

16/2015

Buchner, H.; Laner, D. (2015) „Die österreichische Aluminiumbilanz (2010) aus abfallwirtschaftlicher Perspektive“, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Vol. 67, p. 28-34. ISSN: 0945-358X, doi: 10.1007/s00506-014-0202-y

Die österreichische Aluminiumbilanz (2010) aus abfallwirtschaftlicher Perspektive

Hanno Buchner · David Laner

© Springer-Verlag Wien 2014

Zusammenfassung Basierend auf der Methode der Stoffflussanalyse (SFA) wurde für das Bilanzjahr 2010 ein statisches Modell der österreichischen Aluminiumflüsse erstellt. Dabei erfolgte eine detaillierte Betrachtung sämtlicher Stufen der Aluminiumnutzung, von Produktion und Verarbeitung über die Nutzungsphase bis hin zur Sammlung und Verwertung von Aluminium (Al). Die Modellergebnisse zeigen einen nationalen Al-Verbrauch von 185 kt/a bzw. 22 kg pro Einwohner und Jahr und eine jährliche Alschrottmenge von ca. 60 kt/a (7 kg/(EW.a)), wobei 20% aufgrund von Verlusten in der Abfallwirtschaft nicht wiedergewonnen werden. Zusätzlich zu den 60 kt/a an gesammeltem Alschrott werden national 51 kt/a an gehandeltem Neuschrott und 61 kt/a an internem Neuschrott generiert. Demgegenüber steht ein Schrottverbrauch der Sekundäraluminiumindustrie von 310 kt/a, der zu über 40% durch Schrottimporte gedeckt wird. Aus der Bilanzierung des Gesamtsystems ergibt sich schlussendlich ein Zuwachs des in Nutzung befindlichen Al-Lagers von 92 kt/a bzw. 11 kg/a pro Person.

Zusätzlich zu einer detaillierten Analyse des aktuellen Systems zeigt diese Arbeit die derzeitigen Möglichkeiten, aber auch die Grenzen – vor allem aufgrund fehlender bzw. nicht verfügbarer Daten – bei der Erstellung nationaler Stoffbilanzen auf. Generell lässt sich aus den Ergebnissen der Arbeit ableiten, dass für ein zukünftig verbessertes

Management von Sekundärrohstoffen eine integrierte Betrachtung nationaler Stoffkreisläufe ebenso von Bedeutung ist wie die Erhebung und Implementierung von Daten betreffend Materialqualitäten (z. B. Legierungen).

The Austrian aluminium budget (2010) from a waste management perspective

Abstract Based on the material flow analysis (MFA) method, a static model of Austrian aluminium flows was created for the year 2010. The model examines in detail all steps of aluminium (Al) use, from production and processing, to the use phase, collection and recycling. The results show a national Al consumption of 185 kt/yr., equivalent to 22 kg/cap.yr., and an annual old scrap volume of ca. 60 kt (7 kg/cap.yr.), 20% of which cannot be recycled due to losses in the waste management system. In addition to the 60 kt of old scrap collected, at the national level 51 kt of traded new scrap and 61 kt of internal scrap are generated each year. This is accompanied by scrap consumption of 310 kt in the secondary aluminium industry, more than 40% of which is covered by imported scrap. An assessment of the system as a whole indicates a growth of total Al in-use stock of 92 kt/yr. (11 kg/cap.yr.) for 2010.

In addition to a detailed analysis of the current system, the present work also reveals the opportunities and limitations—especially regarding data availability—for establishing national materials balances. Generally speaking, its findings show that, in order to achieve improved management of secondary raw materials in the future, an assessment of national material flows from an integrated perspective as well as the evaluation and implementation of quality data (e.g. alloys) are indispensable measures.

1. Einleitung

Aluminium (Al) ist mit einer mittleren Erdkrustenkonzentration von über 7 Massen-% das am häufigsten vorkommende Metall. Allerdings kann nur ein vergleichsweise geringer Teil dieser Vorkommen (Bauxit) als Rohstoff für die Produktion von Al herangezogen werden. In den vergangenen Jahrzehnten verdoppelte sich die globale Produktion von Al, getrieben durch einen verstärkten Einsatz im Transport- und Gebäudesektor, jedoch auch als Verpackungsmaterial, nahezu alle 15 Jahre. Wurden Anfang der 80er-Jahre noch rund 15 Millionen Tonnen an Al aus Bauxit gewonnen, erreichte die Produktion im Jahr 2013 bereits über 50 Millionen Tonnen. Vor allem im Transportbereich ergeben sich durch den verstärkten Einsatz von Al und die damit einhergehenden Gewichteinsparungen erhebliche Potenziale zur Emissionsreduktion von konventionell betriebenen Kraftfahrzeugen sowie zur Reichweitenverlängerung von Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten. Die emissionsintensive Primärproduktion (aus Bauxit) – Hauptemissionen sind Stickoxide, Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff, Tetrafluormethan, Hexafluormethan und Staub (UBA 2010) – wird vor allem im westlichen Europa zunehmend durch Sekundärproduktion ersetzt. Beim Wiedereinschmelzen von Al-Schrotten (Sekundärproduktion) verringert sich der Energiebedarf auf ca. 10% im Vergleich zur Primärproduktion. Vor allem in Hinblick auf die Erreichung von Klimazielen, jedoch auch aus einer ressourcenpolitischen Sicht zur Absicherung heimischer Industriestandorte, bestehen aktuell Bestrebungen, den Sekundäranteil an der Gesamtaluminiumproduktion weiter zu steigern (EC 2013; EU Commission 2011). Eine Betrachtung und Analyse nationaler Al-Flüsse scheint daher aus vielerlei Perspektiven interessant; zum einen, um den Al-Bedarf in Produktion, Verarbei-

DI H. Buchner (✉) · DI Dr. D. Laner
Christian Doppler Labor für Anthropogene Ressourcen, Institut für Wassergüte Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13,
1040 Wien, Österreich
E-Mail: hanno.buchner@tuwien.ac.at

DI Dr. D. Laner
E-Mail: david.laner@tuwien.ac.at

tung und Nutzung zu ermitteln, und zum anderen, um die abfallseitig entstehenden Al-Flüsse in Form von Produktions-, Neu- und Altschrotten zu erheben. Das Ziel der im gegenständlichen Artikel vorgestellten Arbeit ist es daher, eine nationale Gesamtbilanz der österreichischen Al-Flüsse darzustellen. Dazu werden für die nationale Produktion und die nachfolgenden Verarbeitungsprozesse der Rohmetallbedarf sowie die entstehenden Neuschrottmengen berechnet. Der nationale Verbrauch an Al in Fertiggütern wird in weiterer Folge unter Miteinbeziehung von Außenhandelsflüssen (Halbzeuge und Fertiggüter) ermittelt. Die im Bilanzjahr generierte Altschrottmenge ergibt sich schließlich aus der Bilanzierung der Sekundär-Al-Produktion und aus einer detaillierten Betrachtung des österreichischen Abfallwirtschaftssystems. In der Abfallwirtschaft werden dabei die in Bezug auf Al-Abfälle wichtigsten Verwertungsrouten analysiert und die zugehörigen Al-Flüsse quantifiziert. Möglichkeiten zur Steigerung nationaler Recyclingpotenziale werden ebenso betrachtet wie der Einfluss von Handelsflüssen auf den nationalen Al-Haushalt. Die in diesem Artikel aufgezeigten Aspekte der nationalen Al-Bewirtschaftung sollen letztlich das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer integrierten – über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg – Betrachtung von Materialflüssen in Hinblick auf eine optimierte Ressourcenbewirtschaftung erhöhen.

2. Methode

Im Zuge einer nationalen Stoffflussanalyse (SFA) werden sämtliche metallische Al-Flüsse innerhalb der Systemgrenze Österreich im Bilanzjahr 2010 analysiert. Dazu kommt die Methodik der SFA nach ÖNORM S 2096 (Austrian Standards Institute 2005) zum Einsatz. Bei der SFA handelt es sich um eine systematische Ermittlung von Materialflüssen und Lagern in einem zeitlich und örtlich genau beschriebenen, beliebig komplexen System (Brunner and Rechberger 2004). Unter Al-Flüssen werden in dieser Studie sowohl Flüsse an reinem Al als auch an Al-Legierungen ausgewiesen. In diesem Sinne werden Legierungselemente nicht separat, sondern in aggregierter Form berücksichtigt, ungeachtet der Tatsache, dass Material- und Recyclingeigenschaften maßgeblich von Legierungsbestandteilen beeinflusst werden. Im Rahmen einer ausgedehnten Datenrecherche werden vorhandene Daten aus verschie-

den Quellen (offizielle Produktions- und Handelsstatistiken, Verbandsdaten, Firmenberichte, institutionelle Berichte, wissenschaftliche Literatur) analysiert. Bereits bei der Sammlung der Daten zeigte sich, dass für Al bis dato keine einheitliche und konsistente Basis zur Erstellung von nationalen Stoffbilanzen vorhanden ist. Daher besteht ein besonderes Interesse darin, die gesammelten Daten auf Plausibilität und Konsistenz zu prüfen. Die Erstellung der Bilanz erfolgt letztendlich mithilfe der an der TU Wien entwickelten Software STAN (available from: <http://www.stan2web.net>) unter Nutzung der darin implementierten Routinen zur Datenausgleichsrechnung und Fehlerfortpflanzung.

Das erarbeitete Stoffflussmodell kann in fünf Hauptbereiche (wesentliche Prozesse oder Prozessgruppen) unterteilt werden: Sekundärproduktion und Handel, Halbzeug-Bearbeitung und Handel, Handel mit Fertiggütern, Nutzung und Abfallwirtschaft. Der Prozess Sekundärproduktion und Handel verbindet dabei die nationale Produktion von Sekundär-Al mit den zugehörigen Handelsflüssen an Rohmetall und Al-Schrott. Eine Differenzierung der Rohmetall-Außenhandelsflüsse nach nationaler Verwendung und Handel ist auf Basis statistischer Daten nicht möglich, woraus die gemeinsame Betrachtung von Produktion und Handel in einem Prozess resultiert. Im Bereich Halbzeug-Verarbeitung (Walzen, Strangpressen, Guss) werden die Al-Flüsse in die unterschiedlichen nationalen Verarbeitungsrouten sowie die berechneten Neuschrottmengen dargestellt. Im Prozess Halbzeug-Bearbeitung und Handel erfolgt eine Bilanzierung der national produzierten Halbzeuge mit dem Außenhandel an Halbzeugen. Für die verbleibende (national verbrauchte) Menge an Halbzeugen wird die im Zuge von Bearbeitungsprozessen anfallende Neuschrottmenge berechnet, woraus sich der Input in die nationale Nutzung ergibt. Die Menge an national bearbeiteten Al wird in einem nächsten Schritt um jene Al-Flüsse ergänzt, die aus dem Außenhandel mit Fertiggütern (Kfz, Konsumgüter etc.) resultieren. Die Ermittlung dieser Flüsse erfolgt auf Basis von 52 als relevant identifizierten SITC 3-stelligen Codes aus der Außenhandelsstatistik und der Multiplikation der Mengenflüsse mit durchschnittlichen, produktspezifischen Al-Konzentrationen. Dadurch lässt sich so der Input an Al in Form von Gütern und Waren in die nationale Nutzung ermitteln. Für den Verpackungsbereich

werden dafür die lizenzierten Al Mengen aus Verpackungen herangezogen. Die Ermittlung der Altschrottmengen erfolgt auf Basis der mengenmäßigen Bilanzierung der Sekundärproduktion, da für den nationalen Al-Schrottanfall keine aufgezeichneten Daten zur Verfügung stehen. Eine Gliederung der gesamten Altschrottmenge in unterschiedliche Verwertungs- und Recyclingrouten ist aufgrund der eingeschränkten Datenbasis nur teilweise möglich; selbst für mengenmäßig relevante Bereiche wie z. B. den Schrotthandel sind keine Daten verfügbar. Dasselbe Bild zeigt sich bei der Allokation der gesamten Altschrottmenge auf die einzelnen Nutzungssektoren. Die Berechnung der Altschrottmenge aus den einzelnen Sektoren erfolgt daher auf der Basis von Literaturangaben (Hatayama 2009) zu sektorspezifischen Aufteilungen der Al-Altschrottmenge. Al-Flüsse resultierend aus dem Export an Kraftfahrzeugen werden auf Basis von Bestand- und Neuanmeldungsstatistiken sowie den durchschnittlichen Al-Gehalten in den einzelnen Fahrzeugtypen ermittelt (Ducker 2011; Statistik Austria 2010, 2011).

3. Ergebnisse

3.1. Aluminiumbilanz Österreich

Die gesamte Sekundär-Al-Produktion beträgt im Bilanzjahr 385.000 t/a \pm 9%, mit einem Gesamtinput an Al-Schrott von 310.000 t/a \pm 36% (Abb. 1). Der Import von Rohmetall beläuft sich auf 422.000 t/a \pm 2%, die Aufteilung erfolgt auf Basis der Bilanzierung von Einzelprozessen aus Produktion und Halbzeug-Verarbeitung (Walzen, Strangpressen, Gießen). Für integrierte Schmelz- und Verarbeitungsbetriebe beträgt die interne Schrottmenge 61.000 t/a \pm 36%, für reine Verarbeitungsbetriebe rund 22.000 t/a \pm 26%. Durch die Bilanzierung der Außenhandelsflüsse an Strangpressprodukten mit nationalen Produktionsmengen ergibt sich ein Anteil von 133.500 t/a \pm 9% an importiertem Rohmetall bzw. Strangpressbolzen. Etwa 35.000 t/a \pm 3% aus nationaler Produktion und Importen werden für dissipative Al-Anwendungen (Pulver, Desox-Al) verwendet. Die Menge von 24.000 t/a \pm 5% entspricht dem nationalen Verbrauch an Al für dissipative Anwendungen abzüglich Nettoexporten an Al-Pulvern und wird aufgrund der fehlenden Rückgewinnbarkeit in weiterer Folge nicht mehr explizit betrachtet. Die nationale Produktion an Walzprodukten beträgt 150.000 t/a \pm 13%.

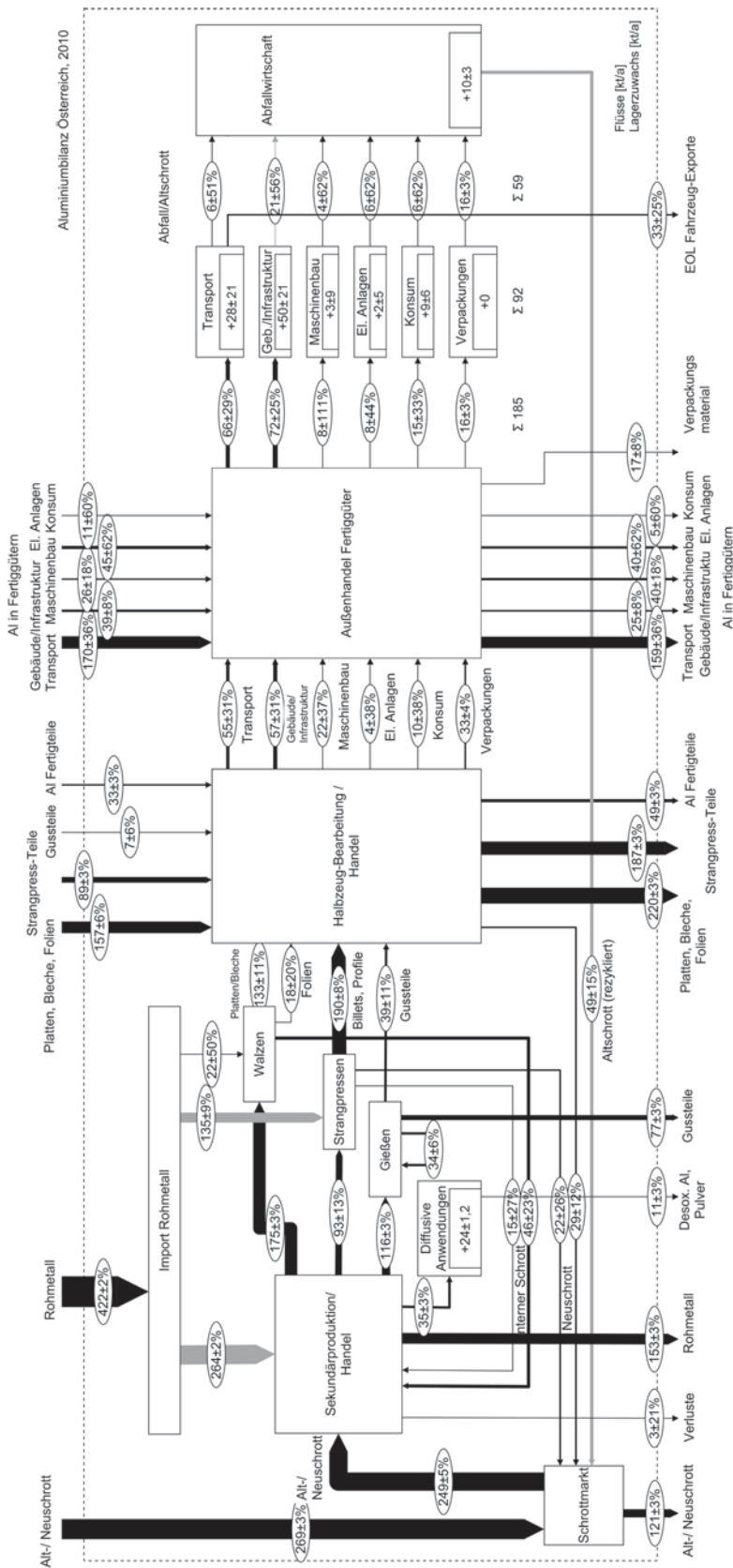


Abb. 1 Aluminiumbilanz Österreich 2010. (Buchner et al. 2014)

Zusätzlich zu den bei der Herstellung von Halbzeugen generierten internen Schrottmengen und Neuschrottmengen ergeben sich aus der Bearbeitung von Halbzeugen zu Fertigprodukten nochmals 29.000 t/a ± 12% an Neuschrotten. Unter Berücksichtigung des Außenhandels von Halbzeugen kann daraus (Differenz aus Produktion und Neuschrottmenge) auf Anwendungssektoren bezogen die Menge an national hergestellten Al-Produkten berechnet werden. In einem nächsten Schritt werden die indirekten Al-Flüsse durch den Außenhandel mit Fertigprodukten berücksichtigt, um schlussendlich den nationalen Verbrauch an Al in Form von Fertiggütern ermitteln zu können. Bei den Außenhandelsflüssen von Fertiggütern ergibt sich, mit Ausnahme des Maschinenbaus, für sämtliche Flüsse ein Nettoimport. Die größten Al-Flüsse sind dem Transportsektor zuzurechnen, obwohl der Nettoimport von 11.000 t/a ± 36% im Vergleich zum Gesamtfluss gering ausfällt. Die größten Nettoimporte ergeben sich für Güter im Gebäude- und Infrastruktursektor (14.000 t/a ± 8%), der Bereich Maschinenbau ist der einzige Sektor mit einem Nettoexport von 14.000 t/a ± 18%. Für die Bereiche Elektrischer Anlagenbau und Konsumgüter ergibt sich jeweils ein Nettoimport von 5.000 t/a ± 62% bzw. 6.000 t/a ± 60%.

Nach der Berücksichtigung des Außenhandels mit Fertiggütern kann schließlich der Verbrauch an Al in Form von Fertiggütern in der Nutzung berechnet werden. Dominante Sektoren sind dabei der Transport (66.000 t/a ± 29%) sowie der Gebäude- und Infrastruktursektor (72.000 t/a ± 25%). Zur Berechnung des Lagerzuwachses im Bilanzjahr sind speziell im Transportsektor noch die Exporte an Gebrauch- und Altfahrzeugen (33.000 t/a ± 25%) zu berücksichtigen. Aus der Differenz des Gesamtinputs in die Nutzung sowie der im Bilanzjahr angefallenen Altschrottmenge kann schließlich ein jährlicher Lagerzuwachs von 92.000 t ± 26.000 t (11 ± 3,1 kg/Person) berechnet werden.

3.2. Subsystem Abfallwirtschaft

Um das System der Abfallwirtschaft in Bezug auf die Verwertung von Al-Altschrott besser zu verstehen, wurde dieses in Detail untersucht. Die Menge von 49.000 t/a ± 15% an rezykliertem Al-Altschrott ergibt sich aus einer mengenmäßigen Bilanzierung der österreichischen Sekundär-Al-Produktion unter Berück-

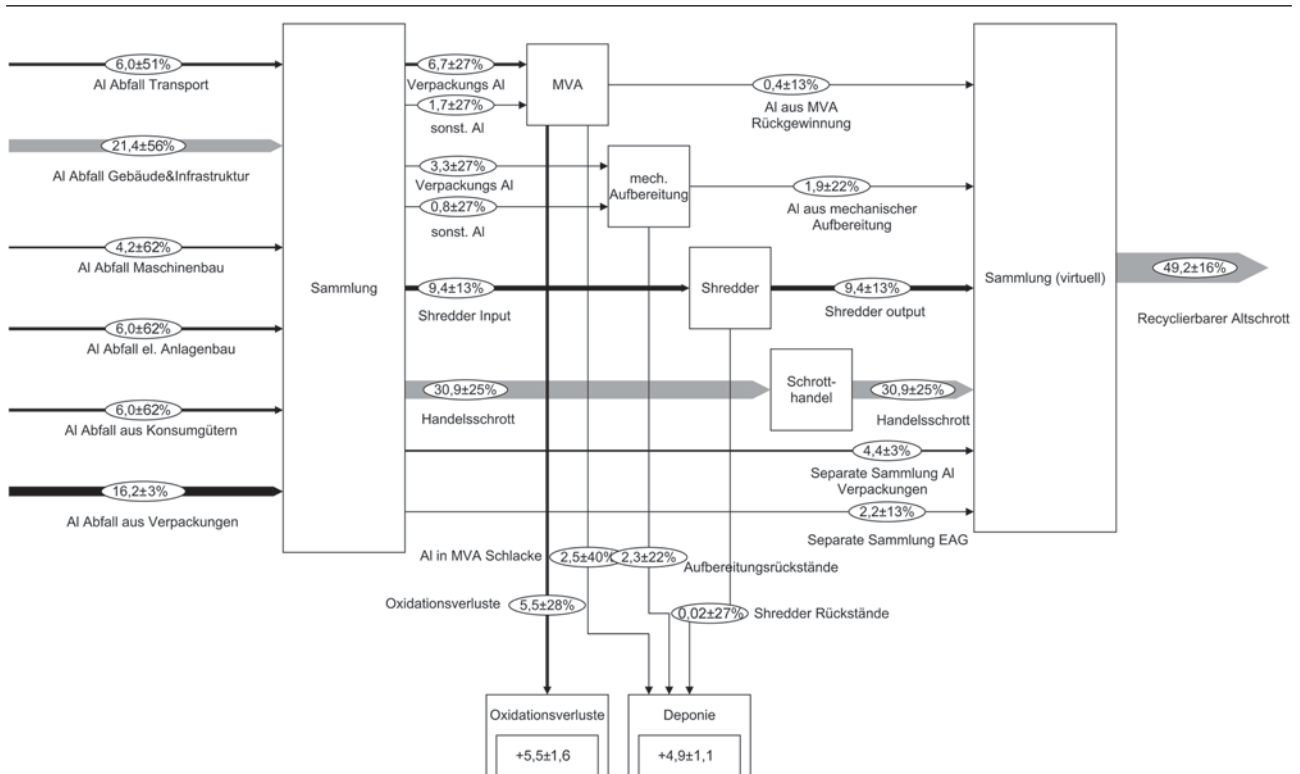


Abb. 2 Subsystem Abfallwirtschaft in kt/a. (Buchner et al. 2014)

sichtigung von internen Schrotten und Neuschrotten sowie Netto-Schrottimporten und Legierungsmetall-Inputs. Für die Behandlung und Verwertung von Al im System Abfallwirtschaft wurden 6 relevante Routen (Müllverbrennungsanlagen - MVA, mechanische Aufbereitungsanlagen, Shredder, der Schrotthandel und die separate Sammlung von Al aus Verpackungen und Elektroaltgeräten - EAG) identifiziert. Abfälle, die in mehreren Verwertungsrouten aufscheinen können (z. B. geshredderte Al-Verpackungen), wurden einer bestimmten Verwertungsrouten zugeordnet, um Doppelzählungen zu vermeiden. Die entsprechenden Behandlungsketten (im Fall von geshredderten Al-Verpackungen: getrennte Sammlung → Shredder) sind für diese Abfälle daher aus Abb. 2 nicht ersichtlich. Der Input an metallischem Al in MVA und in die mechanische Aufbereitung resultiert aus dem in Haus- und Gewerbemüll enthaltenen Al. Die Aufteilung in Al aus Verpackungen sowie sonstiges Al erfolgte auf Basis von detaillierten Restmüllanalysen (Skutan und Brunner 2006; Taverna et al. 2010). In Summe ergibt sich ein Input von 12.500 t/a, mit einem Anteil an Verpackungsmaterial, Dosen und Behältern von ca. 80%. In Summe wurden im Bilanzjahr aus thermischen und mecha-

nisch biologischen Behandlungsanlagen für Rest- und Gewerbemüll rund 2,5 kt/a Al rückgewonnen. Der Input in Shredderanlagen beträgt ca. 9.500 t/a, wobei hier ca. 70% aus gemischten Shredderinputs resultieren. Shredderinputs aus Dosen und EAG werden entsprechend der Darstellung in Abb. 2 den separaten Recyclingrouten zugeordnet. In Summe werden über separate Recyclingrouten (ohne Schrotthandel) ca. 6.500 t/a an Al gesammelt, wobei 4.400 t/a Dosenverpackungen und 2.200 t/a dem Recycling aus EAG zuzurechnen ist. Über die (zusätzlich zu den genannten Routen) gehandelten Mengen an Al-Altschrott sind keine Daten verfügbar, weshalb sich die dem Schrotthandel zurechenbare Menge von 30.900 t/a als Bilanzgröße (Differenz aus rezirkulierter Altschrottmenge und der aus Separatsammlung, EAG sowie aus Rest- und Gewerbemüll gewonnenen Al-Mengen) ergibt.

Für die Berechnung der Abfallmenge aus den einzelnen Nutzungssektoren sind derzeit (europaweit) keine Meldedaten vorhanden, obwohl dies vor allem in Hinblick auf eine qualitative Bewertung der Al-Flüsse wichtig wäre. Daher erfolgt die Berechnung auf Basis von Literaturwerten (Hatayama 2009). Der Fluss an Al-Abfällen aus dem Bausektor bildet

dabei die Bilanzgröße, d. h., diese Größe wird aus allen anderen berechnet. Entsprechend der fehlenden Datenbasis sind die sektorspezifischen Abfallflüsse mit vergleichsweise großen Unsicherheiten (50–60%) behaftet, eine Ausnahme bildet der Verpackungssektor (3%), für den gutes Datenmaterial verfügbar ist. Die größten Unsicherheiten in den einzelnen Verwertungsrouten zeigen sich bei der Verarbeitung von Restmüll (27%) sowie im Schrotthandel (25%). Al-Flüsse in separaten Recyclingrouten sowie in Shreddermaterial sind verhältnismäßig gut dokumentiert und daher mit geringeren Unsicherheiten behaftet (3% bzw. 13%).

Abb. 3 zeigt eine detaillierte Gliederung der Verluste im System Abfallwirtschaft. Die inhärent mit der Oxidation von Al-Metall im Zuge der Müllverbrennung verbundenen Verluste betragen 5.500 t/a bzw. ca. 50% der Gesamtverluste. Weitere 2.500 t/a resultieren aus nicht rezyklierten metallischen Anteilen in den Verbrennungsrückständen. In etwa gleich hoch sind auch die Verluste aus der mechanischen Aufbereitung (2.300 t/a) von Haus- und Gewerbemüll. Die Verluste von Al durch die Behandlung in Shredderanlagen sind aufgrund technologischer ausgereifter Aufbereitung der Post-Shredderfraktion mit einem An-

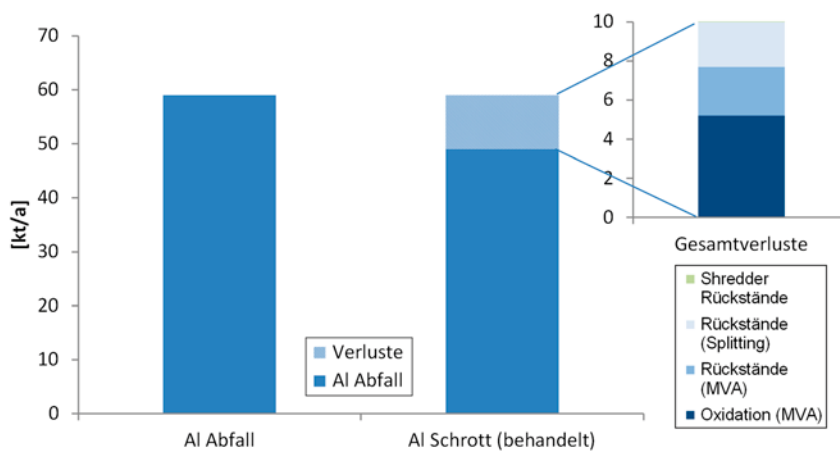


Abb. 3 Al-Verluste im Subsystem Abfallwirtschaft im Bilanzjahr 2010

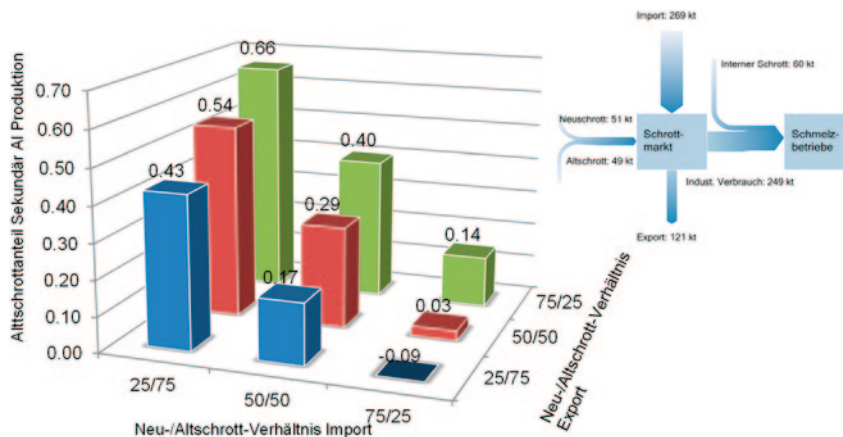


Abb. 4 Altschrottanteil [kg Altschrott/kg Sekundär-Al] in der nationalen Sekundärproduktion für variable Neu-/Altschrottanteile im Schrott-Außenhandel. (Buchner et al. 2014)

teil von ca. 0,2%, gemessen am Input, vernachlässigbar klein. Zu den Unsicherheiten, vor allem im MVA-Prozess, ist festzuhalten, dass eine Quantifizierung selbiger aufgrund eines sehr heterogenen Inputs Schwierigkeiten bereitet. Verluste durch Oxidation werden vor allem von Parametern wie Größe, Oberfläche und Verweildauer im Verbrennungsraum bestimmt. Die Ermittlung erfolgte auf Basis von technischen Angaben aus der Literatur (Grosso et al. 2011).

Aus der Betrachtung der Einzelprozesse (MVA, mech. Aufbereitung, Shredder) zeigt sich in Verbindung mit den produktionsseitig erforderlichen Mengen an Al-Schrott sehr deutlich, dass selbst zukünftige Effizienzsteigerungen bei der Behandlung von Al-Abfällen nur einen sehr kleinen Anteil zur Deckung des nationalen Bedarfs leisten werden können. Zusätzlich ist, abgesehen von quantitativen

Erwägungen in diesem Zusammenhang, auch der Qualitätsaspekt zu beachten. Verunreinigungen sowie starke Oxidationen und hohe Konzentrationen an bestimmten Legierungselementen können zu Einschränkungen in der universellen Recyclingfähigkeit von Al-Abfällen führen. Somit stellt sich die Frage, ob die gegebenenfalls zusätzlich rückgewonnene Menge an Al national eingesetzt werden kann oder exportiert werden muss. Auf Basis der derzeit vorhandenen Daten ist der Altschrottanteil im gesamten Außenhandel mit Al-Schrott nicht bestimmbar. Die endgültige Verwertung (Wiedereinschmelzen) von national gesammelten und aufbereiteten Schrotten kann somit nicht nachvollzogen werden. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Berechnung von Recyclingraten werden im nächsten Abschnitt eingehend diskutiert.

3.3. Bestimmung von Recyclingraten und Bewertung von Recyclingmaßnahmen

Derzeitige Pläne auf europäischer Ebene sehen in einer Steigerung der Ressourceneffizienz einen der Hauptansatzpunkte im Hinblick auf die ökologische Optimierung des aktuellen Wirtschaftssystems (Europäische Kommission 2011). Durch gezielte Förderprogramme in Kombination mit legislativen Maßnahmen sollen sowohl für den öffentlichen als auch privaten Sektor Anreize für ein ressourceneffizientes Wirtschaften geschaffen werden. Für Abfälle werden in diesem Zusammenhang Recyclingraten definiert, welche sowohl als Indikatoren für die Zielsetzung als auch zur Messung der Zielerreichung herangezogen werden. Die Definitionen solcher Recycling-Indikatoren sind vielfältig, sie können sowohl auf der Abfallwirtschaftsseite (Sammelraten, Verlustraten etc.) als auch produktionsseitig (z. B. Alt-/Neuschrott-Anteil in der Sekundär-Al-Produktion) gemessen werden (International Resource Panel 2011).

Im Zuge dieser Arbeit wurde für die Al-Bilanz Österreichs in Bezug auf die produktionsseitig definierten Indikatoren der Altschrottanteil in der Sekundärproduktion näher analysiert. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um das Verhältnis der eingesetzten Altschrottmenge zur gesamten Sekundär-Al-Produktion. Der für das Bilanzjahr ermittelte Gesamtschrott-Anteil der nationalen Produktion liegt bei ca. 81%. Eine Betrachtung des nationalen Schrottmarktes macht klar, dass die verhältnismäßig großen Außenhandelsflüsse hier einen signifikanten Einfluss haben (Abb. 4). In bestehenden Studien werden Zusammensetzungen von Importen und Exporten in Bezug auf Altschrott und Neuschrottanteil zumeist auf Basis von Expertenschätzungen festgelegt. Eine Analyse der Expertenschätzungen (z. B. 100% Altschrottexporte) zeigt, dass es sich bezogen auf das System Österreich in vielen Fällen um nicht plausible Anteile handelt, da unter diesen Annahmen die Netto-Schrottexportmenge die national generierte Altschrottmenge bei Weitem übersteigen würde. Auf Basis der aus der Bilanz ermittelten nationalen Schrotfflüsse und Außenhandelschrotfflüsse wurden daher Modellberechnungen für den Altschrottanteil in der Sekundärproduktion durchgeführt. Dazu wurde das Verhältnis zwischen Alt- und Neuschrott im Import sowie im Export jeweils zwischen 25% und 75% variiert. Aus der Differenz

der national generierten Altschrottmenge mit der netto exportierten Altschrottmenge ergeben sich im Verhältnis zur gesamten Schrotteinsatzmenge die in Abb. 4 dargestellten Altschrottanteile in der nationalen Sekundär-Al-Produktion.

Wie aus Abb. 4 ersichtlich, schwankt der berechnete Indikator je nach Neu-/Altschrottanteilen im Außenhandel stark in einem Wertebereich von annähernd 0%-70%. Für das obere Extrem mit einem Neuschrottanteil von 25% im Import und Neuschrottanteil von 75% im Export ergibt sich ein theoretischer Altschrottanteil von 66% in der Sekundär-Al-Produktion. Für das untere Extrem mit 75% Neuschrottanteil im Import und 25% Neuschrottanteil im Export ist der theoretische Altschrottanteil nahezu 0%, er wird aufgrund der den nationalen Schrottfall übersteigenden Altschrott-Exporte theoretisch sogar leicht negativ.

Diese Betrachtung zeigt eindrucksvoll, dass die national generierte Altschrottmenge sowie der Altschrottanteil in Exporten und Importen einen wesentlichen Einfluss auf die Ermittlung von Recycling-Indikatoren haben. Auf Basis der aktuellen Datenlage ist eine Ermittlung der Zusammensetzung dieser wichtigen Flüsse derzeit jedoch nicht möglich. Dadurch ist nicht nachvollziehbar, inwiefern die Al-Sekundärproduktion in Österreich auf Altschrotte zurückgreift, was eine Beurteilung der ökologischen Vorteile des Schrotteinsatzes über den gesamten Produktlebenszyklus erschwert. Während das Recycling von Neuschrott die Materialeffizienz in der Al-Produktion und -Verarbeitung steigert, ist es nur das Recycling von Altschrott, das die Effizienz der Al-Nutzung insgesamt verbessern kann (Reck and Graedel 2012). Dementsprechend ist es in Hinblick auf die eingangs erwähnten Bestrebungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz und der dazu nötigen Mittel (Indikatoren) zur Überprüfung von Zwischenzielen erforderlich, die Datenlage in diesem Bereich zu verbessern.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Zuge der Al-Bilanz 2010 erfolgte eine detaillierte Analyse der österreichischen Al-Flüsse. Die im Modell abgebildeten Unsicherheiten reflektieren dabei die

derzeit vorhandene Datenbasis für die Erstellung von nationalen Stoffbilanzen für Al. Die folgenden Punkte sollen die wichtigsten Erkenntnisse der bisherigen Arbeiten zusammenfassen und abschließend einen Ausblick auf die zukünftigen Forschungstätigkeiten geben.

Verluste in der Abfallwirtschaft: Die Analyse zeigt, dass die tatsächlich in der Abfallwirtschaft auftretenden Verluste verhältnismäßig gering ausfallen. Aus den 59.000 t/a Al-Abfällen und den berechneten 49.000 t/a an rezyklierbarem Al-Altschrott ergibt sich eine Gesamt-Prozesseffizienz von 83%. Aufgrund des bereits sehr gut funktionierenden Systems ergibt sich daher nur ein geringes Steigerungspotenzial für die Rückgewinnung von Al aus Abfallwirtschaftsprozessen. Der Fokus liegt dabei auf der effizienteren Aufbereitung von Behandlungsrückständen aus der Behandlung des Rest- und Gewerbemülls. Zwischenzeitliche (seit 2010) Verbesserungen bei der Rückgewinnung von Al aus MVA-Schlacken sind in der gegenständlichen Bilanz dabei allerdings noch gar nicht berücksichtigt und würden das Potenzial für Verbesserungen weiter schmälern.

Unsicherheiten im System Abfallwirtschaft: Die teilweise hohen Unsicherheiten von Flüssen im Bereich der Abfallwirtschaft resultieren größtenteils aus nicht vorhandenen bzw. nur teilweise vorhandenen Daten. Zwei Punkte sind diesbezüglich hervorzuheben:

- Die in Österreich gesammelte Gesamtmenge an Al-Schrotten ist nicht auf Basis von Meldedaten zugänglich. Die aktuelle Sammlung von Meldedaten im Elektronischen Datenmanagement (EDM) gibt hierbei aber aller Voraussicht nach bessere Möglichkeiten für zukünftige Bilanzen. Inwiefern daraus eine Differenzierung in Alt- und Neuschrotte möglich ist, kann derzeit noch nicht eingeschätzt werden.
- Eine Dokumentation über Altschrottf Flüsse aus einzelnen Anwendungen (Nutzungssektoren) ist, abgesehen vom Verpackungssektor, nicht vorhanden. Nicht nur in Hinblick auf die Berechnung der Lageränderung, sondern auch für zukünftige Bilanzen mit erweiterten Betrachtungen von Qualitätsaspekten (Legierungen) sind solche Informationen von grundlegender Bedeutung.

Recyclingraten: Eine Analyse des nationalen Systems inklusive der Außenhandelsflüsse zeigt, dass der tatsächliche Einsatz von Altschrott auf Basis der aktuellen Datenlage nicht möglich ist. In Hinblick auf eine Überprüfbarkeit von Zielvorgaben (z. B. definierte Recyclingraten, Schrotteinsatzquoten) ist daher eine Differenzierung der Handelsflüsse in Alt- und Neuschrotte notwendig.

Integrierte Betrachtung nationaler Stoffströme: Die Bilanz 2010 weist die wichtigsten Al-Flüsse auf einer volkswirtschaftlichen Ebene aus. Während der Ausarbeitung zeigte sich jedoch, dass eine einheitliche Datenbasis für die ggf. routinemäßige Erstellung solcher Bilanzen derzeit nicht vorhanden ist. Vor allem in Bezug auf die behandelten und eingesetzten Schrottmengen sind sowohl produktionsseitig als auch in der Abfallwirtschaft nahezu keine Daten verfügbar. Ein Vergleich des nationalen Bedarfs mit den national verfügbaren sekundären Rohstoffen ist daher nicht möglich. Ebenso wenig kann die Abhängigkeit von (Sekundär-)Rohstoffimporten abseits der quantitativen Ebene näher analysiert werden. Dem Ziel einer verbesserten Ressourcenpolitik und erhöhter Recyclingraten folgend, wäre es jedoch genau in diesem Punkt wesentlich, mögliche Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Zukunftsweisende Ressourcenpolitik bedarf daher einer ganzheitlichen (wertschöpfungskettenübergreifenden) Betrachtung nationaler Stoffkreisläufe unter besonderer Berücksichtigung der Interaktion mit internationalen Märkten.

Dynamische Modellierung - zukünftiger Forschungsbedarf: Statische Systeme ermöglichen einen detaillierten Einblick in den Ist-Zustand der nationalen Al-Flüsse. Zeitabhängige Fragestellungen wie die Entwicklung der Menge des in Nutzung befindlichen Al (anthropogenes Lager) und die damit einhergehende Zunahme der zukünftigen Altschrottmengen können damit jedoch nicht beantwortet werden. Daher ist es Gegenstand der aktuellen Forschungsarbeit, den aktuellen und historischen volkswirtschaftlichen Al-Verbrauch zu ermitteln und mithilfe mathematischer Modellierung die aktuell in Nutzung befindliche Menge an Al zu berechnen. Auf diese Weise können Modellprognosen über zukünftig anfallende Schrottmengen gemacht werden, wobei eine Verknüpfung dieser Flüsse mit qualitativen Aspekten (Legierungen) nicht nur aus ressourcenpolitischen, sondern auch aus wirtschaftlichen Überlegungen von besonderem Interesse ist. ■

Literatur

Austrian Standards Institute (2005): ÖNORM S2096 - Stoffflussanalyse - Teil 1 und Teil 2.

Brunner PH, Rechberger H (2004): Practical Handbook of Material Flow Analysis Florida USA: CRC Press LLC.

Buchner H, Laner D, Rechberger H, Fellner J (2014): In-Depth Analysis of Aluminium Flows in Austria as a Basis to increase Resource Efficiency. Resources, Conservation and Recycling (in press).

Ducker (2011): Aluminium penetration in Cars. Ducker worldwide.

EC (2013): Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - On the implementation of the Raw Materials Initiative. Brussels: European Commission; S. 19.

EU Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels: European Commission.

Europäische Kommission (2011): Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa.

Grosso M, Biganzoli L, Rigamonti L (2011): A quantitative estimate of potential aluminium recovery from incineration bottom ashes. Resources, Conservation and Recycling; 55:1178-84.

Hatayama Hea (2009): Assessment of the Recycling Potential of Aluminium in Japan, the United States, Europe and China. Materials Transactions; 50:7.

International Resource Panel (2011): Recycling Rates of Metals. United Nations Environment Programme.

Reck BK, Graedel TE (2012): Challenges in Metal Recycling. Science; 337:690-5.

Skutan S, Brunner PH (2006): Stoffbilanzen mechanisch-biologischer Anlagen zur Behandlung von Restmüll (SEMBA). Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.

Statistik Austria (2010): Statistik der Kraftfahrzeuge, Stand am 31.12.2009. Statistik Austria.

Statistik Austria (2011): Statistik der Kraftfahrzeuge, Stand am 31.12.2010. Statistik Austria.

Taverna R, Frühwirth W, Skutan S (2010): Produktbezogene Stoffflussanalyse bei der Wiener Restmüllanalyse. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement, TU Wien.

UBA (2010): Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich. Umweltbundesamt.