

**Volkswirtschaftliche Effekte  
durch Recycling ausgewählter  
Altstoffe und Abfälle**

**Ina Meyer, Mark Sommer, Kurt Kratena (WIFO),  
Maria Tesar, Christian Neubauer (Umweltbundesamt)**

Wissenschaftliche Assistenz: Susanne Markytan (WIFO)

## Volkswirtschaftliche Effekte durch Recycling ausgewählter Altstoffe und Abfälle

Ina Meyer, Mark Sommer, Kurt Kratena (WIFO),  
Maria Tesar, Christian Neubauer (Umweltbundesamt)

November 2016

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Umweltbundesamt GmbH

Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,  
Abteilung V/7 Betrieblicher Umweltschutz und Technologie

Begutachtung: Gerhard Streicher (WIFO) • Wissenschaftliche Assistenz: Susanne Markytan (WIFO)

### Inhalt

Anhand der Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas werden die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen (Beschäftigung und Wertschöpfung) der Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen für die Substitution von Primärrohstoffen in der Produktion und im Export geschätzt. Berechnet werden die weltweiten Einsparungen an Treibhausgasemissionen durch die Vermeidung von Primärproduktion. Die Analyse erfolgt mit dem WIFO.DYNK-Modell, das für diese Zwecke adaptiert wurde: Datensätze zu Primär- und Sekundärproduktionsprozessen wurden integriert, insbesondere zum Ressourcen- und Energieeinsatz in der Produktion, der auf Basis von physischen Materialflüssen und Preisen berechnet wurde.

Rückfragen: [Ina.Meyer@wifo.ac.at](mailto:Ina.Meyer@wifo.ac.at), [Susanne.Markytan@wifo.ac.at](mailto:Susanne.Markytan@wifo.ac.at)

2016/383-3/S/WIFO-Projektnummer: 10315

© 2016 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Umweltbundesamt GmbH

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,  
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • Fax (+43 1) 798 93 86 • <http://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 70,00 € • Kostenloser Download: <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/59158>

# Inhalt

<b>Kurzfassung</b>	<b>1</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>3</b>
<b>Teil A: VOLKSWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE DES RECYCLINGS</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>5</b>
<b>2 Ökonomische Relevanz und Materialströme ausgewählter Stoffgruppen</b>	<b>9</b>
2.1 Stoffgruppe Eisen und Stahl	9
2.2 Stoffgruppe Aluminium	12
2.3 Stoffgruppe Papier	15
2.4 Stoffgruppe Glas – Hohlglas	17
<b>3 Methodik zur Bestimmung der ökonomischen Effekte des Recyclings, Annahmen der Modellierung und Ergebnisse</b>	<b>20</b>
3.1 Das Modell	21
3.2 Die modellierten Einzeleffekte	23
3.3 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Eisen- und Stahlrecycling	25
3.4 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Aluminiumrecycling	31
3.5 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Papierrecycling	35
3.6 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Glasrecycling	39
3.7 Gesamtergebnisse	42
<b>4 Umwelteffekte der Recyclingwirtschaft</b>	<b>46</b>
4.1 Substitutionseffekte durch Recycling	46
4.2 Begleitende Belastungen in der Abfallwirtschaft	49
4.3 Emissionsminderung durch Recycling	53
4.4 Zusammenfassung der ökologischen Effekte des Recyclings	54
<b>5 Schlussfolgerungen</b>	<b>56</b>
<b>Teil B: FACT SHEETS ZU AUSGEWÄHLTEN ALTSTOFFEN: MATERIALFLÜSSE, ABFALLWIRTSCHAFT UND SEKUNDÄRROHSTOFFE</b>	<b>59</b>
<b>6 Metalle</b>	<b>59</b>
6.1 Aufkommen Altmetalle in Österreich	60
6.2 Grenzüberschreitende Verbringung von Altmetallen	62
6.3 Recycling von Altmetallen in Österreich	62
6.3.1 Anlagen zum Recycling von Altmetallen	62
6.3.2 Recycelte Mengen Altmetall	63
6.3.3 Bedeutung von Altmetallen in der Produktion	65
6.4 Verbrennung und Deponierung von Altmetallen	65
6.5 Aufbereitung von Altmetallen	65
6.6 Preise für Altmetalle	66

<b>7</b>	<b>Papier</b>	<b>69</b>
7.1	<i>Aufkommen Altpapier in Österreich</i>	70
7.2	<i>Grenzüberschreitende Verbringung von Altpapier</i>	70
7.3	<i>Recycling von Altpapier in Österreich</i>	71
7.3.1	<i>Anlagen zum Recycling von Altpapier</i>	71
7.3.2	<i>Recycelte Mengen Altpapier</i>	71
7.3.3	<i>Bedeutung von Altpapier in der Produktion</i>	72
7.4	<i>Verbrennung von Altpapier</i>	72
7.5	<i>Aufbereitung von Altpapier</i>	73
7.6	<i>Preise für Altpapier</i>	73
<b>8</b>	<b>Glas</b>	<b>75</b>
8.1	<i>Aufkommen Altglas in Österreich</i>	76
8.2	<i>Grenzüberschreitende Verbringung von Altglas</i>	76
8.3	<i>Recycling von Altglas in Österreich</i>	77
8.3.1	<i>Glasrecyclinganlagen</i>	77
8.3.2	<i>Recycelte Mengen Altglas</i>	78
8.4	<i>Stoffliche Verwertung von Altglas in Österreich</i>	79
8.5	<i>Deponierung von Altglas in Österreich</i>	79
8.6	<i>Aufbereitung von Altglas</i>	80
8.7	<i>Preise für Altglas</i>	80
<b>9</b>	<b>Anhang – Details zu Anlagen</b>	<b>82</b>
9.1	<i>Details zu Glas-Recyclinganlagen</i>	82
9.2	<i>Details zu Aufbereitungsanlagen für Altglas</i>	83
	<b>Referenzen</b>	<b>84</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Strukturerweiterung in einer Sektorproduktionsfunktion	22
Abbildung 2: Bruttowertschöpfungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014	29
Abbildung 3: Beschäftigungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014	29
Abbildung 4: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014	30
Abbildung 5: Preisindex Eisen und Stahl sowie Buntmetalle	30
Abbildung 6: Bruttowertschöpfungseffekte Aluminiumrecycling, 2014	34
Abbildung 7: Beschäftigungseffekte Aluminiumrecycling, 2014	34
Abbildung 8: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Aluminiumrecycling, 2014	35
Abbildung 9: Bruttowertschöpfungseffekte Papierrecycling, 2014	37
Abbildung 10: Beschäftigungseffekte Papierrecycling, 2014	37
Abbildung 11: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Papierrecycling, 2014	38
Abbildung 12: Bruttowertschöpfungseffekte Glasrecycling, 2014	41
Abbildung 13: Beschäftigungseffekte Glasrecycling, 2014	41
Abbildung 14: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Glasrecycling, 2014	42
Abbildung 15: Bruttowertschöpfungseffekte aller Stoffgruppen nach Einzeleffekten, 2014	43
Abbildung 16: Beschäftigungseffekte aller Stoffgruppen nach Einzeleffekten, 2014	43
Abbildung 17: Bruttowertschöpfungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014	44
Abbildung 18: Beschäftigungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014	44
Abbildung 19: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte gesamt, 2014	45
Abbildung 20: Durch Recycling eingesparte THG-Emissionen	54
Abbildung 21: Durchschnittliche Altpapierpreise für Österreich 2001-2016	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Materialströme und -werte Eisen- und Stahlschrott, 2014	11
Tabelle 2: Materialströme und -werte Aluminiumschrott, 2014	14
Tabelle 3: Materialströme und -werte Altpapier, 2014	16
Tabelle 4: Materialströme und -werte Altglas, 2014	19
Tabelle 5: Modellannahmen im Counterfactual "no-recycling"	21

Tabelle 6: Faktoreinsätze Hochofenroute und Elektrostahlerzeugung	26
Tabelle 7: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärstahlproduktion	27
Tabelle 8: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundäraluminium- produktion	32
Tabelle 9: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärpapierproduktion	36
Tabelle 10: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärglasproduktion	40
Tabelle 11: Abfallarten Altmetall - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung	59
Tabelle 12: Aufkommen Altmetalle in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe	60
Tabelle 13: Grenzüberschreitende Verbringung von Altmetallen nach/aus Österreich, 2014	62
Tabelle 14: Recycling von Altmetallen in Österreich 2014, gegliedert nach Einsatzbereich	64
Tabelle 15: Durchschnittliche Erlöse für ausgewählte Altmetalle	66
Tabelle 16: Großhandelsankaufpreise für Altmetalle Herbst 2015	67
Tabelle 17: Verkaufspreise für NE-Metallschrotte, Herbst 2015	68
Tabelle 18: Industriepreise für Edelmetalle, Herbst 2015	68
Tabelle 19: Stahlschrottpreise Deutschland Herbst 2015	69
Tabelle 20: Abfallarten Altpapier - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung	69
Tabelle 21: Aufkommen Altpapier in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe	70
Tabelle 22: Grenzüberschreitende Verbringung von Altpapier nach/aus Österreich 2014	70
Tabelle 23: Altpapiereinsatzquote	72
Tabelle 24: Verbrennung von Altpapier in Österreich 2014	73
Tabelle 25: Aufbereitung von Altpapier in Österreich 2014, gegliedert nach Art der Aufbereitungsanlagen	73
Tabelle 26: Händlerpreise Altpapier Frankreich, Herbst 2015	74
Tabelle 27: Händlerpreise Altpapier Italien, Herbst 2015	75
Tabelle 28: Abfallarten Altglas - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung	75
Tabelle 29: Aufkommen Altglas in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe	76
Tabelle 30: Grenzüberschreitende Verbringung von Altglas nach/aus Österreich 2014	77
Tabelle 31: Glasproduktion Österreich nach Produktionsbereichen	79
Tabelle 32: Aufbereitung von Altglas in Österreich 2014, gegliedert nach Abfallart und Art der Aufbereitungsanlagen	80
Tabelle 33: Verlauf der Preise für Altglas 2002-2015	81

## Kurzfassung

Die Abfallwirtschaft leistet durch das Recycling von Altstoffen und Abfällen und den nachgelagerten Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion einen Beitrag zur Steigerung der Ressourcenproduktivität, zu Energie- und Emissionseinsparungen und zur Entwicklung umweltschonender Wirtschaftsaktivitäten. Diese Beiträge sind bislang für Österreich nicht quantifiziert.

Die vorliegende Studie schließt diese Forschungslücke durch eine Abschätzung von Kennzahlen zu Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der österreichischen Recyclingwirtschaft. Anhand der ausgewählten Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Recyclingwirtschaft exemplarisch quantifiziert. Dabei werden sowohl die Auswirkungen der Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe im produzierenden Sektor, der Handel mit Sekundärrohstoffen, als auch die ökonomischen Effekte der Recyclingwirtschaft durch Sammeln, Sortieren und Aufbereiten von Abfall zu Sekundärrohstoffen berücksichtigt. Weiterführende Bewertungen in Hinblick auf umweltrelevante Nutzen und Treibhausgasemissionseinsparungen der Recyclingwirtschaft ergänzen die Analyse. Es wurde das Jahr 2014 als Analysejahr gewählt.

Für die Berechnung der ökonomischen Effekte wird das WIFO.DYNK (Dynamic New Keynesian) Modell verwendet. WIFO.DYNK ist ein dynamisches makroökonomisches Ein-Regionen und Multi-Sektor Modell. Der Kern des Modells basiert auf Aufkommens- und Verwendungstabellen, die die Verflechtungen zwischen 62 Industriebranchen abbilden. Für die vorliegende Studie wurde das Modell signifikant um Daten zu Recyclingprozessen und relevanten Technologien erweitert. Dazu gehört die Integration von Daten zu Primär- und Sekundärproduktionsprozessen, insbesondere die auf Materialflüssen basierenden (wertmäßigen) Anteile von Ressourcen- und Energieeinsatz in der Produktion.

Die Analyse zeigt, dass das Recycling der ausgewählten Stoffgruppen einen deutlichen wirtschaftlichen Beitrag geleistet hat. Die Gesamteffekte aller Stoffgruppen belaufen sich auf einen BIP-Effekt in Höhe von 0,52% oder 1,7 Mrd. €. Die Beschäftigungseffekte betragen 14.759 Beschäftigungsverhältnisse oder 0,38% der Gesamtbeschäftigung (selbständig und unselbständig Beschäftigte). Der größte wirtschaftliche Effekt ergibt sich durch das Recycling der Metalle, gefolgt von Papier. Das Recycling von Glas bewirkt einen vergleichsweise geringen wirtschaftlichen Effekt, da hier sowohl kleine Mengen als auch niedrige Preise wirken und ein Großteil der Primärrohstoffe im Inland abgebaut wird, was sich kompensierend auf die wirtschaftlichen Effekte der Recyclingaktivitäten auswirkt.

Die volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings fallen generell umso deutlicher aus, je abhängiger die Wirtschaft von Rohstoffimporten ist und je hochpreisiger die importierten Rohstoffe sind. Das zeigt sich im Bereich der Metalle als wichtigstem Impulsgeber der Recyclingwirtschaft. Hier liegen einerseits relativ hohe Preise vor und andererseits weist

Österreich bei diesen Rohstoffen (Primär- und Sekundärrohstoffe) eine Nettoimportposition auf. Die Wiederverwertung von heimisch gesammelten und aufbereiteten Metallschrotten trägt bereits deutlich zur Substitution von Primärrohstoffimporten bei und generiert über die Recyclingaktivitäten und die nachgelagerten Einkommens- und Konsumeffekte zusätzliche Beschäftigung und Wertschöpfung.

Auf Basis von Emissionsfaktoren, die die vorgelagerten indirekten Emissionen berücksichtigen, wurden die globalen Treibhausgasemissionseinsparungen für das Recycling der untersuchten Stoffgruppen und Stoffströme berechnet. Es ergeben sich für das Eisen- und Stahlrecycling (-4,5 Mio. t CO<sub>2e</sub>) und das Aluminiumrecycling (-2,7 Mio. t CO<sub>2e</sub>) die höchsten Emissionseinsparungen, gefolgt von Papierrecycling (-0,7 Mio. t CO<sub>2e</sub>). Insgesamt konnte durch das Recycling der untersuchten Stoffgruppen ein Beitrag zum globalen Klimaschutz in Höhe von 7,9 Mio. t CO<sub>2e</sub> generiert werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Recyclingwirtschaft trotz ihrer z.T. sehr langen Tradition in einigen Bereichen erst am Anfang ihrer Entwicklung steht und zukünftig eine dynamische Entwicklung aufweisen wird – wirtschaftlich wie ökologisch. Diese Entwicklung wird insbesondere durch eine zunehmende Verknappung von Primär- und Sekundärrohstoffen und eine damit verbundene Preissteigerung von Rohstoffen beeinflusst werden, die die Recyclingwirtschaft tendenziell wirtschaftlich begünstigt. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Recyclingwirtschaft durch einen stetig wachsenden Abfallstrom gespeist, der sich aus langlebigen Kapitalgütern am Ende ihrer Lebensdauer ergeben.

## **Executive Summary**

Waste management and recycling contribute to increased resource productivity, energy and emissions savings and the development of environmentally friendly economic activities through the recycling of existing substances and the subsequent use of secondary raw materials in production. So far, these contributions have not been quantified for Austria and have therefore remained vague.

The present study contributes to the closure of these research gaps by means of an assessment of key figures on the gross value added and employment of the Austrian recycling industry. On the basis of the selected substance groups of iron and steel, aluminum, paper and glass, the overall economic effects for the year 2014 are calculated using a model-based approach. In total, we account for the effects of the substitution of primary raw materials by secondary raw materials in the production sector, the economic effects of recycling, i.e. the collection, sorting and recycling of waste to secondary raw materials, and the trade in secondary raw materials. Further assessments with regard to the environmentally relevant benefits and emissions savings of recycling are accomplished.

With regard to method, the WIFO.DYNK (Dynamic New Keynesian) model is used for the analysis. WIFO.DYNK is a dynamic macroeconomic, one-region and multi-sector model. The core of the model is based on supply and use tables that depict the inter-linkages of 62 industrial sectors. The model was significantly extended with data on recycling processes and relevant technologies. This includes the integration of data on primary and secondary production processes, in particular the shares (by value) of resource and energy inputs in production that are based on material flow and price data.

The analysis shows that the recycling of the selected substance groups has made a clearly economic contribution. The overall effects of all groups of substances amount to 0.52 percent of GDP or 1.7 billion €. The labour market effects account for 14,759 employments or 0.38 percent of the total labour force (self-employed and non-self-employed). The biggest economic effect results from the recycling of metals, followed by paper. The recycling of glass has a comparatively low economic impact, since both small volumes and low prices are involved and a large portion of primary raw materials is mined domestically, which has a compensating effect on the economic benefits of recycling.

The economic effects of recycling are all the more pronounced the more an economy is dependent on raw material imports and the higher the price of imported raw materials is. This is best reflected in the area of metals as the main economic driving force in the recycling industry. Here, relatively high prices prevail and Austria has a net import position for these raw materials. The recycling of locally collected and processed scrap metals already contributes significantly to the substitution of primary raw material imports, creating additional employment and added value through recycling activities and downstream income effects, also in the production sector.

The relevant greenhouse gas emissions savings for the recycling of the investigated substance groups and material flows were calculated on the basis of emissions factors that take indirect emissions into account. The highest emissions savings are achieved for metal recycling, i.e. for iron and steel recycling (4.5 million t CO<sub>2e</sub>) and aluminum recycling (2.7 million t CO<sub>2e</sub>), followed by paper recycling (0.7 million t CO<sub>2e</sub>). In total, the recycling of the substances under investigation enabled a contribution to global mitigation of 7.9 million t CO<sub>2e</sub>.

It can be expected that the recycling industry, which is only at the beginning of its development in some areas despite its relatively long tradition, will have great potential for development in the future both economically and ecologically. The potential will stem from an increasing scarcity of primary and secondary raw materials and associated price surge in raw materials that tend to economically favour the recycling economy, as well as from a steadily growing stream of waste that will feed on long-lived capital stocks.

# **Teil A: VOLKSWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE DES RECYCLINGS**

## **1 Einleitung und Zielsetzung**

Die Abfallwirtschaft leistet durch das Recycling von Altstoffen und Abfällen und den nachgelagerten Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion einen Beitrag zur Steigerung der Ressourcenproduktivität, zu Energie- und Emissionseinsparungen und zur Entwicklung umweltschonender Wirtschaftsaktivitäten. Diese Beiträge sind für Österreich bislang nicht quantifiziert.

In der EU 28 stieg zwischen 2000 und 2015 die Ressourcenproduktivität um 35% (Eurostat, 2016), welchen Anteil die Recyclingwirtschaft daran trägt ist jedoch nicht bekannt. Auch die Beiträge der Recyclingwirtschaft zu Wirtschaftswachstum und Beschäftigung sind nicht quantifiziert und stellen daher keine etablierten statistischen Kenngrößen dar. Die österreichische Recyclingwirtschaft ist zwar Bestandteil der Statistik der Umweltorientierten Produktion und Dienstleistung<sup>1)</sup>, der Beitrag der Recyclingsparte zu Beschäftigung und Wertschöpfung wird allerdings nicht gesondert ausgewiesen. Dies gilt auch für die Umsätze und die Beschäftigung in der Produktion von Maschinen und Anlagen, die im Recyclingprozess Verwendung finden.<sup>2</sup> Die Verwertung von Abfall und der Einsatz von Sekundärrohstoffen im Wirtschaftskreislauf haben daher als Indikator noch keinen Eingang in das Monitoring der österreichischen Strategie für Nachhaltigkeit (BMLFUW, 2015a) gefunden, obwohl dem Recycling als Sekundärrohstoffquelle in innovationsorientierten Rohstoffdiskursen eine wichtige Bedeutung beigemessen wird (SRU, 2016).

Die vorliegende Studie leistet durch eine Abschätzung von ökonomischen Kenngrößen zur österreichischen Recyclingwirtschaft einen Beitrag, diese Forschungslücke zu schließen. Anhand von ausgewählten Stoffgruppen werden die Materialströme von Sekundärrohstoffen und die daraus ableitbaren gesamtwirtschaftlichen und energetischen Effekte der österreichischen Recyclingwirtschaft beispielhaft für das Jahr 2014 quantifiziert. Dabei werden sowohl die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe im produzierenden Sektor, die ökonomischen Effekte des Recyclings, d.h. des Sammelns, Sortierens und Aufbereitens von Abfall zu Sekundärrohstoffen, und der Handel mit Sekundärrohstoffen in der Modellanalyse berücksichtigt. Für die Berechnung der ökonomischen Effekte (Beschäftigung und Wertschöpfung) wird das WIFO.DYNK Modell verwendet. WIFO.DYNK ist ein dynamisches makroökonomisches Multi-Sektor Modell, das u.a. die Verflechtung zwischen 62 Industriebranchen abbildet. Für die vorliegende Studie wird das Modell signifikant um Daten zu Recyclingprozessen und relevanten Technologien erweitert.

---

1) EGSS – "Environmental Goods and Service Sector", Statistik Austria.

2) Eine Sonderauswertung der Statistik Austria ergab für das Jahr 2014 einen Umsatz in Höhe von 288,3 Mio. € und eine Beschäftigung in Höhe von 1,844 Beschäftigten in der Produktion von Maschinen und Anlagen, die in Recyclingprozessen Verwendung finden.

Dazu gehört die Integration von Daten zu Primär- und Sekundärproduktionsprozessen, insbesondere die auf Materialflüssen basierenden (wertmäßigen) Anteile von Ressourcen- und Energieeinsatz in der Produktion. Weiterführende Bewertungen der österreichischen Recyclingwirtschaft ergänzen die Analyse in Hinblick auf umweltrelevante Nutzen, die sich aus dem vermiedenen Einsatz von Primärrohstoffen in der Produktion und der Vermeidung von Abfalldeponierung und -verbrennung ergeben. Anhand von Emissionsfaktoren, die die vorgelagerten indirekten Emissionen berücksichtigen, wird der Beitrag der Recyclingwirtschaft zur globalen Treibhausgasemissionseinsparung und zum Klimaschutz berechnet.

Die vorliegende Untersuchung steht eng in Zusammenhang mit dem Konzept der Kreislaufwirtschaft ("circular economy"), das jüngst im Aktionsplan der EU konkrete Gestalt angenommen hat (Europäische Kommission, 2015) und in zahlreichen europäischen Strategien und Programmen als Handlungspriorität analysiert wird (EEA, 2015; Ellen Macarthur Foundation, 2013a; Europäische Kommission, 2011). Hier werden neben einer nachhaltigen, CO<sub>2</sub>-armen und ressourceneffizienten Wirtschaftsweise zusätzlich Aspekte der Ressourcensicherung und der Minimierung von Produktionsrisiken, die durch volatile Rohstoffpreise entstehen können, als Vorzüge einer Kreislaufwirtschaft angeführt. So kann die Nachfrage nach Primärrohstoffen der europäischen Industrie gesenkt werden, wenn Materialien in hochwertigen Produkten erhalten oder Abfall als hochwertiger Sekundärrohstoff in die Wirtschaft zurückgeführt werden. Die Abhängigkeit von Importen wird auf diese Weise reduziert und die Wertschöpfungsketten in vielen industriellen Sektoren weniger anfällig für Preisschwankungen auf den internationalen Rohstoffmärkten (Wilts, 2016). Eine Verbesserung der Kreisläufe in der Herstellung von Gebrauchsgütern kann beträchtliche Materialkosteneinsparungen und wirtschaftliche Vorteile in der Produktion mit sich bringen (Ellen Macarthur Foundation, 2013a). Über innovative Ansätze in der Entwicklung von Technologien und Geschäftsmodellen kann aus einem verringerten Ressourceneinsatz ein wirtschaftlicher Mehrwert geschaffen und die europäische Wirtschaft gegenüber externen Schocks resilienter werden. Die Europäische Kommission strebt aus dieser Sicht eine umfassende Kreislaufführung aller Ressourcen mit besonderem Fokus auf Metalle, Kunststoffe und mineralische Rohstoffe an.

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft hat die Minimierung des Ressourceneinsatzes zum Ziel. Ressourceneinsatz betrifft dabei sowohl die Verwendung der Umwelt als Senke für Abfallstoffe der industriellen Produktion und des Konsums als auch den Einsatz von Primärrohstoffen bei der Produktion von Gütern und Dienstleistungen (Pearce – Turner, 1990). Die Grundidee der Kreislaufwirtschaft geht davon aus, dass in einer Welt mit endlichen Ressourcen und planetaren Grenzen (Steffen et al., 2015) allein Produktionsverfahren, die in einem stofflichen Kreislauf geführt werden, als zukunftsfähig betrachtet werden können. Ohne eine stoffliche Kreislaufführung verbrauchen sich die genutzten nichterneuerbaren Ressourcen in absehbarer Zeit und die zur Verfügung stehenden Senken für Abfall erschöpfen sich. Eine wichtige Rolle spielen in der Kreislaufwirtschaft daher das Recycling von Abfallprodukten und

die Wiederverwendung von Sekundärrohstoffen ebenso wie die kaskadische Nutzung von Materialien mit dem Ziel, Abfälle und Emissionen zu vermeiden bzw. stark zu reduzieren.<sup>3)</sup>

Die Art und Weise, in der Abfälle gesammelt und bewirtschaftet werden beeinflusst die Recyclingquoten und damit die Quantität und Qualität von Materialflüssen, welche zurück in den Wirtschaftskreislauf geführt werden. Die EU schreibt eine Rangfolge der Bewirtschaftung von Abfällen in Form einer Abfallhierarchie vor, die die Minimierung von Umweltauswirkungen zum Ziel hat (Richtlinie 2008/98/EG):

- Vermeidung
- Vorbereitung zur Wiederverwendung
- Recycling
- energetische Verwertung
- Beseitigung durch Ablagerung und Deponierung.

Dieses Prinzip der Abfallbewirtschaftung gilt prinzipiell für jede Art von Abfall, unabhängig ob er von Haushalten, der Wirtschaft, oder der Industrie stammt oder im Bergbau oder Bausektor anfällt. Die derzeitige häufig anzutreffende Fokussierung auf Siedlungsabfälle ist daher als ein erster Schritt hin zu einer vollständigen Kreislaufführung von Rohstoffen zu betrachten. Im anthropogenen Rohstofflager, das in langlebigen Kapitalstöcken wie Bauwerken, Infrastrukturen und Produkten enthalten ist, die heute genutzt und erst in einigen Jahren und Jahrzehnten als Abfall anfallen werden, wird künftig ein wachsendes Potential an Sekundärrohstoffquellen zur Verfügung stehen und der Abfall- und Recyclingwirtschaft ein dynamisches Umfeld bereiten.<sup>4</sup>

Die Forcierung der Abfall- und Recyclingwirtschaft als Teil einer Kreislaufwirtschaft ist nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund weltweiter Beschlüsse zum Umwelt- und Ressourcenschutz wie z.B. das Klimaschutzabkommen von Paris zu betrachten, das den weltweiten Temperaturanstieg gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung auf deutlich unter zwei 2° Celsius begrenzen will.<sup>5)</sup> Die Rangfolge in der Abfallhierarchie hinaufzusteigen – von der Deponie zum Recycling – kann eine signifikante Reduzierung von Treibhausgasemissionen nach sich ziehen. Nach Bijleveld et al. (2016) bewirken die aktuellen Recyclingaktivitäten in der EU eine Reduktion von Treibhausgasen in Höhe von ca. 5%. Den Haushaltsabfällen wird demnach insgesamt ein Potential zur Senkung der Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 9% beigemessen. Eine umfassende Forcierung der

---

<sup>3)</sup> Darüber hinaus kommt der Produktgestaltung in der zweiten Generation der Kreislaufwirtschaft, insbesondere die Möglichkeit der Reparierbarkeit, Nachrüstbarkeit und die Langlebigkeit von Produkten eine wesentliche Bedeutung zu. Innovationssprünge sind zukünftig in erster Linie auch bei Planung und Herstellung von Produkten und damit im Bereich der Produktpolitik zu erwarten. Das Recycling erfasst demgegenüber die Wertschöpfungsstufen in der Rückführungsphase und betrifft damit die Abfallwirtschaft.

<sup>4)</sup> In Wien sind beispielsweise ca. 5 Tonnen Metall pro Kopf in gesellschaftlichen Beständen enthalten (BMLFUW, 2015c).

<sup>5)</sup> <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (abgerufen am 28. Juni 2016)

Kreislaufwirtschaft in der Europäischen Union einschließlich Produktpolitik, könnte die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um ca. 48% und bis 2050 um ca. 60% reduzieren, denn der Materialverbrauch in Produktion und Konsum ist für einen großen Teil des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks industrialisierter Volkswirtschaften verantwortlich (Ellen MacArthur Foundation, 2013b). Laut einer Folgenabschätzung in Zusammenhang mit den europäischen Abfallzielen (Europäische Kommission, 2014) könnte eine vollständige Schließung von Mülldeponien zusammen mit erhöhten Recyclingquoten eine zusätzliche jährliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen in der EU um ca. 440 Mio. Tonnen zwischen 2014 und 2030 bewirken. Kreislaufwirtschaft und Recycling sind nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der "Millennium Development Goals", insbesondere dem Ziel 12 "Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen", als strategische wirtschaftspolitische Maßnahme zu betrachten (UN, 2015).

Der Aufbau der Studie ist wie folgt. In Kapitel 2 werden die untersuchten Stoffgruppen, ihre Materialflüsse und wirtschaftliche Bedeutung überblicksartig dargestellt. In Kapitel 3 finden sich die Modellbeschreibung, die Annahmen der Modellierung sowie die Ergebnisse der ökonomischen Analyse zu den Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekten des Recyclings. In Kapitel 4 werden die umweltrelevanten Effekte, insbesondere die Emissionseinsparungen sowie die Auswirkungen im Bereich der Deponierung und Verbrennung dargestellt. Kapitel 5 zieht Schlussfolgerungen und wirft Perspektiven für die Zukunft der Recyclingwirtschaft in Österreich auf. Teil B (Kapitel 6 – 9) enthält Fact Sheets der betrachteten Stoffgruppen, die die für die Modellierung verwendeten Materialströme in Österreich detailliert beschreiben.

## **2 Ökonomische Relevanz und Materialströme ausgewählter Stoffgruppen**

In dieser Studie werden repräsentativ für die österreichische Recyclingwirtschaft die Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas untersucht. Die betrachteten Stoffgruppen gehören zu den Grundstoffen des verarbeitenden Gewerbes und den entsprechenden industriellen Wertschöpfungsketten. Die jeweiligen Produktionsprozesse auf der Basis von Primärrohstoffen zeichnen sich allesamt durch eine hohe Energieintensität aus. Im folgenden Kapitel werden die ökonomische Relevanz der einzelnen Stoffgruppen und die für die Analyse maßgebenden Materialflüsse dargestellt.

### **2.1 Stoffgruppe Eisen und Stahl**

Stahl ist eines der zentralen Materialien moderner Industriegesellschaften und wird im Bereich des Infrastrukturaufbaus von Gebäuden, Schienen, Stromnetzen, Rohrleitungen etc. sowie für technologische Entwicklungen im Bereich des Verkehrs (Autos, Züge, Flugzeuge) und der Energieerzeugung (erneuerbare Energietechnologien) verwendet. Bisher hat Stahl auch gegenüber anderen Rohstoffen wie Aluminium nicht an Bedeutung verloren. Mittlerweile gibt es ca. 2.500 Stahlsorten, die z.T. für spezielle Anwendungen entwickelt wurden. Mit innovativen Produkten versuchen sich europäische Stahlerzeuger von günstigen Massenprodukten der weltweiten Konkurrenz abzugrenzen. Zukünftige Hauptanwendungsgebiete für innovative Produkte finden sich sowohl in den konventionellen Bereichen als auch in zukunftsorientierten Bereichen der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien. Hier spielen Eigenschaften wie Höchstfestigkeit bei niedrigem Gewicht z.B. in der Automobilindustrie eine zentrale Rolle. Zusätzlich gewinnen der Energieeinsatz und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlerzeugung weltweit eine immer größere Aufmerksamkeit, da sie zu einer der größten industriellen Emittenten von CO<sub>2</sub> gehört. Im europäischen Emissionshandelssystem (ETS) wurden erstmals Benchmarks für CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den energieintensiven Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie festgeschrieben (Pardo et al., 2012).

Eisenerz ist der wichtigste Rohstoff in der Eisen- und Stahlindustrie. Es wird im Tagebau abgebaut und per Seeweg und Schiene zu Eisen- und Stahlwerken in verschiedenen Teilen der Welt transportiert. In der Eisen- und Stahlindustrie findet eine begrenzte Anzahl von gängigen Verfahren für die Herstellung von Stahl Anwendung: Grundsätzlich wird zwischen der integrierten Hochofenroute und dem Elektrostahlverfahren unterschieden. Bei der Primärerzeugung von Stahl in der integrierten Hochofenroute werden u.a. die Rohstoffe Eisenerz und Koks im Hochofen (Blast Furnace) in der Schmelze zunächst zu Roheisen verarbeitet. Um aus dem Roheisen Rohstahl zu gewinnen, muss der Kohlenstoffanteil des Roheisens reduziert werden. Dies geschieht im Konverter mittels Einbringung von Sauerstoff, der den Kohlenstoff zu CO<sub>2</sub> bindet (BOF – Basic Oxygen Furnace). Der Großteil des Energieverbrauchs (ca. 80%) findet bis zur Erzeugung von (flüssigem) Rohstahl statt. Für Gießereien und Formgebung des Rohstahls werden die verbleibenden 20% Energie benötigt (Gerspacher et al., 2011). Mit der zunehmenden Elektrifizierung der Industrie und der

Verfügbarkeit des Sekundärrohstoffs Stahlschrott hielt ein weiteres Verfahren zur Stahlherstellung in der Industrie Einzug - der Elektrische Lichtbogenofen (EAF- Electric Arc Furnace). In der Sekundärroute bzw. Elektrostahlroute wird Schrott unter Einwirkung von elektrischem Strom geschmolzen.<sup>4)</sup> Die Lichtbogenöfen sind insbesondere im Bereich der Edelstahlherstellung von hoher Bedeutung (Hiebel – Nühlen, 2016). In 2014 betrug der Anteil der integrierten Hochofenroute bei der Eisen- und Stahlerzeugung in Österreich 91,2%, der Anteil der Elektrostahlwerke lag bei 8,8% bei einer gesamten Jahresproduktion in Höhe von 7,9 Mio. Tonnen (World Steel Association, 2015).

Die nach dem Einbruch infolge der Wirtschafts- und Finanzmarktkrise 2008/2009 weltweit wieder anziehende Produktion und Nachfrage von Stahl wird vor allem durch die Schwellenländer, allen voran die VR China, Brasilien und Indien getrieben. In den Industrieländern befindet sich die Roheisenproduktion auf einem Sättigungsniveau und es wird im Allgemeinen kein weiteres starkes Wachstum in der Stahlbranche erwartet (Gerspacher et al., 2011). Seit 2015 ist die weltweite Rohstahlerzeugung aufgrund der verhaltenen weltwirtschaftlichen Konjunktur rückläufig. Die schwache Nachfrage nach Stahl und die insgesamt sehr geringe Auslastung der Kapazitäten, die durch den Ausbau der Produktionskapazitäten in den Entwicklungs- und Schwellenländern forciert wurde, üben weiterhin einen spürbaren Druck auf die Stahlpreise aus (RWI, 2016). Ausgehend von einem niedrigen Preisniveau sanken die Stahlpreise im Verlauf des Jahres 2015 begünstigt durch sinkende Rohstoff- und Energiepreise nochmals. Im Frühjahr 2016 zogen die Preise dann aufgrund einer lebhafteren Nachfrage sowie steigenden Preisen für Eisenerz und Kohle wieder an (RWI, 2016).

In Österreich sind ca. 15.000 Mitarbeiter in der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegerungen beschäftigt (2014). Zwischen 2008 und 2014 kam es zu einer geringfügigen Abnahme der Beschäftigung um 0,5%. Die Bruttowertschöpfung belief sich auf ca. 1,6 Mrd. € (ÖNACE 24.10: Statistik Austria, Leistungs- und Strukturhebung, 2014).

Die europäische, und damit auch die österreichische Stahlindustrie, ist in Märkten tätig, in denen zunehmend maßgeschneiderte Produkte mit hoher Qualität für Endkunden nachgefragt werden. Produktinnovationen im Bereich zukunftsweisender Technologien sowie technische Entwicklungen sind nach Meinung von Experten die Eckpfeiler, mit denen die europäische Stahlindustrie international konkurrenzfähig bleiben und eine hohe Wertschöpfung generieren kann. Dabei spielt die Zusammenarbeit der Stahlproduzenten mit den Endkunden in der stahlverarbeitenden Industrie eine zentrale Rolle. Die Schwächen der Stahlindustrie sind meist strukturbedingt. Die Abhängigkeit von Rohstoffimporten (Eisenerz, Schrott) hat sich in den Jahren vor der Krise durch steigende Preise und mindere Qualität deutlich negativ ausgewirkt. Die Stahlrecyclingwirtschaft mit ihren zahlreichen Unternehmen verbreitert nicht nur die Rohstoffbasis der Stahlwirtschaft, sondern reduziert damit auch die

---

<sup>4)</sup> Ein weiteres weltweit etabliertes Verfahren der Stahlproduktion ist die sogenannte Direktreduktion, die jedoch einen geringen Anteil an der weltweiten Stahlproduktion hat.

Gefahr von Oligopolen auf der Anbieterseite (Hiebel – Nühlen, 2016). Bei steigenden Energie- und Rohstoffpreisen bieten sich zukünftig Geschäftsmodelle an, die Rohstofflieferanten und Energieversorgung mit der Rohstahlerzeugung integrieren, etwa Kooperationen mit Schrottzulieferern sowie branchenübergreifende Energieverbände, bei denen Nebenprodukte eines Unternehmens als Ausgangsstoff für ein anderes Unternehmen dienen. Experten zufolge wird weltweit die Bedeutung von Recyclingverfahren in der Stahlherstellung zunehmen (Gerspacher et al., 2011; Allwood, 2016). Aufgrund der in der Infrastruktur akkumulierten Stahlmenge gewinnen in den Industrieländern Recycling-Verfahren in der Stahlindustrie in Zukunft an Bedeutung. Ein gewisser Anteil an Roheisenerzeugung ist für die Produktion von bestimmten Stahlqualitäten bisher allerdings noch unerlässlich (Gerspacher et al., 2011).

Das Primärabfallaufkommen an Eisen- und Stahlabfällen in Österreich setzt sich im Wesentlichen aus verunreinigten Eisen- und Stahlabfällen (Abfall-Schlüsselnummer SN 35103), Eisenmetalleballagen und -behältnissen (SN 35105) und Eisenmetalleballagen und -behältnisse mit gefährlichen Restinhalten (SN 35106) zusammen (siehe Teil B Fact Sheets, Kapitel 6). In Tabelle 1 sind die Materialströme und -werte für Eisen- und Stahlschrott aufgeführt, die im folgenden bei der Modellierung der volkswirtschaftlichen Effekte Verwendung finden.

Tabelle 1: Materialströme und -werte Eisen- und Stahlschrott, 2014

		€/Tonne
Preis Eisen und Stahlschrott		246,90
	Tonnen	Mio. €
Aufkommen Inland	2.320.986	573,05
Exporte	1.014.819	250,56
Importe	1.200.149	296,32
Nettoimporte	185.330	45,76
Gesamtaufkommen	2.506.316	618,81
Einsatz Sekundärrohstoff in Produktion	2.534.763	625,83
Differenz/Lager	-28.447	
		Anteile
Produktion von Rohstahl	7.876.000	
Verhältnis Sekundärrohstoff an der Produktion		32,2%
Produktion Hochofenroute	7.185.000	91,2%
Produktion Elektrostahlwerke	693.088	8,8%

Q: UBA, 2016a; World Steel Association, 2015; WIFO Berechnungen.

Gemeinsam mit Eisen- und Stahlabfällen, welche bei diversen Abfallbehandlungsverfahren durch Sortier- und Aufbereitungsschritte entstehen, kann das gesamte Abfallaufkommen an Eisen- und Stahlabfällen im Jahr 2014 mit mindestens 2,32 Mio. Tonnen angegeben werden (UBA, 2016a). Darüber hinaus sind Eisen- und Stahlabfälle auch in Stanz- und Zerspanungsabfällen enthalten, wobei die Höhe des Anteils nicht bekannt ist. Es ist davon auszugehen, dass ein beträchtliches zusätzliches Aufkommen an Eisen- und Stahlabfällen anfällt, ohne jemals als Abfall deklariert zu werden, die intra-industriell gehandelt werden (Milford et al., 2011). Dieser Anteil an Sekundärrohstoffen ist nicht Bestandteil der Abfallstatistik. Im Jahr 2014 wurden mehr Eisen- und Stahlabfälle der genannten Abfall-Schlüsselnummern importiert als exportiert (netto Importe: 185.000 Tonnen) und ca. 2,54 Mio. Tonnen Altmetalle in der Eisen- und Stahlerzeugung eingesetzt. Es wurden insgesamt 7.876.000 t Rohstahl erzeugt, das waren ca. 1% weniger als im Vorjahr und 3,7% mehr als im Jahr 2008. Die Eisen- und Stahlerzeugung erfolgte zu 91% in der Hochofenroute und zu 8,8% im Elektrostahlverfahren (World Steel Association, 2015). Das Verhältnis des Sekundärrohstoffs an der Produktion von Rohstahl lag somit im Durchschnitt bei ca. 32%.

Eine Verbrennung und Deponierung von Eisen- und Stahlabfällen findet nur in Form von Restmetallgehalten diverser Abfälle und Reststoffe, z.B. Schlacken statt (siehe Kapitel 4).

## **2.2 Stoffgruppe Aluminium**

Die Verwendung von Aluminium für industrielle Zwecke hat verglichen mit anderen Metallen relativ spät begonnen. Die Aluminiumverhüttung begann erst vor etwas über einem Jahrhundert (Aiginger et al., 1986). Aluminium ist aufgrund seiner Eigenschaften ein Material mit einer großen Anwendungsbreite in der Transport-, Bau- und Verpackungsindustrie, dem Stromsektor, in allen elektrischen Hochspannungsverteilernetzen, Haushaltsgeräten, in der mechanischen Industrie und in der Landwirtschaft. Aluminium gehört – wie etwa Kupfer, Nickel und Zink – zur Gruppe der Nichteisenmetalle. Die besondere Bedeutung von Nichteisenmetallen für die hochspezialisierte österreichische und europäische Wirtschaft wird sich in Zukunft durch ein wachsendes Segment von Zukunftstechnologien, etwa im Bereich der erneuerbaren Energien und der Elektromobilität, sowie durch eine Nachfrageausweitung im Automobilbau, der Luftfahrtindustrie, der Bauwirtschaft sowie der Verpackungsindustrie nach Experteneinschätzung noch steigern (UBA, 2013, UBA, 2010).

Aluminium wird seit Beginn der kommerziellen Verwendung zu Beginn des 20. Jahrhunderts aufgrund der Hochwertigkeit des Materials recycelt. Es entstand eine große Anzahl von Umschmelzwerken (Remelters und Refiners) für die Umwandlung von Neu- und Altaluminiumschrotten in neue Aluminiumbarren und Masterlegierungen. Es wird zwischen Neuschrotten, sauberen Produktionsabfällen aus Primärhütten, Gießereien oder Formgebungsanlagen wie Walzen und Pressen, und Altschrotten wie getrennt gesammelten Schrotten und mechanisch aufbereiteten Schrotten aus Mischmaterialien unterschieden. Die Recyclingrate der industriellen Prozessschrotte (Neuschrotte), die nicht als Abfall deklariert werden, liegt bei nahezu 100%. Der Hauptteil der Altschrotte stammt in Europa aus dem

Maschinenbau, der elektronischen Industrie, der Automobil- und Verpackungsindustrie (UBA, 2010). Es wird geschätzt, dass 75% des jemals produzierten Aluminiums noch heute in Gebrauch ist (European Aluminium Association, 2015). Der Wohnbausektor z.B. hat aufgrund seiner langen Lebensdauer bisher wenig zur Bereitstellung von Aluminiumschrott beigetragen. Der weltweite Bestand von Aluminium in den verschiedensten Aluminiumanwendungen wird auf ca. 540 Mio. Tonnen Aluminium (2007) geschätzt und dieser Bestand wächst kontinuierlich (Joint Research Center, 2007). Daraus leitet sich für die Zukunft ein hohes Aufkommen an recycelbaren Altschrotten für die Aluminiumindustrie ab.

Der hohe Marktpreis von Aluminium macht ein Wiedereinschmelzen von Aluminiumschrott ökonomisch attraktiv, so dass das Recyceln von Aluminium von je her aus wirtschaftlichen Kalkülen und unabhängig von legislativen oder politischen Initiativen erfolgte. Mit der heutigen Technologie können Aluminium und Aluminiumlegierungen ohne Qualitätsverlust wieder eingeschmolzen und wiederverwendet werden. Bei Legierungen ist ein vergleichsweise hoher Reinigungsaufwand für das Recycling zum reinen Metall erforderlich. Eine sortenreine Sortierung der Altschrotte ist daher von hoher Bedeutung.

Die Aluminiumindustrie als Teil der Nichteisenmetallbranche zählt zu den energie- und rohstoffintensivsten Branchen weltweit. Die Produktion aus Erzen und Konzentraten verursacht bedeutende negative Umweltauswirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ein Großteil des Energieeinsatzes wird für die Produktion von Primäraluminium aufgewendet. Dieser Energieeinsatz verkörpert sich im Wert des Materials, auch im Aluminiumschrott. Der Energieeinsatz für die Sekundärproduktion von Aluminium, also für das Umschmelzen von Aluminiummetall in einen neuen Barren, beträgt nur einen Bruchteil des Energieeinsatzes, der in der Primärproduktion auf der Basis von Erz erforderlich ist, in etwa ca. 5%. Aluminiumschrott besitzt daher ebenfalls einen signifikanten Marktwert.

Die Aluminiumrecyclingindustrie hat sich zwischen 1980 und 2007 ungefähr vervierfacht (International Aluminium Institute, 2009). Aluminiumrecycling spart Rohstoffe und Energie und reduziert negative Umweltauswirkungen wie energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen. Recycling von Aluschrott reduziert darüber hinaus auch die Inanspruchnahme von Deponien (European Aluminium Association, 2015; SRU, 2012, vgl. Kapitel 4).

In Österreich findet ausschließlich eine Sekundärproduktion von Aluminium statt, die jedoch auf den Import von Primäraluminium angewiesen ist. Die Herstellung von Primäraluminium wurde 1992 eingestellt. In Österreich sind in 2014 ca. 4.200 Beschäftigte in der Erzeugung und Bearbeitung von Aluminium beschäftigt und die Beschäftigung nahm zwischen 2008 und 2014 um 1,5% zu (WIFO-Datenbank). Die Wertschöpfung im ÖNACE Sektor 24.42 Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium belief sich auf 419 Mio. € (Statistik Austria, Leistungs- und Strukturhebung, 2014).

Tabelle 2: Materialströme und -werte Aluminiumschrott, 2014

		€/Tonne
Preis Aluminiumschrott		850,00
	Tonnen	Mio. €
Aufkommen Inland	111.953	95,16
Exporte	67.180	57,10
Importe	226.685	192,68
Nettoimporte	159.505	135,58
Gesamtaufkommen	271.458	230,74
Einsatz Sekundärrohstoff in Produktion	375.000	318,75
Differenz/Lager	-103.542	
		Anteil
Produktion von Aluminium ohne Gießerei	430.000	
Verhältnis Sekundärrohstoff an der Produktion		87,2%

Q: UBA, 2016a, WIFO Berechnungen.

Das Primärabfallaufkommen an Aluminiumabfällen in Österreich setzt sich im Wesentlichen aus Aluminium und Aluminiumfolien (SN 35304) und aluminiumhaltigen Leichtmetallkrätzen (SN 31205) zusammen (siehe Teil B Fact Sheets, Kapitel 6). Gemeinsam mit Aluminium und Aluminiumfolien, welche bei diversen Abfallbehandlungsverfahren durch Sortier- und Aufbereitungsschritte entstehen, kann das Gesamtabfallaufkommen an Aluminiumabfällen im Jahr 2014 mit mindestens 111.953 Tonnen angegeben werden (UBA, 2016a, Tabelle 2).

Darüber hinaus sind Aluminiumabfälle auch in Stanz- und Zerspanungsabfällen sowie Nichteisen-Metallschrotten enthalten, wobei die Höhe des Anteils der industriellen Prozessschrotte wiederum nicht bekannt ist. Im Jahr 2014 wurden mehr aluminiumhaltige Abfälle und Schrotte importiert als exportiert (netto Importe: 159.000 Tonnen). In Summe wurden im Jahr 2014 ca. 375.000 Tonnen Schrott bei der Erzeugung von Sekundäraluminium eingesetzt. Die Produktion an Sekundäraluminium in Österreich beträgt im Jahr 2014 etwa 430.000 Tonnen (ohne die Produktionsmenge von Aluminiumgießereien, UBA, 2016a). Das Verhältnis des Sekundärrohstoffs an der Produktion liegt somit bei 87%.

Eine Verbrennung und Deponierung von aluminiumhaltigen Abfällen findet nur in Form von Restmetallgehalten diverser Abfälle und Reststoffe, z.B. Schlacken statt (vgl. Kapitel 4).

## 2.3 Stoffgruppe Papier

Die Papierwirtschaft ist durch den Rohstoff Holz eng mit der Forstwirtschaft verknüpft. Papier- und Holzwirtschaft zählen weltweit zu den umsatzstärksten Branchen. Holz und Holzprodukte besitzen als Handelsgut hohe Relevanz und stellen nach Rohöl und Kohle mengenmäßig einen der größten Materialimporte der EU dar. Dementsprechend lässt sich die Bedeutung des Gutes Papier und der internationalen Papierindustrie einordnen: Sie weist über den Holzeinschlag und das Recyceln von Altpapier einen großen Einfluss auf den Wald- und Klimaschutz auf. Während die Inlandsmärkte für Papierprodukte der Industrienationen tendenziell stagnieren, wird das weltweite Wachstum des Papierverbrauchs als sehr dynamisch eingeschätzt (+25% bis 2025), insbesondere in den Schwellenländern der VR China, Russland, Indien, den lateinamerikanischen Ländern und den Ländern des mittleren Ostens (Schönheit – Trauth, 2013). Die Hauptproduktsparten der Papierindustrie sind Verpackungspapiere wie Faltschachtelkartons und Wellpappen, grafische Papiere für Zeitungen und Magazine und Hygiene- und Spezialpapiere.

Holz und Altpapier sind die wichtigsten Rohstoffe für die Papierherstellung. Bis zu sieben Mal können die Holzfasern wiederverwertet werden. Eine kaskadische Nutzung von Altpapier ist für einen optimierten Einsatz von Fasern ausschlaggebend (UBA, 2014). Idealerweise wird zunächst hochwertiges Altpapier junger Fasergenerationen mehrfach im graphischen Bereich verwendet, bevor es im vierten oder fünften Zyklus in der Produktion von Karton und Pappe oder Hygienepapieren Verwendung findet. Der Großteil der bisher stofflich verwendeten Sekundärfasern geht bisher jedoch direkt in die Produktion von Kartonagen. Die globale Einsatzquote von Altpapier liegt bei ca. 57% und bietet ein Steigerungspotential um 20 Prozentpunkte, da 80% Altpapiereinsatz als technisch maximale Einsatzquote gelten (Schönheit – Trauth, 2013).

Eine wesentliche Herausforderung für die internationale Papierindustrie besteht darin, auch künftig den Rohstoff Altpapier in ausreichender Menge, hoher Qualität und zu vertretbaren Preisen einsetzen zu können. Es wird geschätzt, dass die globale Nachfrage nach Altpapier bis zum Jahr 2025 auf 354 Mio. t steigen wird, ausgehend von 226 Mio. t in 2011 (+57%, Schönheit – Trauth, 2013). Die Verknappung des Rohstoffes Holz durch eine zunehmende Konkurrenz in der stofflichen und der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe treibt die Nachfrage nach dem Sekundärrohstoff Altpapier und dessen Preise tendenziell in die Höhe. Diese Entwicklung wird sich durch eine anziehende Nachfrage nach Papierproduktion und Altpapierimporten in den Wachstumsmärkte der Schwellenländer intensivieren. In diesen Märkten ergibt sich in Zukunft daher ein großes Potential zur Steigerung der Sammel- und Recyclingquoten.

Als Unsicherheitsfaktor für die Papierindustrie gelten die schwankenden Verkaufspreise des Sekundärrohstoffes in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage. So sind ausgeprägte Preisschwankungen typisch für den Rohstoff. Eine Tonne Altpapier kostete Anfang 2009 in Österreich im Schnitt 5 bis 10 €; 2013 lag der Preis bereits bei 100 €/t und 2014 bei 110 €/t Altpapier. Neue Produktionskapazitäten insbesondere im Bereich der Verpackungspapiere

und Kartons, die u.a. aufgrund einer Ausweitung des Internethandels entstehen, kurbeln die Nachfrage nach Papier weiterhin an. Österreich war im Jahr 2014 Nettoimporteur von Altpapier und führte netto rund 850.000 Tonnen Altpapier ein (Austropapier, 2016a, Tabelle 3). Die Papierindustrie zählt zu den energieintensiven Wirtschaftsbranchen, da ein hoher Energieeinsatz für den Aufschluss des Holzes bei der Zellstoffgewinnung erforderlich ist. Papier auf der Basis von Altpapier verbraucht grundsätzlich weniger Energie als Papier auf der Basis von Primärfasern. Recyclingpapiere erreichen somit deutlich bessere CO<sub>2</sub>-Werte.

In Österreich sind ca. 6.600 Beschäftigte in der Papierindustrie beschäftigt (2014). Die Beschäftigung nahm zwischen 2008 und 2014 um 2,3% ab. Die Bruttowertschöpfung des Sektors lag 2015 bei 1,9 Mrd. € und wies bei einer Steigerung der Produktionsmenge um 2% ein nominelles Wachstum gegenüber dem Vorjahr um ca. 4,4% auf. Diese Entwicklung ist getragen durch ein Wachstum in den Exporten, stabile Verkaufspreise und gesunkene Kosten in den wichtigsten Bereichen Energie, Holz und Finanzierung (Austropapier, 2016a). Die Bruttowertschöpfung im Untersektor ÖNACE 17.10 (Herstellung von Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe) betrug 852,5 Mio. € (Statistik Austria, Leistungs- und Strukturhebung 2014) und die Beschäftigung betrug ca. 7.000 Beschäftigte (WIFO-Datenbank).

Tabelle 3: Materialströme und -werte Altpapier, 2014

		€/Tonne
Preis Altpapier		110,00
	Tonnen	Mio. €
Aufkommen Inland	1.434.372	157,78
Exporte	318.842	35,07
Importe	1.167.000	128,37
Nettoimporte	848.158	93,30
Gesamtaufkommen	2.282.530	251,08
Einsatz Sekundärrohstoff in Produktion	2.266.341	249,30
Differenz/Lager	16.189	
		Anteil
Produktion von Papier	4.800.000	
Verhältnis Sekundärrohstoff an der Produktion		47,2%

Q: UBA, 2016a, Importangaben lt. Austropapier, 2016a, WIFO Berechnungen.

Die getrennte Sammlung von Papier und Karton begann in Österreich bereits in den 1950er Jahren und wurde damals vor allem durch das Rote Kreuz, Feuerwehren, etc. organisiert und durchgeführt. Seit den 1980er Jahren etablierten sich zunehmend professionelle Sammelsysteme. Das Primärabfallaufkommen an Altpapier und Pappe setzt sich im Wesentlichen aus Schnitt- und Stanzabfällen (SN 18701), beschichtetem Papier und Pappe (SN 18702), unbeschichtetem Altpapier, Papier und Pappe (SN 18718) sowie

Verpackungsmaterial und Kartonagen (SN 91201) zusammen (siehe Teil B Fact Sheets, Kapitel 7). Das Gesamtabfallaufkommen an Altpapier und Pappe im Jahr 2014 kann mit mindestens 1,4 Mio. Tonnen angegeben werden (UBA, 2016a, Tabelle 3). Darüber hinaus sind Altpapier und Pappe auch in Rest- und Sperrmüll enthalten, wobei diese Abfälle dem nicht getrennt erfassten Papieraufkommen zuzuschreiben sind und nicht weiter berücksichtigt werden.

Im Jahr 2014 wurde mehr Altpapier und Pappe importiert als exportiert, vor allem unbeschichtete(s) Altpapier, Papier und Pappe (Nettoimporte: 850.000 Tonnen). Ca. 24% des importierten bzw. im Inland erzeugten Altpapiers wird vor der Verwertung aufbereitet. In Summe wurden im Jahr 2014 ca. 2,27 Mio. Tonnen Altpapier und Pappe einem Recycling zugeführt. Gemäß Branchenbericht der Papierindustrie betrug die inländische Papierproduktion 2014 etwa 4,8 Mio. Tonnen. Die Gesamtkapazität der Papierproduktion in Österreich wird mit 5,3 Mio. Tonnen angegeben. Die Auslastung liegt bei etwa 80%. Die Altpapiereinsatzquote in der österreichischen Papierproduktion liegt bei etwa 48%, wobei die Einsatzquoten bei den Verpackungspapieren (63,4%) und Spezialpapieren (63,9%) deutlich höher sind als bei den grafischen Papieren (34,5%, UBA, 2016a). Bei einer maximalen technischen Einsatzquote von 80% Altpapier liegt in Österreich ein Steigerungspotential für den Einsatz von Altpapier vor.

Nur geringe Mengen an Altpapier und Pappe werden verbrannt. Eine Deponierung von Altpapier und Pappe ist nicht zulässig (vgl. Kapitel 4).

## **2.4 Stoffgruppe Glas – Hohlglas**

Die europäische Glasindustrie ist einer der ältesten Industriezweige des Kontinents und kann auf eine sehr lange Geschichte von ca. 4.000 Jahren zurückblicken. Die Glasindustrie verwendet die heimischen mineralischen Rohstoffe Sand, Soda und Kalk, die bei einer Temperatur ab ca. 1.600 °C geschmolzen werden und sich zu einer Glasschmelze verbinden. Das fertige Glasprodukt ist geschmacksneutral und geht keinerlei Wechselwirkung mit anderen Stoffen und Materialien ein, nimmt daher weder Inhaltsstoffe auf, noch werden Inhaltsstoffe abgegeben; Vorzüge, die Glasverpackungen positiv von anderen Verpackungsmaterialien unterscheidet (Fachverband Glasindustrie, 2014). Die Herstellung von Behälter- und Hohlglas, die in dieser Studie ausschließlich betrachtet wird, macht mit über 70% den größten Anteil an der europäischen Glasindustrie aus. Der Rest entfällt auf die Flachglasproduktion für Gebäude, die Automobilindustrie und die Photovoltaikbranche, sowie die Herstellung von Spezialgläsern und Endlosglasfasern. Die europäische Behälterglasindustrie produziert eine breite Palette an Glasverpackungen für Nahrungsmittel und Getränke sowie Flakons für Parfümerie, Kosmetik und Pharmazie. Die Erzeugnisse der Glasindustrie werden vor allem innerhalb der EU vermarktet, wobei der Sektor des Behälterglases (Hohlglas) über einen weltweiten Exportmarkt verfügt. Glasverpackungen werden z.B. für einen Großteil der europäischen Exportgüter des oberen Marktsegments

verwendet. Im Bereich des Behälterglases wird an innovativen Entwicklungen von Leichtglas-Verpackungen gearbeitet, die sich durch dünnwandige Behälter auszeichnen.<sup>7)</sup>

Die Glasindustrie sieht sich derzeit bedingt durch die Internationalisierung zunehmend in Konkurrenz mit außereuropäischen Glasproduzenten, die ihre Produkte unter wirtschaftlich günstigeren Bedingungen und ohne strenge Umweltauflagen erzeugen. Die Glasindustrie ist energieintensiv, da das Glas bei sehr hohen Temperaturen geschmolzen wird. Neben einem hohen Stromverbrauch werden überwiegend fossile Brennstoffe als Energieträger in der Produktion eingesetzt (Joint Research Center, 2013). Tendenziell steigende Energiekosten verstärken die Herausforderungen der europäischen Glasindustrie hinsichtlich ihrer Wettbewerbsfähigkeit.

Glas weist eine sehr hohe Recyclingquote auf. Vor allem bei der Herstellung von Behälterglas wird Recyclingglas als Grundstoff eingesetzt. Gebrauchtes Glas wird ohne Verlust der Materialeigenschaften und Qualität wieder eingeschmolzen und zu neuem Glas verarbeitet. Eine Erhöhung der Recyclingquote verbessert die Energieeffizienz der Produktion, d.h. Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden verringert, da das Einschmelzen der Scherben geringere Temperaturen benötigt als das Einschmelzen von Primärrohstoffen. In Abhängigkeit von der Glasart werden getrennt gesammeltes Altglas in unterschiedlichem Ausmaß bis zu insgesamt 95% im Herstellungsprozess eingesetzt. Der höchste erreichbare Anteil an Scherbenrecycling liegt bei grünem Behälterglas. Eigenscherben werden in jeder Glasanlage wieder eingesetzt, so dass es faktisch keine Glasproduktion ausschließlich aus mineralischen Rohstoffen gibt (UBA, 2010).

Es waren ca. 1.500 Beschäftigte in der Verpackungsglasindustrie tätig. Im Vergleich zu 2008 waren das 1,4% weniger Beschäftigte, im Vorjahresvergleich nahm die Beschäftigung jedoch um 4,6% zu. Im Bereich Verpackungsglas erhöhte sich die mengenmäßige Produktion um 2,3%. Die Bruttowertschöpfung im Untersektor ÖNACE 23.13 (Herstellung von Hohlglas) belief sich auf 132 Mio. € (Statistik Austria, Leistungs- und Strukturhebung, 2014; WIFO-Datenbank).

Das Primärabfallaufkommen an Altglas in Österreich setzt sich im Wesentlichen aus Verpackungsglas (SN 31468, SN 31469), Flachglas (SN 31408), Glas und Keramik mit produktionsspezifischen (schädlichen) Beimengungen (SN 31465, SN 31466) sowie Fraktionen aus Bildschirmgeräten (einschließlich Bildröhrengeräten, SN 35212) zusammen (siehe Teil B Fact Sheets, Kapitel 8). Das Gesamtabfallaufkommen an Altglas im Jahr 2014 kann mit mindestens 317.000 Tonnen angegeben werden (UBA, 2016a, Tabelle 4). Darin sind auch Altglas aus dem Baubereich sowie geringe Mengen aus der Abfallbehandlung enthalten. Nicht berechnet werden konnten die industriellen Prozessschrotte an Altglas.

---

<sup>7)</sup> Glass Alliance Europe, <http://www.glassallianceeurope.eu/en/main-glass-sectors>, abgefragt 1. August 2016.

Tabelle 4: Materialströme und -werte Altglas, 2014

		€/Tonne
Preis Altglas		48,70
	Tonnen	Mio. €
Aufkommen Inland	316.858	15,43
Exporte	109.991	5,36
Importe	72.922	3,55
Nettoimporte	-37.069	1,81
Gesamtaufkommen	279.789	13,63
Einsatz Sekundärrohstoff in Produktion	216.001	10,52
Stoffliche Verwertung (Schlackenbildner)	2.901	
Differenz/Lager	60.887	
		Anteil
Produktion von Rohglas	423.359	
Verhältnis Sekundärrohstoff an der Produktion		51,0%

Q: UBA, 2016a, Fachverband Glasindustrie, 2014, WIFO Berechnungen.

Im Jahr 2014 wurde mehr Altglas exportiert als importiert (Nettoexporte: 37.000 Tonnen). Ca. 38% des importierten bzw. im Inland erzeugten Altglases wird vor dem Recycling und der Verwertung aufbereitet. In Summe wurden in 2014 ca. 258.000 Tonnen Altglas einem Recycling zugeführt, davon 216.000 Tonnen im Bereich der Produktion von Hohlglas. Darüber hinaus wurden geringe Mengen an Altglas als Schlackenbildner stofflich verwertet (2.900 t). Die Verpackungsglasindustrie belief sich auf eine Produktion in Höhe von 423.359 Tonnen. Unter Berücksichtigung der Recyclingmenge von 216.000 Tonnen, konnte ein Altglaseinsatz in Höhe von 51% erzielt werden (UBA, 2016a).

Eine Deponierung von Altglas im engeren Sinn findet praktisch nicht statt. Es kann allerdings davon ausgegangen, dass bestimmte Restfraktionen aus der Abfallbehandlung wie MBA-Restfraktionen oder Shredderrestfraktionen, welche deponiert werden, Glas enthalten (vgl. Kapitel 4).

### **3 Methodik zur Bestimmung der ökonomischen Effekte des Recyclings, Annahmen der Modellierung und Ergebnisse**

Die zur Berechnung von volkswirtschaftlichen Effekten in der Ökonomie üblicherweise für eine ex-post Analyse angewandte Methode ist der Vergleich eines Ist-Zustandes (hier: 2014) mit einem sogenannten "Counterfactual", einer kontrafaktischen bzw. fiktiven Fallkonstellation, in der jene Elemente heraus gerechnet werden, die einer ökonomisch Bewertung unterzogen werden. Im Counterfactual werden u.a. ökonomische Instrumente wie Steuern, oder geänderte Produktionsbedingungen, Preise und Mengen implementiert, die das Modell löst. Das Resultat wird mit dem Ist-Zustand verglichen und so die ökonomischen Effekte der jeweils untersuchten Fragestellung berechnet.

Im vorliegenden Fall stellt das Counterfactual "no-recycling" eine fiktive Situation dar, in der kein Recycling in den betreffenden Stoffgruppen und somit keine Wiederverwendung von betreffenden Abfällen und kein Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion erfolgen. Für das Counterfactual werden Annahmen darüber getroffen, wie ohne Recycling und ohne den Einsatz von Sekundärrohstoffen die gleiche Menge an Gütern produziert werden kann, die im Jahr 2014 unter Einsatz von Recyclingtechnologien und Sekundärrohstoffen produziert wurde. Je nach Stoffgruppe wird angenommen, dass entweder eine Primärproduktion auf der Basis von Primärrohstoffen stattfindet (Eisen- und Stahl-, Papier- und Glasproduktion), oder Halbfertigmaterialien als Input für die Produktion eingeführt werden, die die Sekundärrohstoffe ersetzen (Aluminiumproduktion). Im Fall von Eisen und Stahl kommt ohne Sekundärrohstoffeinsatz zudem eine andere Produktionstechnologie zum Einsatz. Die Modellierungsannahmen sind in Tabelle 5 zusammen gefasst. Im Counterfactual "no-recycling" wird ferner angenommen, dass alle Recyclingaktivitäten wie Sammeln, Trennen und Aufbereiten von Altstoffen und Abfällen (ÖNACE 38) der hier untersuchten Stoffgruppen entfallen und daher auch kein Außenhandel mit den betreffenden Sekundärrohstoffen stattfindet. Die anfallenden Abfälle würden in diesem Fall anderweitig Verwendung finden und je nach Stoffgruppe entweder deponiert oder verbrannt werden müssen. Diese Überlegungen resultieren aus der Annahme einer Welt ohne Recycling. Die mit der Deponierung oder Verbrennung verbundenen umweltrelevanten Effekte werden in Kapitel 4 qualitativ dargelegt, finden jedoch keinen Eingang in die quantitative Analyse.

Die volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings, d.h. die durch das Recycling generierten Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte, werden durch Subtraktion des Counterfactual vom Ist-Zustand der österreichischen Wirtschaft im Jahr 2014 berechnet.

Tabelle 5: Modellannahmen im Counterfactual "no-recycling"

Stoffgruppe	Recyclingaktivitäten Sammeln, Trennen, Aufbereiten von Abfall (ÖNACE 38)	Substitution von Sekundärrohstoffen in der Produktion	Außenhandel mit Sekundärrohstoffen	Alternative Verwendung von Abfall
Eisen und Stahl	getrennte Sammlung und Rückgewinnung entfallen	Einsatz von Primärrohstoffen/ Technologie-Shift	entfällt	Deponierung
Aluminium	getrennte Sammlung und Rückgewinnung entfallen	Import von Halb- und Fertigwaren für Sekundärproduktion	entfällt	Deponierung
Papier	getrennte Sammlung und Aufbereitung entfallen	Einsatz von Primärrohstoffen	entfällt	Verbrennung
Glas	getrennte Altglassammlung und Aufbereitung entfallen	Einsatz von Primärrohstoffen	entfällt	Deponierung
Mineralische Baurestmassen	getrennte Sammlung und Aufbereitung entfallen	Einsatz von Primärrohstoffen	entfällt	Deponierung

Q: WIFO.

### 3.1 Das Modell

Für die Analyse wird als Methode ein Modellansatz gewählt. Das gewählte Modell ist das WIFO.DYNK (Dynamic New Keynesian) Modell. WIFO.DYNK ist ein dynamisches makroökonomisches Ein-Regionen und Multi-Sektor Modell. Der Kern des Modells basiert auf sogenannten Aufkommens- und Verwendungstabellen die von Statistik Austria jährlich erstellt werden. Diese Tabellen decken im Modell die Verflechtungen zwischen 62 Industriebranchen ab. Weiters werden die Haushalte zwischen fünf Einkommensgruppen unterschieden, welche Güter aus 47 Güterklassen (COICOP) konsumieren.

Für die vorliegende Studie wurde das Modell signifikant um Daten zu Recyclingprozessen und relevanten Technologien erweitert. Dazu gehören die Integration von Daten zu Primär- und Sekundärproduktionsprozessen, insbesondere die Integration der stoffgruppenspezifischen (wertmäßigen) Anteile von Ressourcen- und Energieeinsatz, Löhnen und Kapital in der Produktion. Diese wurden u.a. auf der Basis von Stoffstromanalysen, Energie- und Materialeinsatzstatistiken sowie Marktpreisen von Primär-, Sekundär- und Energierohstoffen berechnet. Die Daten wurden an die in WIFO.DYNK bestehende Datenstruktur angehängt und die bestehenden Produktions- und Konsumfunktionen wurden entsprechend erweitert, um die Substitution von rezyklierten und nicht-rezyklierten Gütern in der Faktornachfrage zu integrieren (Abbildung 1).

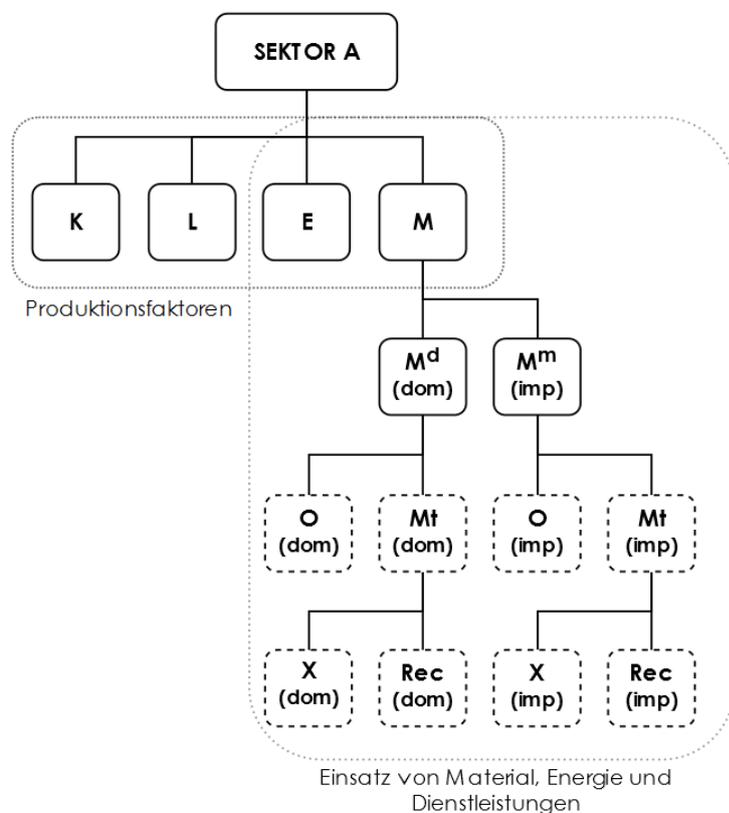
Die Integrierung der Recycling-Technologien in das Modell wird schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Hier wird die Faktornachfrage eines exemplarischen Sektors gezeigt, welche die Faktoren Kapital (K), Arbeit/Labour (L), Energie (E), heimische Güter ( $M^d$ ) und importierte

Güter ( $M^m$ ;  $KLEM^dM^m$ ) der Produktionsfunktion enthält. Strukturen wie diese ähneln Ansätzen von Greer (2012) und Schinko et al. (2014) und finden in der ökonomischen Modellierung oft Anwendung.

In durchgehenden Linien gerahmt befindet sich die Faktorgliederung, die bereits in der Struktur des DYNK implementiert ist. Die Erweiterung des bestehenden Ansatzes ist mit durchbrochenen Linien dargestellt. Dieser betrifft den Einsatz heimisch produzierter Rohstoffe und Produkte, wobei sich "Mt" auf Sachgüter und "O" auf andere Produkte (hauptsächlich Dienstleistungen) bezieht. Wie man der Grafik entnehmen kann, kann der Gütereinsatz einerseits aus einem Sektor mit Recycling-Technologie stammen ("Rec") – dieser spiegelt den Einsatz von Sekundärmaterial wider – sowie andererseits aus einer Primärproduktion Verwendung finden. So können Primärmaterial oder für die Primärproduktion notwendige Güter aus einem beliebigen produzierenden Sektor ("X") verwendet werden, wie zum Beispiel Erze aus dem Bergbau oder Holz aus der Forstwirtschaft.

Im Laufe des Projektes wurden die physischen Stoffströme der Primär- und Sekundärproduktion mit Hilfe der ermittelten Preise in monetäre Ströme umgerechnet und für beide Fälle, dem Ist-Zustand und dem Counterfactual, auf diese Struktur übertragen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Struktur Erweiterung in einer Sektorproduktionsfunktion



Q: WIFO-Darstellung

### **3.2 Die modellierten Einzeleffekte**

Das Counterfactual "no-recycling" wird im WIFO.DYNK Modell über drei Eingriffe simuliert, deren Effekte in den Ergebnissen vom Ist-Zustand subtrahiert und separat ausgewiesen werden.

#### *Recycling und Einsatz von Sekundärrohstoffen (Materialmix)*

Der Erste Effekt bezieht sich auf die Änderungen der Güternachfragestrukturen der jeweiligen produzierenden Sektoren im Counterfactual "no-recycling". Es wurde auf Basis von Preisinformationen und Materialflüssen des UBA (2016a, siehe Teil B Fact Sheets) berechnet, wie sich die Vorleistungsstrukturen der Sektoren ändern, wenn kein Recycling stattfindet. Dazu wurden im Counterfactual die Inputs der produzierenden Sektoren adaptiert und darin der Einsatz von Sekundärrohstoffen durch einen alternativen Güter- und Materialmix ersetzt. Das bedeutet, dass – je nach Stoffgruppe – mehr Primärrohstoffe, Halbfertigerzeugnisse und auch Begleitinputs wie z.B. ein erhöhter Energieeinsatz für das gleiche Produktionsniveau eingesetzt werden. Dieser alternative Gütereinsatz wird im Modell in Form einer neuen Vorleistungsstruktur implementiert. Weiters wird berücksichtigt, dass der alternative Gütereinsatz zu mehr oder weniger hohen Produktionskosten führen kann. Die geänderte Vorleistungsstruktur und die geänderten Produktionskosten werden im Modell eingesetzt und lösen Nachfrage- und Produktionsanpassungen über die gesamte Wirtschaft aus, welche die gesamtwirtschaftliche Situation darstellt, wenn es kein Recycling gibt. Dieser Effekt beinhaltet ebenso den Wegfall der Nachfrage nach den Dienstleistungen des Recycling-Sektors (ÖNACE 38). Über die Folgeeffekte betrifft es auch die Nachfrage nach heimisch produzierten Vorleistungsgütern und den Import von Primär- und Halbfertigprodukten.

Der Effekt und die Folgeeffekte dieser Anpassungen werden von der Ist-Situation 2014 subtrahiert und in den Ergebnisgrafiken (siehe folgende Unterkapitel) als "Recycling und Einsatz von Sekundärrohstoffen" bezeichnet.

#### *Technologieeffekt (Faktormix)*

Der zweite Effekt, der "Technologieeffekt", liegt vor, wenn die Substitution von Sekundärrohstoffen im Counterfactual eine alternative Produktionstechnologie erforderlich macht. Im Modell wird dies über die Änderungen der prozentualen Faktornachfrage Kapital, Arbeit, Energie und Materialien (KLEM) implementiert. Dieser Effekt wird nur bei der Stoffgruppe Eisen- und Stahl implementiert, da bei der sekundärrohstofffreien Produktion der anderen Stoffe (Glas, Papier, und Aluminium) keine alternativen Technologien erforderlich sind bzw. keine Informationen darüber eruiert werden konnten.

Der Effekt und die Folgeeffekte dieser Anpassung werden von der Ist-Situation 2014 subtrahiert und in den Ergebnisgrafiken (siehe folgende Unterkapitel) als "Technologieeffekt" bezeichnet.

### *Außenhandel mit Sekundärrohstoffen*

Der dritte Effekt betrifft Änderungen im Außenhandel mit Sekundärrohstoffen und dessen Effekte auf die Wirtschaft. Im Counterfactual wird angenommen, dass nicht mit Sekundärrohstoffen gehandelt wird. Im WIFO.DYNK Modell wurde der Export und der Import der Güter aus dem ÖNACE Sektor 38 entsprechend der vom UBA ermittelten Mengen (UBA, 2016a, siehe Teil B Fact Sheets) und der in dieser Studie erfassten Sekundärrohstoffpreise reduziert. Der Effekt und die Folgeeffekte dieser Anpassung werden von der Ist-Situation 2014 subtrahiert und in den Ergebnisgrafiken (siehe folgende Unterkapitel) als "Außenhandel mit Sekundärrohstoffen" bezeichnet. Österreich ist bei allen Stoffgruppen außer Glas Nettoimporteur von Sekundärrohstoffen. Das bedeutet, dass der Wegfall des Sekundärrohstoffhandels, wie im Fall "no-recycling" angenommen, bei einem bestehenden Handelsdefizit einen positiven ökonomischen Effekt aufweist, da nun weniger importiert wird. Aus dem Blickwinkel des Recyclings kann man also sagen, dass durch die Recyclingaktivität ein Handelsdefizit (Export minus Import) entsteht, welches isoliert betrachtet einen negativen ökonomischen Effekt auf Wirtschaftsleistung und Beschäftigung impliziert.

In ökonomischen Modellen wie dem WIFO.DYNK können durch die Implementierung eines Counterfactuals eine Reihe von direkten, indirekten und weiteren Folgeeffekten mit unterschiedlichen Systemgrenzen simuliert werden, was eine genauere Betrachtung von Maßnahmen oder Effekten ermöglicht. So kann die Weite von Folgeeffekten – von partialanalytisch bis gesamtwirtschaftlich – eingegrenzt werden und es können neben den volkswirtschaftlichen Gesamteffekten die sogenannten „direkten“, "indirekten" und "induzierten" Effekte gesondert berechnet und dargestellt werden. Die Bezeichnung und Differenzierung dieser drei Einzeleffekte ist in der Input-Output Literatur üblich (Miller - Blair, 2009). Die in den folgenden Ergebnisgrafiken dargestellten Einzeleffekte sind wie folgt gruppiert:

#### *Direkte und indirekte Effekte*

Die direkten Effekte sind jene, die direkt innerhalb des Betroffenen Sektors stattfinden. Im vorliegenden Fall ist das eine geänderte Produktionsstruktur, die mit geänderten Beschäftigungs- und Wertschöpfungsstrukturen in einem Sektor (z.B. Stahlproduktion) einhergeht. Bei den sogenannten "indirekten Effekten" handelt es sich um die Auswirkungen der geänderten Produktionsstruktur auf die Produktionsaktivität aller vorgelagerten Wirtschaftsbranchen, also auf die Erzeugung der Vorleistungsgüter (z.B. Eisenerz, Maschinen etc.) und deren Vorleistungsgüter. Hierbei wird die gesamte monetäre Verflechtung der Wirtschaft über die Aufkommens- und Verwendungstabellen berücksichtigt.

#### *Induzierte Effekte*

Wenn man in weiterer Folge mit einbezieht, dass eine geänderte Produktion der Sektoren eine geänderte Wertschöpfung mit sich bringt, betrachtet man die "induzierten Effekte". Diese berücksichtigen, dass eine Änderung der Wertschöpfung eine Änderung der Konsumnachfrage induziert. Wie in der ökonomischen Modellierung und insbesondere in der

Input-Output Literatur üblich, wird hier in erster Linie auf das Lohneinkommen, das Teil der Wertschöpfung ist, und den Konsum der privaten Haushalte abgestellt. Der induzierte Konsum der Haushalte verstärkt die direkten und indirekten Effekte durch eine zusätzliche oder reduzierte Güternachfrage und folglich ausgelöste Änderung der Produktionstätigkeit der Wirtschaftssektoren.

#### *Erweiterte induzierte Effekte*

Zusätzlich zu den induzierten Effekten des Privatkonsums modelliert das WIFO.DYNK Modell weitere wirtschaftliche Zusammenhänge die berücksichtigen, dass auch andere Akteure auf eine Änderung der Wertschöpfung und der Preise reagieren. Dabei handelt es sich einerseits um den Staat dessen öffentlicher Konsum auf die Steuereinnahmen reagiert und andererseits um die Produzenten die ihre Investitionstätigkeiten (Bruttoanlageninvestitionen) und Produktionsstruktur auf Basis geänderter Betriebsgewinne und Preise anpassen. Diese Effekte berücksichtigen daher die gesamte Bandbreite der Effekte, die das WIFO.DYNK Modell modelliert. In den Ergebnisdarstellungen werden alle drei Effektkategorien separat für die Bruttowertschöpfungseffekte und die Beschäftigungseffekte dargestellt.

### **3.3 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Eisen- und Stahlrecycling**

Für das Counterfactual wird für die Stoffgruppe Eisen und Stahl eine ausschließliche Primärerzeugung auf Basis von Eisenerz in der integrierten Hochofenroute mit einem Eigenschrottanteil in Höhe von 5% angenommen. Im Vergleich dazu liegt der Schrottanteil in der Eisen- und Stahlproduktion im Ist-Fall 2014 im Durchschnitt bei 32% wobei 30% des Schrotts in der Elektroroute und 70% des Schrotts in der integrierten Hochofenroute eingesetzt werden. In 2014 erfolgten 8,8% der österreichischen Rohstahlproduktion in der Elektroroute. Diese entfallen im Counterfactual "no-recycling", da sich die Elektroroute nicht für eine Primärproduktion eignet, das Counterfactual aber von einer Primärproduktion ausgeht. Zur Berechnung der neuen Güternachfragematrix der Produktion werden neben den physischen Mengen auch die Preise der Produktionseinsatzfaktoren herangezogen. Die Stahlschrottpreise werden monatlich für ausgewählte Sorten in EUWID publiziert (EUWID, 2015). Der Preis für Eisen- und Stahlschrott wird mit 247,5 €/t als ein Durchschnittswert aus Alt- und Neuschrottpreisen berechnet. Der Weltmarktpreis für Eisenerz wurde dem Global Economic Monitor der Welt Bank entnommen und beträgt 72.97 €/t (World Bank, 2015). Der Energieeinsatz pro Tonne Rohstahl ist in der integrierten Hochofenroute produktionsbedingt höher als in der Elektrostaahlroute (siehe Tabelle 6).

Bei der Berechnung der Faktoreinsätze in der Produktion im "no-recycling" Fall werden die prozentualen Faktor-Anteile für Energie, Material, Kapital und Arbeit aus der Studie von Schumacher – Sands (2007) übernommen, die sich auf Deutschland bezieht.

Tabelle 6: Faktoreinsätze Hochofenroute und Elektrostahlerzeugung

Faktoreinsätze	Hochofenroute	in %	Elektrostahlerzeugung
Energie	28,2		4,6
Material	46,9		85,7
Kapital	21,0		6,9
Arbeit	9,1		2,2
Rest*	-5,2		

\*Gutschrift aus dem Emissionshandel.

Q: WIFO-Darstellung basierend auf Schumacher – Sands, 2007.

Weitere Studien wurden hinsichtlich der prozentualen Faktoranteile in der Hochofenroute analysiert (z.B. Gerspacher et al., 2011), die sich ebenfalls auf Deutschland beziehen. Da die Stahlproduktion in Österreich im Vergleich zu Deutschland in kleineren Anlagen erfolgt und überwiegend auf hochlegierte Stähle spezialisiert ist, wurde der absolute physische Materialeinsatz und Materialmix sowie der physische Energieeinsatz und Energieträgermix in der Primärproduktion jedoch aus der Studie des österreichischen Umweltbundesamtes übernommen (UBA, 2010, siehe Tabelle 7). Die physischen Einsatzmengen wurden mit relevanten Marktpreisen bewertet, die Änderungen des Material- und Energiemix in eine neue Güternachfragematrix übertragen und in WIFO.DYNK eingesetzt. Die entsprechenden Großhandelspreise für Energie sind der Datenbank der Internationalen Energiebehörde entnommen (IEA, 2016) und betragen für Industriekunden für Kohle 155,09 €/t. Daraus wurde ein Preis für Koks auf der Annahme abgeleitet, dass der Energieinhalt von Kohle und Koks gleich teuer ist (€/GJ). Somit ergibt sich ein Preis für Koks von 5,4 €/GJ.

Tabelle 7: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärstahlproduktion

Input für eine Tonne Output

	Einheit	Einsatz	€/Einheit	Material- und Energieeinsatz in Produktion 2014	Wert in Mio. €	Wert in %
<i>Hochofenroute (91%)</i>						
Erz-Konzentrat	t	1,2	72,97	8.726.072	636,7	40
Eisen-/Stahlschrott, Mix	t	0,2	247,50	1.774.334	439,1	28
Koks	GJ	12,6	5,40	68.174.390	368,4	23
Heizöl	GJ	1,7	14,82	9.414.559	139,5	9
Sonstiger Materialeinsatz	kg	0,1	0,07	595.173	0,0	0
Output	t	1,0			1.584	100
<i>Elektroroute (9%)</i>						
Eisen-/Stahlschrott, Mix	t	1,1	247,50	760.429	188,2	84
Industrieerdgas	MJ	0,2	0,00	155.945	0,0	0
Industriestrom	MJ <sub>el</sub>	1.800,0	0,03	1.247.558.400	35,3	16
Steinkohle	MJ	0,3	0,01	200.996	0,001	0
Sonstiger Materialeinsatz	kg	106,0	-	73.467.328	-	0
Output	t	1,0			223	100
<i>Stahlproduktion 2014</i>						
<i>Hochofenroute</i>	t	7.185.000				
<i>Elektroroute</i>	t	693.088				
<i>Insgesamt</i>	t	7.878.088	229,41		1.807	

Q: UBA, 2010; IEA, 2016; WIFO Berechnungen.

Die auf dieser Basis berechneten Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte sind in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Das Recycling und der Sekundärrohstoffeinsatz von Eisen und Stahl einschließlich des Außenhandels mit Schrotten bewirkten in Österreich im Jahr 2014 eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 654 Mio. € oder 0,21% des österreichischen Bruttoinlandsproduktes (BIP) sowie eine Beschäftigung in Höhe von 7.083 Beschäftigungsverhältnissen<sup>8)</sup> oder 0,19% der österreichischen selbständigen und unselbständigen Gesamtbeschäftigung.<sup>9)</sup> Die Zerlegung in Einzeleffekte macht deutlich, dass der Gesamteffekt durch den Effekt "Recycling und Einsatz von Sekundärrohstoffen" dominiert wird. Der Technologieeffekt wirkt hingegen negativ auf die Beschäftigung, da der Anteil des Faktors Arbeit in der integrierten Hochofenroute höher ist als im Elektrostahlverfahren. Über eine geringere Beschäftigung (direkte und indirekte Effekte) ergeben sich geringere

<sup>8)</sup> Beschäftigte im WIFO.DYNK Modell sind beschäftigte Personen (selbstständig und unselbstständig) gemäß der Eurostat-Datenbank nach der ILO-Definition(1). Die Zuteilung einer beschäftigten Person zu einer Branche bezieht sich auf seine Haupttätigkeit und beinhaltet Voll- und Teilzeitbeschäftigungen.

(1) [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/EU\\_labour\\_force\\_survey\\_-\\_methodology](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/EU_labour_force_survey_-_methodology)

<sup>9)</sup> Zum Größenvergleich: Die direkte Wertschöpfung der Stahlbranche betrug 2014 ca. 1,6 Mrd. € und die direkte Beschäftigung ca. 15.000 Beschäftigungsverhältnisse (vgl. Kapitel 2).

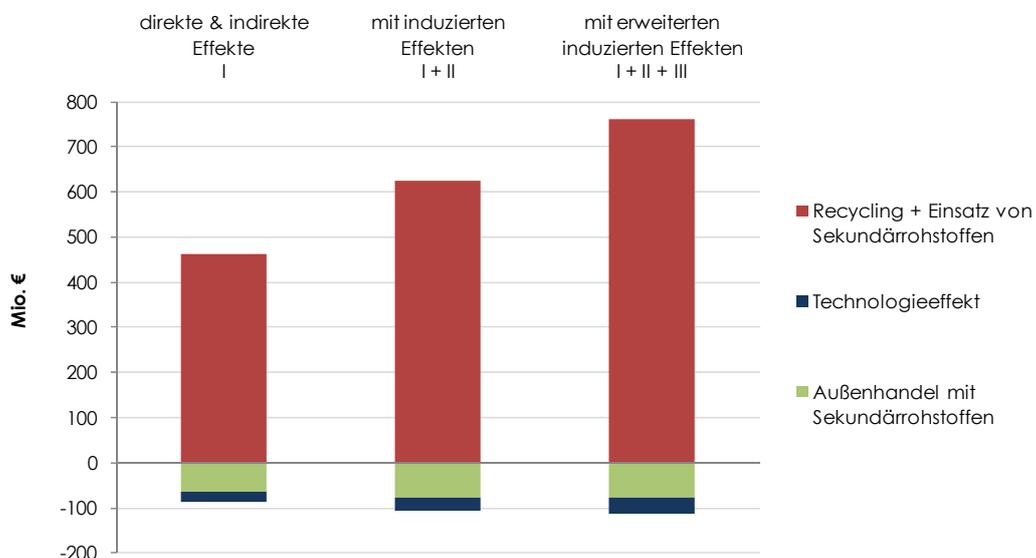
Einkommen und Konsumausgaben, die in der Folge in der Volkswirtschaft insgesamt einen negativen Technologieeffekt bewirken, in der Beschäftigung wie in der Bruttowertschöpfung. Der Außenhandelseffekt mit Sekundärrohstoffen, der auf Nettoimporten von Eisen- und Stahlschrott in Höhe von 185.330 Tonnen oder 45,8 Mio. € in 2014 beruht, bewirkt ebenfalls negative Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte. In der Summe überwiegen deutlich die positiven volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings und des Einsatzes von Sekundärrohstoffen. Die Gesamteffekte der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigung nach Wirtschaftsbranchen sind in Abbildung 4 dargestellt. Der größte BIP-Effekt in Höhe von 246 Mio. € wird im Sektor Recycling (ÖNACE 39) erzielt, gefolgt vom Handel mit 75 Mio. € und dem Bausektor in Höhe von 46 Mio. €. Die Beschäftigungseffekte sind ebenfalls in diesen Sektoren am höchsten und belaufen sich auf 1.615 Beschäftigte in der Recyclingbranche, 1.200 Beschäftigte im Handel und 711 Beschäftigte im Bausektor. Aber auch die Sektoren Erbringung von freiberuflichen und technischen Dienstleistungen (489) und sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen (457) profitieren von den induzierten Einkommens- und Konsumeffekten des Recyclings. Die Dienstleistungen stellen die wesentlichen Treiber der induzierten Effekte dar und spielen hier eine wesentlich größere Rolle als in den Vorleistungsbeziehungen (direkte und indirekte Effekte).

Aufgrund der in den letzten Jahren zu beobachtenden Volatilität von Rohstoffpreisen wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und der Preis für Eisenerz im Counterfactual c. p. variiert. Die Fokussierung der Analyse auf das Jahr 2014 stellt im Prinzip eine beliebige Preiskonstellation an den Rohstoffmärkten dar und lässt insofern keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen über den wirtschaftlichen Nutzen des Eisen- und Stahlrecyclings zu. Als Orientierung für die Rohstoffpreisentwicklung von Eisenerz wurde auf den (Sub-)Preisindex von Eisen und Stahl der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover zurück gegriffen.<sup>10)</sup> Demnach lagen die Rohstoffpreise für Eisen und Stahl im Jahr 2014 auf einem relativ niedrigen Niveau im Vergleich zur Hochphase in den Jahren 2010/2011 (Abbildung 5). Für die Sensitivitätsanalyse wird der Preis für den Primärrohstoff Eisenerz einmal um 58% erhöht und einmal um 33% gesenkt. Die Prozentsätze entsprechen der Preisdifferenz zwischen dem Durchschnittspreis 2014 für Eisen und Stahl und dem Maximalwert im Februar 2011 (+58%) sowie dem Minimalwert im September 2011 (-33%) lt. BGR-Index. Die Preisschwankungen beziehen sich auf den dargestellten Zeitraum Januar 2010 bis Dezember 2014. Im Fall der Preissteigerung erhöhen sich die Bruttowertschöpfungseffekte auf 954 Mio. € (+46%) und die Beschäftigungseffekte steigen auf 8.366 Beschäftigte (+18%). Bei geringeren Preisen verringern sich entsprechend die Bruttowertschöpfungseffekte (488 Mio. €, -26%) als auch die Beschäftigungseffekte (6.356, -10%). Die Analyse hebt die Bedeutung der Primärrohstoffpreise für die volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings hervor: Je höher die Preise für Primärrohstoffe, desto größer sind die positiven wirtschaftlichen Effekte des Recyclings zu bewerten.

---

<sup>10)</sup> [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Produkte/produkte\\_node.html?tab=Rohstoffpreise](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html?tab=Rohstoffpreise), abgerufen Juli 2016.

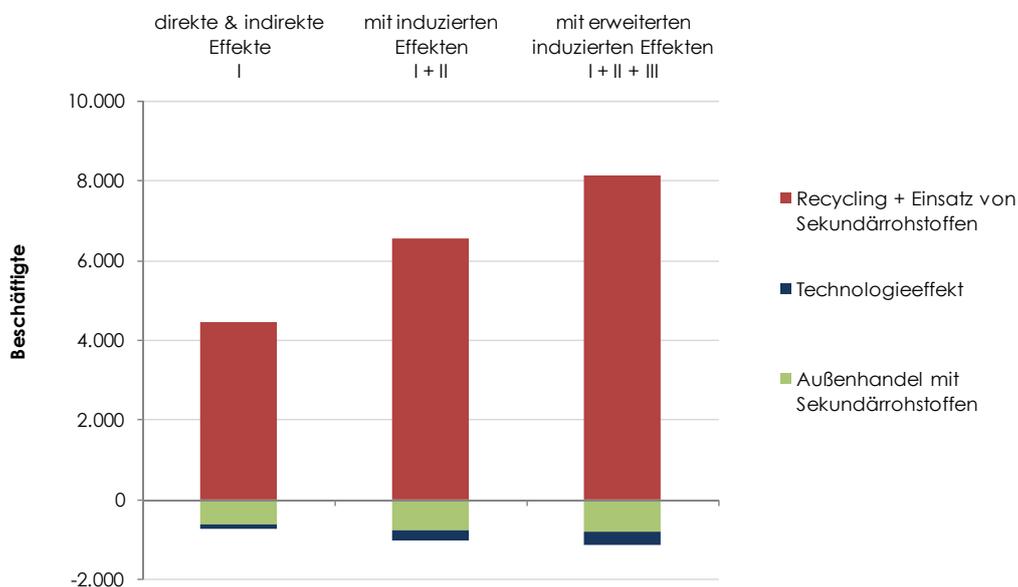
Abbildung 2: Bruttowertschöpfungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014



	direkte & indirekte Effekte I	mit induzierten Effekten I + II	mit erweiterten induzierten Effekten I + II + III	Gesamt
Netto-Effekt, Mio. €	379	+ 146	+ 129	654
Effektanteil, %	58	22	20	100

Q: WIFO-Berechnungen.

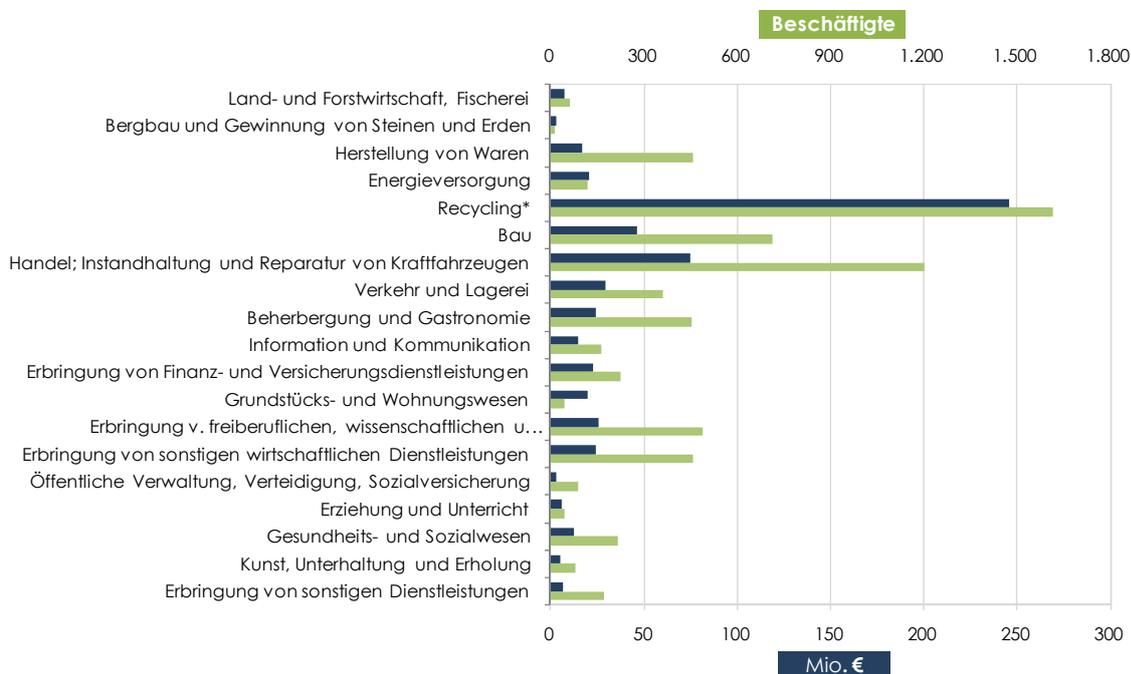
Abbildung 3: Beschäftigungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014



	direkte & indirekte Effekte I	mit induzierten Effekten I + II	mit erweiterten induzierten Effekten I + II + III	Gesamt
Netto-Effekt, Beschäftigte	3.763	+ 1.846	+ 1.474	7.083
Effektanteil, %	53	26	21	100

Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 4: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Eisen- und Stahlrecycling, 2014



Q: WIFO-Berechnungen. \*Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung, Beseitigung v. Umweltverschmutzungen.

Abbildung 5: Preisindex Eisen und Stahl sowie Buntmetalle  
Jänner 2010 bis Dezember 2014



Q: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Bundesrepublik Deutschland, WIFO Darstellung.

### 3.4 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Aluminiumrecycling

Das Recyclen von Aluminium führte 2014 zu einem inländischen Schrottaufkommen von 112.000 t und somit zu dem geringsten Massenumfang an Schrotten unter den untersuchten Stoffgruppen. Da Primäraluminium mit 1.406 €/t und Sekundäraluminium (Aluminiumfolien und -schrott) mit 850 €/t<sup>11)</sup> jedoch einen relativ hohen Preis vorweisen, handelt es sich um ein hochwertiges Material, was sich in relativ hohen Handelsströmen widerspiegelt. In 2014 wurden 67.000 t Aluschrott aus Österreich exportiert und 227.000 t importiert, was zu einer Nettoimportposition in Höhe von 160.000 Tonnen oder 136 Mio. € führte. Das verfügbare Sekundärmaterial summiert sich folglich auf ca. 272.000 t. Lt. UBA (2016a) wurden 2014 jedoch 375.000 t an Recyclingaluminium eingesetzt, was die Vermutung nahe legt, dass industrielle Prozessschrotte, die nicht als Abfall deklariert werden, oder unspezifische Lagerbestände eine nicht unerhebliche Rolle in der Produktion und Verwendung von Sekundäraluminium spielen.

Im Counterfactual Aluminiumrecycling gibt es keinen Technologieeffekt, da hier der Produktionsprozess annahmegemäß gleich bleibt, d.h. auch im "no-recycling"-Fall betreibt Österreich ausschließlich eine Sekundärproduktion. Allerdings kommt es durch die Substitution der Sekundärrohstoffe zu einem neuen Materialmix und Materialeinsatz in der Produktion. Hier wurde auf den Materialeinsatz der Sekundäraluminiumproduktion zurückgegriffen wie er im UBA-Bericht zu Recyclingprozessen beschrieben wird (UBA, 2010, Tabelle 8), wobei die beiden unterschiedlichen Prozesse mit jeweils 50% berücksichtigt werden. Die Produktion mit Sekundärrohstoffen wird durch importierte Halbfertigzeugnisse (Primäraluminiumbarren) ersetzt, was über Nachfrageänderungen im Modell auf die gesamte Wirtschaft wirkt.

---

<sup>11)</sup> Der Preis für Aluminiumschrott wird mit 850 €/t als ein Durchschnittswert aus unterschiedlichen Alt- und Neuschrotten auf der Basis der von EUWID publizierten Preise berechnet (EUWID, 2015), wobei es sich hier vornehmlich um qualitativ höherwertige Schrottarten handelt.

Tabelle 8: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundäraluminiumproduktion

Input für eine Tonne Output

	Einheit	Menge	€/Einheit	Material- und Energieeinsatz in Produktion 2014	Wert in Mio. €	Wert in %
<i>Prozess 1 (50%)</i>						
Aluschrott	kg	955,0	0,85	205.329.300	175	78
Primäraluminium	kg	150,0	1,41	32.250.000	45	20
Industriestrom	GJ	0,4	28,29	79.550	2	1
Industriierdgas	GJ	3,5	2,86	758.950	2	1
Output	t	1,0			224	100
<i>Prozess 2 (50%)</i>						
Aluschrott	kg	788,6	0,85	169.552.225	144	73
Primäraluminium	kg	150,0	1,41	32.250.000	45	23
Industriestrom	GJ	0,9	28,29	191.350	5	3
Industriierdgas	GJ	3,8	2,86	819.150	2	1
Output	t	1,0			197	100
Aluminiumproduktion 2014	t	430.000	980		422	

Q: UBA, 2010, IEA-Datenbank, WIFO Berechnung.

In Abbildung 6: Bruttowertschöpfungseffekte Aluminiumrecycling Abbildung 6 und Abbildung 7 werden die ökonomischen Effekte dargestellt, die das Recycling von Aluminium im Jahr 2014 ausgelöst hat. Da Österreich Nettoimporteur von Aluminiumschrott ist trägt der Außenhandel negativ zu den Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten bei. Dieser Effekt wird jedoch wettgemacht durch die Nutzung des heimischen Aluminiumschrotts als Ressource und die durch die inländische Aluminiumproduktion ausgelöste Aktivität entlang der Produktionskette. Unter Berücksichtigung aller Folgeeffekte die im WIFO.DYNK Modell berechnet werden, werden durch das Recycling von Aluminium ca. 553 Mio. € an Wertschöpfung generiert, das entspricht 0,18% des österreichischen BIP und ca. 4.044 Personen beschäftigt (0,11% der Beschäftigten).<sup>12)</sup> Von den Effekten profitiert in erster Linie die Branche der Warenherstellung, die auch die Aluminiumproduktion beinhaltet, jedoch über die Verflechtung der Produktion auch andere Branchen erreicht, wie man in Abbildung 8 erkennt. Die Effekte auf die Beschäftigung nach Sektoren fallen heterogener aus, was auf die unterschiedlichen Arbeitsintensitäten der Branchen zurückzuführen ist. Hier profitiert in erster Linie der Handel (737), gefolgt von der Warenherstellung (565) und dem Recyclingsektor (541). Aber auch die Sektoren Bau (354) und Beherbergung und Gastronomie (334) ziehen einige Beschäftigung auf sich. Grund dafür ist, dass der Handel im privaten Konsum als wesentlicher Treiber der induzierten Effekte eine größere Rolle spielt als in den

<sup>12)</sup> Zum Größenvergleich: Die direkte Wertschöpfung der Aluminiumbranche betrug 2014 ca. 419 Mio. € und die direkte Beschäftigung ca. 4.200 Beschäftigungsverhältnisse (vgl. Kapitel 2).

Vorleistungsbeziehungen (direkte und indirekte Effekte). Relativ große Zuwächse durch die Einbeziehung von induzierten Effekten finden sich auch in den privaten Dienstleistungen.

Auch bei Aluminium wurde aufgrund von Preisvolatilitäten eine Sensitivitätsanalyse wie bei der Stoffgruppe Eisen und Stahl durchgeführt, wobei sich die Preisvariation am (Sub-) Preisindex von Buntmetallen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) orientiert (siehe Abbildung 5). Es wurde eine Erhöhung des Primäraluminiumpreises c. p. in Höhe von 43% modelliert. Dies entspricht einer Abweichung des Maximalwertes für Buntmetalle (Februar 2011) im Vergleich zum Durchschnittspreis des Jahres 2014 lt. BGR Index. Eine Abweichung nach unten wurde nicht modelliert, da der Durchschnittspreis 2014 den niedrigsten Wert innerhalb des Betrachtungszeitraumes darstellt. Demnach erhöhen sich die Wertschöpfungseffekte auf 947 Mio. € (+71%) und die Beschäftigungseffekte auf 5.653 Beschäftigungsverhältnisse (+40%). Auch anhand dieser Analyse wird der beachtliche Einfluss der Rohstoffpreise auf die volkswirtschaftliche Bedeutung der Recyclingwirtschaft deutlich.

Abbildung 6: Bruttowertschöpfungseffekte Aluminiumrecycling, 2014

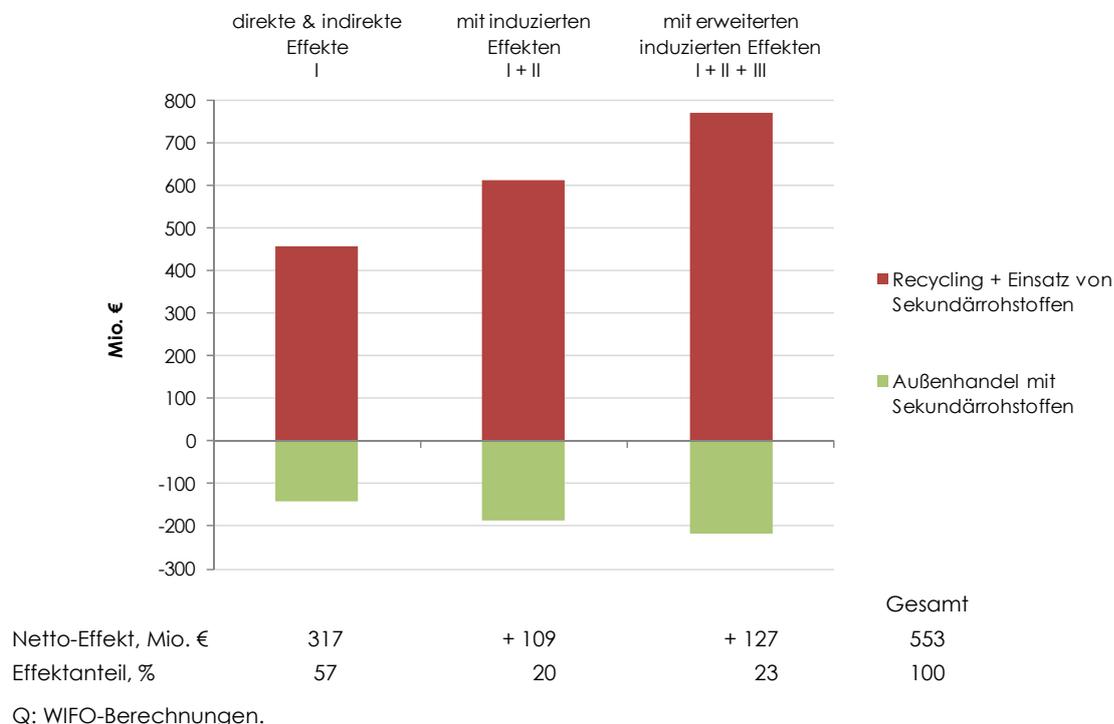


Abbildung 7: Beschäftigungseffekte Aluminiumrecycling, 2014

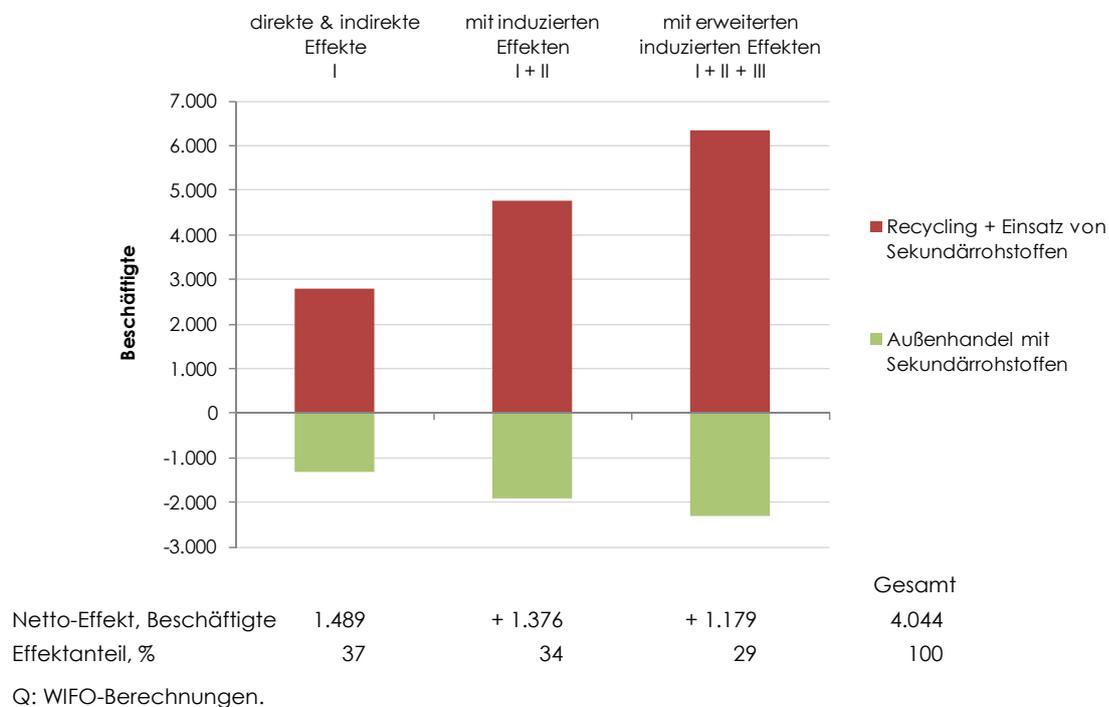
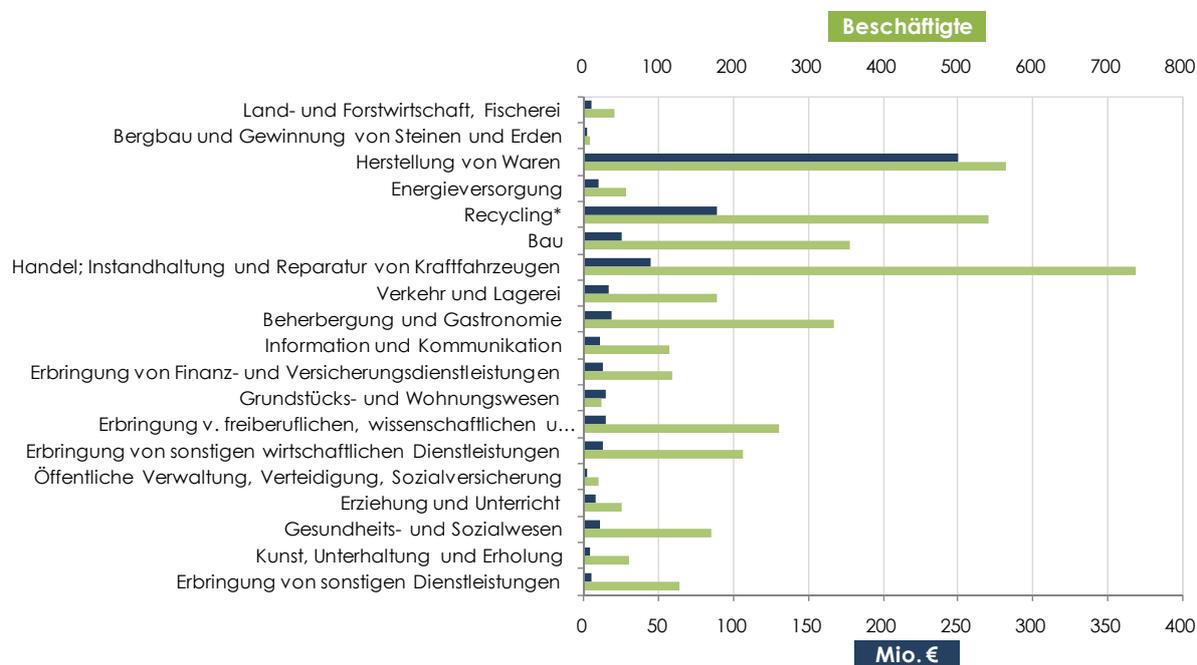


Abbildung 8: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Aluminiumrecycling, 2014



Q: WIFO-Berechnungen. \*Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung, Beseitigung v. Umweltverschmutzungen

### 3.5 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Papierrecycling

Altpapier ist nach Eisen- und Stahlschrott physisch und monetär der zweitgrößte Posten der österreichischen Recyclingindustrie. In 2014 wurden 1,4 Mio. t in Österreich gesammelt und netto ca. 850.000 t importiert. Somit standen über 2,2 Mio. t Altpapier für die Papierproduktion zur Verfügung, was bei einer Produktion von 4,8 Mio. t einem Anteil von Sekundärrohstoff an der Produktion in Höhe von 47% entspricht. Bei einem durchschnittlichen Altpapierpreis von 110 €/t (lt. Austropapier) kann man erahnen, dass der Wegfall des Altpapierrecyclings eine signifikante ökonomische Auswirkung haben kann.

Analog zum Glasrecycling wurde hier nicht zwischen den vielen Papiertypen und Qualitäten unterschieden, sondern die Papierindustrie als Ganzes betrachtet. Ebenfalls wurde davon ausgegangen, dass für die Papierproduktion ohne Altpapier keine alternative Technologie mit gravierend anderen Kapitalgütern und anderem Arbeitseinsatz angesetzt werden muss, um die gleiche Menge Papier zu produzieren. Das heißt, es wurde der spezielle Materialeinsatz für die Fälle der Papierproduktion mit und ohne Altpapier ermittelt und in das WIFO.DYNK übertragen. Da im UBA-Bericht (UBA, 2010) das Papierrecycling nicht beschrieben ist, musste hier auf den Branchenbericht der österreichischen Papierindustrie (Austropapier, 2016a, Tabelle 9) zurückgegriffen werden. Dabei werden nur die zentralen Stoffe, die zur Papierproduktion notwendig sind, berücksichtigt. Das sind Holz (Fichte), Holzzellstoff, Wasser

und Strom. Laut Branchenbericht wurden 2014 7,9 Mio. Festmeter Holz, 1,98 Mio. t Zellstoff, 2,3 Mio. t Altpapier, 112 Mio. m<sup>3</sup> Wasser und ca. 16 TWh Strom für die Produktion der 4,8 Mio. t Papier eingesetzt. Im Counterfactual wurde der Einsatz von Altpapier eins zu eins durch Holz und Holzzellstoff ersetzt. Das Verhältnis zwischen Holz und Holzzellstoff wird als konstant angenommen. Es wird angenommen, dass im Counterfactual die zusätzlich nachgefragte Holzmenge nicht von der heimischen Forstwirtschaft, sondern durch Importe gedeckt wird. Dies hat nicht zu vernachlässigende Auswirkungen auf die ökonomischen Effekte des Recyclings, da die angenommenen Preise für Holz (Fichte) mit (45 €/fm) und Zellstoff (680 €/t) beachtlich sind.

In Abbildung 9 ist die negative Auswirkung der Altpapierimporte erkennbar. Die ökonomischen Effekte des Sammelns und die Verwertung des Altpapiers in der Produktion überwiegen jedoch deutlich und so liegen die netto Effekte bei etwas unter 390 Mio. € Bruttowertschöpfung und bei rund 3.500 Beschäftigten unter Berücksichtigung der gesamten Folgeeffekte (Abbildung 9, Abbildung 10).<sup>13)</sup> Nach Sektoren betrachtet profitiert die Herstellung von Waren, worunter auch die Papierindustrie fällt, am stärksten. Die Effekte auf die Beschäftigung nach Sektoren fällt heterogener aus als bei der Wertschöpfung, was an den verschiedenen Beschäftigungsintensitäten der einzelnen Wirtschaftsbranchen liegt (Abbildung 11). Insbesondere der Handel tritt positiv in Erscheinung. Ein Grund hierfür ist wie in den vorangegangenen Analysen, dass es sich bei der Darstellung der sektoralen Effekte um die Gesamteffekte handelt, die die Folgeeffekte des Konsums der privaten Haushalte (über das verfügbare Einkommen), der Investitionen (über die Wertschöpfung) und des öffentlichen Konsums (über Steuereinnahmen) beinhalten und der Warenkonsum meist über den Handel abgewickelt wird.

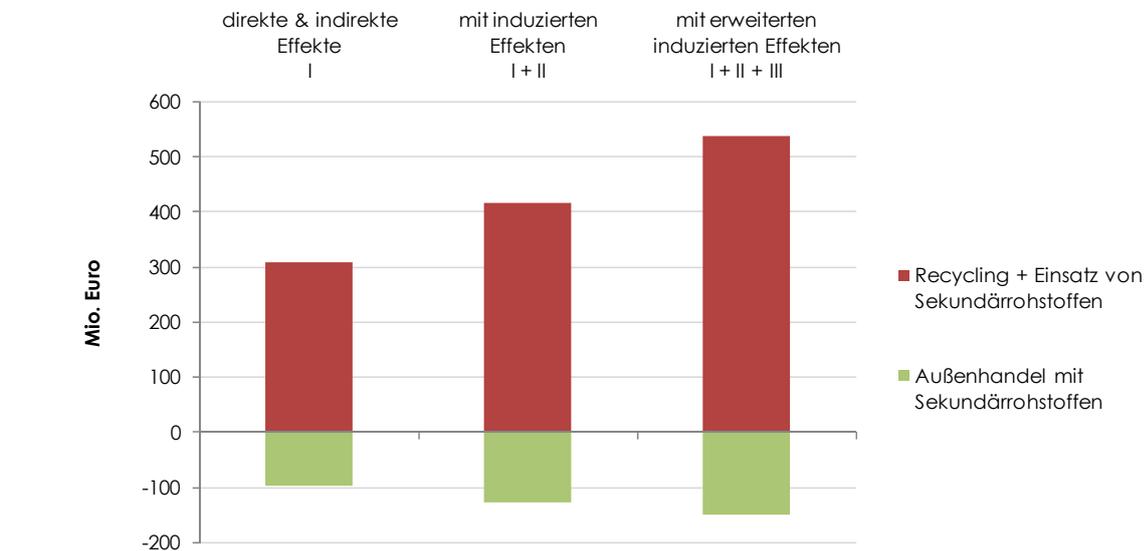
Tabelle 9: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärpapierproduktion

Input für eine Tonne Output				Material- und Energieeinsatz in Produktion 2014	Wert in Mio. €	Wert in %
	Einheit	Einsatz	€/Einheit			
Holz (Fichte)	t	1,303	50,00	8.871.111	444	12
Zellstoff	t	0,290	680,00	1.978.000	1.345	36
Altpapier	t	0,333	110,00	2.266.341	249	7
Wasser	t	16,449	0,96	112.000.000	107	3
Industriestrom	GJ	8,402	28,29	57.211.200	1.618	43
Output	t	1,0			3.763	100
Papierproduktion 2014	t	4.865.000				
Zellstoffproduktion 2014	t	1.944.000				
Papier- und Zellstoffproduktion 2014	t	6.809.000	552,70		3.763	

Q: Austropapier, 2016a, IEA, Datenbank, WIFO Berechnung.

<sup>13)</sup> Zum Größenvergleich: Die direkte Wertschöpfung der Papierbranche betrug 2014 ca. 852,5 Mio. € (vgl. Kapitel 2).

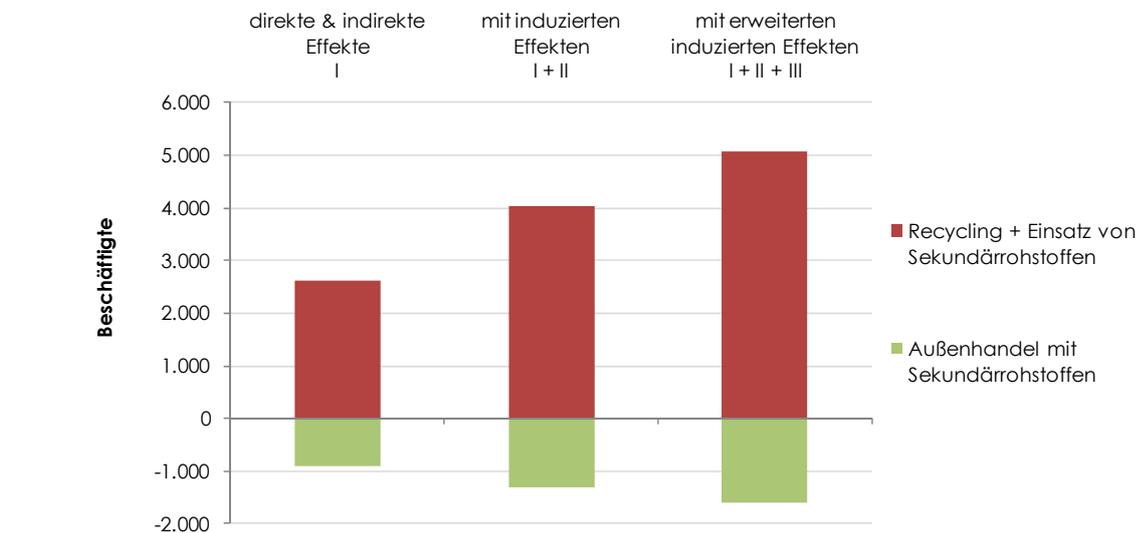
Abbildung 9: Bruttowertschöpfungseffekte Papierrecycling, 2014



	direkte & indirekte Effekte I	mit induzierten Effekten I+II	mit erweiterten induzierten Effekten I+II+III	Gesamt
Netto-Effekt, Mio. €	211	+ 79	+ 98	388
Effektanteil, %	54	20	25	100

Q: WIFO-Berechnungen.

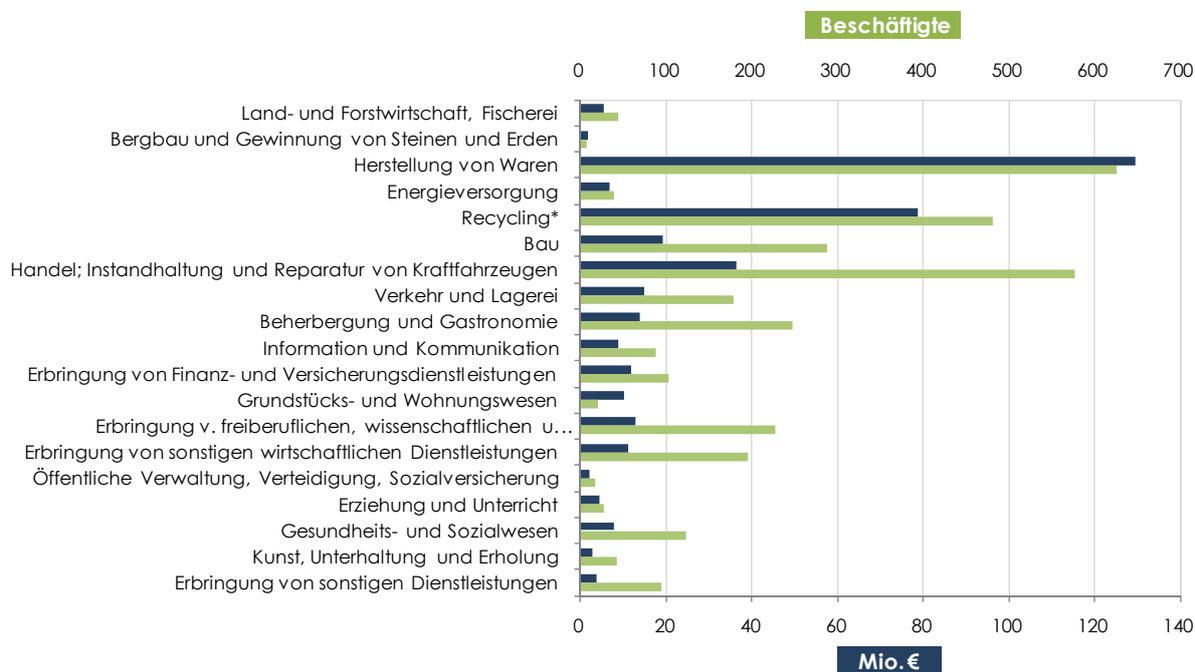
Abbildung 10: Beschäftigungseffekte Papierrecycling, 2014



	direkte & indirekte Effekte I	mit induzierten Effekten I+II	mit erweiterten induzierten Effekten I+II+III	Gesamt
Netto-Effekt, Beschäftigte	1.754	+ 1.005	+ 725	3.484
Effektanteil, %	50	29	21	100

Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 11: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Papierrecycling, 2014



Q: WIFO-Berechnungen. \*Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung, Beseitigung v. Umweltverschmutzungen.

Da es sich bei Holz und Zellstoff ebenfalls um international gehandelte Güter handelt, bei denen die Preise mitunter starken Schwankungen unterworfen sind, wurde auch für das Papierrecycling eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Da die Preise für Zellstoff lt. Preisentwicklung des Global Economic Monitor der World Bank (2015) ebenso wie die Preise für Faserholz (Fichte) gemäß der Land- und forstwirtschaftlichen Erzeugerstatistik der Statistik Austria im Jahr 2014 bereits auf hohem Niveau liegen und bezogen auf den Betrachtungszeitraum Jänner 2010 bis Dezember 2014 kein höherer Referenzwert für eine Sensitivitätsanalyse vorliegt, werden die Preise für Holz und Zellstoff jeweils pauschal um 10% erhöht, um so den Einfluss der Primärrohstoffpreise auf die ökonomischen Kennzahlen des Recyclings zu testen. Demnach erhöhen sich die Wertschöpfungseffekte auf 451 Mio. € (+16%) und die Beschäftigungseffekte auf 3.773 Beschäftigungsverhältnisse (+8%). Die Sensitivitätsanalyse stützt auch in dieser Stoffgruppe die Aussage, dass Recycling und der Einsatz von Sekundärrohstoffen bei höheren internationalen Rohstoffpreisen deutlichere wirtschaftliche Effekte erzielen.

### 3.6 Annahmen, Daten und Modellergebnisse Glasrecycling

Altglas ist mit einem Aufkommen von ca. 317.000 t und einem Preis von 48,7 €/t das wirtschaftlich am wenigsten bedeutende Recyclingmaterial. Jedoch ist es die einzige der untersuchten Stoffgruppen welche in 2014 positive Nettoexporte aufweist.

Eine spezifische Unterscheidung der Glastypeen (Flachglas, Grünglas, Weißglas o.ä.) konnte aus Datengründen nicht durchgeführt werden. Für das Counterfactual der vorliegenden Studie wurde ausschließlich der Altglaseinsatz in der Produktion von Hohlglas betrachtet, da dieser bei Weitem der größte Abnehmer der Sekundärrohstoffe ist. 2014 wurden dort 216.000 t Altglas verarbeitet, was bei einer inländischen Rohglasherstellung von 423.359 t einem Sekundärrohstoffanteil von ca. 51% entspricht.

Im Zuge dieser Studie konnten keine Informationen oder Studien recherchiert werden die darauf hindeuten, dass in der Hohlglasproduktion eine andere Technologie eingesetzt werden müsste, wenn kein Altglas, sondern nur lediglich 5% Eigenscherven in der Produktion eingesetzt würden (Primärproduktion). Daher wurde für das Counterfactual allein ein alternativer Mix an Einsatzgütern jedoch kein Technologiewechsel ermittelt. Zur Berechnung dieses Mix wurden die im UBA Bericht (2010, Tabelle 10) beschriebenen physischen Mengen als Grundlage verwendet. In diesem Bericht sind zwei Prozesse beschrieben die die Glasproduktion mit 80% und mit 5% Scherbenanteil beschreiben. Als Ist-Zustand wird die Österreichische Produktion (mit 51% Scherbenanteil) angenommen, während für das Counterfactual "no-recycling" ein Scherbenanteil von 5% festgelegt wird. Die physischen Einsatzmengen bei 51%-Scherbenanteil werden durch die Kombination der beiden Technologien (80% und 5% Scherbenanteil) berechnet. Die Änderung in den monetären Inputs vom Ist-Zustand hin zum Counterfactual wird in das WIFO.DYNK übertragen.

Durch die relativ geringen Preise und Mengen des Altglasrecyclings fallen die wirtschaftlichen Effekte entsprechend gering aus wie man in Abbildung 12 und Abbildung 13 erkennen kann. Zwar trägt der Nettoexport des Sekundärglases positiv zum wirtschaftlichen Ergebnis bei, der Gesamteffekt weist aber in Summe lediglich knapp 12 Mio. € (gerundet) an Bruttowertschöpfung bzw. 120 zusätzliche Beschäftigungsverhältnisse auf.<sup>14)</sup>

---

<sup>14)</sup> Zum Größenvergleich: Die direkte Wertschöpfung der Glasbranche betrug 2014 ca. 132 Mio. € und die direkte Beschäftigung ca. 1.510 Beschäftigungsverhältnisse (vgl. Kapitel 2).

Tabelle 10: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärglasproduktion

Input für eine Tonne Output

	Einheit	Einsatz	€/Einheit	Material- und Energieeinsatz in Produktion 2014	Wert in Mio. €	Wert in %
<i>Sekundärproduktion 58 %</i>						
Altglas	kg	880,0	0,05	216.082.434	10,5	62
Sand	kg	165,0	0,02	40.515.456	0,6	4
Kalk	kg	45,0	0,15	11.049.670	1,7	10
Natriumcarbonat	kg	47,0	0,00	11.540.766	0,0	0
Industrieerdgas	GJ	4,9	2,86	1.212.517	3,5	21
Sonstiger Materialeinsatz	kg	16,0	0,16	3.928.772	0,6	4
Output	t	1,0			16,8	100
<i>Primärproduktion 42 %</i>						
Altglas	kg	65,0	0,05	11.557.701	0,6	5
Sand	kg	750,0	0,02	133.358.085	2,0	16
Kalk	kg	210,0	0,15	37.340.264	5,6	46
Natriumcarbonat	kg	220,0	0,00	39.118.372	0,1	0
Industrieerdgas	GJ	5,9	2,86	1.044.638	3,0	24
Sonstiger Materialeinsatz	kg	38,0	0,15	6.756.810	1,0	8
Output	t	1,0			12,2	100
Produktion 2014						
Hohlglas, Sekundär	t	245.548				
Hohlglas, Primär	t	177.811				
Insgesamt	t	423.359	68,50		29,0	

Q: UBA, 2010, WIFO Berechnungen.

Durch den Wegfall des Einsatzes von Recyclingmaterial steigert sich die Nachfrage nach den zentralen Produktionsgütern wie Quarzsand, Kalk, Dolomit und Soda. Es wurde angenommen, dass 45% der in der Primärproduktion eingesetzten Rohstoffe importiert werden. Dadurch, dass im Counterfactual auch die heimische Produktion in der Bergbaubranche und der verarbeitenden Industrie (Herstellung von Waren) angekurbelt wird, ergibt sich hier ein kompensierender Effekt, d.h. durch einen hypothetischen Wegfall des Recyclings entsteht Beschäftigung in den betreffenden heimischen Branchen. Abbildung 14 weist die sektoralen Endeffekte des Glasrecyclings aus. Durch das Glasrecycling werden die heimischen Bergbauaktivitäten und in geringerem Ausmaß der Energieversorgungssektor in der Wirtschaftsaktivität und Beschäftigung reduziert und in der Folge auch der Sektor der Herstellung von Waren negativ beeinflusst. Positive Effekte des Glasrecyclings sind in erster Linie im Recyclingsektor zu verzeichnen und über die induzierten Effekte auch im Handel und Bausektor. Da die Rohstoffe der Glasproduktion überwiegend heimisch gehandelt werden, wurde an dieser Stelle auf eine Sensitivitätsanalyse verzichtet.

Abbildung 12: Bruttowertschöpfungseffekte Glasrecycling, 2014

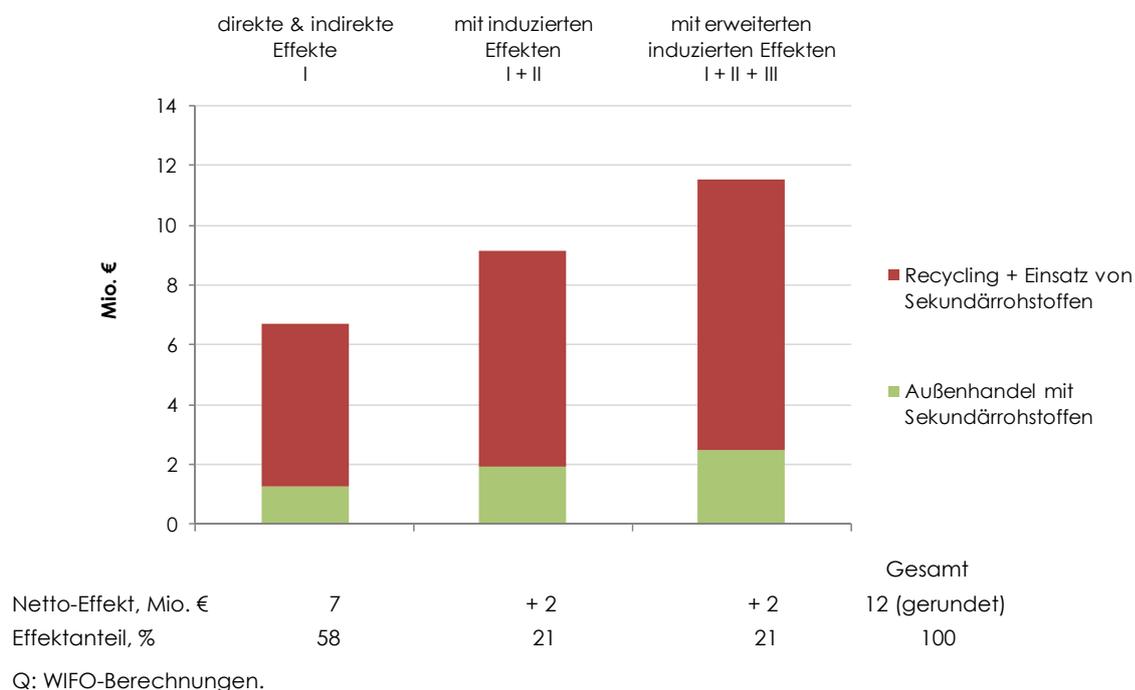


Abbildung 13: Beschäftigungseffekte Glasrecycling, 2014

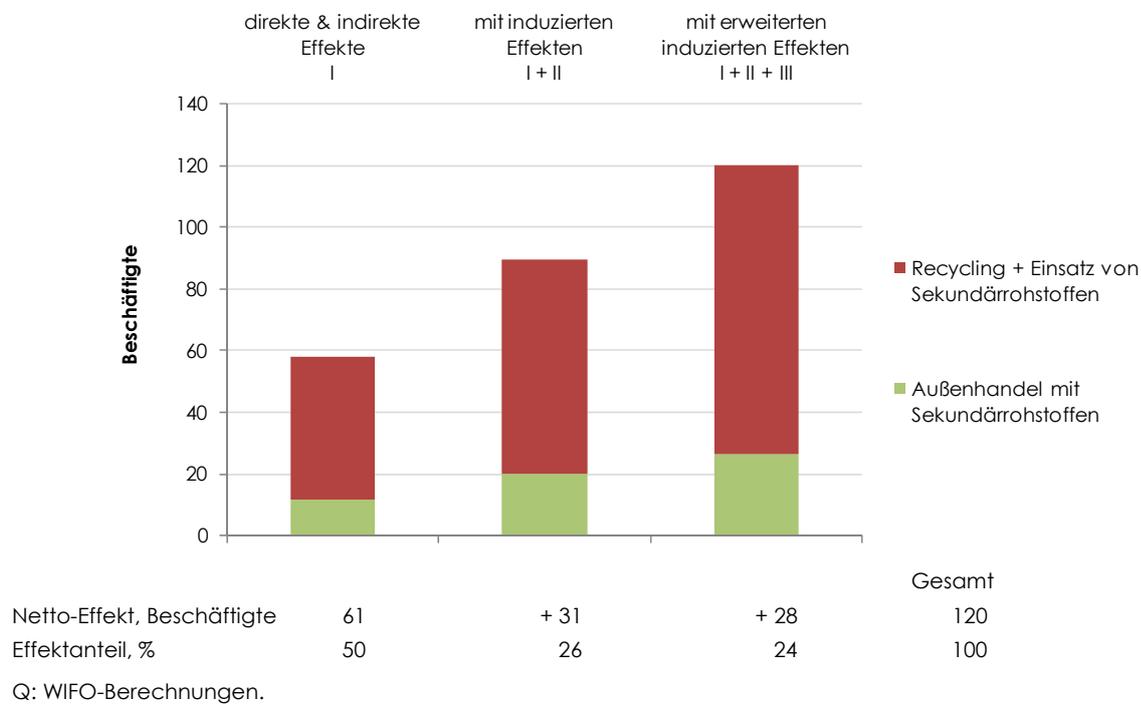
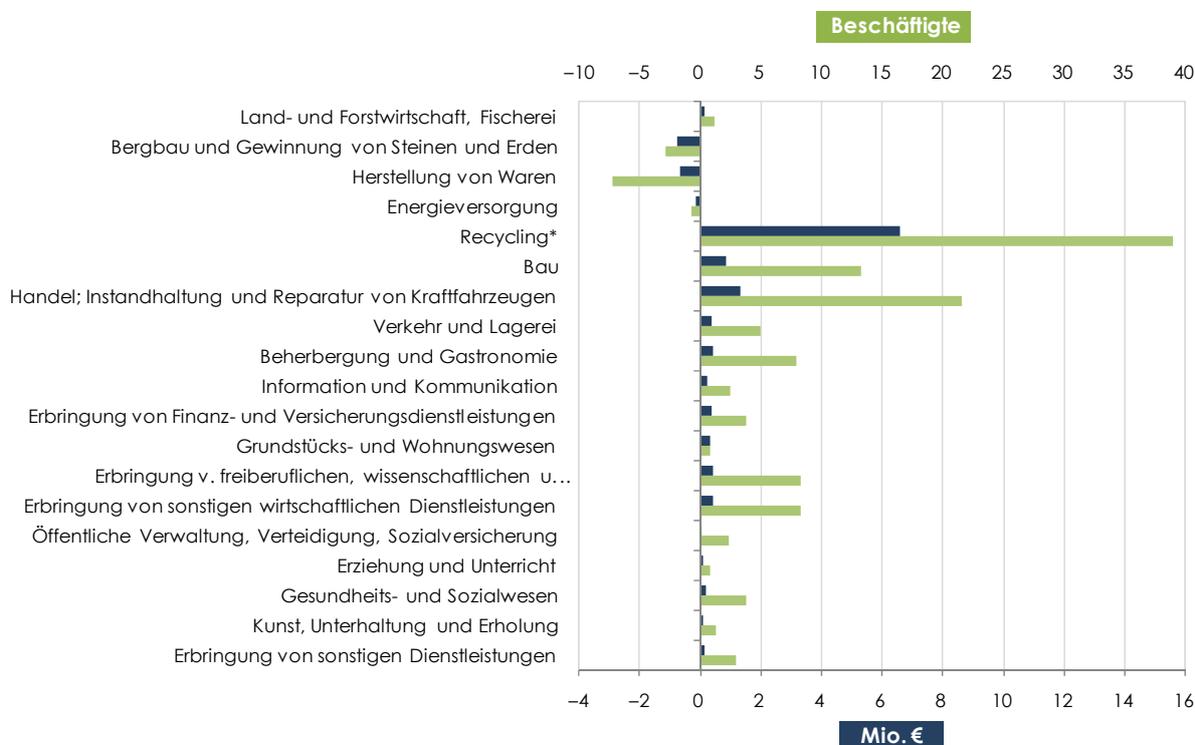


Abbildung 14: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte Glasrecycling, 2014



Q: WIFO-Berechnungen. \*Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung, Beseitigung v. Umweltverschmutzungen

### 3.7 Gesamtergebnisse

Die Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte aller untersuchten Stoffgruppen sind in der Abbildung 15 und Abbildung 16 dargestellt. Demnach erwirtschaftet die Recyclingwirtschaft repräsentiert durch die hier analysierten Stoffgruppen netto einen BIP Effekt in Höhe von 0,52% oder 1,7 Mrd. €. Die Beschäftigungseffekte belaufen sich auf 14.759 Beschäftigungsverhältnisse oder 0,38% der Gesamtbeschäftigung. Der größte wirtschaftliche Effekt geht von dem Einzeleffekt der Substitution der Sekundärrohstoffe aus, während der Außenhandel mit Sekundärrohstoffen aufgrund der österreichischen Position als Nettoimporteur von Sekundärrohstoffen in allen Stoffgruppen bis auf Glas einen negativen Effekt auf die Wirtschaftsleistung ausübt. Dem könnte durch ein erhöhtes Aufkommen an Sekundärrohstoffen in der heimischen Wirtschaft entgegen gewirkt werden.

Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigen die Gesamteffekte differenziert nach einzelnen Stoffgruppen. Der größte wirtschaftliche Effekt ergibt sich durch das Recycling der Metalle Eisen- und Stahl sowie Aluminium, gefolgt von Papier. Das Recycling von Glas bewirkt einen vergleichsweise geringen wirtschaftlichen Effekt, da hier sowohl geringe Mengen als auch geringe Preise wirken und ein Teil der Primärrohstoffe im Inland abgebaut wird.

Abbildung 15: Bruttowertschöpfungseffekte aller Stoffgruppen nach Einzeleffekten, 2014

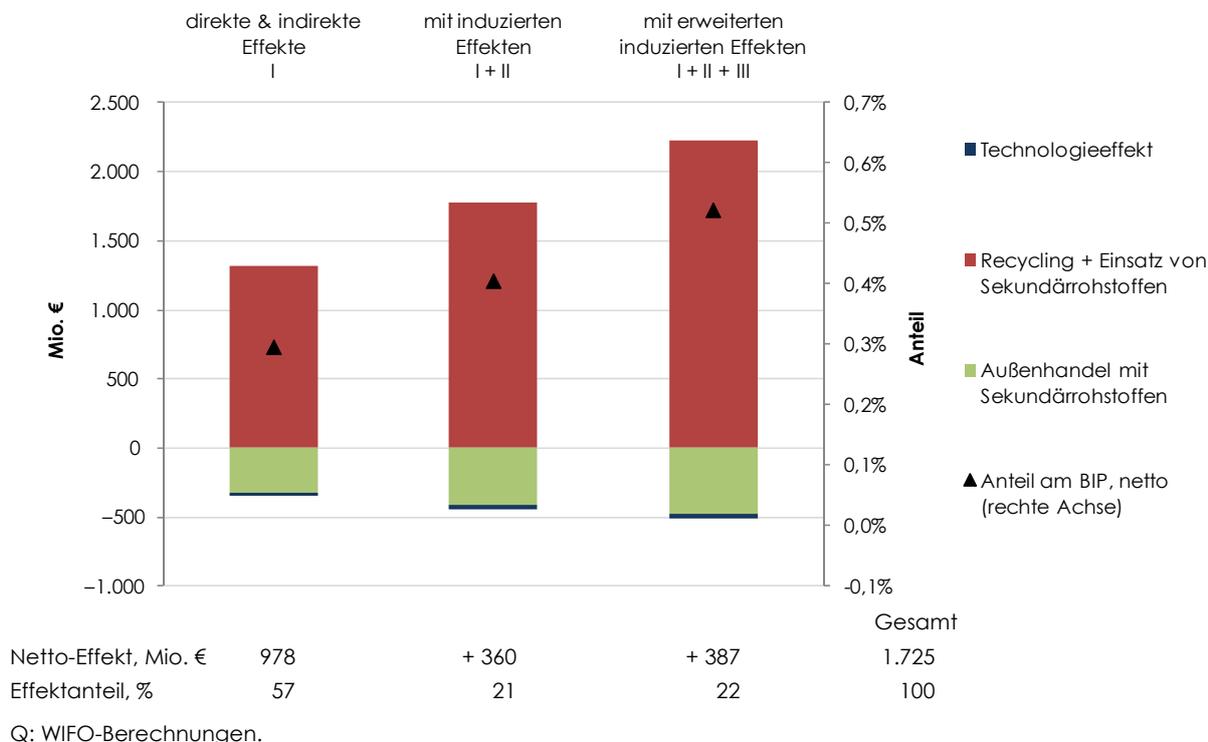


Abbildung 16: Beschäftigungseffekte aller Stoffgruppen nach Einzeleffekten, 2014

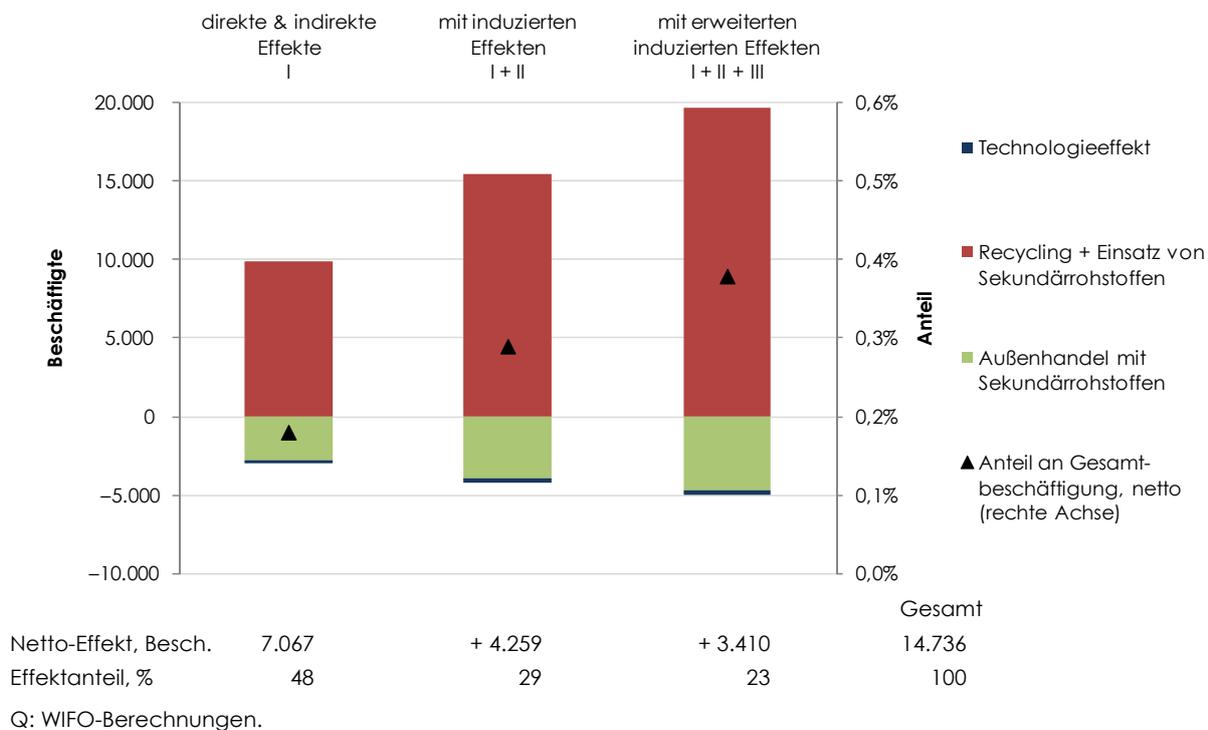
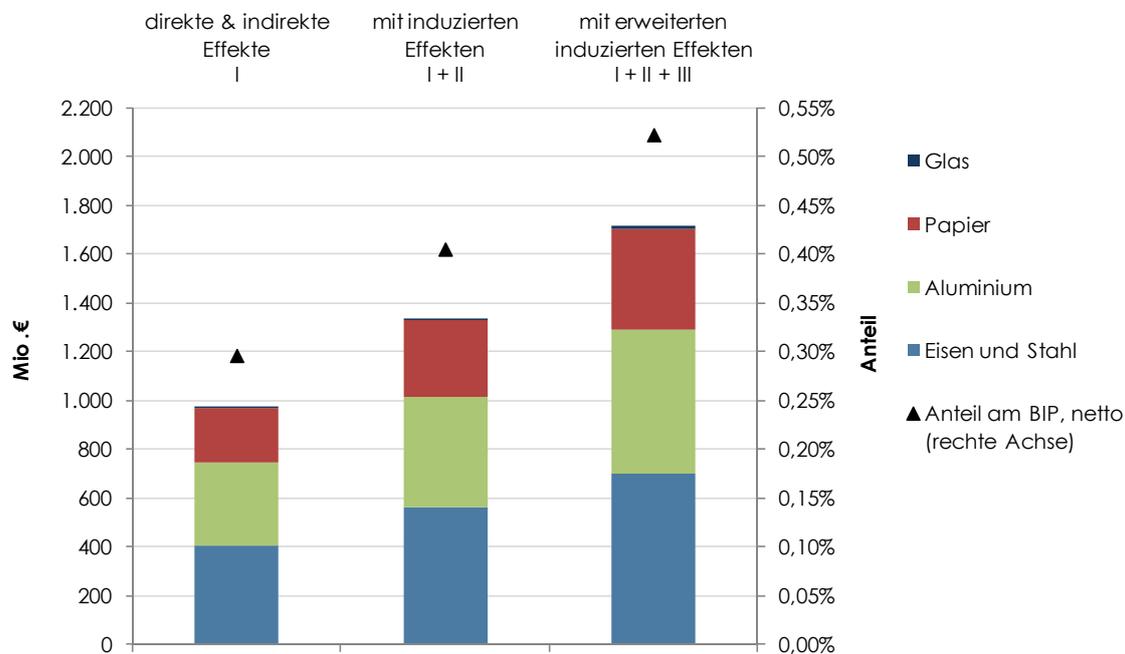
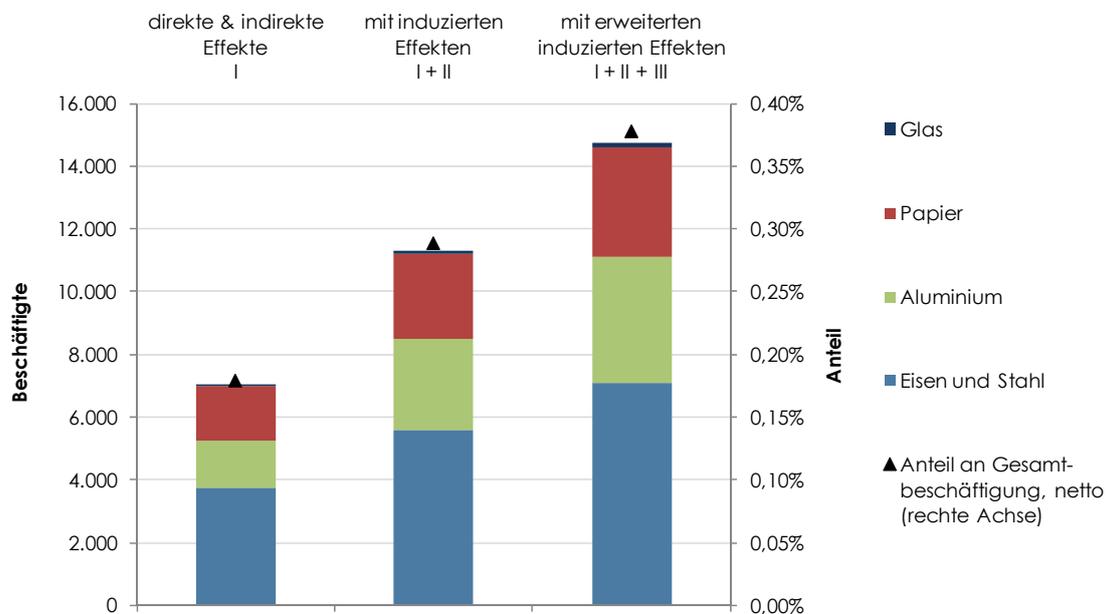


Abbildung 17: Bruttowertschöpfungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014



Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 18: Beschäftigungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014

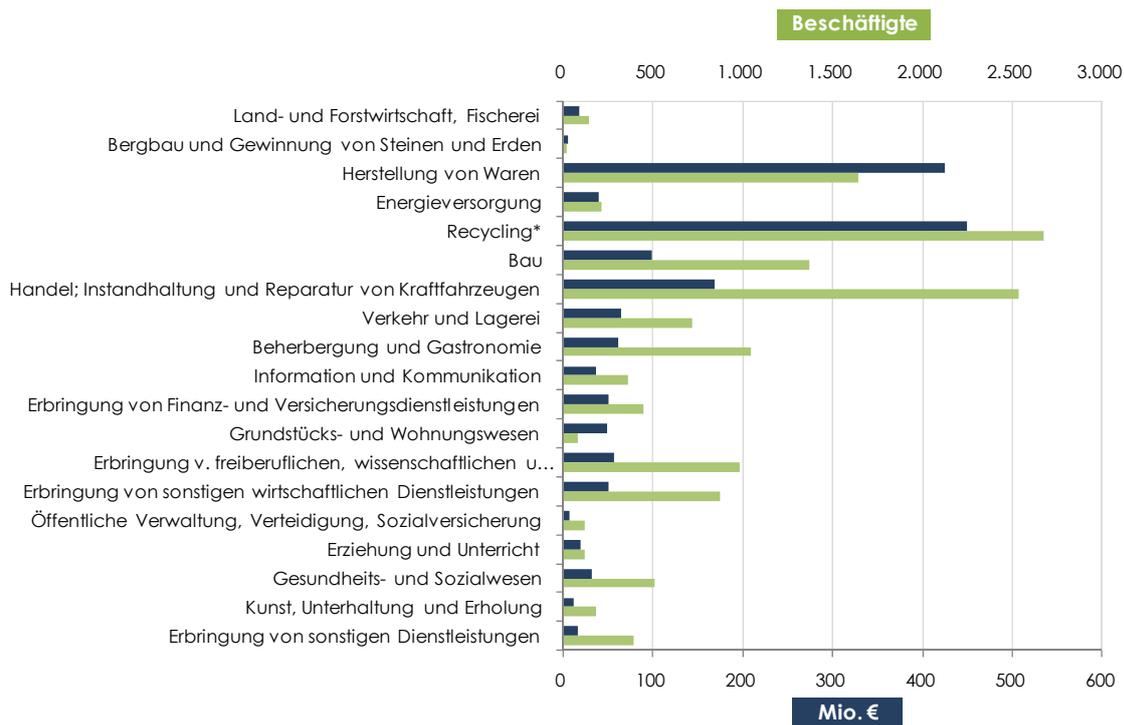


Q: WIFO-Berechnungen.

Dies wirkt sich kompensierend auf die wirtschaftlichen Effekte der Recyclingaktivitäten aus. Das heißt in der Folge, dass die wirtschaftlichen Effekte des Recyclings umso größer ausfallen, je abhängiger die Wirtschaft von Rohstoffimporten ist und je hochpreisiger die importierten Rohstoffe sind.

Die sektoralen Gesamteffekte sind im Recyclingsektor (ÖNACE 38) mit einer Wertschöpfung in Höhe von 450 Mio. € am höchsten, gefolgt von der Branche der Warenherstellung (424 Mio. €) und dem Handel (169 Mio. €). Im Bereich der Beschäftigung liegt der Recyclingsektor ebenfalls vorne mit einer Beschäftigung in Höhe von 2.675 Beschäftigungsverhältnissen, gefolgt vom Handel mit 2.543, und der Sachgütererzeugung mit 1.641 Beschäftigungsverhältnissen. Aber auch andere Branchen wie der Bau und das Gaststättengewerbe profitieren letztlich von einer gesteigerten wirtschaftlichen Leistung, höheren Einkommen und höheren Konsumausgaben ebenso wie die freiberuflichen Leistungen und sonstigen Dienstleistungen.

Abbildung 19: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte gesamt, 2014



Q: WIFO-Berechnungen. \*Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung, Beseitigung v. Umweltverschmutzungen

## 4 Umwelteffekte der Recyclingwirtschaft

Anders als eine Kreislaufwirtschaft, die über Produktdesign und Rückführung von Ressourcen den Ressourcenverbrauch minimiert, folgt die aktuelle Wirtschafts- und Konsumweise zu großen Teilen einem linearen Modell, in dem Ressourcen gewonnen, verarbeitet, verwendet und letztlich als Abfall entsorgt werden. Am Ende eines solchen Lebenszyklus werden Abfälle typischerweise durch Müllverbrennung (thermische Verwertung) oder Deponierung<sup>15)</sup> entsorgt. In beiden Fällen werden Materialien vernichtet. Zumindest bei der thermischen Verwertung wird noch Nutzenergie gewonnen.

Das Recycling von Abfällen und Altstoffen, insbesondere von Metallen, Glas, und Papier wird von bedeutenden positiven ökologischen Effekten begleitet. Durch getrennte Sammlung, Aufbereitung und Transport von derartigen Wertstoffen zu Recycling- und Produktionsanlagen wird die in weiterer Folge verbleibende Abfallmasse zur Deponierung und Verbrennung wesentlich reduziert. Negative Umweltauswirkungen, welche sich z.B. durch Abluft- oder Abwasseremissionen bei der Deponierung und Verbrennung von Abfällen ergeben, werden dadurch vermindert. Insgesamt umfasste der Sektor Abfallwirtschaft im Jahr 2014 etwa 4,1% der österreichischen Treibhausgasemissionen (gesamte Treibhausgasemissionen Österreichs in 2014: 76,3 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent, UBA, 2016c).

Durch den Einsatz von Abfällen und Altstoffen in Produktionsprozessen und die Substitution von Primärressourcen werden der Energieverbrauch und allfällige negative Umweltauswirkungen in der gesamten Vorkette der Erzeugung der Primärressourcen reduziert. Unter anderem werden dabei Treibhausgasemissionen im Bereich der Primärherstellung von Produkten eingespart.

Nationale und europäische Rahmenbedingungen lenken die Abfallwirtschaft zunehmend in eine Kreislaufwirtschaft. Das jüngst verabschiedete Kreislaufwirtschaftspaket der europäischen Kommission (COM/2015/0614 final) sieht z.B. eine Erhöhung der Recyclingquoten für Siedlungsabfälle, Verpackungsabfälle und mineralische Baurestmassen vor. Dies soll neben einer verstärkten Rückführung von Wertstoffen in industrielle Prozesse auch eine Reduzierung der gesamtheitlichen Umweltbelastungen in der gesamten Wertschöpfungskette bewirken.

Die nachfolgend beschriebenen Substitutionseffekte und allfällige Belastungen beziehen sich auf die in der Studie betrachteten Abfall- und Materialströme und geben einen kurzen Überblick über deren bedeutende ökologische Effekte bei Recycling bzw. alternativer Behandlung.

### 4.1 Substitutionseffekte durch Recycling

Recycling bzw. die Produktion auf der Basis von Sekundärrohstoffen hat beträchtliche ökologische Vorteile gegenüber einer Primärproduktion. Bei den Materialströmen Eisen und

---

<sup>15)</sup> In Österreich ist die Deponierung seit 2009 verboten, sie wird jedoch in anderen europäischen Ländern noch intensiv genutzt (BMLFUW, 2015b).

Stahl, Papier und Glas (Hohlglas) gibt es in Österreich sowohl eine Primär- als auch eine Sekundärproduktion. Für manche Materialien, wie etwa Aluminium, erfolgt in Österreich keine Primärproduktion. Dies ist bei der Beurteilung der ökologischen Vorteile des Recyclings zu berücksichtigen, d.h. der Fokus bzw. die Systemgrenzen sind nicht nur auf Österreich zu legen, sondern es ist auch der Ort der Primärproduktion, wo die tatsächlichen Vorteile zum Tragen kommen, in die Betrachtung mit einzubeziehen.

#### *Eisen und Stahl*

Das Recycling von Altschrotten in der Stahlindustrie hat in Österreich lange Tradition. Die Einsparung von Rohstoffen und Energie im Vergleich zur ausschließlichen Primärherstellung bewirken einen maßgeblichen positiven ökologischen Effekt und machen den begleitenden Energie- und Transporteinsatz zur Bereitstellung der Schrottqualitäten im Bereich der Abfallwirtschaft bei Weitem wett.

Die Primärproduktion von Stahl erfolgt in Österreich über die integrierte Hochofenroute. Dabei können bis zu 30% Schrott zugegeben werden. Bei einem Einsatz von 30% Schrott sinken die CO<sub>2</sub>- und THG-Emissionen um ca. 20% je Tonne erzeugtem Rohstahl (CO<sub>2</sub> –443,5 kg/t, THG – 481 kg/t). Die Elektrostahlerzeugung ist ein Verfahren zur Sekundärproduktion, bei dem als Eisenträger in den meisten Fällen ausschließlich Schrott eingesetzt wird, und nur in Ausnahmefällen auch direkt reduziertes Eisen oder Roheisen aus dem Hochofen. Bei einem Einsatz von 100% Schrott sinken die CO<sub>2</sub>- und THG -Emissionen gegenüber der reinen Primärproduktion im Hochofen um ca. 84% je Tonne erzeugtem Rohstahl (CO<sub>2</sub> –1.895 kg/t, THG –2.055 kg/t) (UBA 2010).

#### *Aluminium*

Dem Recycling des Material- und Abfallstroms Aluminium werden die größten Substitutionseffekte im Vergleich zur ausschließlichen Primärherstellung zugeschrieben. Dies liegt daran, dass die Primärherstellung mit enormen Energieaufwendungen verbunden ist. Neben dem hohen Energieeinsatz werden bei der Primärproduktion von Aluminium auch relevante Mengen an Schwefeldioxid, Staub und Fluorwasserstoff, Tetrafluormethan und Hexafluormethan emittiert, wobei die beiden letzten Verbindungen langlebige und extrem potente Treibhausgase sind. Hohe Marktpreise und die dadurch bedingte ökonomische Attraktivität haben dazu geführt, dass vor allem Aluminiumschrotte aus industriellen Prozessen Recyclingraten auf sehr hohem Niveau erreichen.

Bei der Sekundärproduktion von Aluminium (bei einem Anteil von 15% Primäraluminium) werden rd. 96 GJ/t des KEA (79%), ca. 6.260 kg/t der CO<sub>2</sub>-Emissionen (80%) und rd. 8.100 kg/t der THG-Emissionen (80%), bezogen auf die Primärherstellung, vermieden. Für bestimmte Anwendungen (z.B. Gusslegierungen) kann Sekundäraluminium auch ohne Primäraluminium-Zusatz erfolgen. In diesem Fall kommt es zu einer Einsparung von 95% beim KEA sowie von 97% bei den Treibhausgasemissionen (UBA 2010).

### *Papier*

Papierrecycling hat mehrere große ökologische Vorteile. Durch den Einsatz von Altpapier werden Sekundärfasern anstelle von Frischzellulose eingesetzt. Papierfasern sind 6- bis 15-mal verwertbar, bevor sie zu kurz oder zu brüchig werden. Dadurch muss weniger Holz zur Verfügung gestellt werden und steht damit anderen Nutzungen, z.B. als erneuerbarer Brennstoff, zur Verfügung. Europaweit stammen rund zwei Drittel der eingesetzten Papierfasern aus Altpapier (Austropapier, 2016b). Für die Herstellung von Recyclingpapier wird nur rund 50% der Energie (ca. 1,75 MWh/t) benötigt im Vergleich zur Herstellung aus Zellstoff (ca. 3,25 MWh/t) (Austropapier, 2016c). Entsprechend geringer ist der Brennstoffeinsatz. Darüber hinaus wird beim Papierrecycling nur ein Siebtel bis ein Drittel der Frischwassermenge benötigt, die bei der Herstellung von Frischfaserpapier eingesetzt wird (UBA 2016b<sup>16</sup>)). Entsprechend fällt auch weniger Abwasser an, das behandelt werden muss.

Papier und Pappe wurden in Österreich bis Ende 2003, und in wesentlich geringerem Ausmaß auch bis Ende 2008 aufgrund von Ausnahmeregelungen einzelner Bundesländer entsprechend österreichischer Deponieverordnung, als Altpapier oder gemischt mit dem Restmüll auf Deponien abgelagert. Papier und Pappe bestehen zu fast 40% aus organischem Kohlenstoff, der zu 50-60% abbaubar ist (IPCC, 2006). In der Österreichischen Treibhausgasbilanz wird ein Abbau von 55% angenommen, bei einer Halbwertszeit von 15 Jahren.

### *Glas – Hohlglas*

Die Primärproduktion von Glas verursacht Emissionen durch den notwendigen Energieeinsatz sowie durch Prozessemissionen, die aus den eingesetzten Karbonaten entstehen. Hinzu kommen Emissionen die in vorgelagerten Produktionsprozessen entstehen.

Nach (UBA, 2010) werden bei der Primärproduktion von Glas insgesamt 829 kg CO<sub>2</sub>/t emittiert. Auf den Glasherstellungsprozess entfallen dabei 513 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Glas, davon sind 325 kg/t durch den Energieverbrauch bedingt und 188 kg/t durch Prozessemissionen. Etwas mehr als ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen (316 kg/t) entsteht in der Vorkette, vor allem in der Sodaherstellung und durch den Abbau der Rohmaterialien, aber auch durch Verdichterstationen für den Erdgastransport.

Der Energieaufwand unter Berücksichtigung des Recyclings sinkt mit dem Scherbeneinsatz um ca. 2,5% je 10% Scherben-Anteil an der Produktion. Der Einsatz von 1 Tonne Scherben verringert den Sodabedarf um 5 Tonnen. Soda wird im Solvayverfahren mit hohem Energiebedarf aus Kochsalz hergestellt. Je erzeugter Tonne Soda fallen 1,04 Tonnen Calciumchlorid als Abfall an (Lechner - Schneider, 2010).

Die Gesamtemissionen bei der Sekundärproduktion liegen bei einem (sehr hohen) Scherbenanteil von 80% bei CO<sub>2</sub> um 354 kg/t und bei den THG-Emissionen um 386 kg/ t unter jenen der Primärproduktion (UBA, 2010). Dabei sind die CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei den Prozess-

---

<sup>16</sup>) [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/faq\\_recyclingpapier\\_0.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/faq_recyclingpapier_0.pdf)

emissionen und der Vorkette, insbesondere der Sodaherstellung, wesentlich bedeutender als die Einsparungen durch den geringeren Energieverbrauch der Glasschmelzwanne.

## **4.2 Begleitende Belastungen in der Abfallwirtschaft**

### *Sammlung und Transport*

Abfallsammlung und Abfalltransport finden in Österreich zu einem großen Anteil per LKW auf der Straße statt. Dabei wird Kraftstoff verbraucht und daraus resultierend kommt es zu Emissionen in die Abluft (vorwiegend CO<sub>2</sub>). Bei längeren Distanzen und bei grenzüberschreitenden Verbringungen in andere Staaten werden auch Bahntransporte und Schifftransporte durchgeführt. Bei elektrifizierten Bahntransporten ist hier nicht die direkte Emission sondern die Vorkette der Energiebereitstellung ausschlaggebend für die Umweltbelastung. Vor allem Altschrotte aber auch Altglas werden häufig per Bahn transportiert.

Generell werden die Umweltbelastungen aus der Abfallsammlung und dem Abfalltransport von mehreren Faktoren wie z.B. Hol- oder Bringsysteme, Behälterart (Sack oder Tonne) oder Abfuhrintervalle maßgeblich beeinflusst. Auch in welcher Form der Abfall anfällt, (z.B. Verpackungen als Hohlkörper oder stückige Stanzrückstände) beeinflusst allfällige Transportmöglichkeiten und Beladungsintensitäten. Diese Faktoren sind regional und je Abfallart sehr unterschiedlich ausgeprägt. Daraus resultierend ergeben sich unterschiedliche Tonnagen, die je LKW-/Bahn-/Schiffahrt transportiert werden können. Im Fall eines LKW-Transportes von Metallen kann eine Beladung je LKW von ca. 25 Tonnen angenommen werden. Werden Metallverpackungen (Hohlkörper) transportiert, sind entsprechend geringer Tonnagen je LKW möglich. Die Umweltbelastungen bei Sammlung und Transport von Abfällen sind vor allem von den Transportkilometern, von der Beladung der Fahrzeuge als auch von der Transporttechnologie abhängig.

### *Deponierung und Ablagerung*

Im Counterfactual-Modell "no-recycling" in Kapitel 3 wird für die Abfallströme Eisen und Stahl, Aluminium und Glas die Deponierung als alternatives hypothetisches Verfahren zum Recycling angenommen. Dies ist damit begründet, dass diese Abfälle aufgrund ihrer spezifischen Heizwerte für eine Verbrennung ungeeignet sind. Bei einer alternativen Deponierung würden zusätzliche Deponievolumina beansprucht sowie in Abhängigkeit der Abfallqualitäten Abluft- und Abwasseremissionen entstehen.

### *Deponievolumina*

2014 wurden ca. 2,3 Mio. Tonnen Eisen und Stahl, 1,4 Mio. t Papier, 0,2 Mio. t Glas und ca. 0,1 Mio. t Aluminium recycelt. Das heißt, dass ohne Recycling rund 4 Mio. t Abfall zusätzlich vorbehandelt, verbrannt oder mechanisch biologisch behandelt, oder direkt deponiert werden müssten.

Eine Gegenüberstellung der derzeit recycelten Abfallmengen mit den freien Deponievolumina ist teilweise hypothetisch, da etwa der im Projekt betrachtete Abfallstrom Altpapier aufgrund der heute geltenden Deponieverordnung keinesfalls mehr abgelagert werden dürfte bzw. nur nach Vorbehandlung.

In Österreich standen im Jahr 2014 rund 150 Mio. m<sup>3</sup> freies Deponievolumen für die Ablagerung von Abfällen zur Verfügung, ein Großteil davon (knapp 88 Mio. m<sup>3</sup>) in Bodenaushubdeponien (BMLFUW, 2015d).

Bei einer Gegenüberstellung von freiem Deponievolumen und den dem Recycling zugeführten Mengen an Altstoffen ist zu berücksichtigen, dass die in Tonnen angegebenen Mengen nicht einfach in Volumen umgerechnet werden können. So hat etwa Altpapier bei einer Sammelmenge von 1 m<sup>3</sup> eine Masse von ca. 100 kg, Metallverpackungen eine noch geringere Masse (ca. 50 – 70 kg/m<sup>3</sup>), hingegen kann bei stückigem Eisen und Stahl die Masse höher als das Volumen sein.

Die österreichische Deponieverordnung unterscheidet fünf Deponieklassen bzw. -unterklassen. Für einige Abfallarten findet dabei eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen statt. Vielfach ist es jedoch so, dass Abfälle je nach Zusammensetzung auf verschiedenen Deponieklassen abgelagert werden könnten.

Insgesamt ist ersichtlich, dass bei Deponierung der derzeit recycelten Abfälle aus Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas (Hohlglas) die derzeit verfügbaren Deponievolumina massiv beansprucht würden, d.h. positiv dargestellt, dass Recycling die Inanspruchnahme von Deponievolumina beträchtlich reduziert.

#### *Abluftemissionen*

Bei der Ablagerung von Abfällen mit hohem organischem Anteil auf Deponien kommt es aufgrund der vorherrschenden anaeroben Verhältnisse im Deponiekörper zur Bildung von Deponiegas, das vor allem aus Methan und CO<sub>2</sub> besteht. Aus Deponien stammten im Jahr 2014 1,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq, dies entspricht etwa 1,8% der nationalen Emissionen. Die betrachteten Abfallströme weisen mit Ausnahme von Papier keine bis geringe organische Anteile auf (UBA, 2016c) und tragen somit auch nur unwesentlich zur Bildung von Deponiegas bei. Auch Papier wird in Abhängigkeit der Qualität (unter der Annahme von trockenen Konditionen in einer Deponie) mit einer Halbwertszeit von rund 15 Jahren zu den "langsam zerfallenden Abfällen" gezählt (IPCC, 2006).

Generell sind Deponien, auf denen Abfälle mit hohem Gasbildungspotential in der Vergangenheit abgelagert wurden, mit Deponiegaserfassungssystemen ausgestattet, wobei die erfasste Deponiegasmenge jedoch deutlich unter der erzeugten Menge liegt. Mit dem Verbot der Deponierung von unbehandelten Abfällen mit hohem organischem Anteil entsprechend der österreichischen Deponieverordnung ab dem Jahr 2009 dürfen jedoch nur mehr Abfälle mit geringem organischem Anteil abgelagert werden. Dies bewirkte einen signifikanten Rückgang der Deponiegasemissionen aus Deponien.

Die betrachteten Abfallströme mit keinem bis geringen organischen Anteil wie Eisen und Stahl, Aluminium, und Glas (Hohlglas) tragen nicht bzw. nur unwesentlich zur Gasbildung am Deponiekörper bei, auch wenn diese gemischt mit anderen Abfallströmen als Teilfraktionen mit abgelagert werden. Papier hingegen trägt in relevantem Ausmaß zur Gasbildung bei, und wird derzeit sofern nicht getrennt erfasst und recycelt, über die gemischten Siedlungsabfälle und andere gemischte Abfälle in Teilfraktionen deponiert (Papier und andere Verbundstoffe steuern rund ein Viertel des gesamten organischen Kohlenstoffs im gemischten Siedlungsabfall – Restmüll – bei).

#### *Abwasseremissionen*

Deponiesickerwasser entsteht beim Durchsickern von Niederschlag durch den Deponiekörper. Die Zusammensetzung des Deponiesickerwassers wird hauptsächlich durch biochemische Umsetzungs- und Auslaugungsprozesse im Deponiekörper beeinflusst, welche ihrerseits von der Art und Menge der abgelagerten Abfälle sowie der Ablagerungsdauer und der Kontaktzeit des Wassers mit dem Abfall abhängig sind.

Für alle Deponie(unter)klassen mit Ausnahme von Bodenaushubdeponien ist auf dem Deponierohplanum der Sohl- und Böschungflächen eine Deponiebasisdichtung zu errichten. Die gesammelten Deponiesickerwässer sind mengenmäßig zu erfassen, regelmäßig zu beproben und zu analysieren.

In der Verordnung über die Begrenzung von Sickerwasseremissionen aus Abfalldeponien (BGBl. II Nr. 263/2003), bzw. bei Baurestmassendeponien, Reststoffdeponien oder Inertabfalldeponien in der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (BGBl. Nr. 186/1996 i.d.g.F.) sind Grenzwerte festgelegt, wann das Sickerwasser in ein Oberflächengewässer oder in eine Kanalisation eingeleitet werden darf. Deponiesickerwässer werden, sofern eine direkte Einleitung aufgrund der Zusammensetzung möglich ist, entweder am Standort behandelt, bzw. bei zahlreichen Deponien in kommunale Kläranlagen eingeleitet.

Durch das Recycling der betrachteten Abfallarten verändert sich durch die Änderung der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle insbesondere die Qualität der Abwässer. Die Bildung von Deponiesickerwasser ist ein langjähriger Prozess. Das heißt, Abfälle die vor Jahren oder Jahrzehnten abgelagert wurden, tragen auch derzeit noch, wenn auch je nach Abfallart in unterschiedlichem Ausmaß, zur Belastung des Sickerwassers bei. Verstärkte Recyclingmaßnahmen führen somit vor allem zu einer Reduzierung der Gesamtfrachten der Schadstoffe im Sickerwasser.

#### *Verbrennung und thermische Verwertung*

Im Counterfactual "no-recycling" (Kapitel 3) wird für den Abfallstrom Papier aufgrund des hohen spezifischen Heizwerts die Verbrennung als alternatives hypothetisches Verfahren zum Recycling angenommen. Altpapier darf nach der heute geltenden österreichischen Deponieverordnung keinesfalls mehr abgelagert werden bzw. nur nach Vorbehandlung. Derzeit wird Altpapier zwar im überwiegenden Maße über die getrennte Sammlung einem Recycling zugeführt, dennoch werden Teilfraktionen auch derzeit über die gemischten

Siedlungsabfall und andere gemischte Abfälle erfasst, und in weiterer Folge einer Verbrennung oder mechanisch-biologischen Behandlung zugeführt. Auch die anderen betrachteten Abfallströme (Eisen und Stahl, Aluminium, Glas) finden sich in gemischten Abfällen in geringen Mengen wieder und werden auch direkt verbrannt oder mechanisch-biologisch vorbehandelt, liefern jedoch keinen relevanten energetischen Beitrag. Wertstoffe wie Eisen und Stahl und NE-Metalle werden zumeist nach der Verbrennung aus den Verbrennungsrückständen (bzw. im Falle der Wirbelschichtfeuerung vor der Verbrennung) abgetrennt und nachfolgend einer Verwertung zugeführt.

In Österreich waren im Jahr 2014 elf Verbrennungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von ca. 2,5 Mio. t, die vorwiegend gemischte Siedlungsabfälle einsetzen, und weitere 55 Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von ca. 2,6 Mio. Tonnen in Betrieb. Die Mitverbrennungsanlagen, wie z.B. Betriebe der Zementindustrie, der Energiewirtschaft, der Zellstoff- und Papierindustrie, der Holzwerkstoffindustrie, verwenden im Regelfall die Abfälle als Regel- oder Zusatzbrennstoff (UBA, 2015). Neben gemischten Siedlungsabfällen werden in den thermischen Anlagen vorwiegend Gewerbeabfälle, Industrieabfälle, Holz- und Papierabfälle sowie Schlämme behandelt.

#### *Abluftemissionen*

Bei der Verbrennung von Abfällen und anderen Brennstoffen entstehen Abluftemissionen, die einer Behandlung bzw. Reinigung bedürfen, bevor diese in die Umgebung abgegeben werden. Zur Abscheidung der Luftschadstoffe wie Staub, schwer- und leichtflüchtige Schwermetalle (z.B. Quecksilber), SO<sub>x</sub>, HCl, HF und organische Verbindungen (Dioxine und Furane) werden bei den österreichischen Abfallverbrennungsanlagen sowohl trockene als auch nasse Abgasreinigungsverfahren eingesetzt (UBA, 2007). Aus der Abfallverbrennung stammten im Jahr 2014 1,34 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq, dies entspricht etwa 1,8% der nationalen Emissionen (UBA, 2016c). Die Abfallverbrennungsverordnung (BGBl. II Nr. 389/2002 i.d.g.F.) gibt im Hinblick auf die Abluftemissionen mit definierten Grenzwerten die zulässigen Emissionen in die Umgebungsluft vor.

#### *Abwasseremissionen*

Bei der Abfallverbrennung fallen neben Abluftemissionen auch Abwässer aus der Reinigung der Verbrennungsgase an. In der Abwasseremissionsverordnung (AEV) Verbrennungsgas (BGBl. II Nr. 271/2003 i.d.g.F.) werden dahingehend für Österreich Anforderungen an die Qualitäten festgelegt.

#### *Energiegewinnung durch Verbrennung*

Bei der Abfallverbrennung wird der Energieinhalt der eingesetzten Abfälle in Form einer Stromerzeugung sowie ggf. begleitender Fernwärme- und Fernkälteauskoppelung genutzt. Bei der Stromgewinnung wird der aus dem Kessel austretende Frischdampf über eine Turbine geleitet und anschließend kondensiert. Zur Verstromung werden teilweise reine Kondensationsturbinen oder Gegendruckturbinen eingesetzt. Bei begleitender Fernwärme-

oder Fernkälteauskoppelung verringert sich der Grad der Verstromung. Der erzeugte Strom deckt nicht nur den Eigenenergieverbrauch der Anlagen, darüber hinaus kann der überschüssige Strom wie auch die erzeugte Wärme in das öffentliche Netz eingespeist bzw. anderen industriellen Abnehmern zur Verfügung gestellt werden (UBA, 2007).

Die betrachteten Abfallarten Eisen und Stahl, Aluminium und Glas weisen sehr geringe spezifische Heizwerte auf und sind somit für eine Verbrennung ungeeignet. Im Gegensatz dazu eignet sich Papier mit hohem spezifischem Heizwert für die Verbrennung.

Die Abfallverbrennung ist durch mehrere positive ökologische Effekte gekennzeichnet: Reduzierung der Deponievolumina, Reduzierung des Gefährdungspotentials von Abfällen durch die Zerstörung ihrer organischen Anteile, Konzentrierung der anorganischen Anteile unter nachfolgender Konditionierung (Immobilisierung) und die Hygienisierung der Abfälle. Darüber hinaus bewirkt die Abfallverbrennung bzw. thermische Abfallverwertung einen bedeutenden Mehrwert in Form der Energiegewinnung von Strom, Fernwärme, und Fernkälte, der bei allfälligen Betrachtungen der Umweltbelastungen der Abfallwirtschaft jedenfalls mit zu berücksichtigen ist.

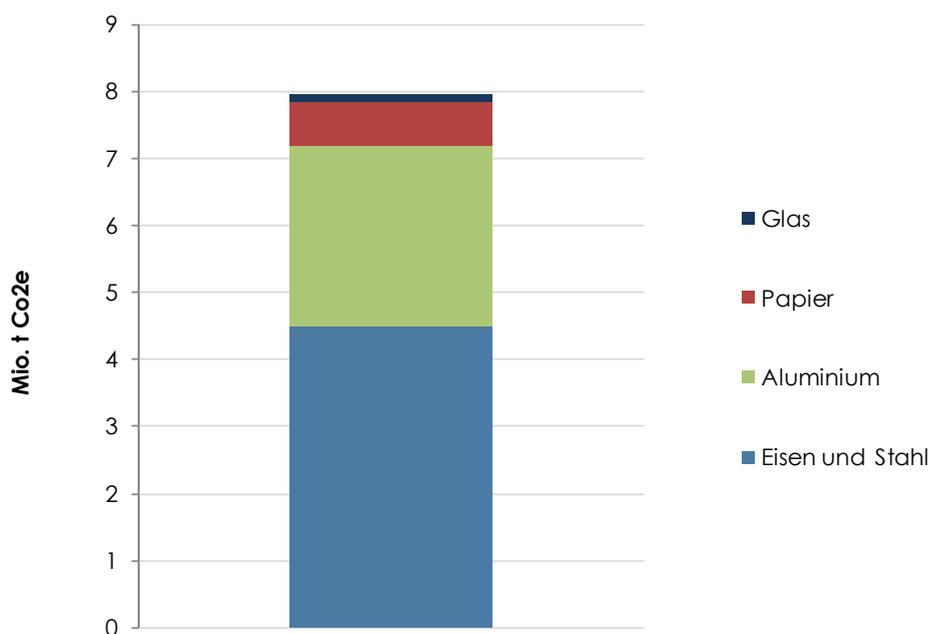
### **4.3 Emissionsminderung durch Recycling**

In einer Studie des Umweltbundesamtes (UBA, 2010), wurde ein Vergleich von Primär- und Sekundärproduktion für die hier relevanten Materialströme Eisen und Stahl, Aluminium, und grünes Behälterglas im Hinblick auf die dabei auftretenden klimarelevanten Emissionen unter Berücksichtigung des österreichischen Strommixes vorgenommen. Einzelne Ergebnisse sind nachfolgend beispielhaft gelistet:

- Für Eisen und Stahl zeigt sich, dass
  - bei einem Einsatz von 30% Schrott im Hochofen die CO<sub>2</sub>- und THG-Emissionen um ca. 20% je Tonne erzeugtem Rohstahl (CO<sub>2</sub> -443,5 kg/t, THG -481 kg/t) sinken.
  - bei einem Einsatz von 100% Schrott im Elektroofen die CO<sub>2</sub>- und THG-Emissionen um ca. 84% je Tonne erzeugtem Rohstahl (CO<sub>2</sub> -1.895 kg/t, THG -2.055 kg/t) sinken.
- Für Aluminium zeigt der Vergleich, dass
  - bei der Sekundärproduktion von Aluminium rd. 96 GJ/t des KEA (79%), ca. 6.260 kg/t der CO<sub>2</sub>-Emissionen (80%) und rd. 8.100 kg/t der THG-Emissionen (80%), bezogen auf Primärherstellung, vermieden werden (beim Sekundäraluminium ein Anteil von 15% Primäraluminium angenommen).
- Für Paper wurde die Emissionseinsparung auf Basis der eingesparten Strommengen (1,5 MWh/t) und dem CO<sub>2</sub>-Gehalt des österreichischen Strommixes von 167 g/kWh berechnet.
- Für Glas wurde die Emissionseinsparung, die bei einer Sekundärproduktion mit 80% Scherbenanteil eintreten würden (386 kg CO<sub>2</sub>/t Glas) auf die österreichische Sekundärproduktion skaliert.

Auf Basis dieser Emissionsfaktoren wurden die relevanten Treibhausgasemissionseinsparungen für das Recycling der untersuchten Stoffgruppen und Stoffströme berechnet. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 20 dargestellt. Demnach ergeben sich für das Eisen- und Stahlrecycling (-4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq) und für das Aluminiumrecycling (-2,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq) die höchsten Emissionseinsparungen, gefolgt von Papierrecycling (-0,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq) und Glasrecycling (-0,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq). Insgesamt ergibt sich durch das Recycling der untersuchten Stoffgruppen ein Beitrag zum globalen Klimaschutz durch eine Reduktion von THG Emissionen in Höhe von 7,9 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. Diese Berechnung beinhaltet den kumulierten Energieaufwand der gesamten Vorleistungskette und betrifft daher auch Emissionen, die beim Abbau von Ressourcen im Ausland anfallen. Somit kann dieser Wert nicht mit der nationalen Treibhausgasbilanz verglichen werden. Als Anhaltspunkt für die Einschätzung der Größenordnung können die österreichischen energiebedingten Treibhausgasemissionen jedoch herangezogen werden. Sie betragen etwa 76,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq in 2014. Das Recycling leistet damit insbesondere durch den Einsatz der Metalle in der Sekundärproduktion einen substantziellen Beitrag zum globalen Klimaschutz.

Abbildung 20: Durch Recycling eingesparte THG-Emissionen



Q: WIFO-Berechnungen.

#### 4.4 Zusammenfassung der ökologischen Effekte des Recyclings

Insgesamt zeigt sich, dass die in Österreich etablierten Systeme zum Recycling ausgewählter Altstoffe und Materialien bedeutend zur Reduktion von Energieeinsatz, CO<sub>2</sub>- und THG-Emissionen beitragen. Diese überwiegen die in der Abfallwirtschaft verursachten Umweltbelastungen teils deutlich. Eine Rückkehr zu alternativen Prozessen der Deponierung

oder Verbrennung wäre mit einer deutlichen Zunahme an ökologischen Belastungen verbunden.

Auch eine durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFWU, 2015b) erstellte Studie kommt zu dem Schluss, dass die abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sich insgesamt positiv auf die Umwelt in Österreich auswirken. Insbesondere die enorm positiven Effekte aus dem Bereich des Metall-Recyclings sind für die insgesamt positive Beurteilung der österreichischen Abfallwirtschaft maßgebend.

## 5 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings zeigt, dass die Recyclingwirtschaft deutlich zu Wachstum und Beschäftigung in Österreich im Jahr 2014 beitrug und darüber hinaus substantielle positive ökologische Effekte in Form von Treibhausgasemissionsreduktionen generierte. Die Analyse ist nach Kenntnis der Autoren die erste Studie, die die Recyclingwirtschaft bzw. Teile der Recyclingwirtschaft in Österreich hinsichtlich von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten untersucht. Die Studie ist als innovativ zu bezeichnen, da sie eine Koppelung von physischen Größen (Stoffströmen) und monetären Werten (Preisen) für ausgewählte Stoffgruppen vorgenommen hat. Durch die Generierung von stoffgruppenspezifischen Datensätzen, die allein aufgrund monetärer Preisinformationen nicht möglich gewesen wäre, hat sich dieser Ansatz als erfolgreich erwiesen und wird auch für weitere Studien auf diesem Gebiet als erfolgversprechend eingestuft.

Die stoffgruppenspezifische Analyse weist den Bereich der Metalle als wichtigsten wirtschaftlichen Impulsgeber der Recyclingwirtschaft aus, was einerseits an den relativ hohen Preisen der Primär- und Sekundärrohstoffe und andererseits an der Nettoimportposition Österreichs bei den Rohstoffen festzumachen ist. Die Wiederverwertung von heimisch gesammelten und aufbereiteten Metallschrotten trägt bereits deutlich zur Substitution von Primärrohstoffimporten bei und schafft über die Recyclingaktivitäten Beschäftigung und Wertschöpfung. Eine Ausweitung der heimischen Recyclingaktivitäten könnte die österreichische Nettoimportposition bei den Sekundärrohstoffen weiterhin positiv beeinflussen und über diesen Hebel die wirtschaftlichen Effekte des Recyclings noch steigern.

Die vorliegende Studie analysiert repräsentativ vier Stoffgruppen. Die Recyclingwirtschaft umfasst jedoch weitere Stoffgruppen, wie andere Nichteisenmetalle (u. a. Kupfer), Kunststoffe, Seltene Erdmetalle sowie Elektro- und Elektronikschrott (WEEE), deren wirtschaftliche Effekte hier nicht berechnet werden konnten. Eine Erweiterung der Analyse um diese Stoffgruppen könnte die wirtschaftlichen Impulse der österreichischen Recyclingwirtschaft und den Einfluss der österreichischen Handelsposition im Rohstoffbereich noch deutlicher zu Tage treten lassen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, insbesondere auch was die dynamische Zukunftsanalyse von Materialflüssen und Rohstoffpreisen betrifft.

Es ist davon auszugehen, dass die Recyclingwirtschaft trotz ihrer z.T. sehr langen Tradition in einigen Bereichen erst am Anfang ihrer Entwicklung steht und zukünftig eine dynamische Entwicklung aufweisen wird – wirtschaftlich wie ökologisch. Diese Bedeutung der Recyclingwirtschaft ergibt sich einerseits aus einer zunehmenden weltweiten Verknappung von Primär- und Sekundärrohstoffen und damit verbundenen Preissteigerungen im Rohstoffbereich, die die Recyclingwirtschaft ökonomisch begünstigen, und andererseits aus einem stetig wachsenden zukünftigen Abfallstrom, der sich aus noch nicht abgeschriebenen langlebigen Kapitalgütern speisen wird.

Handlungspotentiale der Recyclingwirtschaft zur Steigerung der wirtschaftlichen und ökologischen Effizienz liegen in der Bearbeitung weiterer und zukünftig relevanter Stoffgruppen, in der Steigerung von Sammel- und Recyclingquoten sowie in der kaskadischen Nutzung von Sekundärrohstoffen.



## TEIL B: FACT SHEETS ZU AUSGEWÄHLTEN ALTSTOFFEN: MATERIALFLÜSSE, ABFALLWIRTSCHAFT UND SEKUNDÄRROHSTOFFE

Die dargestellten Angaben zu Aufkommen, Behandlung und grenzüberschreitender Verbringung von Abfällen beziehen sich auf das Jahr 2014 sofern nicht anders angeführt. Primäre Datenquelle sind die Abfallbilanzmeldungen im EDM (Elektronisches Datenmanagement Umwelt, BMLFUW). Die Rohdaten werden zunächst aus den Meldungen gemäß Abfallbilanzverordnung generiert und anschließend inhaltlich mittels Referenzmaterial (Studien, Branchenberichte etc.) plausibilisiert bzw. erforderlichenfalls angepasst.

Aus Datenschutzgründen sind in diesem Bericht nicht alle Daten zu Aufkommen, Behandlung und grenzüberschreitender Verbringung, welche für die Modellierung der volkswirtschaftlichen Effekte der ausgewählten Recyclingprozesse herangezogen wurden, dargestellt.

### 6 Metalle

Für die Angaben zu Aufkommen, Behandlung und grenzüberschreitender Verbringung von Altmetallen wurden die folgenden Abfallarten herangezogen:

Tabelle 11: Abfallarten Altmetall - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung

<i>Schlüsselnummer</i>	<i>Abfallart</i>
31205	Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig
35103	Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt
35105	Eisenmetallemballagen und -behältnisse
35106	Eisenmetallemballagen und -behältnisse mit gefährlichen Restinhalten
35301	Stanz- und Zerspanungsabfälle
35302	Blei
35303	Hartzink
35304	Aluminium, Aluminiumfolien
35306	Elektronspäne
35307	Berylliumspäne
35308	Magnesium
35309	Zink, Zinkplatten
35310	Kupfer
35315	NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen
35327	NE-Metallemballagen und -behältnisse mit gefährlichen Restinhalten
35330	Cadmium und cadmiumhaltige Abfälle, mit gefahrenrelevanten Eigenschaften
35331	Nickel und nickelhaltige Abfälle
35340	Cadmium und cadmiumhaltige Abfälle
57504	Gummi-Metall
91305	Metallfraktion a.d. Sortierung u. Aufbereitung von Siedlungsabfällen (z.B. Schrott) aus der MBA

Weitere metallhaltige Abfallarten wie Altfahrzeuge, Batterien, Elektroaltgeräte, Kabel, Metallverbunde wie Leiterplatten sowie metallhaltige Stäube oder Schlämme wurden nicht berücksichtigt.

## 6.1 Aufkommen Altmetalle in Österreich

Das Aufkommen der betrachteten Metallabfälle betrug 2014 etwa 2,37 Mio.t In der folgenden Tabelle ist das Aufkommen von Altmetallen nach Abfallarten und Herkunft gegliedert dargestellt. Die Angaben wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 12: Aufkommen Altmetalle in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe

Herkunft	Aufkommen aus Haushalten	Industrie und Gewerbe	Gesamt
<i>Abfallart</i>		†	
31205 Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig		13.606	13.606
35103 Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt*	83.977	2.006.996	2.090.973
35103 77 g Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt	11	214	225
35105 Eisenmetallemballagen und -behältnisse**	29.152	21.044	50.197
35106 g Eisenmetallemballagen ...	1	890	891
35301 Stanz- und Zerspanungsabfälle		54.070	54.070
35302 Blei	0,4	1.649	1.650
35303 Hartzink		2.087	2.087
35304 Aluminium, Aluminiumfolien***	101	76.804	76.905
35304 77 g Aluminium, Aluminiumfolien	2	270	272
35306 Elektronspäne		245	245
35307 Berylliumspäne			0,1
35308 Magnesium		173	173
35309 Zink, Zinkplatten		2.576	2.576
35310 Kupfer****	10	22.226	22.236
35310 77 g Kupfer		8	8
35315 NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen	1.620	30.691	32.310
35327 g NE-Metallemballagen ...		62	62
35331 Nickel und nickelhaltige Abfälle	4	20.396	20.400
35331 77 g Nickel und nickelhaltige Abfälle		2	2
35340 Cadmium und cadmiumhaltige Abfälle		3	3
57504 Gummi-Metall		417	417
57504 77 g Gummi-Metall		1	1
91305 Metallfraktion		77	77
Summe	114.879	2.254.	2.369.385

\*Zusätzlich zum Primäraufkommen an Eisen- und Stahlabfällen verunreinigt "entstehen" ca. 168.000 t durch Aufbereitung/Sortierung anderer Abfälle im Rahmen verschiedenster Behandlungsverfahren

\*\*Zusätzlich zum Primäraufkommen an Eisenmetalleballagen und -behältnisse "entstehen" weitere ca. 10.700 t durch Aufbereitung/Sortierung anderer Abfälle im Rahmen verschiedenster Behandlungsverfahren

\*\*\*Zusätzlich zum Primäraufkommen an Aluminium "entstehen" ca. 21.100 t Aluminium durch Aufbereitung/Sortierung anderer Abfälle, z.B. Sortierung von NE-Metallschrott

\*\*\*\*Zusätzlich zum Primäraufkommen an Kupfer "entstehen" 12.242 t Kupfer durch Aufbereitung/Sortierung anderer Abfälle z.B. Sortierung von NE-Metallschrott oder Elektroaltgeräten etc.

Für einige relevante metallhaltige Abfälle wie Kabel, Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge kann ein zusätzliches Aufkommen an Altmetallen von etwa 90.000 t geschätzt werden.<sup>17)</sup>

#### Aufkommen Eisen- und Stahlabfälle

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich beträgt das Primäraufkommen an Eisen- und Stahlabfällen (SN 35103, 35105, 35106) 2.142.286 t. Hinzu kommen etwa 178.700 t, welche bei diversen Abfallbehandlungsverfahren durch Sortier- und Aufbereitungsschritte, entstehen.

Weiters gibt es ein relevantes Primäraufkommen an Stanz- und Zerspanungsabfällen, welche ebenfalls Eisen- und Stahlabfälle enthalten können. Wie hoch der Anteil an Eisen- und Stahlabfällen ist, ist allerdings nicht bekannt.

Das Gesamtaufkommen an Eisen- und Stahlabfällen kann also mit mindestens 2,32 Mio. t angegeben werden.

#### Aufkommen Aluminiumabfälle

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich betrug das Primäraufkommen an Aluminium, Aluminiumfolien (SN 35304) und Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig (SN 31205) im Jahr 2014 90.783 t. Hinzu kommen etwa 21.100 t Aluminium, Aluminiumfolien, welche bei diversen Abfallbehandlungsverfahren durch Sortier- und Aufbereitungsschritte, entstehen.

Weiters gibt es ein relevantes Primäraufkommen an Stanz- und Zerspanungsabfällen sowie NE-Metallschrott, welche ebenfalls Aluminiumabfälle enthalten können. Wie hoch der Anteil an Aluminiumabfällen ist, ist allerdings nicht bekannt.

Das Gesamtaufkommen an Aluminiumabfällen kann also mit mindestens 111.953 t angegeben werden.

#### Aufkommen Kupferabfälle

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich betrug das Primäraufkommen an Kupfer (SN 35310) im Jahr 2014 22.244 t. Hinzu kommen etwa 12.242 t Aluminium, Aluminiumfolien, welche bei diversen Abfallbehandlungsverfahren durch Sortier- und Aufbereitungsschritte, entstehen.

Weiters gibt es ein relevantes Primäraufkommen an Stanz- und Zerspanungsabfällen sowie NE-Metallschrott, welche ebenfalls Kupferabfälle enthalten können. Wie hoch der Anteil an Kupferabfällen ist, ist allerdings nicht bekannt.

Das Gesamtaufkommen an Kupferabfällen kann also mit mindestens 34.486 t angegeben werden.

---

<sup>17)</sup> Geschätzt mit folgenden Metallgehalten: Kabel: 66%, Elektroaltgeräte: rund 40%, AFZ: 75%.

## 6.2 Grenzüberschreitende Verbringung von Altmetallen

In der folgenden Tabelle sind grenzüberschreitende Verbringungen aus (Exporte) und nach Österreich (Importe) von Altmetallen – gegliedert nach Abfallart – dargestellt. Die Angaben wurden für nicht-gefährliche Abfallarten aus den Abfallbilanzmeldungen ermittelt; für gefährliche Abfälle wurden die Daten aus der Verbringungsdatenbank (Notifizierung von Abfallexporten) herangezogen.

Tabelle 13: Grenzüberschreitende Verbringung von Altmetallen nach/aus Österreich, 2014

Abfallart	Verbringung aus AT (Exporte)	Verbringung nach AT (Importe)
		†
31205 Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig	10.761	37.926
35103 Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt	996.898	1.196.367
35103 77 g Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt, gef. verunreinigt	371	
35105 Eisenmetallemballagen und -behältnisse	17.550	3.782
35106 g Eisenmetallemballagen ...	157	16
35301 Stanz- und Zerspanungsabfälle	41.005	37.484
35302 Blei	2.573	1.656
35303 Hartzink		7.790
35304 Aluminium, Aluminiumfolien	56.419	188.759
35308 Magnesium	105	2.320
35309 Zink, Zinkplatten	2.314	1.460
35310 Kupfer	34.024	69.151
35315 NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen	35.980	30.591
35331 Nickel und nickelhaltige Abfälle	29.097	7.210
57504 Gummi-Metall	3.168	1
91305 Metallfraktion ....	3	1.327
Summe	1.230.424	1.585.840

## 6.3 Recycling von Altmetallen in Österreich

### 6.3.1 Anlagen zum Recycling von Altmetallen

Derzeit sind in Österreich insgesamt 27 Unternehmen bzw. Anlagenstandorte, welche Altmetalle in der Herstellung und Verarbeitung von Metallen einsetzen, bekannt. Diese können den folgenden Bereichen zugeordnet werden.

- Erzeugung von Eisen und Stahl (5)
  - Voestalpine Stahl – Linz
  - Voestalpine Stahl Donawitz

- Böhler Edelstahl GmbH & Co KG
- Breitenfeld Edelstahl AG
- Stahl- und Walzwerk Marienhütte
- Erzeugung von NE-Metallen (11)
  - BMG Metall und Recycling
  - Treibacher Industrie AG
  - Hütte Klein-Reichenbach GmbH
  - AMAG casting GmbH
  - Hammerer Aluminium Industries GmbH
  - LMT Metallurgie GmbH
  - non ferrum GmbH
  - Wolfram Bergbau und Hütten AG
  - Ceratizit Austria GmbH
  - Montanwerke Brixlegg
  - Plansee SE
- Gießereien (11) <sup>18</sup>
  - voestalpine Giesserei Traisen GmbH
  - voestalpine Stahl Giesserei Linz GmbH
  - Eisenwerk Sulzau-Werfen R.u.E.Weinberger
  - Gottfried Brugger GmbH
  - Tiroler Rohre GmbH
  - Guß Fertigungs-mbH
  - Buntmetall Amstetten GmbH
  - G.Alt u. Co Ges.m.bH
  - Metallschmelze Tattendorf GmbH
  - Neuman Aluminium Austria
  - Speedline Aluminium Giesserei GmbH

Weiters sind zwei Unternehmen bekannt, die Altmetalle zur *Herstellung von chemischen Grundstoffen bzw. für Farbstoffe und Pigmente* einsetzen:

- Wiehart GmbH (Herstellung von Zink-Oxid Pulver)
- Donauchemie AG (Einsatz von Fe-Schrott zur Erzeugung von Eisen(III)-Chlorid)

### **6.3.2 Recycelte Mengen Altmetall**

Im Jahr 2014 wurden insgesamt etwa 3 Mio. t Altmetalle in österreichischen Produktionsanlagen recycelt. In der folgenden Tabelle ist das Recycling von Altmetallen nach Abfallart und Einsatzbereich dargestellt. Die Recyclingmengen wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt. Die Branche aus dem Stammdatenregister (zareg).

---

<sup>18</sup> Es wird davon ausgegangen, dass die tatsächliche Zahl von Gießerei, welche Altmetalle einsetzen ist höher ist.

Tabelle 14: Recycling von Altmetallen in Österreich 2014, gegliedert nach Einsatzbereich

Einsatz in Branche	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	Eisen- und Stahlgießereien	Sonstige	Summe
NACE-Code	24.10	24.42, 24.43, 24.44, 24.45	24.51, 24.52		
Abfallart		Einsatzmenge			
		t			
31205 Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig		59.843			59.843
35103 Eisen- und Stahlabfälle, verunreinigt	2.495.161	1.272	27.546	3.208	2.527.187
35105 Eisenmetall-emballagen und -behältnisse	12.732				12.732
35301 Stanz- und Zerspanungsabfälle	26.870	16.125			42.995
35302 Blei		2.482			2.482
35304 Aluminium, Aluminiumfolien		295.030			295.030
35308 Magnesium		2.304			2.304
35309 Zink, Zinkplatten		80			80
35310 Kupfer	200	71.078	3		71.281
35315 NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen	2.633	30.849		1.736	35.218
Summe	2.537.596	479.063	27.549	4.944	3.049.152

#### Recycling in der Stahlerzeugung

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich werden in der Eisen- und Stahlerzeugung in Summe 2.537.596 t Altmetalle eingesetzt.

#### Recycling in der Aluminiumerzeugung

In der Erzeugung von Sekundäraluminium wurden 2014 in Summe etwa 375.000 t Abfälle eingesetzt<sup>19)</sup>.

#### Recycling in der Kupfererzeugung

In der Erzeugung von Sekundärkupfer werden neben den in obiger Tabelle angeführten Metallabfällen auch Abfälle wie Schlacken aus NE-Metallschmelzen, Kabel, Elektroaltgeräte, Metallschlämme, kupferhaltige Lösungen etc. eingesetzt.

Laut Montanwerke Brixlegg (2012) wurden im Jahr 2012 ca. 160.000 t Schrotte (teilweise mit sehr geringen Kupfergehalten) in der Produktion eingesetzt.

<sup>19)</sup> Diese Größenordnung wurde von der WKO, Fachverband NE-Metallindustrie, bestätigt.

### **6.3.3 Bedeutung von Altmetallen in der Produktion**

#### Stahlerzeugung

In Österreich findet Stahlerzeugung sowohl in integrierten Stahlwerken (Hochofenroute) als auch in Elektrostahlwerken statt. Gemäß Worldsteel Association (2015) wurden im Jahr 2013 in Österreich 7.952.000 t Rohstahl erzeugt. Davon wurden 7.288.000 t Rohstahl in der Hochofenroute, 664.000 t mittels Elektrostahlherstellung erzeugt.

Der Einsatz von Eisen- und Stahlabfällen in integrierten Stahlwerken (2.075.010 t) bezogen auf die Produktion (7.288.000 t) beträgt im Jahr 2013 also 28%.

Der Einsatz von Eisen- und Stahlabfällen in Elektrostahlwerken (462.586 t) bezogen auf die Produktion (664.000 t) beträgt im Jahr 2013 also 70%.

#### Aluminiumerzeugung

In Österreich wird seit den 90er Jahren ausschließlich Sekundäraluminium erzeugt. Die Produktion an Sekundäraluminium in Österreich beträgt im Jahr 2014 etwa 430.000 t<sup>20)</sup>.

Laut Überblick des Fachverbands NE-Metallindustrie<sup>21)</sup> ersetzt der Schrott 75-80% der Vormaterialien in der Aluminiumproduktion.

#### Kupfererzeugung

In Österreich wird seit den 70er Jahren ausschließlich Sekundärkupfer erzeugt. Laut Montanwerke Brixlegg (2012) wurden im Jahr 2012 113.578 t Kupferkathoden sowie 92.417 t Kupferanoden erzeugt. Es ist dabei zu beachten, dass die Anoden teilweise zur Herstellung der Kathoden eingesetzt werden, teilweise als solche verkauft werden.

## **6.4 Verbrennung und Deponierung von Altmetallen**

Verbrennung und Deponierung von Altmetallen findet nur in Form von Restmetallgehalten diverser Abfälle/Reststoffe, z.B. Schlacken statt.

## **6.5 Aufbereitung von Altmetallen**

Insgesamt sind 95 Anlagen bekannt, in denen Altmetalle und verschiedenste metallhaltige Abfälle mechanisch aufbereitet werden. Weiters werden Altmetalle in allgemeinen Sortier- und Aufbereitungsanlagen sowie insbesondere auf Schrottplätzen sortiert.

Für 2014 wurde erstmalig eine Auswertung zur Masse an Abfällen, welche in Anlagen zur mechanischen Aufbereitung von Altmetallen und metallhaltigen Abfällen, eingebracht wurden durchgeführt. Die ermittelten mind. 700.000 t Altmetalle sind allerdings lediglich ein Anhaltspunkt, da die Qualität der Auswertung noch verbessert werden muss.

---

<sup>20)</sup> mündliche Mitteilung, 29.4.2016, Wirtschaftskammer Österreich, ohne die Produktionsmenge von Aluminiumgießereien.

<sup>21)</sup> <http://www.nemetall.at/index.php/presse/194-aluminiumrecyclingcongress.html>.

## 6.6 Preise für Altmetalle

In BMLFUW (2015d) sind durchschnittliche Erlöse für ausgewählte Altmetalle (Massenmetalle) auf Basis von Preisinformationen von Altmetallhändlern dokumentiert. Die Bandbreite liegt zwischen 110 und 3.300 €/t.

Tabelle 15: Durchschnittliche Erlöse für ausgewählte Altmetalle

<i>Altmetall</i>	<i>Erlöse in €/t</i>
Haushaltsschrott	110
Metallverpackungen	110
Altmetalle	110
Aluminium, Aluminiumfolien	850
Blei	600
Eisen und Stahlabfälle	110
Kupfer	2.475
NE-Metallabfälle	200
Nickel und nickelhaltige Abfälle	3.300
Weitere Metallabfälle	200
Metallabfälle (Zink, Zinkplatten)	900

Q: BMLFUW, 2015d.

Im Folgenden sind ausgewählte Preisinformationen detailliert zu einzelnen Schrottsorten angeführt.

Tabelle 16: Großhandelsankaufspreise für Altmetalle Herbst 2015

<b>Großhandelsankaufspreise für Altmetalle</b>			
30.09.2015	Preise in €/100 kg		
	<b>30.09.2015</b>	<b>23.09.2015</b>	<b>01.10.2014</b>
Blanker Kupferdrahtschrott (Kabul)	420 - 425	430 - 435	490 - 495
Kupferdrahtschrott gehäckselt Ia (Kasus)	425 - 430	435 - 440	490 - 495
Kupferdrahtschrott gehäckselt II (Katze)	405 - 410	415 - 420	470 - 475
Nicht legierter Kupferdrahtschrott I (Kader)	390 - 395	400 - 405	465 - 470
Nicht legierter Kupferdrahtschrott II (Kanal)	380 - 385	390 - 395	445 - 450
Schwerkupferschrott (Keule)	380 - 385	390 - 395	455 - 460
Leichtkupferschrott (Klima)	360 - 365	370 - 375	430 - 435
Schwermessingschrott (Milbe)	265 - 270	270 - 275	275 - 280
Leichtmessingschrott (Modus)	245 - 250	250 - 255	260 - 265
Messingtangenspäne MS 58 (Maler)	280 - 285	285 - 290	320 - 325
Messingblechabfälle MS 63 (Magda)	315 - 320	315 - 320	350 - 355
Rotguss-Schrott I (Radar)	375 - 380	380 - 385	445 - 450
Rotguss-Schrott II (Rampe)	355 - 360	360 - 365	435 - 440
Umschmelzzink	115 - 120	115 - 120	130 - 135
Altzink	95 - 100	95 - 100	110 - 115
Chromstahl	20 - 25	20 - 25	30 - 35
Chromnickelstahlabf. V-II a	90 - 95	90 - 95	110 - 115
Chromnickelstahlabf. V-IV a	115 - 120	115 - 120	150 - 155
Altblei (Paket)	110 - 115	110 - 115	120 - 125
Akkublei (in Kästen)	45 - 50	45 - 50	50 - 55
Aluminiumschrott:			
Alu, neu, Cu-arm	105 - 110	105 - 110	115 - 120
Reinaluminiumdraht	130 - 135	130 - 135	145 - 150
Guss-Schrott, max 2 % FE	85 - 90	85 - 90	85 - 90
Alu-Blechabfälle, max. 2 %	70 - 75	70 - 75	70 - 75
Alu-Späne, Toleranz 5 %	65 - 70	65 - 70	70 - 75
Alu-Profilabfälle, AlMgSi 0,5	130 - 135	130 - 135	150 - 155

Quelle: MBI Martin Brückner Infosource GmbH & Co. KG

(Preisangaben ohne Gewähr)

Q: EUWID, 41/2015.

Tabelle 17: Verkaufspreise für NE-Metallschrotte, Herbst 2015

<b>Verkaufspreise für NE-Metallschrotte</b>			
Ausgewählte Leitsorten	Preise in €/t		
	<b>30.09.2015</b>	<b>23.09.2015</b>	<b>16.09.2015</b>
Blanker Kupferdrahtschrott (Kabul)	4.360 - 4.540	4.460 - 4.670	4.590 - 4.770
Schwermessingeschrott (Milbe)	2.660 - 2.900	2.760 - 3.000	2.820 - 3.060
Altzinkschrott (Zebra)	1.140 - 1.200	1.150 - 1.210	1.160 - 1.220
Drahtschrott aus Reinaluminium (Achse)	1.380 - 1.520	1.400 - 1.520	1.410 - 1.570

Verkaufspreise pro Tonne für geschlossene Ladungen frei Empfänger.  
Ermittelt auf Basis von Mitglieder-Umfragen des Verbands Deutscher Metallhändler.

Quelle: VDM Verband Deutscher Metallhändler, Berlin (Preisangaben ohne Gewähr)

Q: EUWID 41/2015.

Tabelle 18: Industriepreise für Edelmetalle, Herbst 2015

<b>Industriepreise für Edelmetalle</b>				
2. Oktober 2015				
	<b>02.10.2015</b>	<b>25.09.2015</b>	<b>03.07.2015</b>	<b>02.10.2014</b>
Gold (€/kg)	33.820,00	34.940,00	35.820,00	32.670,00
Gold, verarbeitet (€/kg)	35.430,00	36.600,00	37.530,00	34.230,00
Silber (€/kg)	449,72	468,77	489,80	468,90
Silber, verarbeitet (€/kg)	470,74	490,68	512,69	490,90
Platin, verarbeitet (€/g)	27,59	29,26	33,41	34,86
Palladium, verarbeitet (€/g)	21,87	21,21	22,65	22,31
Londoner Edelmetalle vom 02.10.2015				
Gold	1.106,30		Dollar/Feinunze	
Silber (Kasse)	1.443,00		cts/Feinunze	
Palladium (Nachm.)	694,00		Dollar/Feinunze	
Platin (Nachm.)	912,00		Dollar/Feinunze	

Quelle: W. C. Heraeus GmbH & Co. KG / Basis Londoner Edelmetalle, via MBI (Preisangaben ohne Gewähr)

Q: EUWID, 41/2015.

Tabelle 19: Stahlschrottpreise Deutschland Herbst 2015

Stahlschrottpreise Deutschland				
September 2015				
	Preise in €/Tonne			
	Sep. 2015	Aug. 2015	Juni 2015	Sep. 2014
Sorte 1 Stahlaltschrott	150 - 165	170 - 185	210 - 225	230 - 250
Sorte 2 Stahlneuschrott ab 3 mm	170 - 195	190 - 205	225 - 245	250 - 270
Sorte 3 Industrie- und Abbruchschrott	170 - 190	195 - 205	225 - 245	255 - 275
Sorte 4 Shredderschrott	170 - 195	195 - 210	230 - 250	260 - 275
Sorte 5 Stahlspäne	130 - 150	145 - 170	180 - 220	200 - 225
Sorte 6 Pakete aus neuen Blechen	-	-	-	-
Sorte 8 Stahlneuschrott unter 3 mm	170 - 195	190 - 205	225 - 245	250 - 270
Stahlschrottpreise frei Stahlwerk			(Preisangaben ohne Gewähr)	
© 2015 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH				

Q: EUWID, 39/2015.

Die Kosten für die Sortierung von Altmetallen werden in BMLFUW (2015d) mangels spezifischer Daten analog zu den Kosten für die Sortierung anderer Altstoffe mit durchschnittlich 25 €/t angesetzt.

Die Kosten für die Aufbereitung von Metallabfällen und metallhaltigen Abfällen in Shredderanlagen werden in BMLFUW (2015d) auf Basis einer Expertenschätzung eines österreichischen Branchenvertreters mit 80-120 €/t angegeben.

Zu den Kosten der Rückgewinnung von Metallen wie Kupfer und Edelmetallen aus gemischten Fraktionen, wie Shredderrestfraktionen oder Schlacken etc. liegen keine Informationen vor.

## 7 Papier

Für die Angaben zu Aufkommen, Behandlung und grenzüberschreitender Verbringung von Altpapier wurden die folgenden Abfallarten herangezogen:

Tabelle 20: Abfallarten Altpapier - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung

Schlüsselnummer	Abfallart
18701	Schnitt- und Stanzabfälle
18702	Papier und Pappe, beschichtet
18718	Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet
91201	Verpackungsmaterial und Kartonagen

Weitere papierhaltige Abfallarten wie Rest- oder Spermüll wurden nicht berücksichtigt. Bei einem gesamten Restmüllaufkommen von 1.427.700 t und einem durchschnittlichen Anteil

von Papier, Pappe und Kartonagen von 5,3%<sup>22)</sup> kann von einem nicht getrennt erfassten Papieraufkommen in Restmüll von 75.668 t ausgegangen werden.

## 7.1 Aufkommen Altpapier in Österreich

Das Aufkommen an Altpapier/Pappe betrug im Jahr 2014 ca. 1,4 Mio. t. In der folgenden Tabelle ist das Aufkommen von Altpapier/Pappe nach Abfallarten und Herkunft gegliedert dargestellt. Die Angaben wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 21: Aufkommen Altpapier in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe

Herkunft	Aufkommen aus Haushalten	Industrie und Gewerbe	Summe
Abfallart		t	
18701 Schnitt- und Stanzabfälle		17.879	17.879
18702 Papier und Pappe, beschichtet	2.676	38.507	41.183
18718 Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet	614.198	406.592	1.020.790
18718 77 Altpapier, Papier und Pappe, gef. verunreinigt		2.674	2.674
91201 Verpackungsmaterial und Kartonagen	60.728	291.118	351.846
Summe	677.602	756.770	1.434.372

## 7.2 Grenzüberschreitende Verbringung von Altpapier

In der folgenden Tabelle sind grenzüberschreitende Verbringungen aus (Exporte) und nach Österreich (Importe) von Altpapier – gegliedert nach Abfallart – dargestellt. Die Angaben wurden für nicht-gefährliche Abfallarten aus den Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 22: Grenzüberschreitende Verbringung von Altpapier nach/aus Österreich 2014

Abfallart	Verbringung aus AT (Exporte)	Verbringung nach AT (Importe)
Abfallart		t
18701 Schnitt- und Stanzabfälle	3.602	2.029
18702 Papier und Pappe, beschichtet	27.200	2.149
18718 Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet	264.897	758.855
91201 Verpackungsmaterial und Kartonagen	23.143	98.878
Summe	318.842	861.911

<sup>22)</sup> Analyse von gemischtem Siedlungsabfall aus Oberösterreich aus dem Jahr 2013 .

Die Angaben zu Altpapierexporten gemäß Statistik der österreichischen Papierindustrie<sup>23)</sup> liegen mit 335.326 t für 2014 in einem ähnlichen Bereich wie die Daten zur grenzüberschreitenden Verbringung von Altpapier (318.842 t). Bei den Importen für 2014 weist die Statistik der österreichischen Papierindustrie jedoch mit 1.167.831 t deutlich höhere Mengen aus, als die Daten zur grenzüberschreitenden Verbringung von Altpapier aus Österreich. Ein Grund dafür kann sein, dass Altpapier teilweise nicht als Abfall, sondern als Produkt gehandelt wird.

## **7.3 Recycling von Altpapier in Österreich**

### **7.3.1 Anlagen zum Recycling von Altpapier**

In Österreich sind insgesamt 11 Anlagen, welche Altpapier in der Herstellung von *Papier und Kartonagen (Papierfabriken)* einsetzen, bekannt

- Mayr-Melnhof Karton GmbH Hirschwang
- Mayr-Melnhof Karton GmbH Wannersdorf
- Profümed
- W. Hamburger GmbH
- Laakirchen Papier AG
- Merckens Karton und Pappenfabrik GmbH
- Nettingsdorfer Papierfabrik AG & Co KG
- UPM Kymmene Austria GmbH
- Norske Skog GmbH
- Ganahl AG
- SCA Hygiene products GmbH

Es ist zu beachten, dass eine der Papierfabriken<sup>24)</sup> Altpapier einsetzt, welches im rechtlichen Sinn nicht als Abfall betrachtet wird. Es handelt sich um Altpapier, für das ein vorgezogenes Abfallende in Anspruch genommen wird – also um ein "Produkt". Für die gegenständliche Fragestellung wurde es jedoch als sinnvoll erachtet diese Anlage bzw. die von ihr eingesetzten "Produkte" mitzubetrachten.

Weiters sind zwei Unternehmen bekannt, die Altpapier zur *Herstellung von Dämmstoffen* einsetzen:

- Sepele – Thermoflocanlage
- Wolfinger GmbH

### **7.3.2 Recycelte Mengen Altpapier**

Insgesamt wurden 2014 2.266.341 Tonnen Altpapier einem Recycling zugeführt. Davon waren:

---

<sup>23)</sup> Branchenbericht der Papierindustrie 2014/2015, Austropapier, 2015.

<sup>24)</sup> SCA hygiene products.

- 1.494.944 Tonnen Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet (SN 18718),
- 385.518 Tonnen Verpackungsmaterial und Kartonagen (SN 91201)
- 3.035 Tonnen Schnitt- und Stanzabfälle (SN 18701)
- 382.844 Tonnen keiner Abfallart zuordenbares Altpapier

Das Altpapier wurde in den folgenden Branchen eingesetzt:

- Herstellung von Papier, Karton und Pappe (NACE 17.12)
- Herstellung von Holz und Zellstoff (NACE 17.11)
- Herstellung von Wellpapier und -pappe sowie von Verpackungsmitteln aus Papier, Karton und Pappe (NACE 17.21)
- Kosmetik- u. Toilettenartikel u. Parfüm Grundstoffe HE (NACE 17.22)

### 7.3.3 Bedeutung von Altpapier in der Produktion

Gemäß Branchenbericht der Papierindustrie 2014/2015 betrug die inländische Papierproduktion 2014 etwa 4,8 Mio. t. Die Gesamtkapazität der Papierproduktion in Österreich wird mit 5,3 Mio. t pro Jahr angegeben. Die Auslastung liegt daher bei etwa 90%.

Bei einer Altpapiereinsatzmenge von etwa 2,3 Mio. t ergibt sich für 2014 eine Altpapier-Einsatzquote in der österreichischen Papierproduktion von etwa 48%.

Im Folgenden ist die Produktion nach Papierarten und die jeweilige Altpapiereinsatzquote dargestellt<sup>25)</sup>.

Tabelle 23: Altpapiereinsatzquote

	Produktionsmenge 2014 in t	Altpapiereinsatzquote in %
Grafische Papiere	2.727.132	34,5
Verpackungspapiere	1.858.916	63,4
Spezialpapiere	278.869	63,9

Q: Branchenbericht der Papierindustrie 2014/2015.

### 7.4 Verbrennung von Altpapier

In der folgenden Tabelle sind die 2014 in Österreich verbrannten Mengen an Altpapier dargestellt.

---

<sup>25)</sup> Branchenbericht der Papierindustrie 2014/2015.

Tabelle 24: Verbrennung von Altpapier in Österreich 2014

Abfallart	Verbrannte Menge in t
18702 Papier und Pappe, beschichtet	11.076
18718 Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet	1.861
91201 Verpackungsmaterial und Kartonagen	78
Summe	13.015

## 7.5 Aufbereitung von Altpapier

Es gibt in Österreich 17 Anlagen, die gezielt Altpapier aufbereiten. Weitere 87 andere Sortier- und Aufbereitungsanlagen existieren, bei denen teilweise ebenfalls geringe Mengen von Altpapier sortiert werden.

In der folgenden Tabelle ist die Aufbereitung von Altpapier in Anlagen, die auf die Aufbereitung von Altpapier spezialisiert sind, sowie in anderen Sortier/Aufbereitungsanlagen dargestellt. Die Einsatzmengen wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 25: Aufbereitung von Altpapier in Österreich 2014, gegliedert nach Art der Aufbereitungsanlagen

Abfallart	Input in Anlagen zur Sortierung/ Aufbereitung von Papierabfällen	Input andere Sortier- und Aufbereitungsanlagen	Summe
		t	
18702 Papier und Pappe, beschichtet	1.563	15.602	17.165
18718 Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet	418.825	44.822	463.647
91201 Verpackungsmaterial und Kartonagen	797	67.837	68.634
Summe	421.185	128.261	549.447

## 7.6 Preise für Altpapier

Laut Austropapier (2016a) lag der durchschnittliche Altpapierpreis in Österreich 2014 bei etwa 110 €/Tonne. In nachfolgender Grafik ist der Verlauf der durchschnittlichen Altpapierpreise in Österreich seit 2000 dargestellt.

Abbildung 21: Durchschnittliche Altpapierpreise für Österreich 2001-2016



Q: Austropapier, 2016a.

Im Folgenden sind ausgewählte Preisinformationen detailliert zu einzelnen Altpapiersorten für ausgewählte Länder angeführt (EUWID, 41/2015).

Tabelle 26: Händlerpreise Altpapier Frankreich, Herbst 2015

Händlerpreise für Altpapier in Frankreich				
September 2015				
	Preise in €/Tonne			
	Sept. 2015	Aug. 2015	Juni 2015	Sept. 2014
Gemischtes Altpapier (1.02)	75 - 85	80 - 90	80 - 90	70 - 80
Kaufhausaltpapier (1.04)	90 - 100	100 - 110	100 - 110	80 - 90
Alte Wellpappen-Verpackungen (1.05)	100 - 110	110 - 120	110 - 120	90 - 100
Deinkingware (1.11)	100 - 110	100 - 110	95 - 105	95 - 115
Unverkaufte Zeitungen (2.02)	130 - 150	130 - 150	130 - 145	140 - 155
Bunte Akten (2.06)	165 - 185	165 - 185	160 - 180	150 - 170
Multidruck (3.10)	175 - 195	175 - 195	170 - 190	155 - 180
Holzfremde weiße Späne (3.18.01)	410 - 435	410 - 435	400 - 430	405 - 425
Preise ab Werk			(Preisangaben ohne Gewähr)	
© 2015 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH				
Alle Rechte vorbehalten				

Quelle: EUWID, 40/2015.

Tabelle 27: Händlerpreise Altpapier Italien, Herbst 2015

Händlerpreise für Altpapier in Italien		Preise in €/Tonne			
September 2015		Sept. 2015	Juli 2015	Mai 2015	Sept. 2014
Mischpapier (1.02)		85 - 95	90 - 100	80 - 90	70 - 80
Kaufhausaltpapier (1.04)		95 - 105	100 - 110	90 - 95	80 - 85
Gebrauchte Kartonagen (1.05)		105 - 115	110 - 125	100 - 110	85 - 95
Unverkaufte Illustrierte (1.06) <sup>1)</sup>		115 - 120	115 - 120	105 - 110	105 - 115
Deinkingware (1.11)		115 - 120	115 - 120	105 - 110	100 - 110
Alte Zeitungen (2.01)		120 - 130	120 - 130	110 - 120	105 - 125
Computerausdrucke (3.07)		245 - 285	245 - 285	240 - 280	230 - 275
Weißes Zeitungsdruckpapier (3.14)		240 - 270	240 - 270	230 - 265	225 - 265
Weißer Späne, holzfrei (3.18)		340 - 385	340 - 385	330 - 380	325 - 375
<sup>1)</sup> Die Altpapiersorte Unverkaufte Illustrierte (1.06) wurde im Juli 2014 in den Preisspiegel Italien aufgenommen.					
Preise ab Werk				(Preisangaben ohne Gewähr)	
© 2015 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH Alle Rechte vorbehalten					

Q: EUWID, 40/2015.

Die Kosten für die Sortierung von Altpapier werden in BMLFUW (2015d) mit durchschnittlich 25 €/t +/- 20% angegeben. Diese Kosten basieren auf einer Expertenschätzung eines österreichischen Branchenvertreters. Erhebungen der deutschen Papiertechnischen Stiftung kommen zu einem etwas höheren Kostensatz von rund 30 €/t in modernen Sortieranlagen mit einer Kapazität von 30.000 t im Jahr.

## 8 Glas

Für die Angaben zu Aufkommen, Behandlung, grenzüberschreitende Verbringung von Altglas wurden die folgenden Abfallarten herangezogen:

Tabelle 28: Abfallarten Altglas - Schlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung

Schlüsselnummer	Abfallart
31468	Weißglas (Verpackungsglas)
31469	Buntglas (Verpackungsglas)
31408	Glas (Flachglas)
31465	Glas und Keramik mit produktionspezifischen Beimengungen (zB Glühlampen, Windschutzscheiben, Verbundscheiben, Drahtglas, Spiegel)
31466 g	Glas und Keramik mit produktionspezifischen schädlichen Beimengungen
35212 g	Bildschirmgeräte, einschließlich Bildröhrengeräte*
35210 g	Bildröhren

\*Bei den Bildschirmgeräten wurde der Glasanteil mit 60% angenommen (Annahme: 10% Flachbildschirme und 2/3 des Gewichts von Röhrengeräten sind Glas).

Weitere glashaltige Abfallarten wie Glasvlies oder Glasschleifschlämme oder gemischte Abfälle wie Rest- oder Spermüll wurden nicht berücksichtigt (geringe Mengen).

## 8.1 Aufkommen Altglas in Österreich

Das Aufkommen an Glasabfällen betrug im Jahr 2014 etwa 317.000 t. In der folgenden Tabelle ist das Aufkommen von Altglas nach Abfallarten und Herkunft gegliedert dargestellt. Das Aufkommen aus Industrie und Gewerbe enthält auch Altglas aus dem Baubereich sowie geringe Mengen aus der Abfallbehandlung.

Die Mengen wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 29: Aufkommen Altglas in Österreich 2014, gegliedert nach Herkunft aus Haushalten, Industrie und Gewerbe

Herkunft	Aufkommen aus Haushalten	Industrie und Gewerbe	Gesamt
Abfallart		t	
31468 Weißglas (Verpackungsglas)	77.056	16.400	93.456
31469 Buntglas (Verpackungsglas)	143.751	30.300	174.051
31408 Glas (Flachglas)	6.306	23.600	29.906
31465 Glas und Keramik mit produktionsspezifischen Beimengungen	30	10.122	10.152
31466 g Glas und Keramik mit produktionsspezifischen schädlichen Beimengungen		137	137
35212 g Bildschirmgeräte, einschließlich Bildröhrengeräte	15.415* (Glas = 9.156)		9.156
Summe	227.113	70.300	316.858

\*Glasanteil geschätzt auf Basis 10% FBS und Anteil Bildröhre am Röhrengerät 2/3

## 8.2 Grenzüberschreitende Verbringung von Altglas

In der folgenden Tabelle sind grenzüberschreitende Verbringungen aus (Exporte) und nach Österreich (Importe) von Altglas – gegliedert nach Abfallart – dargestellt. Die Angaben wurden für nicht-gefährliche Abfallarten aus den Abfallbilanzmeldungen ermittelt; für gefährliche Abfälle wurden die Daten aus der Verbringungsdatenbank (Notifizierung von Abfallexporten) herangezogen.

Tabelle 30: Grenzüberschreitende Verbringung von Altglas nach/aus Österreich 2014

Abfallart	Verbringung aus AT (Exporte)	Verbringung nach AT (Importe)
		†
31468 Weißglas (Verpackungsglas)	18.162	34.493
31469 Buntglas (Verpackungsglas)	28.062	33.969
31408 Glas (Flachglas)	54.351	4.439
31465 Glas und Keramik mit produktionsspezifischen Beimengungen	1.221	21
31466 g Glas und Keramik mit produktionsspezifischen schädlichen Beimengungen	5.032	-
35212 g Bildschirmgeräte, einschließlich Bildröhrengeräte*	1.962 (Glas = 1.165)	4,8 (Glas = 0,3)
35210 g Bildröhren	1.998	-
Summe	109.991	72.922

\* Glasanteil geschätzt auf Basis 10% FBS und Anteil Bildröhre am Röhrengerät 2/3

## 8.3 Recycling von Altglas in Österreich

### 8.3.1 Glasrecyclinganlagen

In Österreich gibt es insgesamt 6 Unternehmen, welche **Glashütten** (= Erzeugung von Glas durch Einschmelzen von Glasrohstoffen und Altglas) an teilweise mehr als einem Standort betreiben<sup>26)</sup>:

- Vetropack (2 Standorte)
- Verpackungsglas
- Stözlze Oberglas GmbH
- Verpackungsglas, automat. und mundgeblasenes Wirtschaftsglas, Glasveredelung, Medizinalgas, Parfümflakons, Beleuchtungsglas, Geschenkartikel aus Kristall, Sonderanfertigungen
- D. Swarowski KG
- Produkte aus Kristallglas wie Schmucksteine, Kristallkomponenten für Licht und Architektur, Kristallobjekte und Geschenkartikel, Modeschmuck und Accessoires, Synthesen und Farbedelsteine, Straßensicherheitselemente
- Tiroler Glashütte GmbH (Riedl)
- Mundgeblasenes Service- und Wirtschaftsglas, Geschenkartikel
- Saint-Gobain Isover Austria AG<sup>27)</sup>

<sup>26)</sup> [https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Glasindustrie/Glashuetten\\_\(Glassworks\)\\_Mitgliederliste.html](https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Glasindustrie/Glashuetten_(Glassworks)_Mitgliederliste.html)

<sup>27)</sup> Produktion in Österreich wird Ende 2015 eingestellt.

- Glaswolle, Dämmstoffe
- Technoglas Produktions GmbH
- Produktion von Pressglas, Scheinwerfergläser (gehärtet, ungehärtet, hüttengeräuchert), technisches Glas, Beleuchtungsglas, Waschmaschinentürgläser, Haushaltswaren gepresst

Weiters existiert ein Hersteller von Schaumglas: Geocell Schaumglas GmbH.

Von insgesamt 6 Anlagen ist bekannt, dass sie 2014 Glasabfälle in der Produktion einsetzen<sup>28)</sup>.

Es ist zu beachten, dass zwei dieser Anlagen aufbereitete Glasabfälle (aus Flachgläsern, Spezialgläsern und bestimmte Fraktionen von Behälterglasabfällen) einsetzen, welche im rechtlichen Sinn nicht mehr als Abfälle betrachtet werden. Es handelt sich um Fraktionen für die ein vorgezogenes Abfallendes bei den Aufbereitungsanlagen in Anspruch genommen wird - also "Produkte".

Für die gegenständliche Fragestellung wurde es jedoch als sinnvoll erachtet diese beiden Anlagen bzw. die von ihnen eingesetzten "Produkte" aus ehemaligen Abfällen mit zu betrachten.

### **8.3.2 Recycelte Mengen Altglas**

Insgesamt wurden 2014 etwa 258.000 t Altglas einem Recycling zugeführt. Davon waren etwa 87.000 t Verpackungsglas Weißglas (SN 31468), etwa 129.000 t Verpackungsglas Buntglas (SN 31469) und etwa 42.000 t Glas (Flachglas) (SN 31408).

Diese wurden in den folgenden Branchen eingesetzt:

- Herstellung von Hohlglas (NACE 23.13)
- Herstellung, Veredelung und Bearbeitung von sonstigem Glas einschließlich technischen Glaswaren (NACE 23.19)
- Herstellung von Glasfasern und Waren daraus (NACE 23.14)

#### **8.3.2.1 Bedeutung von Altglas in der Produktion**

Die österreichische Glasindustrie konnte im Jahr 2014 einen Produktionswert von 1,244 Mrd. € erwirtschaften, die mengenmäßige Produktion stieg insgesamt um mehr als 2 % auf 527.858 t in 2014 (inklusive glasbe- und verarbeitende Industrie). Die Produktion ohne glasbe- und verarbeitende Industrie betrug 473.969 t.

---

<sup>28)</sup> Details zu den Glasrecyclinganlagen finden sich in Anhang.

Tabelle 31: Glasproduktion Österreich nach Produktionsbereichen

Produktionsbereich	Vergleich zum Vorjahr %	mengenmäßige Produktion 20t
Wirtschaftsglas*	-6,89	2.121
Verpackungsglas	+2,30	421.238
Sonstiges**	+7,40	50.610
Summe		473.969

\* auch Restaurantglas = alle Gläser bezeichnet, die man auf dem "gedeckten Tisch" findet. Dazu gehören Trinkgläser, aber auch Aschenbecher, Vasen, Schalen und Messbecher aus Glas.

\*\*darunter fallen unter anderem Beleuchtungsglas und Glasfaser/Dämmwolle

Q: Fachverband Glasindustrie, 2014; ohne Produktion der glasbe- und verarbeitenden Industrie.

Unter Berücksichtigung der Recyclingmenge von knapp 260.000 t bedeutet dies, dass der Altglaseinsatz etwas mehr als 50% der Glasproduktion in Österreich ausmacht.

Der Jahresbericht 2014 des Fachverbands der Glasindustrie weist auf eine Einsparung von über 257.000 t Primärrohstoffe sowie 225 Mio. kWh elektrische Energie durch den Einsatz von Altglas hin.

#### 8.4 Stoffliche Verwertung von Altglas in Österreich

Insgesamt sind in Österreich 2014 weitere Anlagen bekannt, die Glasabfälle in Produktionsprozessen einsetzen. Dabei handelt es sich allerdings nicht um ein Recycling des Glases, sondern das Glas wird als Schlackebildner in metallurgischen Prozessen oder als Betonzuschlagstoff eingesetzt. Es handelt sich dabei nicht um Flach- und Verpackungsglas sondern um Glas mit produktionsspezifischen Beimengungen und Bildröhrenglas. Die enthaltenen Beimengungen stören diese Prozesse nicht, sondern werden teilweise ebenfalls rückgewonnen (z.B. Blei).

Insgesamt wurden so im Jahr 2014 etwa 2.900 t in den folgenden Branchen einer Verwertung zugeführt:

- Erzeugung und erste Bearbeitung von Blei, Zink und Zinn (NACE 24.43)
- Erzeugung und erste Bearbeitung von Kupfer (NACE 24.44)
- Herstellung von Frischbeton (Transportbeton) (NACE 23.63)

#### 8.5 Deponierung von Altglas in Österreich

Eine Deponierung von Altglas im engeren Sinn findet praktisch nicht statt. Weniger als 1 Tonne Glas und Keramik mit produktionsspezifischen Beimengungen und Flachglas wurden im Jahr 2014 deponiert.

Es kann allerdings davon ausgegangen, dass bestimmte Restfraktionen aus der Abfallbehandlung wie MBA-Restfraktionen oder Shredderrestfraktionen, welche deponiert werden,

Glas enthalten. Dazu liegen allerdings keine Zahlen vor und eine belastbare Abschätzung würde den Rahmen dieses Projekts sprengen.

## 8.6 Aufbereitung von Altglas

Es gibt zwei Anlagen in Österreich, die gezielt Altglas aufbereiten<sup>29)</sup>. Weitere 87 allgemeine Sortier- und Aufbereitungsanlagen existieren, die teilweise ebenfalls geringe Mengen von Altglas, aufbereiten.

In der folgenden Tabelle ist die Aufbereitung von Altglas nach Abfallarten dargestellt. Die Einsatzmengen wurden aus Abfallbilanzmeldungen ermittelt.

Tabelle 32: Aufbereitung von Altglas in Österreich 2014, gegliedert nach Abfallart und Art der Aufbereitungsanlagen

<i>Abfallart</i>	<i>Aufbereitete Menge in t</i>
31468 Weißglas (Verpackungsglas)	3.801
31469 Buntglas (Verpackungsglas)	50.726
31408 Glas (Flachglas)	37.475
31465 Glas und Keramik mit produktionsspezifischen Beimengungen	57.331
<i>Summe</i>	<i>149.333</i>

## 8.7 Preise für Altglas

In BMFLUW (2015d) sind durchschnittliche Erlöse für Altglas von 25 €/t für das Jahr 2012 angeführt. Diese Angabe basiert auf einer Schätzung der Altglas Recycling Austria. Die auf Basis der Handelsstatistik ermittelten Preise für die EU-28 zeigen für Altglas-Scherben nachfolgenden Verlauf (siehe Tabelle 33). Der durchschnittliche Preis für 2014 war 48,7 €/t. Die spezifischen Preise werden unter Berücksichtigung der entsprechenden Codes der Handelsstatistik berechnet. Es ist zu beachten, dass es sich dabei um Glas-Scherben (glass cullets) und nicht um Glas im Ganzen handelt. Die Ermittlung umfasst Kurz- und Langzeitverträge.

---

<sup>29)</sup> Details zu Aufbereitungsanlagen finden sich in Anhang.

Tabelle 33: Verlauf der Preise für Altglas 2002-2015

<i>Jahr 2002-2014 gemittelt</i>	<i>Preis €/t</i>	<i>Jahr 2015</i>	<i>Preis €/t</i>
2002	37,8	Jänner	47
2003	37,0	Februar	56
2004	47,3	März	nicht verfügbar
2005	45,9	April	53
2006	46,8	Mai	56
2007	43,8	Juni	55
2008	49,2	Juli	57
2009	49,5	August	57
2010	48,0		
2011	45,3		
2012	47,8		
2013	46,1		
2014	48,7		

Die Kosten für die Sortierung von Altglas werden in BMLFUW (2015d) mit durchschnittlich 25 €/t +/-20% angegeben. Diese Kosten wurden auf Basis einer Expertenschätzung eines führenden österreichischen Anlagenherstellers ermittelt, wobei die Größenordnung durch einen weiteren österreichischen Branchenvertreter bestätigt wurde, der zusätzlich auch auf ähnliche Kostendimensionen in Deutschland hinwies.

## 9 Anhang – Details zu Anlagen

### 9.1 Details zu Glas-Recyclinganlagen

#### **Vetropack Austria<sup>30)</sup>**

Die Entwicklung am österreichischen Behälterglasmarkt zeigt die ungebrochene Nachfrage nach Glasverpackungen. Betrug das Produktionsvolumen 2013 bereits stattliche 400.500 Tonnen, so verließen 2014 insgesamt 408.500 Tonnen an Glasverpackungen die Werke von Vetropack Austria und Stölzle Oberglas. Dies entspricht einem Produktionszuwachs von zwei Prozent. Allein bei Vetropack Austria betrug der Absatz von Glasverpackungen im Geschäftsjahr 2014 1,574 Milliarden Glasverpackungen, wobei sich speziell die Bereiche Food, Mineralwasser und Softdrinks sehr positiv entwickelten.

Scherbenanteil in der Glasproduktion nach Ländergesellschaften: Im Durchschnitt aller Vetropack-Ländergesellschaften beträgt der Anteil Altglas an der Produktion über 60 Prozent – Tendenz steigend. In Österreich liegt er für Vetropack Austria (AT) bei 68%.

#### **Stölzle-Oberglas<sup>31)</sup>**

Pro Jahr laufen rund 1,5 Milliarden Stück weißes, braunes oder grünes Verpackungsglas vom Band. Dies entspricht einer beeindruckenden durchschnittlichen Tageskapazität von etwa 250 Tonnen Glas.

#### **Geocell<sup>32)</sup>**

Es wird zu 100% Altglas eingesetzt. GEOCELL® Schaumglasschotter (Glasschaumschotter, Glasschaumgranulat) wird aus recykliertem Altglas gewonnen, ist leicht, hoch-wärmedämmend, feuchteresistent, formstabil und alterungsbeständig. Einsatzgebiete: Lastabtragende Dämmung (Perimeterdämmung) unter Bodenplatten, Sanierung, Leichtschüttung im GALA-Bau und Grund- und Verkehrswegebau.

#### **Swarco, M. Swarovski GmbH<sup>33)</sup>**

SWARCO produziert seit über 40 Jahren Reflexglasperlen. Diese werden für Fahrbahnmarkierungen verwendet (Nachtsichtbarkeit).

---

<sup>30)</sup> <http://www.vetropack.at> Broschüre Glasrecycling

<sup>31)</sup> <http://www.stoelzle.com>

<sup>32)</sup> <http://www.geocell-schaumglas.eu>

<sup>33)</sup> <https://www.swarco.com/de/Produkte-Services/Traffic-Materials/Glasperlen/Standard-Glasperlen>

## 9.2 Details zu Aufbereitungsanlagen für Altglas

### **Johann Schirmbeck Glasrecycling<sup>34)</sup>**

Durch Schirmbeck findet eine Konditionierung von Altglas statt und es wird ausschließlich Altglas aufbereitet: *Produkte: Aufbereitetes Glas - Flachglasgranulat in den Körnungen 0-3,5 mm; 0-5mm; 0-30mm; 5-14mm und Hohlglasmix (weiß, grün, braun) in den Körnungen 0-3mm; 10-50mm).*

### **TOP Umweltservice GmbH<sup>35)</sup>**

Die SRP Sekundärrohstoff Produktion GmbH betreibt am Standort des Recyclingzentrum NÖ-West eine mechanische Aufbereitungsanlage für Glasabfälle.

Vom vorgesichteten Material, in erster Linie Rückstände der Altglasaufbereitung, werden mit einem Trommelmagnet die Eisenmetalle abgetrennt und anschließend mit einem Wirbelstromscheider die Nichteisenmetalle separiert.

Über Walzenbrecher, Sichtungaggregate, Laserlichtdetektoren und Siebe werden Störstoffe ausgeschieden und verschiedene verwertbare Fraktionen gewonnen.

---

<sup>34)</sup> <http://www.recycling.schirmbeck.com>

<sup>35)</sup> <http://www.top-umweltservice.at>

## Referenzen

- Aiginger, K.; Bayer, K.; Stankovsky, J.; Volk, E., 1986, Die Entwicklung der österreichischen Aluminiumindustrie, WIFO-Monatsbericht 10/1986, 625-646.
- Allwood, J.M., 2016, A bright future for UK steel, A strategy for innovation and leadership through up-cycling and integration, University of Cambridge.
- Austropapier, 2016a, Die österreichische Papierindustrie, Branchenbericht 2015/2016, Vereinigung der österreichischen Papierindustrie, [http://www.austropapier.at/fileadmin/austropapier.at/dateiliste/Dokumente/Downloads/Jahresberichte/00\\_Gesamt\\_a1\\_klein.pdf](http://www.austropapier.at/fileadmin/austropapier.at/dateiliste/Dokumente/Downloads/Jahresberichte/00_Gesamt_a1_klein.pdf)
- Austropapier, 2016b, Die sachliche Sicht auf Papier und seine Produktion, Vereinigung der österreichischen Papierindustrie, <http://www.austropapier.at>.
- Austropapier, 2016c, Grafische Darstellungen, Vereinigung der österreichischen Papierindustrie, <http://www.austropapier.at/daten-fakten/grafiken-2015-2016>.
- Bijleveld, M.; Bergsma, G.; Nusselder, S., 2016, The circular economy as a key instrument for reducing climate change, CE Delft, May 2016.
- BMLFUW, 2015a, Indikatoren-Bericht MONE, Auf dem Weg zu einem nachhaltigen Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2015b, Bundes-Abfallwirtschaftsplan. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich, Statusbericht 2015. Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMLFUW, 2015c, Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2015; Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMLFUW, 2015d, Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft, Endbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, <http://www.bmlfuw.gv.at>.
- EC, 2001, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, European Commission, December 2001.
- EEA, 2015, Circular Economy in Europe: Developing the Knowledge Base, EEA Report No 2/2016, European Environment Agency, Kopenhagen.
- Ellen MacArthur Foundation, 2013a, Towards the Circular Economy, Economic and business rationale for an accelerated transition.
- Ellen MacArthur Foundation, 2013b, Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe.
- Europäische Kommission, 2015, Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, COM(2015)614 final, Brüssel, den 2.12.2015.
- Europäische Kommission, 2014, Hin zu einer Kreislaufwirtschaft: Ein Null-Abfallprogramm für Europa, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, COM(2014) 398 final, Brüssel, den 2.7.2014.
- Europäische Kommission, 2011, Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa, Europäische Kommission, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, KOM(2011) 571, endg. Brüssel.
- European Aluminium Association, 2015, Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry, Life Cycle Inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe, Ref. Ares(2015)5063151 – 13/11/2015.
- Eurostat, 2016, Statistics Explained, Materialflussrechnung und Ressourcenproduktivität, Datenauszug Juni 2015. Verfügbar unter : [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material\\_flow\\_accounts\\_and\\_resource\\_productivity/de](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_and_resource_productivity/de).
- EUWID, 2015, Recycling und Entsorgung, verschiedene Ausgaben 2015, Europäischer Wirtschaftsdienst.
- Fachverband Glasindustrie, 2014, Jahresbericht 2014, WKO Glas, Wien.
- Gerspacher, A.; Arens, M.; Eichhammer, W., 2011, Zukunftsmarkt Energieeffiziente Stahlherstellung, Fallstudie im Rahmen des Vorhabens "Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen,

- ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative", FKZ 03KSW016A und B, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, Oktober 2011.
- Greer, M., 2012, Chapter 7–Case Study: Cost Models to Illustrate KLEM Data, in: Electricity Marginal Cost Pricing, Application in Eliciting Demand Responses, 209-230.
- Hiebel, M.; Nühlen, J., 2016, Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Onlinefassung der Kurzstudie im Auftrag der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV), Oberhausen, November 2016.
- IEA, 2016, Energy Prices and Taxes, International Energy Agency, Paris.
- International Aluminium Institute, 2009, Global Aluminium Recycling: A Cornerstone of Sustainable Development, with European Aluminium Association, Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters.
- IPCC, 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (considering the 9<sup>th</sup> Corrigenda from 2015), <http://www.ipcc.ch>.
- Joint Research Center, 2013, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), European Commission, Sevilla.
- Joint Research Center, 2007, Prospective Study of the World Aluminium Industry, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), European Commission, Sevilla, EUR 22951 EN – 2007.
- Lechner, P.; Schneider, F., 2010, Verwertung von Abfällen II, Vorlesung an der Universität für Bodenkultur, WS 2010/2011, <http://www.boku.ac.at>.
- Milford, R.L.; Allwood, J.M, Cullen, J.M., 2011, Assessing the potential of yield improvements through process scrap reduction for energy and CO<sub>2</sub> abatement in the steel and aluminium sectors, Resources, Conservation and Recycling, 55, 1185-1195.
- Miller, R.E.; Blair, P.D., 2009, Input-Output Analysis: Foundations and Extensions, Cambridge University Press.
- Montanwerke Brixlegg, 2012, Nachhaltigkeitsbericht 2012.
- Pardo, N.; Moya, J.A., Vatopoulos, K., 2012, Prospective Scenarios on Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions in the EU Iron & Steel Industry, JRC Scientific and Policy Reports.
- Pearce, D.W.; Turner, R.K., 1990, Economics of Natural Resources and the Environment, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Hertfordshire, UK.
- RWI, 2016, Stahlbericht 2015, in: Konjunkturbericht, Die wirtschaftliche Entwicklung im Frühsommer 2016, Jahrgang 67, Heft 2, 32-42, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Schinko, T.; Bednar-Friedl, B.; Steininger, K.W.; Grossmann, W.D. (2014), Switching to carbon-free production processes: Implications for carbon leakage and border carbon adjustment, Energy Policy, Volume 67, April 2014, 818-831.
- Schönheit, E.; Trauth, J., 2013, Kritischer Papierbericht 2013, UFOPLAN-Vorhaben FKZ 370995302, September 2013, Hamburg.
- Schumacher, K.; Sands, R.D., 2007, Where are the industrial technologies in energy-economy models? An innovative CGE approach for steel production in Germany, Energy Economics, 29, 799-825.
- SRU, 2016, Impulse für eine integrative Umweltpolitik, Umweltgutachten 2016, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin.
- SRU, 2012, Umweltgutachten 2012, Verantwortung in einer begrenzten Welt, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin
- Statistik Austria, 2014, Leistungs- und Strukturstatistik 2014
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; de Vries, W.; de Wit, C.A.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G.M.; Persson, L.M.; Ramanathan, V.; Reyers, B.; Sörlin, S., 2015, Planetary boundaries, Guiding human development on a changing planet, Science Express, Vol. 347 (6223), DOI: 10.1126/science.1259855.
- UBA, 2016a, Volkswirtschaftliche Effekte der Kreislaufwirtschaft in Österreich, MODUL I: Recyclingaktivitäten ausgewählter Altstoffe und Abfälle, Umweltbundesamt, Wien (nicht veröffentlicht).

- UBA, 2016b, Recyclingpapier – Antworten auf häufig gestellte Fragen, Umweltbundesamt Wien.
- UBA, 2016c, Klimaschutzbericht 2016, Umweltbundesamt Wien, Report, REP-0582, <http://www.umweltbundesamt.at>.
- UBA, 2015, Statusbericht 2015 zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Umweltbundesamt Wien, <http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at>.
- UBA, 2014, Effiziente Nutzung von Holz, Kaskade versus Verbrennung, Report, REP-0493, Umweltbundesamt, Wien.
- UBA, 2013, Nichteisenmetallindustrie, Umweltbundesamt Berlin, 29.07.2013, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/herstellung-verarbeitung-von-metallen/nichteisenmetallindustrie>, abgerufen am 14. April 2016.
- UBA, 2012, Krutzler, Th.; Reisinger, H.; Schindler, I.: Ressourcenverbrauch der Industrie in Österreich – Analyse und Ausblick für die bedeutendsten Branchen und seltene Metalle. Report-0363, Wien, [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at).
- UBA, 2010, Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich, Umweltbundesamt Wien, Report, REP-0303, <http://www.umweltbundesamt.at>.
- UBA, 2007, Abfallverbrennung in Österreich: Statusbericht 2006, Umweltbundesamt Wien, Report, REP-0113, <http://www.umweltbundesamt.at>.
- UN, 2015, Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, United Nations Generalversammlung, 18. September 2015.
- Wilts, H., 2016, Deutschland auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft, WISO Diskurs, Friedrich Ebert Stiftung, 06/2016
- World Bank, 2015, Global Economic Monitor, Commodity Prices, abgerufen im November 2015.
- World Steel Association, 2015, Steel, Statistical Yearbook 2015, World Steel Committee on Economic Studies – Brussels, 2015

**Webseiten:**

<http://www.bmlfuw.gv.at>

<http://recycling.or.at>

[www.spindel.co.at](http://www.spindel.co.at)