

## Volkswirtschaftliche Effekte durch Recycling ausgewählter Altstoffe und Abfälle

Ina Meyer, Mark Sommer und Kurt Kratena

1.	Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Effekte .....	51
2.	Ökonomische Relevanz, Materialströme und volkswirtschaftliche Effekte am Beispiel von Eisen und Stahl .....	52
3.	Gesamtergebnisse einschließlich der Umwelteffekte.....	58
4.	Schlussfolgerungen .....	61
5.	Literatur .....	62

Die Abfallwirtschaft leistet durch das Recycling von Altstoffen und Abfällen und den nachgelagerten Einsatz von Sekundärrohstoffen einen Beitrag zu einer Steigerung der Ressourcenproduktivität, zu Energie- und Emissionseinsparungen und zur Entwicklung umweltschonenderer Wirtschaftsaktivitäten und Geschäftsmodelle. Recycling verlängert die Einsatzzeit der Primärressourcen im Wirtschaftskreislauf und verbreitert dadurch die Ressourcenbasis der Wirtschaft. Dies trägt vor allen Dingen auch in den Märkten für Metalle dazu bei, das Versorgungsrisiko aus primärer Produktion, das oftmals auf eine geopolitische Abhängigkeit von oligopolistischen Anbieterstrukturen zurückzuführen ist, zu reduzieren und die Resilienz des produzierenden Sektors und der Region u.a. gegenüber volatilen Rohstoffpreisen zu erhöhen.

Recycling wird hier aus der Perspektive einer Nachhaltigen Entwicklung [27] als ein Element einer Kreislaufwirtschaft (*circular economy*) verstanden. Das Konzept der Kreislaufwirtschaft zielt auf eine absolute Reduktion primärer Ressourcenextraktion und eine Verringerung von betrieblichen und haushaltsbezogenen Abfallströmen durch den (Wieder-)Einsatz von bereits verwendeten Ressourcen und Materialien durch Wiederverwendung, Reparatur und Recycling ab (Bild 1). Die Grundidee besteht in der Auffassung, dass es in einer Welt mit begrenzten Ressourcen und planetaren Grenzen [20, 21, 24] langfristig keine lineare Ökonomie geben kann, die dem Modell *take-make-use-dispose* folgt. Gewinnung und Einsatz von Primärrohstoffen sind physisch und ökonomisch begrenzt bzw. unterliegen (sozio-)ökologischen Systemgrenzen. Ressourcenextraktion und Abfallentsorgung sind in der Regel mit einer Reihe von nachteiligen und gesellschaftlich unerwünschten Umweltauswirkungen verbunden. Vielfältige Belege zeugen davon, dass das Niveau und die Qualität der Umweltauswirkungen die Kapazitäten globaler Ökosysteme, den Output industrialisierter Produktions- und Verbrauchsmuster zu absorbieren, in Teilen bereits überschritten haben [5, 11, 15, 17].

In der Umweltökonomik wird eine Abnahme des natürlichen Kapitalstocks konstatiert bei gleichzeitiger physischer Ausdehnung des linearen Wirtschaftssystems ([4], Bild 1, durch die untenstehenden Pfeile symbolisiert). Das gegenwärtige Wirtschaftssystem hatte bisher wenig Erfolg darin, seine Wirtschaftsaktivitäten vom Ressourcenverbrauch absolut zu entkoppeln und riskiert durch zunehmende Degradation und abnehmende Resilienz von natürlichen Systemen den zukünftigen Wohlstand und wirtschaftlichen Fortschritt ganzer Generationen.

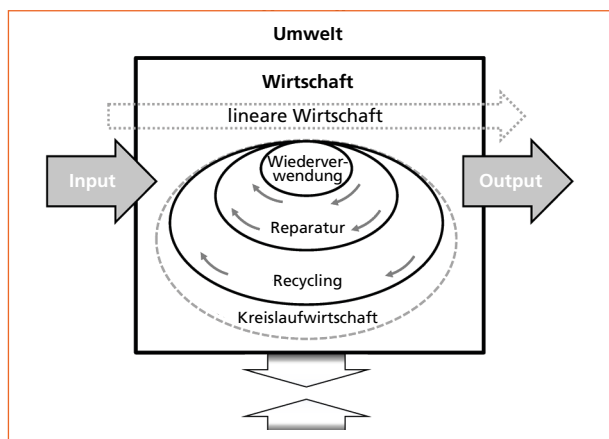


Bild 1:

Schematische Darstellung Kreislaufwirtschaft

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J.: Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46, 2018

Eine nachhaltige Modernisierung von Wirtschaft, Gesellschaft und Industrie kann durch einen Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft gelingen. Diese kann sowohl umweltrelevante als auch wirtschaftliche Herausforderungen meistern. Material- und Energieflüsse werden – in Anlehnung an natürliche Systeme – in Kreisläufen geführt und kaskadisch genutzt (Bild 1). Dabei soll der Materialdurchsatz in Produktion und Konsum auf ein Niveau begrenzt werden, das die (planetaren) Grenzen ebenso wie die natürlichen Reproduktionsraten nicht übersteigt. In der Abfallbewirtschaftung der EU werden kreislaufwirtschaftliche Prinzipien aufgegriffen, allen voran die Vermeidung von Abfällen. Weitere Abfallbewirtschaftungsprinzipien sind – in absteigender Rangfolge: Wiederverwendung (*Reuse*), Reparatur (*Remanufacturing*), Recycling, energetische Verwertung und Deponierung (RL2008/98/EG, EU-Abfallrahmenrichtlinie). Die Rangfolge der Abfallhierarchie hinaufzusteigen kann u.a. eine signifikante Reduzierung des Energieeinsatzes und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen bewirken.

Die Europäische Kommission [6, 7] fördert das Konzept der Kreislaufwirtschaft, ebenso wie mehrere nationale Regierungen – darunter die VR China – und namhafte Unternehmensberatungen [8, 9]. Dabei steht der wirtschaftspolitische Fokus in der Regel im Vordergrund und es werden wirtschaftliche Vorteile durch Kosteneinsparungen und geringere Produktionsrisiken durch etwaige Ressourcenverknappungen betont.

Die vorliegende Studie (beruht auf [18]) analysiert erstmals für Österreich exemplarisch die volkswirtschaftlichen Wirkungen und die energetischen Einspareffekte, die durch das Recycling der Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas im Jahr 2014 entstanden sind. Recycling beinhaltet dabei sowohl die Effekte der Substitution

von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe im produzierenden Sektor als auch den internationalen Handel mit Sekundärrohstoffen, ebenso wie das Sammeln, Sortieren und Aufbereiten von Abfall zu Sekundärrohstoffen. Es werden ausgewählte ökonomische Kennzahlen wie Bruttowertschöpfung und Beschäftigung auch auf sektoraler Ebene quantifiziert und die potentiellen globalen CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparungen – einschließlich der Rohstoffvorketten – berechnet.

## 1. Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Effekte

In der empirischen Wirtschaftsforschung gibt es eine Reihe von Verfahren, um volkswirtschaftliche Effekte zu analysieren. Eine grundlegende und weit verbreitete Methode ist die Input-Output-Analyse. Basis dafür ist die sogenannte Input-Output-Tabelle (IOT), die den Austausch von Gütern und Dienstleistungen in Geldeinheiten darstellt und somit die Interdependenzen der gesamten Wirtschaft abbildet. Bei der üblichen Input-Output-Analyse wird auf Basis der Struktur der IOT ein Modell erstellt, womit Nachfrage- oder Investitionsänderungen (*Schocks*) simuliert werden. Durch die Verflechtungen und die spezifischen Vorleistungsketten wirkt sich diese Änderung auf alle vorgelagerten Sektoren aus. Das führt dazu, dass der direkte Schock verstärkt oder – im Falle von hohen Importquoten – abgeschwächt wird. In der Wirtschaftsforschung spricht man vom Multiplikatoreffekt. In der vorliegenden Studie wird ein ähnlicher Ansatz gewählt. Die drei zentralen Unterschiede sind, dass, erstens die Datengrundlage Aufkommens-und-Verwendungstabellen sind (AVT), zweitens Nachfrageänderungen durch eine Änderung der Produktionsstrukturen initiiert werden, und drittens die Simulation in einem umfangreichen ökonomischen Modell durchgeführt wird, welches eine Reihe von Modulen beinhaltet, die das Verhalten von Konsumenten, Investitionen, Staatsausgaben, Preisen und Außenhandel mit einbeziehen. Das Ziel der Simulationen in dieser Studie ist, Produktionsstrukturen dahingehend zu modifizieren als ob kein Recycling stattfinden würde (= Counterfactual *no-recycling*) und so im Vergleich mit dem Ist-Zustand 2014 die Effekte des Recyclings zu ermitteln.

Aktuelle AVT untergliedern die Wirtschaft in 62 bis 88 Sektoren (Produzenten) und sechs Endnachfragekategorien (Konsumenten) nach der ÖNACE 2008 Klassifikation. Die Grundlage für die hier vorliegende Studie war die AVT 2012 von Statistik Austria mit 62 Sektoren.

Produktionstechnologien z.B. der Stahl- oder Papierherstellung stecken implizit in Form von Kosten- bzw. Vorleistungsstrukturen in den AVT. Aufgrund des hohen Aggregationsniveaus ist ein herausfiltern und austauschen technologiespezifischer Vorleistungsstrukturen nicht direkt möglich. Denn Unternehmen, die in der vorliegenden Untersuchung im Fokus stehen, und die Sekundärrohstoffe einsetzen, sind Teil eines übergeordneten Sektoraggregats. Daten zu Teilsektoren werden u.a. aufgrund von Geheimhaltungspflichten nicht veröffentlicht. So ist ein direkter Zugang nicht möglich. Als Annäherung zur Modellierung eines Technologieaustausches wurden daher die Veränderungen, die mit einer Technologieänderung in Form einer Substitution von

Sekundär- durch Primärtechnologien oder von Importen von Vorleistungsgütern einhergehen, auf die Vorleistungsstruktur übertragen. Zu diesem Zweck wurden die relevanten physischen Stoff- und Energieströme von Primär- und Sekundärtechnologie monetär bewertet und auf die Vorleistungsstruktur übertragen. Dadurch ändert sich die Nachfragestruktur, und durch die Reaktionen im Modell – gesamtwirtschaftliche Anpassung in Konsum und Produktion – konnten die Stoffstromänderungen und damit die Effekte des Recyclings ökonomisch evaluiert werden.

Für die Modellanalyse wurde das WIFO.DYNK (Dynamic New Keynesian) Modell verwendet. Dies ist ein dynamisches makroökonomisches Ein-Regionen und Multi-Sektor Modell. Der Kern des Modells basiert auf der AVT und beinhaltet ökonometrische Verhaltensgleichungen in den Bereichen Produktion, Arbeitsmarkt und privater Konsum und bildet Effekte auf Investitionen, öffentliche Ausgaben und Preise ab. Für die vorliegende Studie wurde das Modell 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 bestehende Datenstruktur angehängt und die bestehenden Produktionsdaten erweitert, um die Substitution von rezyklierten und nicht-rezyklierten Gütern in der Nachfrage zu integrieren.

## 2. Ökonomische Relevanz, Materialströme und volkswirtschaftliche Effekte am Beispiel von Eisen und Stahl

Die in dieser Studie betrachteten Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas sind Bestandteil der traditionellen Recyclingsparten. Sie gehören zu den Grundstoffen des verarbeitenden Gewerbes und sind Teil vielfältiger industrieller Wertschöpfungsketten. Die Produktion dieser Stoffgruppen zeichnet sich durch eine hohe Energieintensität aus [14].

Eisen und Stahl sind zentrale Materialien moderner Industriegesellschaften und werden im Bereich des Infrastrukturaufbaus von Gebäuden, Schienen, Stromnetzen, Rohrleitungen usw. sowie für technologische Entwicklungen im Bereich des Verkehrs und der Energieerzeugung verwendet. Zukünftige Hauptanwendungsgebiete für Produktinnovationen finden sich sowohl in den konventionellen Bereichen als auch in Zukunftstechnologien (Windenergie). Eigenschaften wie Höchstfestigkeit bei niedrigem Gewicht spielen eine zentrale Rolle.

Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlerzeugung gewinnen weltweit eine immer größere Aufmerksamkeit, da die Stahlerzeugung zu einer der größten industriellen Emittenten von CO<sub>2</sub> gehört. Der Großteil des Energieverbrauchs – etwa achtzig Prozent – findet bis zur Erzeugung von (flüssigem) Rohstahl statt. Für Gießereien und die Formgebung des Rohstahls werden die verbleibenden zwanzig Prozent Energie benötigt [10].

Mit der zunehmenden Elektrifizierung der Industrie und der Verfügbarkeit des Sekundärrohstoffs Stahlschrott hielt die Elektrostahlerzeugung als ein weiteres Verfahren zur Stahlherstellung in der Industrie Einzug. In der Sekundärroute wird Schrott unter Einwirkung von elektrischem Strom bei einem weitaus geringeren Energieeinsatz geschmolzen. ([23], Tabelle 1).

Faktoreinsätze	Hochofenroute	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

Tabelle 1:

Vergleich der Faktoreinsätze für die Hochofenroute und die Elektrostahlerzeugung

Quelle: WIFO-Darstellung basierend auf Schumacher, K.; Sands, R. D.: Where are the industrial technologies in energy-economy models? An innovative CGE approach for steel production in Germany. Energy Economics, 29, 799-825, 2007

Im Jahr 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 Millionen Tonnen [28].

Die nach dem Einbruch infolge der Wirtschafts- und Finanzmarktkrise 2008/2009 weltweit wieder anziehende Produktion von und Nachfrage nach 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 kein weiteres starkes Wachstum in der Stahlbranche erwartet [10]. Vielmehr versuchen sich europäische Stahlerzeuger mit innovativen Spezialprodukten von preisgünstigen Massenprodukten der globalen Konkurrenz abzugrenzen. Seit 2015 ist die weltweite Rohstahlerzeugung aufgrund der verhaltenen weltwirtschaftlichen Konjunktur rückläufig. Die schwache Nachfrage nach Stahl und die insgesamt sehr geringe Kapazitätsauslastung, die durch den Ausbau der Produktionskapazitäten in den Entwicklungs- und Schwellenländern forciert wurde, üben weiterhin einen spürbaren Druck auf die Stahlpreise aus [22]. Ausgehend von einem niedrigen Niveau sanken die Stahlpreise im Verlauf des Jahres 2015, begünstigt durch sinkende Rohstoff- und Energiepreise, nochmals. Im Frühjahr 2016 zogen sie dann aufgrund einer lebhafteren Nachfrage sowie steigenden Preisen für Eisenerz und Kohle wieder an [22]. Dabei nahm die Volatilität der Stahlpreise deutlich zu: Betrug diese im Jahr 2014 nur 4,6 %, stieg sie im Zeitraum November 2016 bis Oktober 2017 auf 20,4 % [3].

Die Abhängigkeit von Rohstoffimporten (Eisenerz, Schrott) hatte sich in den Jahren vor der Krise durch steigende Preise und mindere Qualität deutlich negativ auf die Stahlbranche ausgewirkt. Die Stahlrecyclingwirtschaft verbreitert dagegen die Rohstoffbasis und reduziert die Produktionsrisiken, die von Oligopolen auf der Anbieterseite ausgehen [12]. Aufgrund der in der Infrastruktur akkumulierten Stahlmenge (anthropogene Lager) gewinnen in den Industrieländern Recyclingverfahren in der Stahlindustrie potentiell an Bedeutung [1, 10].

## Eisen und Stahl in Österreich

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

Das Primärabfallaufkommen an Eisen- und Stahlabfällen in Österreich setzt sich im Wesentlichen aus verunreinigten Eisen- und Stahlabfällen, Eisenmetalleballagen und -behältnissen zusammen. In Tabelle 2 sind die Materialströme und -werte für Eisen- und Stahlschrotte angeführt, die bei der Modellierung der volkswirtschaftlichen Effekte als Daten-Input Verwendung fanden. Das gesamte Abfallaufkommen an Eisen- und Stahlabfällen im Jahr 2014 kann mit mindestens 2,32 Millionen Tonnen angegeben werden [25]. Es ist davon auszugehen, dass generell ein beträchtliches zusätzliches Aufkommen an Eisen- und Stahlabfällen anfällt, aber im gewerblichen Sektor verbleibt, ohne je als Abfall deklariert und damit Bestandteil der Abfallstatistik zu werden (siehe auch [17]). Die berechneten volkswirtschaftlichen Effekte müssen daher als Minimalergebnis interpretiert werden. In 2014 wurden mehr Eisen- und Stahlabfälle importiert als exportiert (Nettoimporte: 185.000 t) und etwa 2,54 Millionen Tonnen Altmetalle in der Eisen- und Stahlerzeugung eingesetzt. Das Verhältnis des Sekundärrohstoffs am Produktionsvolumen von Rohstahl lag bei etwa 32 %.

Tabelle 2: Materialströme und -werte von Eisen- und Stahlschrott für Österreich 2014

	Tonnen	EUR/Tonne
Preis Eisen- und Stahlschrott		246,90
		<b>Mio. EUR</b>
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	
		<b>Anteile</b>
		%
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

Quellen: UBA: Volkswirtschaftliche Effekte der Kreislaufwirtschaft in Österreich, MODUL I: Recyclingaktivitäten ausgewählter Altstoffe und Abfälle. Umweltbundesamt, Wien (unveröffentlicht), 2016

World Steel Association: Steel, Statistical Yearbook 2015, World Steel Committee on Economic Studies, Brüssel, 2015

WIFO-Berechnungen

Für die Modellierung des Counterfactuals wurde für die Stoffgruppe Eisen und Stahl eine ausschließliche Primärerzeugung auf Basis von Eisenerz in der integrierten Hochofenroute mit einem Eigenschrottanteil in Höhe von fünf Prozent angenommen. Der absolute physische Materialeinsatz und Materialmix sowie der physische Energieeinsatz und Energieträgermix in der Primärproduktion wurden aus der Studie des österreichischen Umweltbundesamtes übernommen ([26], siehe Tabelle 3). Die physischen Einsatzmengen wurden mit relevanten Marktpreisen bewertet, die Änderungen des Material- und Energiemix in eine neue Güternachfragematrix übertragen und in das WIFO.DYNK Modell eingesetzt. Die entsprechenden Großhandelspreise für Energie sind der Datenbank der Internationalen Energieagentur [13] entnommen und betragen für Industriekunden für Kohle 155,09 EUR/t. Daraus wurde ein Preis für Koks basierend auf der Annahme abgeleitet, dass der Energieinhalt von Kohle und Koks gleich teuer ist (EUR/GJ). Somit ergibt sich ein Preis für Koks von 5,4 EUR/GJ.

Tabelle 3: Input-Output-Tabelle wesentlicher Ressourcen für die Sekundärstahlproduktion in Österreich (Input jeweils bezogen auf eine Tonne Output)

	Einheit	Einsatz	EUR/Einheit	Material- und Energieeinsatz in Produktion 2014	Wert	Wert
					Mio. EUR	%
<b>Hochofenroute (91 %)</b>						
Erz-Konzentrat	t	1,2	72,79	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
<b>Output</b>	<b>t</b>	<b>1,0</b>			<b>1.584</b>	<b>100</b>
<b>Elektroroute (9 %)</b>						
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
<b>Output</b>	<b>t</b>	<b>1,0</b>			<b>223</b>	<b>100</b>
<b>Stahlproduktion 2014</b>						
Hochofenroute	t	7.185.000				
Elektroroute	t	693.088				
<b>Insgesamt</b>	<b>t</b>	<b>7.878.088</b>	<b>229,41</b>		<b>1.807</b>	

\* Einsatzfaktor pro Tonne Roheisen

Quellen: IEA: Energy Prices and Taxes. International Energy Agency, Paris, 2016

UBA: Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Umweltbundesamt Wien, Report, REP-0303, 2010  
WIFO Berechnungen

Die auf dieser Basis berechneten Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte sind in Bild 2 und Bild 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 Millionen EUR oder 0,21 %



des österreichischen Bruttoinlandsproduktes (BIP) sowie eine Beschäftigung in Höhe von 7.083 Beschäftigungsverhältnissen oder 0,19 % der österreichischen selbständigen und unselbständigen Gesamtbeschäftigung. Demgegenüber steht beispielsweise eine direkte Wertschöpfung der Stahlbranche von etwa 1,6 Milliarden EUR mit etwa 15.000 direkten Beschäftigungsverhältnissen in 2004. Die Zerlegung in Einzeleffekte macht deutlich, dass der Gesamteffekt des Recyclings von Eisen- und Stahlschrotten durch den Effekt *Recycling und Einsatz von Sekundärrohstoffen* dominiert wird. Der Technologieeffekt (Substitution Primär-/Sekundärroute) wirkt hingegen negativ auf die Beschäftigung, da die Arbeitsintensität in der integrierten Hochofenroute höher ist als im Elektrostahlverfahren. Über eine geringere Beschäftigung – direkte und indirekte Effekte – ergeben sich geringere Einkommen und Konsumausgaben, die in der Volkswirtschaft negativ wirken, in der Beschäftigung wie in der Bruttowertschöpfung. Der Außenhandelseffekt mit Sekundärrohstoffen, der auf Nettoimporten von Eisen- und Stahlschrotten in Höhe von 185.330 t oder 45,8 Millionen EUR in 2014 zurückzuführen ist, bewirkt ebenfalls negative Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch den Abfluss von Kapital ins Ausland. In der Summe überwiegen die positiven volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings und des Einsatzes von Sekundärrohstoffen.

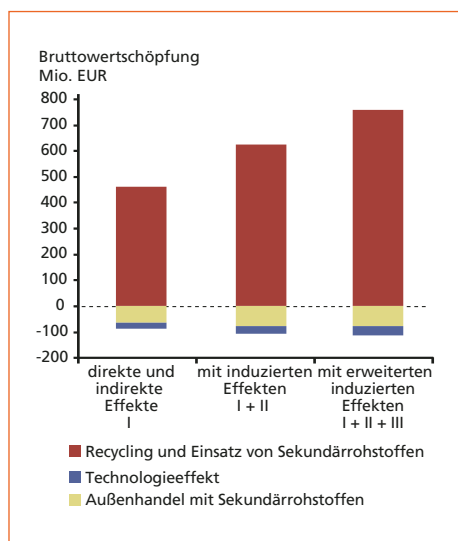


Bild 2: Bruttowertschöpfungseffekte des Eisen- und Stahlrecyclings in Österreich 2014

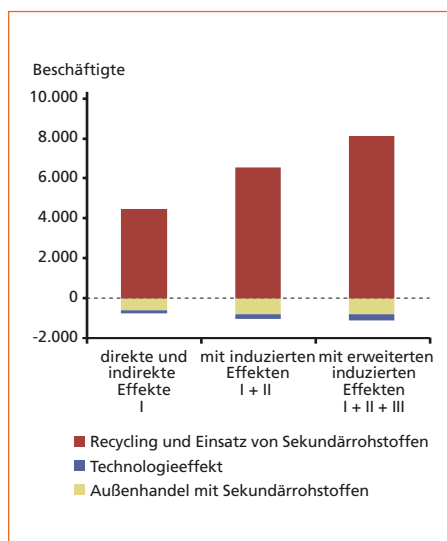


Bild 3: Beschäftigungseffekte des Eisen- und Stahlrecyclings in Österreich 2014

Die Gesamteffekte der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigung nach Wirtschaftsbranchen sind in Bild 4 dargestellt. Der größte BIP-Effekt – direkt, indirekt und induziert – in Höhe von 246 Millionen EUR wird im Sektor Recycling (ÖNACE 38: Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung) erzielt, gefolgt vom Handel mit 75 Millionen EUR und dem Bausektor in Höhe von 46 Millionen EUR. 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 Erbringung von freiberuflichen und technischen Dienstleistungen (489) und sonstigen 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 bedeutend größere Rolle als in den Vorleistungsbeziehungen – direkte und indirekte Effekte.

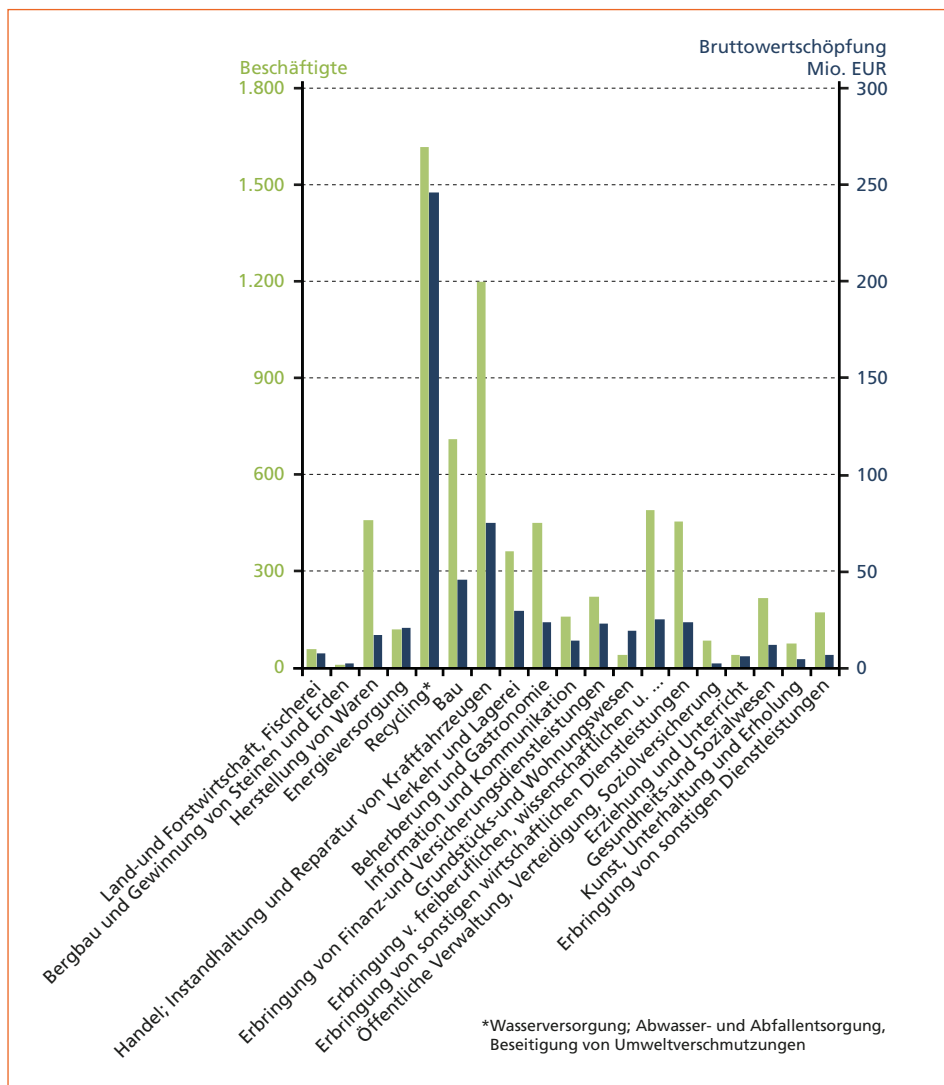


Bild 4: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte des Eisen- und Stahlrecyclings in Österreich 2014

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.

### 3. Gesamtergebnisse einschließlich der Umwelteffekte

Die gleiche Vorgangsweise wie bei Eisen und Stahl wurde für die Stoffgruppen Aluminium, Glas und Papier gewählt. Es wurde jeweils ein Counterfactual berechnet, in dem unter Einsatz von Primärrohstoffen bzw. Halbfertigmaterialien und ohne Recyclingaktivitäten die gleiche Menge an Gütern wie 2014 produziert wurde. Die Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte aller untersuchten Stoffgruppen sind in Bild 5 und Bild 6 dargestellt. Demnach erwirtschaftet die Recyclingwirtschaft, repräsentiert durch die analysierten Stoffgruppen, netto einen BIP-Effekt in Höhe von 0,52 % oder 1,7 Milliarden EUR. Die Beschäftigungseffekte belaufen sich auf 14.759 Beschäftigungsverhältnisse oder 0,38 % der Gesamtbeschäftigung. Der größte wirtschaftliche Effekt wird durch das Recycling der Metalle Eisen und Stahl sowie Aluminium erzielt, 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 Teil der Primärrohstoffe im Inland abgebaut wird. Dies wirkt sich kompensierend auf die wirtschaftlichen Effekte der Recyclingaktivitäten aus. Das heißt umgekehrt, dass die wirtschaftlichen Effekte des Recyclings umso höher ausfallen, je abhängiger die Wirtschaft von Rohstoffimporten ist und je höher die Preise der importierten Rohstoffe sind.

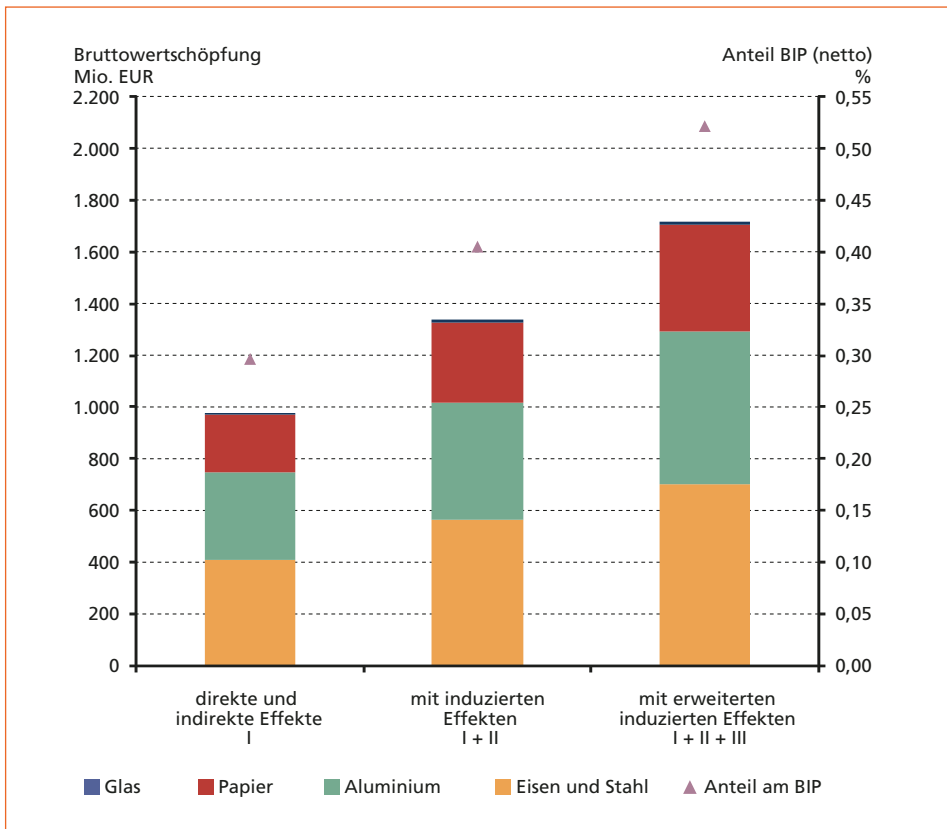


Bild 5: Bruttowertschöpfungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014

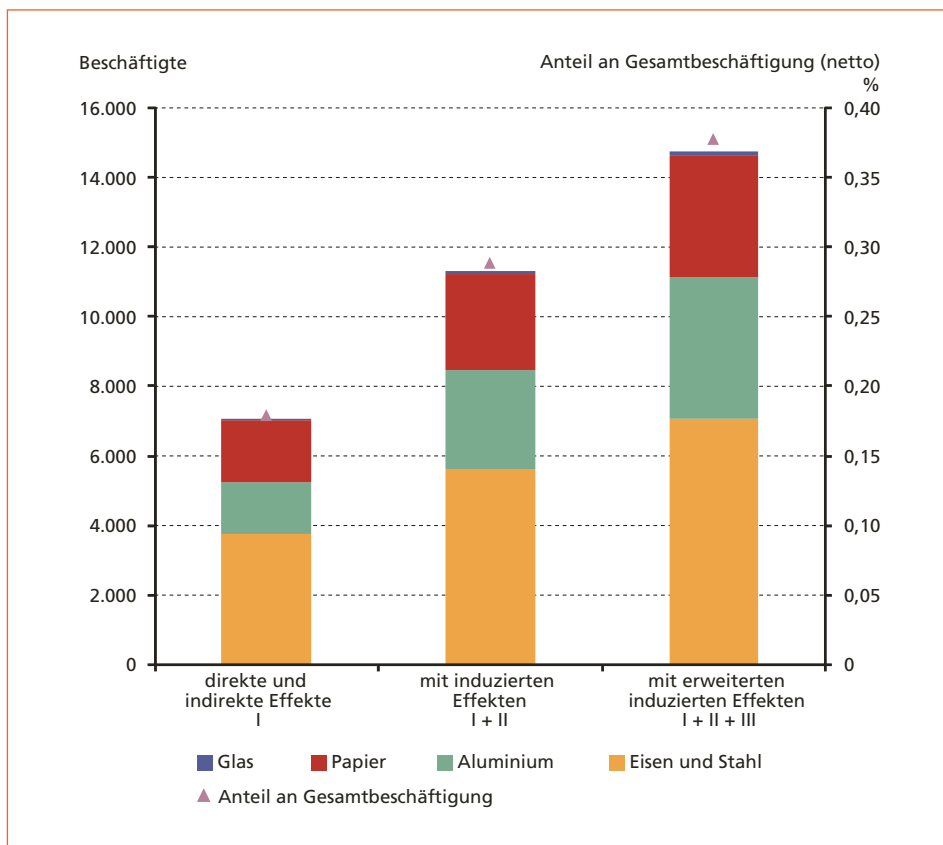


Bild 6: Beschäftigungseffekte gesamt nach Stoffgruppen, 2014

Die sektoralen Gesamteffekte (Bild 7) sind im Recyclingsektor mit einer Wertschöpfung in Höhe von 450 Millionen EUR am höchsten, gefolgt von der Branche der Warenherstellung (424 Millionen EUR) und dem Handel (169 Millionen EUR). Im Bereich der Beschäftigung liegt der Recyclingsektor ebenfalls vorne mit 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.

Das Recycling von Abfällen und Altstoffen, insbesondere von Metallen, Glas, und Papier wird zudem von bedeutenden positiven ökologischen Effekten begleitet. Durch getrennte Sammlung, Aufbereitung und getrennten 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.

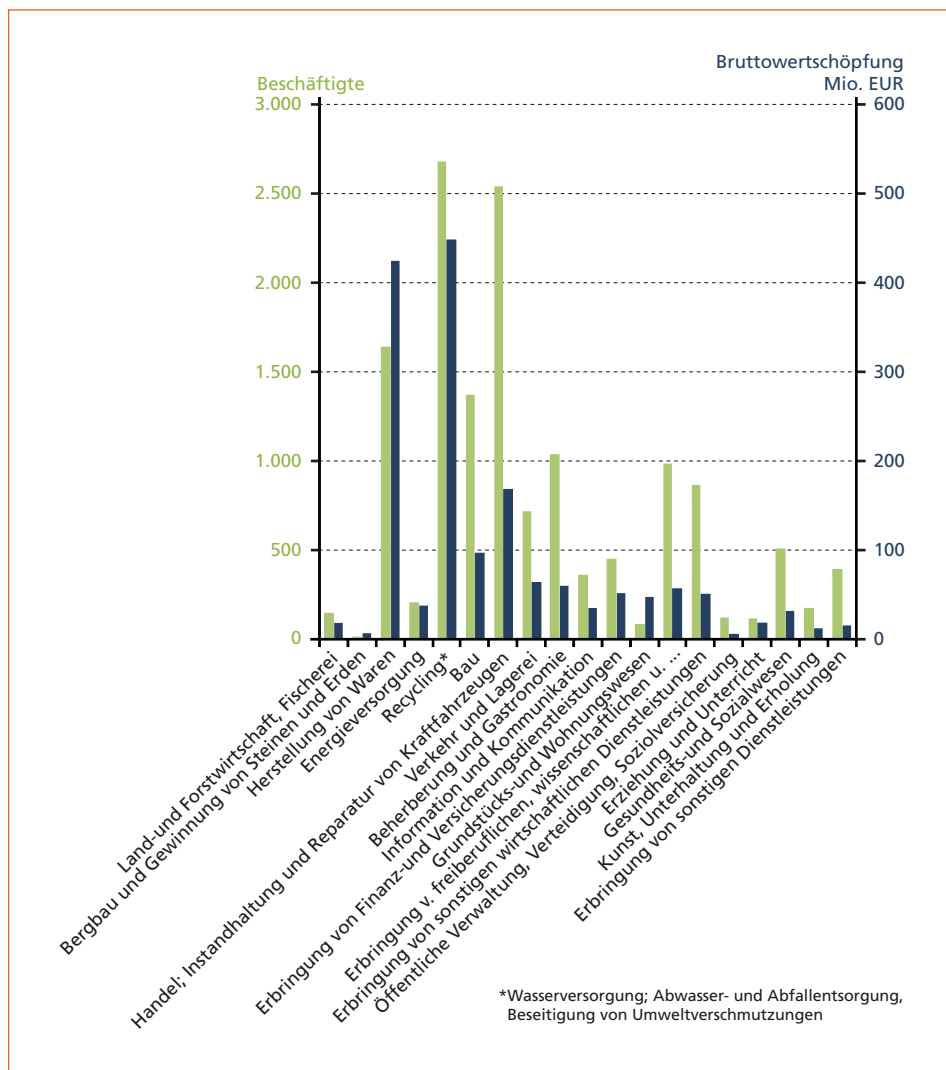


Bild 7: Sektorale Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte gesamt, 2014

Insgesamt umfasste der Sektor Abfallwirtschaft im Jahr 2014 etwa 4,1 % der österreichischen Treibhausgasemissionen – gesamte Treibhausgasemissionen Österreichs 2014: 76,3 Millionen t Kohlenstoffdioxid-Äquivalent (CO<sub>2</sub>-e) [25].

Durch den Einsatz von Abfällen und Altstoffen in Produktionsprozessen und die Substitution von Primärressourcen werden der Energieverbrauch und allfällige negative Umweltauswirkungen in der gesamten Vorleistungskette der Erzeugung der Primärressourcen reduziert. Unter anderem werden dabei Treibhausgasemissionen im Bereich der Primärherstellung von Produkten eingespart, welche sonst im Erzeugerland emittiert worden wären.

Auf Basis von Emissionsfaktoren [26] wurden die relevanten Treibhausgasemissionsersparungen für das Recycling der untersuchten Stoffgruppen und Stoffströme berechnet. Demnach ergeben sich für das Eisen- und Stahlrecycling weltweite Emissionsersparungen in Höhe von 4,5 Millionen t CO<sub>2</sub>-e, gefolgt von Aluminiumrecycling 2,7 Millionen t CO<sub>2</sub>-e, Papier- (0,7 Millionen t CO<sub>2</sub>-e) und Glasrecycling (0,1 Millionen t CO<sub>2</sub>-e). Insgesamt wird durch das Recycling der untersuchten Stoffgruppen ein Beitrag zum globalen Klimaschutz in Höhe von etwa 7,9 Millionen t CO<sub>2</sub>-e erreicht. 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 Millionen t CO<sub>2</sub>-e im Jahr 2014. Das Recycling leistet damit insbesondere durch den Einsatz der Metalle in der Sekundärproduktion einen substantziellen Beitrag zum globalen Klimaschutz.

## 4. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings zeigt, dass die Recyclingwirtschaft 2014 deutlich zu Wirtschaftsleistung und Beschäftigung in Österreich beitrug und darüber hinaus substantielle positive ökologische Effekte in Form von Treibhausgasemissionsreduktionen generierte. Die Analyse ist nach Kenntnis der Autoren die erste Modellanalyse, die die Recyclingwirtschaft bzw. exemplarisch Teile der österreichischen Recyclingwirtschaft und deren gesamtwirtschaftliche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte quantifiziert hat. Die Studie zeichnet sich durch einen innovativen Ansatz aus, der durch eine Koppelung von physischen Größen (Stoffströmen) und monetären Werten (Preisen) stoffgruppenspezifische Datensätzen generieren konnte, die allein auf der Basis von ökonomischen Wertgrößen nicht möglich gewesen wäre.

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 diesen Rohstoffen zurückzuführen 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.

Trotz der z.T. schon langen Bewirtschaftung von Altstoffen und Abfällen ist davon auszugehen, dass die Recyclingwirtschaft in einigen Bereichen erst am Anfang einer dynamischen Entwicklung steht, die in Zukunft weitere Stoffgruppen erfassen wird. Zu nennen sind etwa die gesellschaftlich, wirtschaftlich und ökologisch relevanten Bereiche der Elektro- und Elektronikabfälle und von Plastik. Die Bedeutung der

Recyclingwirtschaft ergibt sich aus einer zunehmenden weltweiten – ökonomischen und ökologischen – Verknappung der Primär- und Sekundärrohstoffe und den damit verbundenen Preisschwankungen im Rohstoffbereich sowie aus einem stetig wachsenden zukünftigen Abfallstrom, der sich u.a. auch aus noch nicht abgeschriebenen langlebigen Kapitalgütern (anthropogenen Lagern) ergibt.

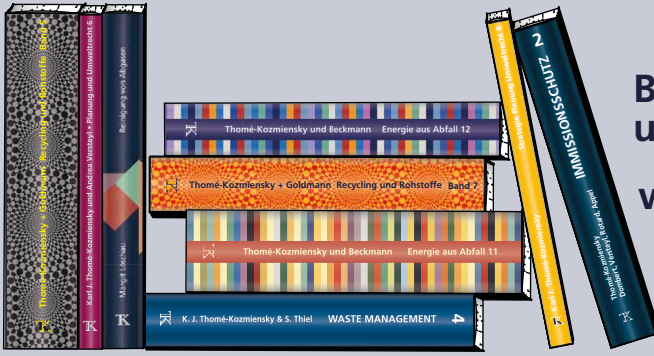
Zentrale Handlungsoptionen für die Realisierung einer Kreislaufwirtschaft und einer Steigerung der wirtschaftlichen und ökologischen Effizienz im Bereich des Recyclings liegen in der Bearbeitung weiterer Stoffgruppen, in der Steigerung von Sammel- und Recyclingquoten sowie in der kaskadischen Nutzung von Sekundärrohstoffen. Die Aufgabe der Abfallwirtschaft besteht darin, wirtschaftliche Rahmenbedingungen etwa in Form von monetären Anreizmechanismen (Pfand- oder Rückgabesysteme) oder ordnungspolitischen Maßnahmen (Herstellerverantwortung, Recyclingquoten) zu setzen, um entsprechende neue Recyclingmärkte zu entwickeln. Das übergeordnete Ziel der Kreislaufwirtschaft liegt darin, den Ressourcen- und Energieverbrauch absolut zu reduzieren.

## 5. Literatur

- [1] Allwood, J. M.: A bright future for UK steel, A strategy for innovation and leadership through up-cycling and integration. University of Cambridge, 2016
- [2] Andersen, M. S.: An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainable Science*, 2, 133-140, DOI: 10.1007/s11625-006-0013-6, 2007
- [3] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Volatilitätsmonitor, Änderungen zur jeweiligen Vorperiode. [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Produkte/Volatilitaetsmonitor/vm\\_17\\_10.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/Volatilitaetsmonitor/vm_17_10.pdf?__blob=publicationFile), abgefragt: 11. Dezember 2017
- [4] Cohen, F.; Hamilton, K.; Hepburn, C.; Sperling, F.; Teytelboym, A.: The wealth of nature, Increasing national wealth and reducing risk by measuring and managing natural capital. Institute for New Economic Thinking (INET) at the Oxford martin School, Smith School of Enterprise and the Environment (SSEE), Green Economy Coalition (GEC), <https://www.inet.ox.ac.uk/files/webWealthofNature.pdf>, 2017
- [5] EEA: The European Environment, state and outlook 2015. European Environment Agency, Kopenhagen, SOER 2015
- [6] Europäische Kommission: 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, 2.12.2015
- [7] Europäische Kommission: 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, 2.7.2014
- [8] EMAF (Hrsg.), 2013a: Towards the Circular Economy, Economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation, Cowes, UK
- [9] EMAF (Hrsg.), 2013b: Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe. Ellen MacArthur Foundation, Cowes, UK
- [10] Gerspacher, A.; Arens, M.; Eichhammer, W.: 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, 2011

- [11] GEO: Global Environmental Outlook 6, United Nations Environment Development Program, Nairobi, 2017
- [12] Hiebel, M.; Nühlen, J.: 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, 2016
- [13] IEA: Energy Prices and Taxes. International Energy Agency, Paris, 2016
- [14] IEA/OECD: Energy Technology Transitions For Industry, Strategies for the Next Industrial Revolution. International Energy Agency, Paris, 2009
- [15] IPCC: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Field, C.B.; Barros, V.R.; Dokken, D.J.; Mach, K.J.; Mastrandrea, M.D.; Bilir, T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C.; Girma, B.; Kissel, E.S.; Levy, A.N.; MacCracken, S.; Mastrandrea, P.R.; White, L.L.; (Hrsg.), Cambridge University Press, Cambridge, UK und NY, USA, 2014
- [16] Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J.: Circular Economy: The Concept and its Limitations. Ecological Economics, 143, 37-46, 2018
- [17] MEA: Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington, D.C., 2005
- [18] Meyer, I.; Sommer, M.; Kratena, K.; Tesar, M.; Neubauer, C.: Volkswirtschaftliche Effekte durch Recycling ausgewählter Altstoffe und Abfälle, WIFO Monographien, November 2016, [http://www.wifo.ac.at/publikationen?detail-view=yes&publikation\\_id=59158](http://www.wifo.ac.at/publikationen?detail-view=yes&publikation_id=59158), 2016
- [19] Milford, R. L.; Allwood, J. M.; Cullen, J. M.: 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, 2011
- [20] Pearce, D. W.; Turner, R. K.: Economics of Natural Resources and the Environment, Hemel Hempstead, Harvester, Wheatsheaf, London, 1989
- [21] Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin III, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B. et al.: A safe operating space for humanity. Nature, 461, 472-475, DOI:10.1038/461472a, 2009
- [22] RWI: *Stahlbericht 2015*, Konjunkturbericht, Die wirtschaftliche Entwicklung im Frühsommer 2016. 67(2), 32-42, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen, 2016
- [23] Schumacher, K.; Sands, R. D.: Where are the industrial technologies in energy-economy models? An innovative CGE approach for steel production in Germany. Energy Economics, 29, 799-825, 2007
- [24] 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.: Planetary boundaries, Guiding human development on a changing planet, Science Express, Vol. 347 (6223), DOI: 10.1126/science.1259855, 2015
- [25] UBA: Volkswirtschaftliche Effekte der Kreislaufwirtschaft in Österreich, MODUL I: Recycling-aktivitäten ausgewählter Altstoffe und Abfälle. Umweltbundesamt, Wien (unveröffentlicht), 2016
- [26] UBA: Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Umweltbundesamt Wien, Report, REP-0303, 2010
- [27] WCED: Our Common Future. Oxford University Press, New York, World Commission on Environment and Development, 1987
- [28] World Steel Association: Steel, Statistical Yearbook 2015, World Steel Committee on Economic Studies, Brüssel, 2015





Besuchen Sie  
uns unter

www.

**vivis**.de

Wir widmen uns aktuellen verfahrens- und anlagentechnischen sowie politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Themen, soweit sie die Abfall- und Kreislaufwirtschaft und die Energie- und Rohstoffwirtschaft betreffen. Unsere Aufgabe sehen wir in der Kommunikation zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Technik und Wissenschaft.

Zu wichtigen Themen veranstalten wir Konferenzen und Congresses – dazu geben wir Bücher heraus.

Stets sind wir auf der Suche nach interessanten Referenten, aktuellen Themen und spannenden Projekten um unser Angebot weiterzuentwickeln. Gern lassen wir uns von neuen Ideen inspirieren und diskutieren deren Realisierbarkeit.



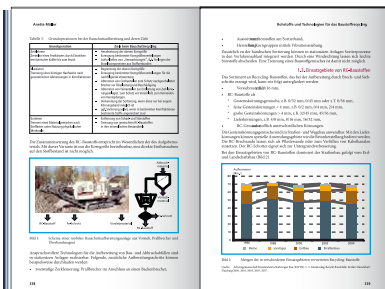
**Wir geben seit vierzig Jahren Fachbücher zu zahlreichen Themen des technischen Umweltschutzes heraus:**

- Thermische Abfallbehandlung & energetische Verwertung
- Dokumentation von Abfallverbrennungsanlagen
- MBA & Ersatzbrennstoffe
- Recycling & Rohstoffe
- Mineralische Nebenprodukte & Abfälle
- Strategie & Umweltrecht
- Immissionsschutz
- Biologische Abfallbehandlung...

**Unsere Konferenzen im Überblick:**

- Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz
- Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz
- Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle
- IRRC – Waste-to-Energy
- NEU: Berliner Klärschlammkonferenz (ab 2018)

Insgesamt sind bislang bei uns etwa zweitausend Fachbeiträge erschienen, die in ihrer Gesamtheit einen guten Überblick über technische, wirtschaftliche, rechtliche und politische Entwicklungen geben. Seit Kurzem stellen wir Ihnen einen großen Teil der Fachbeiträge kostenlos auf unserer Internetseite zur Verfügung.



TK Verlag GmbH

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: tkverlag@vivis.de

**vivis**