmer Technologien an. Schwerpunkt des Programms liegt auf erneuerbaren Energietechnologien oder CCS-Technologien.

Einige andere Initiativen auf EU-Ebene, wie etwa die Clean Steel Partnership¹⁸, könnten eine Möglichkeit zur Finanzierung von F&E in Recyclingprozessen bieten. Die strategischen Ausrichtungen der EU auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz schalten mehrere Budgetinstrumente frei, mit denen voraussichtlich Kreislauf- und Dekarbonisierungstechnologien finanziert werden können.

¹⁷ https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ner300_en

¹⁸ <https://www.estep.eu/open-consultation-of-the-clean-steel-roadmap-2/>

7. Literaturverzeichnis

- Allwood, J.M., Cullen, J.M., (2012), Sustainable Materials with Both Eyes Open. UIT Cambridge Ltd., Cambridge, UK.
- Arcelor-Mittal (2020), Climate Action in Europe - Our carbon emissions reduction roadmap: 30% by 2030 and carbon neutral by 2050
- Argus Media (2019), Ukraine home-sourced scrap supply remains below demand, veröffentlicht am 20. August 2019, entnommen aus: <https://www.argusmedia.com/en/news/1962182-ukraine-homesourced-scrap-supply-remains-below-demand>
- BIR (2020), World Steel Recycling in figures 2015-2019, Steel scrap – a raw material for steelmaking, 11. Auflage, Bureau of International Recycling.
- L. Ciacci, T. Fishman, A. Elshkaki, T.E. Graedel, I. Vassura, F. Passarini (2020), Exploring future copper demand, recycling and associated greenhouse gas emissions in the EU-28, Global Environmental Change, Band 63, 2020, 102093, ISSN 0959-3780, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102093>.
- Ciacci, L.; Vassura, I.; Passarini, F. Urban (2017), Mines of Copper: Size and Potential for Recycling in the EU. Resources 2017, 6, 6.
- EuRIC (2019), Top 5 priorities of the recycling Industry for the period 2019-2024. Broschüre. Abruf unter: <https://www.euric-aisbl.eu/position-papers>
- European Commission (2017) Study on the review of the list of Critical Raw Materials - Non-critical Raw Materials Factsheets;
- European Commission (2018), Assessment of the implementation of Directive 2000/53/EU on end-of-life vehicles (the ELV Directive) with emphasis on the end of life vehicles of unknown whereabouts - Under the Framework Contract: Assistance to the Commission on technical, socioeconomic and cost benefit assessments related to the implementation and further development of EU waste legislation, Bericht des Öko-Instituts e.V., Institut für angewandte Ökologie;
- Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- Und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Umsetzung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft, SWD (2019) 90 final
- FEDEREC (2017). Environmental Assessment of Recycling in France according to Life Cycle Analysis Methodology. Pressekonferenz Entnommen aus: http://avnir.org/documentation/congres_avnir/2017/PPT/Recyclage_Federec_Congres_avniR_2017.pdf
- FEDEREC (2020), Mesures de relance économique des entreprises du recyclage dans le contexte de crise sanitaire COVID-19
- Gérard Y., Le Pochat S., Dubosc A.,(2018), Modélisation des externalités environnementales pour une TVA circulaire (MODEXT) – Synthèse du rapport Ademe, 27p.
- GHK / BIOIS (2006), A study to examine the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive, Final Report to DG Environment.
- Glachant M., Mini C. (2020), Quand le carbone coûtera cher – L'effet sur la compétitivité industrielle de la tarification du carbone, Paris, Presse des Mines.
- Graedel, T.E.; Reck, B.K.; Ciacci, L.; Passarini, F. (2019), On the Spatial Dimension of the Circular Economy. Resources, 8, 32.
- Hogg D., Sherrington C. (2012), Analysis of Tradable Recycling Credit Systems: Review of Existing Policies and Consideration of Potential Policy Mechanisms, Bericht für EFR und EUROMETREC.
- Joly A., Ramos C., Aulanier H.-M. (2020), Stratégie d'entreprise dans (et pour) un monde décarboné – Etude de cas sur le secteur de l'acier : l'analyse par scénario éprouvée par Carbone 4
- Laplace Conseil (2013), Implication of the EU steel action plan and other EU initiatives for Steel scrap production and trade, report for EFR.
- Material Economics (2018), The Circular Economy – A powerful force for climate action – transformative innovation for prosperous and low-carbon industry, report.
- Nakajima. K., Takeda. O., Miki. T., Matsubae. K., Nakamura. S. und Nagasaka. T. (2010) Thermodynamic analysis of contamination by alloying elements in aluminium recycling. Environmental Science and Technology. 44. 5594-5600
- NUCOR (2019), 2019 Recycled Content of Nucor Steel Mill Products, Letter to NUCOR customers;
- OCDE (2019), Business Models for the Circular Economy : Opportunities and Challenges for Policy, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en>.
- Passarini, F., Ciacci, L., Nuss, P., Manfredi, S. (2018). Material Flow Analysis of Aluminium, Copper and Iron in the EU 28. JRC Technical Reports. Entnommen aus: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC111643/jrc111643_mfa_final_report_june2018.
- Pothen F., Growitsch C., Engelhardt J., Reif C., Brock L.V. (2020), External Costs and Fair Competition in the Global Value Chains of Steelmaking, Fraunhofer-Institute for Microstructure of Materials and Systems IMWS

Center for Economics of Materials CEM in Halle (Saale), report for the German Steel Recycling Association - Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV).

- RECORD (2019), Echanges intra-européens et internationaux de déchets valorisables et de matières premières du recyclage. Panorama actuel et prospectif, 316 S., Nr.18-0253/1A
- Tolomeo N., Fitzgerald M., Eckelman J. (2019), US steel sector thrives as mills move up quality ladder, S&P Global Platts Insights, Abruf unter: <https://blogs.platts.com/2019/05/09/us-steel-mills-quality/>
- Will we need to mine metals in the future? Wood Mackenzie, 26. November 2020.
- Wörtler M., Schuler F., Voigt N., Schmidt T., Dahlmann P., Lungen H. B., Ghenda J.-T. (2013), Steel's contribution to a low-carbon Europe 2050 – Technical and economic analysis of the sector's CO₂ abatement potential, The Boston Consulting Group (BCG), Steel Institute VDEh

8. Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1 : Übersicht über Eisen- und Stahlproduktionsprozesse (Wörtler et al, 2013)	4
Abbildung 2: Anteil der Elektrolichtbogenofen-Stahlproduktion in den USA (Tolomeo, 2019)	6
Abbildung 3: Element-Radardiagramm für den metallurgischen Prozess von Grundmetallen (Nakajima et al, 2010)	7
Abbildung 4: Demontagezeit für ein Altfahrzeug (Kunststoffe insgesamt 160kg), (GHK, 2006)	7
Abbildung 5: Grenzkosten der Demontage von Kunststoffen in einem Altfahrzeug (GHK, 2006)	7
Abbildung 6 : Historische Trends im internationalen Handel mit wiederverwertbaren Abfällen und Sekundärrohstoffen n Mio. € nach Abfallstrom (RECORD, 2019)	8
Abbildung 7: Ungleichgewichte in Angebot und Nachfrage bei Stahlschrott im Weltmaßstab (Quellen: G. Pariser) ..	9
Abbildung 8: Struktur der Recycling-Wertschöpfungskette	11
Abbildung 9: Weltdurchschnittskosten für die Stahlproduktion nach Route im Jahr 2018 (Joly et al., 2020).	13
Abbildung 10: Ablaufdiagramm der Auswirkungen von COVID-19 auf RPET-Preise mit Ausnahme von RPET in Lebensmittelqualität. Quelle: ICIS, der Independent Commodities Intelligence Service. Indikative Übersetzung FR → EN : PET Vierge – Grade alimentaire (FR) → Food-grade virgin PET (EN) ; RPET – Grade alimentaire (FR) → Food-grade R-PET (EN) ; RPET – Paillettes lavées (FR) → Washed R-PET flakes (EN)	16
Abbildung 11: Kosten direkter und indirekter THG-Emissionen gegenüber solchen außerhalb der EU verändern die Energieintensität von Industriesektoren im Rahmen des EU-ETS-Systems (Glachant und Mini, 2020)	18

9. Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Rohstahlproduktion und Stahlschrottverbrauch in der EU-28 (BIR, 2020).....	5
Tabelle 2: Inlandsverbrauch von Kupfer-, Aluminium- und Stahlschrott (Passarini et al, 2018). Daten von a: 2015, b: 2014, c 2013	5
Tabelle 3: EU-weiter Einsatz und Exporte von Stahl-, Kupfer -und Aluminiumschrott. a) Daten BIR (2020) für das Jahr 2019. b) Daten BIR (2016) für das Jahr 2015. c) Der Einsatz von Kupferschrott innerhalb der EU entspricht der Sekundärschrottproduktion zuzüglich des Einsatzes von Kreislaufschrött (BIR, 2016).....	9
Tabelle 4: Ergebnis der im Projekt MODEXT durchgeführten Monetarisierungsbewertung	18