

Zink

Factsheet

Erarbeitet im Projekt „Kartierung des Anthropogenen Lagers III – Etablierung eines Stoffstrommanagements unter Integration von Verwertungsketten zur qualitativen und quantitativen Steigerung des Recyclings von Metallen und mineralischen Baustoffen“

(FKZ 3716 35 3230)

Das Projekt wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt und über den Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, und Reaktorsicherheit mit Bundesmitteln finanziert

1 Übersicht

Zink ist ein bläulich weißes Übergangsmetall. Es wird weltweit vor allem als Korrosionsschutz eingesetzt, da es eine witterungsbeständige Schutzschicht bildet und auf Grund seines unedlen Charakter zusätzlich noch als Opferanode wirkt. Es ist zwischen 100 und 200 °C sehr duktil und wird in diesem Temperaturfenster verarbeitet. Durch die niedrige Verarbeitungstemperatur lassen sich günstig Druckgussteile herstellen. Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist in Form von Legierungen, vor allem Messing.

Der Rohstoff für die Produktion von Zink sind vor allem Zinksulfiderze wie Sphalerit oder Wurtzit, aber auch zinkhaltige Carbonat- und Silikaterze sowie Zinkoxiderze wie Zinkit können genutzt werden. Die Erze müssen vor der Verhüttung in den zum Bergbau gehörenden Aufbereitungsanlagen nach feiner Aufmahlung von dem tauben Gestein durch Flotation möglichst weitgehend abgetrennt und zu Konzentraten angereichert werden. In der Primärzinkhütte wird das Zinkkonzentrat zunächst geröstet um es zu Zinkoxid umzusetzen. Hierbei entsteht Schwefeldioxid, welches zur Schwefelsäureherstellung genutzt wird. Das geröstete Konzentrat wird hydrometallurgisch gelaugt und anschließend in einer Elektrolyse raffiniert. Dabei wird Zinkoxid in Schwefelsäure gelöst und zwischen einer Bleianode und einer Aluminiumkathode elektrolysiert. Edlere Metalle werden durch Zinkpulver ausgefällt. Das Produkt ist ein 99,995 % reines Zink.

2 Mengenströme und Anwendungen

Die Hauptlieferländer Deutschlands für Feinstzink (die größte Metallimportfraktion) waren 2015 Finnland (34,9 %), Belgien (18,2 %), die Niederlande (14,8 %) und Spanien (14,5 %)¹. Die Niederlande und Belgien sind hier genannt, da viele Importe über den Handelsplatz Rotterdam bzw. Antwerpen getätigt werden, welche dann den Niederlanden bzw. Belgien zugeschrieben werden.

2.1 Produktion

Deutschland produzierte 2015 rund 169.000 t Zink, wobei 18 % aus Sekundärrohstoffen stammen¹. Die eingeschmolzene Zinkschrottmenge in Deutschland betrug 2010 rund 155.000 t².

In Deutschland gibt es eine Primärhütte für Zink. Zinkrecycling aus Schrotten und anderen zinkhaltigen Recyclingmaterialien werden in knapp zehn Unternehmen durchgeführt. Die Zinkhalbzeugherstellung und den –vertrieb betreiben drei Firmen. Über 150 Betriebe führen die Feuerverzinkung (Stückverzinkung) durch, während über 100 Betriebe Zinkdruckgussprodukte herstellen. Die Herstellung von Zinkoxid- und Zinkverbindungen wird von mehreren Unternehmen durchgeführt. Die Bandverzinkung wird von etwa 10 Firmen betrieben. Die Herstellung von Messing und Messingprodukten wird in der Kupferindustrie von rund 20 Unternehmen durchgeführt.

Die Initiative Zink vertritt die Interessen der Industrie entlang der Wertschöpfungskette des Zinks. Sie ist ein Projekt innerhalb des GDB und im Netzwerk der Wirtschaftsvereinigung Metalle organisiert

¹ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Deutschland - Rohstoffsituation 2015. URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/Rohsit-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (zuletzt abgerufen am 25.07.2018).

² International Zink Association (2015): Zinc Stocks and Flows: Germany. Durham, NC 2015.

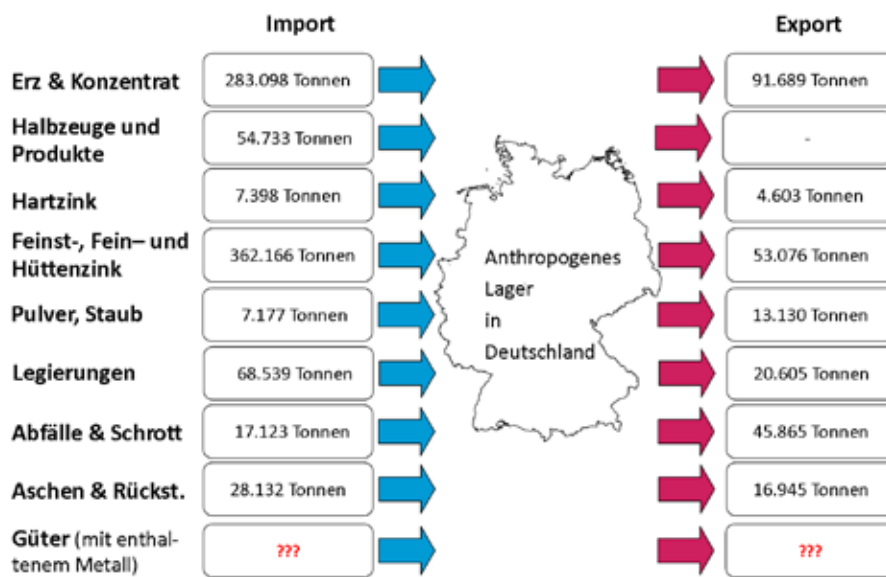
2.2 Im-/Export

In Abbildung 1 sind die Im- und Exportströme 2015 für Zink, seine Vorprodukte und die Schrotte/Aschen dargestellt.

Die Grafik lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Rohstoffe è Nettoimport 190.000 t
- ▶ Metalle è Nettoimport 405.000 t
- ▶ Schrotte und Aschen è Nettoexport 15.000 t

Abbildung 1: Im- und Export von zinkhaltigen Stoffen in 2015



Quelle: Öko-Institut e.V. nach BGR 2017³

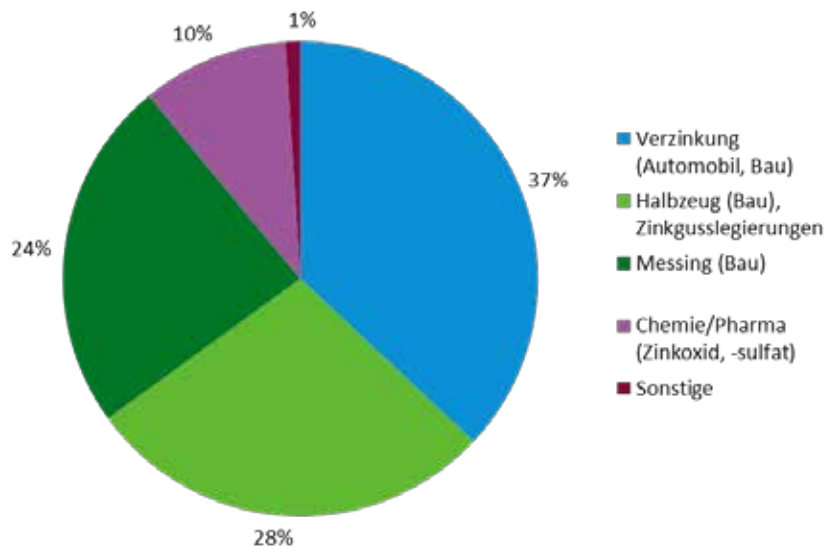
2.3 Anwendung

Die deutsche Zinknachfrage kommt zu fast 40 % aus Verzinkungsanwendungen, welche der Fahrzeugherstellung sowie der Bauindustrie zugerechnet werden können. Hier sind alle Bauteile aus Stahl eingeschlossen, welche zum Schutz vor Korrosion verzinkt werden. Ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich sind Halbzeuge, beispielsweise Zinkbleche, bzw. Zinkdruckgussprodukte, beispielsweise Spielzeugautos, mit gut einem Viertel der deutschen Nachfrage. Ein weiteres Viertel geht in die Herstellung von Messing. Die übrige Zinkmenge wird zur Herstellung von Chemie- bzw. Pharmaprodukten eingesetzt. In Abbildung 2 sind alle Sektoren und ihre jeweiligen Anteile am Zinkgesamtbedarf 2015 dargestellt.

In Abbildung 3 sind der Kreislauf des Zinks und die im Projekt Kartierung des Anthropogenen Lagers III betrachteten Produktgruppen illustriert. Bei der Quantifizierung werden nur Anwendungen betrachtet, welche zu einem anwachsenden Lager führen, d. h. Produktionsabfälle oder kurzlebige Produkte (Lebensdauer von unter einem Jahr; beispielsweise Verpackungen) werden nicht betrachtet.

³ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2017): Deutschland - Rohstoffsituation 2016. URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (zuletzt abgerufen am 25.07.2018).

Abbildung 2: Hauptverwendungsgebiete des Zinks



Quelle: Öko-Institut e.V. nach ⁴

Abbildung 3: Kreislauf des Zinks



Quelle: Freymüller/123comics im Auftrag von Öko-Institut e.V.

⁴ Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V. (2016): Metallstatistik 2015. URL: https://www.wvmetalle.de/fileadmin/uploads/public/Metallstatistik/Metallstatistik_2015.pdf (zuletzt abgerufen am 25.07.2018).

Trends: In der Zukunft könnte die Elektromobilität zu einem Rückgang der Nachfrage an Zink für die Verzinkung von Karosserien führen, wenn mehr Teile aus Aluminium und Magnesium gefertigt werden. Die Bedarfsentwicklung des Messings hat ebenfalls direkte Auswirkungen auf den Zinkbedarf.

3 Relevante rechtliche Regelungen

Luft: Nach der vierten Bundesimmissionsschutzverordnung (4. BImSchV) ist für Anlagen zur Herstellung von Nichteisenrohmetallen aus Erzen, Konzentraten oder sekundären Rohstoffen durch metallurgische, chemische oder elektrolytische Verfahren (Anhang 1 Nr. 3.3), für Anlagen zum Schmelzen, zum Legieren und zur Raffination von Nichteisenmetallen mit einer Schmelzkapazität von mehr als 20 t sonstigen Nichteisenmetallen pro Tag (Anhang 1 Nr. 3.4.1), für Nichteisenmetallgießereien mit einer Verarbeitungskapazität an Flüssigmetall (sonstige Nichteisenmetalle) von mehr als 20 t pro Tag (Anhang 1 Nr. 3.8.1), Anlagen zum Aufbringen von metallischen Schutzschichten mit Hilfe von schmelzflüssigen Bädern auf Metalloberflächen mit einer Verarbeitungskapazität von 2 t oder mehr Rohstahl/Rohgut (Anlage 1 Nr. 3.9.1.1/3.9.1.2), Anlagen zur Oberflächenbehandlung mit einem Volumen der Wirkbäder von 30 m³ oder mehr (Anlage 1 Nr. 3.10.1), sowie Anlagen zur Behandlung von Schrotten in Shredderanlagen mit einer Durchsatzkapazität von 50 t und mehr am Tag (Anhang 1 Nr. 3.22.1 und 8.9.1.1) ein Genehmigungsverfahren gemäß § 10 BImSchG (mit Öffentlichkeitsbeteiligung) vorgeschrieben. Für Anlagen mit 2 t bis weniger als 20 t Durchsatz am Tag (Anhang 1 Nr. 3.4.2, 3.8.2), 500 kg bis weniger als 2 t am Tag (Anhang 1 Nr. 3.9.1.3), 1 m³ bis weniger als 30 m³ (Anhang 1 Nr. 3.10.2) bzw. 10 t bis weniger als 50 t (Anhang 1 Nr. 3.22.2 und 8.9.1.2) sowie Anlagen zur Herstellung von Metallpulvern und Pasten ist ein vereinfachtes Verfahren gemäß § 19 BImSchG (ohne Öffentlichkeitsbeteiligung) vorgeschrieben⁵.

Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist für Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Herstellung von Nichteisenrohmetallen aus Erzen, Konzentraten oder sekundären Rohstoffen durch metallische, chemische oder elektrolytische Verfahren (Anlage 1 Nr. 3.4), für die Errichtung und Betrieb einer Anlage zum Schmelzen, zum Legieren oder zur Raffination von Nichteisenmetallen mit einer Schmelzkapazität von 100.000 t oder mehr pro Jahr (Anlage 1 Nr. 3.5.1) und für die Errichtung und den Betrieb einer Anlage zum Aufbringen von metallischen Schutzschichten auf Metalloberflächen mit Hilfe von schmelzflüssigen Bädern mit einer Verarbeitungskapazität von 100.000 t Rohgut oder mehr pro Jahr (Anlage 1 Nr. 3.8.1) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Für eine Kapazität von 20 t und mehr pro Tag, aber weniger als 100.000 t pro Jahr (Anlage 1 Nr. 3.5.2) bzw. für eine Kapazität von 2 t Rohgut pro Stunde bis weniger als 100.000 t pro Jahr (Anlage 1 Nr. 3.8.2) und für Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Oberflächenbehandlung von Metallen durch ein elektrolytisches oder chemisches Verfahren mit einem Volumen der Wirkbäder von 30 m³ und mehr (Anlage 1 Nr. 3.9.1) muss eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls durchgeführt werden. Bei 2 t bis weniger als 20 t pro Tag (Anlage 1 Nr. 3.5.3), 500 kg Rohgut bis weniger als 2 t pro Tag (ausgenommen Anlagen zum kontinuierlichen Verzinken nach dem Sendzimirverfahren) (Anlage 1 Nr. 3.8.3) bzw. 1 m³ bis weniger als 30 m³ bei Anlagen durch Beizen oder Brennen unter Verwendung von Fluss- oder Salpetersäure (Anlage 1 Nr. 3.9.2) genügt eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls. Hierbei gelten einige Ausnahmen.

Die Kapitel 5.4.3.3 und 5.4.3.4 der TA Luft befassen sich mit den spezifischen Anforderungen an Anlagen zur Herstellung von Nichteisenrohmetallen und zum Schmelzen, zum Legieren und zur Raffination von Nichteisenmetallen. Diese Anforderungen umfassen sowohl die baulichen und

⁵ Umweltbundesamt (2013): Nichteisenmetallindustrie. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriestrukturen/herstellung-verarbeitung-von-metallen/nichteisenmetallindustrie#textpart-1> (zuletzt abgerufen 25.07.2018).

betrieblichen Anforderungen als auch die zulässigen Emissionswerte, zum Beispiel für Staub, Schwermetalle und organische Verbindungen sowie an die eingesetzten Brennstoffe.

Abwasser: Die Nutzung von Gewässern, wie zum Beispiel die Entnahme von Wasser aus Gewässern oder das Einleiten von Stoffen in Gewässer, sind im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) geregelt. Die Abwasserverordnung (AbwV) beinhaltet Vorschriften für die Vermeidung, die Messung und die Einleitung von Abwasser in Gewässer. In Anhang 39 bzw. 40 der AbwV sind spezielle Anforderungen für Abwasser aus der Herstellung von Nichteisenmetallen bzw. der Metallbearbeitung, Metallverarbeitung inklusive Verzinkereien festgelegt.

Abfall: Die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen wird im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) geregelt. Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) regelt die Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten. Zahlreiche Verordnungen regeln die Sammlung und Verwertung bestimmter Abfallströme (z.B. Altfahrzeuge). Die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) regelt, ob gewisse Abfälle (z.B. Magnesiumspäne) als Gefahrgut transportiert werden müssen⁵.

Chemikalienverordnung (REACH): Die Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH-Verordnung) ist eine EU-Chemikalienverordnung. Sie regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien. Blei und seine Verbindungen sind durch Punkt 63 in Anhang XVII (Beschränkungen) eingeschränkt. Die Verwendung von Blei in Schmuck ist verboten (einige Ausnahmen gelten für Bleikristall und Emaille, definiert als verglasbare Mischungen). Artikel 63 verbietet ferner die Verwendung von Blei in Gegenständen über einer Konzentration von 0,05 Gew.-%, wenn diese von Kindern unter normalen oder vernünftigerweise vorhersehbaren Verwendungsbedingungen in den Mund genommen werden können (es gelten bestimmte Ausnahmen, z.B. Zink-Carotin-Batterien). Cadmium erscheint in Anhang XVII (Beschränkungen) unter Punkt 23. Seine Verwendung in verschiedenen synthetischen organischen Polymeren (Ausnahmen z.B. für die Verwendung von Cd in wiederverwertetem PVC), in Farben, in Cadmiumbeschichtungen (bei Anwendung in bestimmten Arten von Geräten und Maschinen, z.B. in der Lebensmittelproduktion, Landwirtschaft usw.) und in Lötfüllstoffen ist verboten.

Blei und Cadmium sind in genutzten Zinklegierungsprodukten vorhanden. Deren Recycling wird über die REACH-Verordnung erschwert, da beim Recycling die geltenden Grenzwerte eingehalten werden müssen.

4 Recyclingsituation

Das Maß für funktionierendes Recycling sind Recyclingraten. Diese lassen sich anhand unterschiedlicher Indikatoren messen. Eine Möglichkeit besteht darin, bei der Metallherstellung die Anteile sekundärer, also recycelter Bestandteile mit dem Gesamtgewicht der Produkte ins Verhältnis zu setzen (Recycled Content = RC). Dieser Indikator lässt allerdings keine Rückschlüsse über die Effizienz bei der Sammlung und Verwertung von Metallschrott zu. Hierzu muss die Phase mitbetrachtet werden, in der ein Produkt aus der Nutzung ausscheidet (End-of-Life; EoL). Die EoL-Recyclingrate bezeichnet die Menge eines rückgewonnenen Materials im Verhältnis zu der Menge des aus der Nutzung ausgeschiedenen Materials.

Es existieren nur Angaben zu globalen Recyclingraten, aber da Zinkschrott genau wie das Primärmetall ein global gehandeltes Gut ist, bilden globale Recyclingraten das Gesamtbild der Legierung besser ab. Die Recyclingraten (EoL-RR) liegen im europäischen Raum bei etwa 70 %⁶. Nationale Raten sind nicht bekannt.

⁶ BGR (2015):DERA Rohstoffinformationen - Rohstoffrisikobewertung – Zink. URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/studie_zink_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (zuletzt abgerufen am 18.02.2018).

Tabelle 1: Globale Recyclingraten des Zinks

RC _{Zink}	EoL _{Zink}
18 - 27 %	19 - 60 %

Quelle: Öko-Institut e.V. nach UNEP 2011⁷

Die Hauptquellen von zinkhaltigen EoL-Schrotten, welche dem Recycling zugeführt werden, sind: Altfahrzeuge, ausgemusterte Maschinen, Elektroschrott, die Güterausstattung in Gebäuden und Schrotte aus dem Rückbau von Gebäuden, Energie- und Verkehrsinfrastruktur sowie Stromerzeugungs- und Industrieanlagen. In dieser Aufzählung sind sowohl reine Zinkschrotte als auch verzinkte Stahlprodukte berücksichtigt.

Für die dargestellten Gütergruppen sind in Abbildung 4 die identifizierten Verwertungswege zusammengefasst.

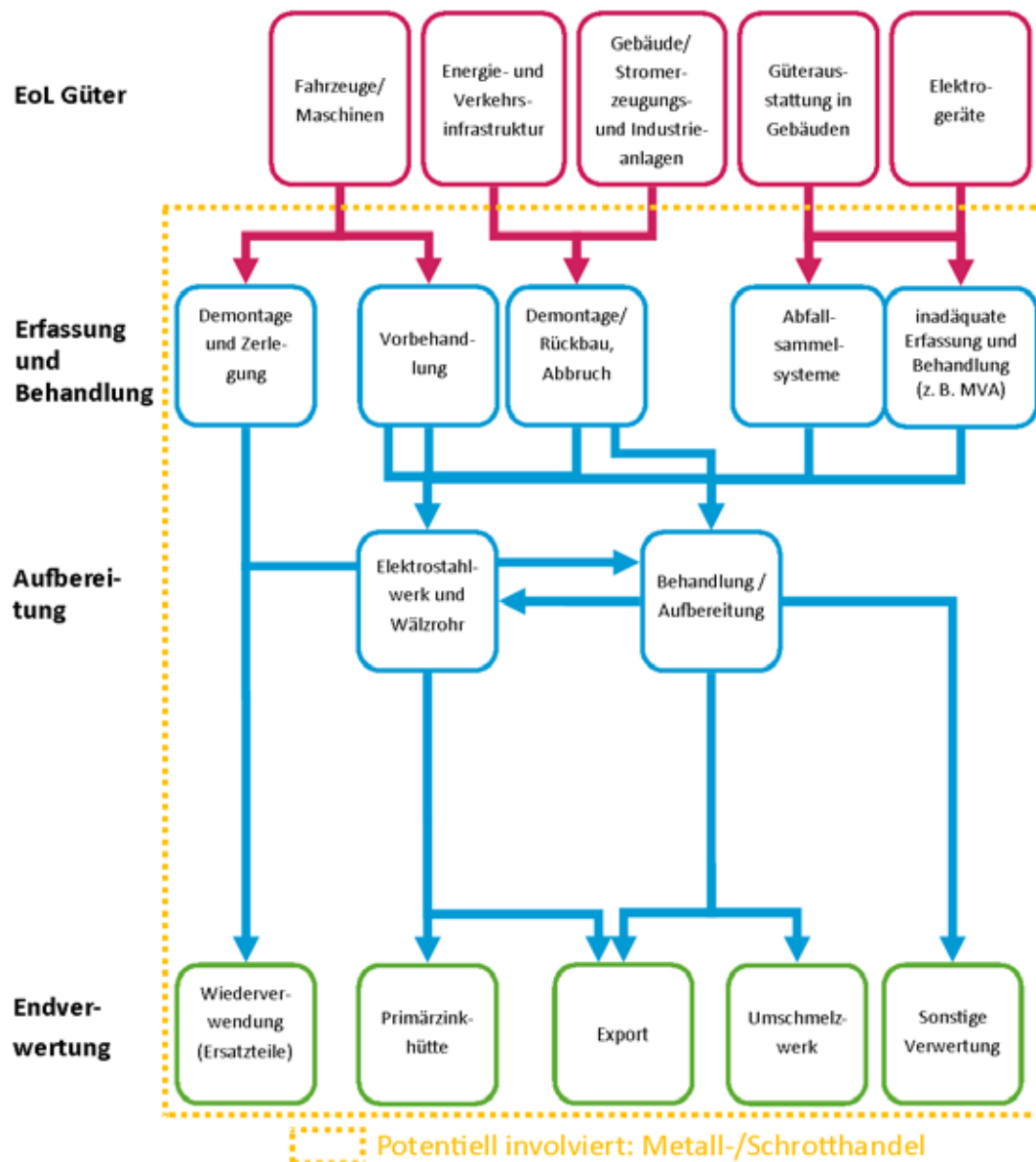
Fahrzeuge und Maschinen werden demontiert und zerlegt bzw. vorbehandelt (z. B. mittels eines Shredders). Die daraus resultierenden Ströme werden aufbereitet bzw. der Wiederverwendung zugeführt. Beim Elektroschrott ist dies ähnlich, nur ist die Behandlungstechnik eine andere. Bei Zink gibt es den Sonderfall, dass es sowohl stückige Zinkschrotte (z.B. Regenrinnen) als auch verzinkte Stahlschrotte (z.B. Leitplanken) gibt. Die Zinkschrotte können aussortiert werden und somit einem direkten Recycling zugeführt werden. Im Wälzrohrverfahren wird durch die Verflüchtigung des Zinkinhaltes ein Wälzoxid produziert, welches einen Zinkgehalt von über 61% aufweist. Das Wälzoxid wird in der Primärhütte wieder zu metallischem Zink verarbeitet. Durch die Entwicklung und Einführung des SDHL-Wälzprozesses wurde ein energetisch und wirtschaftlich besserer Prozess etabliert, der den aktuellen umweltrelevanten Entwicklungen, wie zum Beispiel die Senkung von CO₂-Emissionen, Rechnung trägt. Im Gegensatz zum direkten Recycling ist dieser Recyclingpfad dennoch sehr energieintensiv. Gebäude und Industrie-/Energieerzeugungsanlagen werden abgebrochen bzw. demontiert/rückgebaut und die erhaltenen Metalle werden ebenfalls aufbereitet und recycelt (über Aufbereiter bzw. auch Stahlwerk). Sonstige Zinkprodukte aus Haushalten gehen meist in die Restabfallsammlung für Metalle in adäquate Behandlungsanlagen z. B. MVA oder werden auf dem Recyclinghof/Schrottplatz abgegeben. Von dort geht das Zink zum Aufbereiter bzw. über das Stahlwerk zum Wälzrohr. Die Rückgewinnung aus den MVA-Schlacken ist schwierig und trennt nur einen Teil der Metalle ab. Zink in Flugaschen der MVA wird deponiert.

Die separierten Zinkschrotte können in Umschmelzwerken wieder zu neuen Zinkprodukten oder zu Messing eingeschmolzen werden.

Im gesamten System sind Händler entweder als separate Akteure oder als Teil des jeweiligen Recyclingunternehmens beteiligt (gelber Rahmen).

⁷ UNEP (2011): Recycling of Metals - A Status Report. United Nations Environmental Programme. ISBN: 978-92-807-3161-3.

Abbildung 4: Verwertungswege des Zinks



Quelle: Öko-Institut e.V.

Im Rahmen eines Dialogforums mit Praxisakteuren, insb. aus der Wirtschaft, wurden weitere Hemmnisse für ein Recycling in Deutschland vorgebracht⁸:

- Die Datengrundlage bzgl. Produktionszahlen nach Anwendungsfeldern liegt vor, kann aber aus Datenschutzgründen nicht publiziert werden.
- Die europäische Stoffpolitik (insb. REACH) schafft Unsicherheiten und Kosten (z.B. durch eine verpflichtende Ausschleusung von Cd).
- Die Sortierung von Altschrotten ist massengesteuert, d.h. manuelle Sortierung nach Einzelfractionen findet aus Kostengründen nicht statt. Verluste müssen daher in Kauf genommen werden.

⁸ Aussagen von Praxisakteuren, die im Rahmen des 1. Dialogforums zum UBA Vorhaben „Kartierung des anthropogenen Lagers III“ vorgebracht wurden.

- Recycling über das Wälzrohrverfahren (in Form von Wälzoxid) ist wichtig, jedoch sehr energieintensiv.

5 Recyclingperspektiven

Im Nichteisenmetall-BREF⁹ sind folgende Maßnahmen bzw. Technologien genannt, welche dem heutigen Stand der Technik entsprechen und für ein optimales Recycling eingesetzt werden können:

- Im Wälzprozess können der Einsatz einer Staubkammer, eines Gewebefilters, eines Adsorbens und einer RTO den Einsatz von Koks und Gas und damit auch CO₂-Emissionen verringern. Sie ermöglichen es, weitere Anteile des Stahlwerksstaubs rückzugewinnen sowie einen höheren Durchsatz und einer höhere Zinkrückgewinnungsrate zu erzielen. Der SDHL-Prozess ist derzeit die effizienteste Ausführung des Wälzprozesses.

Als neuartige Technologien, welche das Recycling noch weiter verbessern können, gelten⁹:

- Die Kreislaufrführung von Luft in Lichtbogenöfen kann den Zinkanteil im Filterstaub erhöhen, welcher dann leichter recycelbar ist.
- Ein auf die Ausbringung von Zink und Roheisen ausgelegter elektrischer Lichtbogen zur Behandlung von Wälzschlacke (i-Meltor™) kann die Ausbeute an Metall erhöhen, ist aber bisher aus ökonomischen Gründen noch nicht großtechnisch im Einsatz.
- Über ein Verfahren zur Zinkgewinnung aus Stahlwerksflugaschen über eine Lösungsmittelextraktion und eine Elektrogewinnung ist bereits berichtet worden, es ist aber noch nicht im großtechnischen Einsatz.
- Der Einsatz eines Plasmabrenners für sekundäre Zinkmaterialien wurde ebenfalls berichtet.
- Der EZINEX®-Prozess ist bereits in einer Anlage realisiert und kann aus Stahlwerksflugaschen mit höherem Zinkgehalt Zink extrahieren.

⁹ Joint Research Centre (2017): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM/JRC107041_NFM_Bref_2017.pdf (zuletzt abgerufen 25.07.2018).