Vergleich abfallwirtschaftlicher Systeme für Siedlungsabfälle mit Schwerpunkt Beschäftigungseffekte

Michael Altendorfer · Roland Pomberger · Ulrike Gelbmann

Online publiziert: 6. November 2019
 © Der/die Autor(en) 2019

Zusammenfassung Nach dem Wirtschaftsaufschwung der sechziger Jahre folgte die Entwicklung hin zu einer „Wegwerfgesellschaft“. Dadurch steigen die Müllmengen nach wie vor rasant und somit auch die damit verbundenen Entsorgungsproblematiken. Zu den wesentlichen Herausforderungen zählen die begrenzten Deponievolumen, die Ressourcenknappheit sowie die negativen Umweltauswirkungen.

Obwohl die Abfallwirtschaft einen sehr wichtigen und durchaus beträchtlichen Wirtschaftszweig darstellt, wurden die Beschäftigungseffekte in Statistiken oder volkswirtschaftlichen Berechnungen bislang vernachlässigt.

Diese Arbeit untersucht anhand unterschiedlicher Modelle das Potenzial der direkten Beschäftigungseffekte in der Behandlung von Restmüll. Die idealisierten Modelle stützen sich auf grundlegende abfallwirtschaftliche Systeme, beginnend von der ungeordneten Deponierung hin zur verbesserten getrennten Sammlung. Neben dem Per-

sonalaufwand für die behandelnden Anlagen fließen auch die Beschäftigungszahlen für die Sammlung sowie die Transporte in die Betrachtung mit ein.

Bei der verbesserten getrennten Sammlung gelangt ein Teil des Restmüllstroms in die Altstoffsammlung. Basis für die Berechnung der Restmüllzusammensetzung bilden die Restmüllanalysen der einzelnen Bundesländer, woraus sich die Mengen für die Altstoffsammlung ableiten lassen.

Zusammenfassend wird deutlich, dass durch das Modell der verbesserten getrennten Sammlung – im Vergleich mit den anderen Modellen – ein Anstieg der Arbeitsplätze um ein Vielfaches möglich ist.

Schlüsselwörter Restmüll · Beschäftigungseffekte · Direkte Arbeitsplätze · Sammlung · Abfallbehandlung · Restmüllanalyse · Abfallwirtschaft

Comparison of waste management systems for municipal waste with focus on employment effects

Abstract After the economic boom of the sixties the development towards a “disposable society” followed. As a result the amount of waste continues to rise rapidly and therefore also the associated disposal problems. Key challenges include limited landfill volumes, short resources as well as negative environmental impacts. Although waste management is a very important and quite significant industry, so far the employment effects in statistics or economic calculations have been neglected. In this article different models are used to investigate the potential of employment effects in the treatment of residual waste. The idealized models are based on basic waste management systems, starting from unordered landfill towards improved separate collection. In addition to the manpower

requirements for the treated facilities, the employment figures for the collection and the transports are considered in the analysis. In the improved separate collection some part of the residual waste stream flows into the collection for recycling waste. The basis for the calculation of the residual waste composition is the residual waste analysis of the individual federal states from which the quantities for the collection of recycling waste material can be derived. In summary, it turns out that the model of improved separate collection would increase the number of jobs many times more than the other models.

Keywords Residual waste · Employment effects · Direct jobs · Collection · Waste treatment · Analyses of residual waste · Waste management

1 Einleitung

Die Abfallwirtschaft stellt heute einen wichtigen Wirtschaftszweig dar. Neben einer guten Dokumentation über die Sammelmengen und deren Behandlung gibt es auch ein umfangreiches Regelwerk über den Umgang mit Müll (vgl. BMNT 2017). Doch eine genauere Betrachtung der wirtschaftlichen Auswirkungen ist kaum vorhanden. Eine Erfassung der Abfallwirtschaft in den Wirtschaftsstatistiken wurde lange vernachlässigt und die ersten Konjunkturberichtigungen der Statistik Austria gibt es erst seit 2008. Die Darstellung erfolgt gemäß der Wirtschaftsklassifikation ÖNANCE 2008, Abschnitt E (vgl. Weingärtler 2009, S. 9).

Die Bedeutung der Abfallwirtschaft für den Arbeitsmarkt setzt sich aus direkten und indirekten Beschäftigungseffekten zusammen. Aufgrund fehlender einheitlicher Definitionen variieren die Statistiken hier sehr stark. Daher gibt es auch keine genauen Zahlen darüber, zudem herrscht eine starke Verflechtung mit vielen anderen Sektoren. Bislang wurde daher das Beschäftigungsaufkommen in der Entsorgungs-

Inhalte dieses Beitrages wurden hauptsächlich aus der Masterarbeit des Co-Autors Altendorfer entnommen. Genauere Details und Informationen sind in der vollständigen Masterarbeit zu finden.

M. Altendorfer, BSc., MA ·
 Univ.-Prof. DI Dr. R. Pomberger (✉)
 Lehrstuhl für
 Abfallverwertungstechnik
 und Abfallwirtschaft,
 Montanuniversität Leoben,
 Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben,
 Österreich
 avaw@unileoben.ac.at

M. Altendorfer, BSc., MA
 avaw@unileoben.ac.at

Mag. Dr. U. Gelbmann
 Institut für Systemwissenschaften,
 Innovations- und
 Nachhaltigkeitsforschung, Universität
 Graz, Merangasse 18/II, 8010 Graz,
 Österreich
 ulrike.gelbmann@uni-graz.at

wirtschaft anhand von verschiedenen Statistiken verglichen und in groben Zügen abgeschätzt. In der Studie „Die österreichische Entsorgungswirtschaft: Daten und Fakten“ wurde angenommen, dass die Zahl der Beschäftigten in der Entsorgungswirtschaft für das Jahr 2005 mit rund 27.000 Personen die Situation am besten widerspiegelt (vgl. Weingärtler 2009, S. 18–21). In der aktuellen Ausgabe des Bundes-Abfallwirtschaftsplans 2017 ergibt die Schätzung der Beschäftigten in der Abfallwirtschaft rund 40.000 (vgl. BMNT 2017, S. 39). In beiden Fällen handelt es sich um Abschätzungen und es gibt keine genaueren Aufschlüsse, wie diese Zahlen auf die einzelnen Teilbereiche verteilt werden können.

Studien, die von der Europäischen Kommission in Auftrag gegeben wurden, liefern Werte über den Zuwachs von direkten Arbeitsplätzen bei einer Verbesserung der Recyclingquote für verschiedene Szenarien (vgl. Hogg et al. 2016, 2015; Gibbs et al. 2014b). Bei Einhaltung der Ziele für die Kreislaufwirtschaft prognostiziert die Europäische Kommission einen Zuwachs von über 170.000 direkten Arbeitsplätzen in der Abfallwirtschaft bis 2030 (vgl. Europäische Kommission 2015, S. 1–2). Die verwendeten Werte für die benötigten Arbeitsplätze der einzelnen Behandlungsschritte stammen jedoch aus durchaus älterer Literatur. Zudem ist die Herkunft oftmals nicht nachvollziehbar. Dementsprechend sind diese Ergebnisse auch mit Vorbehalt und Vorsicht zu verwenden (vgl. Gibbs et al. 2014a). Dies trifft auch für die meisten Fälle der vorhandenen Literaturwerte zu. Die Beschäftigungseffekte in der Abfallwirtschaft wurden bislang nur sehr oberflächlich betrachtet. Daher ist es von besonderem Interesse, die Auswirkungen auf direkte Arbeitsplätze zu analysieren.

In dieser Arbeit wird ein Teilbereich der Abfallwirtschaft – Restmüll (gemischte Siedlungsabfälle) – genauer betrachtet. In erster Linie liegt das Augenmerk darauf, wie sich die verschiedenen Verwertungs- bzw. Beseitigungsmethoden auf das direkte Beschäftigungsaufkommen auswirken.

In den letzten 50 Jahren hat die Abfallwirtschaft in vielen Teilen Europas einen enormen Wandel gemacht. Aufgrund von ökonomischen, sozialen, ökologischen und rechtlichen Einflüssen gelang es, sich von der „Nicht-Bachtung“ des Mülls hin zum „Industri-

ellen Stoffkreislauf“ zu entwickeln (vgl. Klampfl-Pernold und Gelbmann 2006). Damit verbunden ist eine Zunahme an Arbeitsschritten in der Behandlung von Abfall. In der Podiumsdiskussion am 16. März 2016 bei der Berliner Recycling- und Rohstoffkonferenz wurde von DI Dr. Roland Pomberger darauf aufbauend folgende Hypothese aufgestellt:

Je differenzierter die Sammlung und Behandlung von Siedlungsabfällen erfolgt, umso höher ist auch der Bedarf an Arbeitsplätzen.

Bis jetzt besteht dazu nur eine modellhafte Überlegung ohne wissenschaftliche Fundierung. Um diese Abschätzung zu überprüfen, werden in dieser Arbeit unterschiedliche abfallwirtschaftliche Modelle miteinander verglichen. Dazu erfolgt eine Zuordnung von Personalkoeffizienten zu den einzelnen Behandlungsschritten bzw. Anlagen. Ausgehend von einem normierten Systeminput von 100.000 t pro Jahr wird der jeweilige Personalaufwand errechnet und miteinander verglichen. Es sei angemerkt, dass es sich dabei nicht um eine Darstellung der Realität handelt, sondern um idealisierte und vereinfachte Systeme.

Im Rahmen der Untersuchung werden folgende Modelle betrachtet:

- Modell 1: Ungeordnete Deponierung [UD]
- Modell 2: Reine Müllverbrennung [RM]
- Modell 3: Mechanisch-Biologische Behandlung
 - Modell 3.1: MBA+Verbrennung [MV]
 - Modell 3.2: MBA+Verbrennung+Zementwerk [MVZ]
 - Modell 3.3: MBA+Zementwerk [MZ]
 - Modell 3.4: MBA+Trockenstabilisierung+Verbrennung+Zementwerk [MTVZ]
- Modell 4: Verbesserte getrennte Sammlung
 - Modell 4.a: Verbesserte getrennte Sammlung nach Benchmark-Studie [VGSa]
 - Modell 4.b: Verbesserte getrennte Sammlung nach Best-Practice Vorarlberg [VGSb]

Als Basismodell dient das Modell 2: „Reine Müllverbrennung [RM]“. Aufgegliedert in Sammlung und Behandlung soll der Personalaufwand mit den anderen Modellen verglichen werden.

2 Daten und Methoden

Als Methode werden für die Modellentwicklung Daten aus einer umfangreichen Sekundäranalyse mit Ergebnissen aus einer unstrukturierten, aus offenen Fragen und auf die jeweiligen Standorte und Anlagen abgestimmten Befragung trianguliert. Die zusätzlich durchgeführten Experteninterviews dienen dazu, die bereits gewonnenen Daten auf Plausibilität zu prüfen oder bei unzureichenden Informationen einen brauchbaren Wert zu erhalten. Im ersten Schritt wurde eine Recherche zum aktuellen Forschungsstand durchgeführt (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 163–165). Eine detaillierte Betrachtung der Beschäftigungseffekte konnte jedoch nicht ausgemacht werden. Um brauchbare Daten für die Modelle zu generieren, wurde der methodische Dreischritt der empirischen Forschung gewählt (vgl. Hug 2015, S. 81). Als spezielle Form des Mixed-Methods-Paradigmas, welches qualitative und quantitative Datenerhebungsmethoden gleichermaßen nutzt, fand somit die Daten-Triangulation Anwendung, um ein Höchstmaß an theoretischem Gewinn zu erzielen (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 72–75; Flick 2011, S. 11–13). Auf Wunsch nahezu aller Befragten wurden die Angaben anonymisiert, da es sich meist um vertrauliche Informationen handelte.

Das durchschnittliche Aufkommen und die Zusammensetzung des Restmülls wurden aus den Restmüllanalysen der einzelnen Bundesländer berechnet.

2.1 Restmüll

Im Fokus stehen die gemischten Siedlungsabfälle bzw. der Restmüll. Als Ausgangslage für das Abfallaufkommen werden daher die Daten aus dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017 herangezogen, welcher die Bestandsaufnahme für das Jahr 2015 als Inhalt hat. Zusätzlich existieren aus den einzelnen Bundesländern Aufzeichnungen über das Restmüllaufkommen und die durchgeführten Restmüllanalysen. In Tab. 1 sind die verwendeten Analysen der Bundesländer ersichtlich.

Bei den gemischten Siedlungsabfällen zeigt das Pro-Kopf-Aufkommen deutliche Unterschiede. Es bewegt sich zwischen 83 kg in Vorarlberg bis 289 kg in Wien (vgl. BMNT 2017, S. 50–51). In

Tab. 1 Gewählte Restmüllanalysen aus den Bundesländern mit Untersuchungs-jahr und Quelle

Bundesland	Jahr	Quelle
Burgenland	2010	TB Hauer (2010)
Kärnten	2011	Amt der Kärntner Landesregierung (2012)
Niederösterreich	2011	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2011)
Oberösterreich	2013	BMLFUW (2015)
Salzburg	2007	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2011)
Steiermark	2014	BMNT (2017)
Tirol	2009	FHAanalytik und TB Hauer (2010)
Vorarlberg	2012	ÖÖI und TBH (2012)
Wien	2016	Stadt Wien (2016)

Tab. 2 Gemischter Siedlungsabfall – Aufkommen nach Bundesländer

Bundesland	Aufkommen [t]	Aufkommen [kg/EW]
Burgenland	35.000	121
Kärnten	97.300	174
Niederösterreich	230.900	141
Oberösterreich	167.300	116
Salzburg	93.300	172
Steiermark	155.900	127
Tirol	96.600	132
Vorarlberg	31.800	83
Wien	523.500	289
Österreich	1.431.600	166

Eigene Darstellung nach BMNT (2017, S. 51)

Abb. 1 Aufteilung in die Fraktionen in Hauptgruppen und Massen-%**Tab. 3** Gegenüberstellung österreichischer Durchschnitt mit Benchmark-Studie und Best Practice Vorarlberg

Sammelsystem	Österreich-Schnitt [%]	Benchmark Studie [%]	Best Practice Vorarlberg [%]
Restmüllsammmlung	100,0	66,7	54,7
Altstoffsammmlung LVP	0,0	8,1	10,4
Altstoffsammmlung Biomüll	0,0	14,6	20,0
Altstoffsammmlung Altpapier	0,0	7,0	9,9
Altstoffsammmlung Altglas	0,0	2,3	3,2
Altstoffsammmlung Altmetalle	0,0	1,3	1,8
Summe	100,0	100,0	100,0

LVP Leichtverpackung

Tab. 4 Gewählter Personalaufwand für die Sammlung in den Modellen

Sammelfraktion	Beschäftigte pro 100.000 t
Restmüll	90,0
Leichtverpackungen (LVP)	200,0
Biomüll	90,0
Altpapier	70,0
Altglas	24,0
Altmetalle	200,0

Tab. 2 sind alle Bundesländer und der österreichische Durchschnitt angeführt.

Die vorhandenen Daten werden im Sinne einer Dokumentenanalyse aufbereitet und etwaige Diskrepanzen bereinigt (vgl. Hug 2015, S. 71). Dazu dient der Leitfaden zur Erstellung von Restmüllanalysen (vgl. BMLFUW 2017). Anhand der Zuordnungsliste werden die verwendeten Analysen neu klassifiziert und das durchschnittliche Pro-Kopf-Aufkommen errechnet. In Abb. 1 ist die Aufteilung der Fraktionen in Hauptgruppen dargestellt.

Im Sinne der verbesserten getrennten Sammlung ist es notwendig, schon bei der Trennung in die einzelnen Sammelfraktionen anzusetzen. Ziel ist es,

die Qualität der Materialien für das Recycling zu erhöhen (vgl. Kranzinger et al. 2017, S. 155). Dies passiert bei den Modellen 4.a und 4.b. Es werden dazu zwei unterschiedliche Ansätze gewählt. Einerseits kommt die Annahme einer Reduktion um 50 % von der Ausgangslage zur Anwendung, so wie es in „Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft“ (vgl. Brunner et al. 2015, S. 267–268) aufgezeigt wurde, andererseits dient als Best-Practice-Beispiel das durchschnittliche Restmüllaufkommen von Vorarlberg (vgl. ÖÖI und TBH 2012) als Grundlage. Tab. 3 zeigt die Gegenüberstellung zum österreichischen Durchschnitt.

2.2 Sammlung und Transport

Für den Personalaufwand der Sammlung wurden Literaturwerte mit Auskünften durch Befragungen verglichen sowie mit ExpertInnen abgeglichen und Faktoren für die Modelle bestimmt und in Tab. 4 dargestellt. Grundsätzlich wird für die Restmüllsammmlung angenommen, dass sie im Holsystem vonstatten geht. Dies gilt auch für die meisten Fraktionen der Altstoffsammmlung. Ausgenommen davon sind Altglas und Altmetalle, wo die Abholung von Sammelinseln aus geschieht (Bringsystem).

Literaturangaben und Informationen durch die Befragungen zum Transport konnten nicht ermittelt werden.

Tab. 5 Gewählter Personalaufwand für die Behandlungsanlagen in den Modellen

Abkürzung	Anlagen-Bezeichnung	Beschäftigte pro 100.000 t
AV-R	Abfallverbrennungsanlage mit Rostfeuerung	24,0
AV-W	Abfallverbrennungsanlage mit Wirbelschichtfeuerung	22,0
Dep-Hm	Hausmülldeponie	5,0
Dep-Ma	Massenabfalldeponie	10,0
Dep-Rs	Reststoffdeponie	10,0
EBS-P	Ersatzbrennstoff-Produktionsanlage	16,0
Gl-S	Altglas-Sortieranlage	10,0
Gl-Um	Altglas-Umladestation	3,0
Gr-Sh	Groß-Shredder-Anlage	40,0
Komp	Kompostierungsanlage	35,0
Kst-R	Kunststoff-Recyclinganlage	200,0
LVP-S	Leichtverpackungen-Sortieranlage	200,0
MBA	Mechanisch-Biologische Behandlungsanlage	18,0
MBA-tr	Mechanisch-Biologische Behandlungsanlage mit Trockenstabilisierung	18,0
Met-Um	Metall-Umladestation	3,0
Pap-S	Altpapier-Sortieranlage	25,0
Po-Sh	Post-Shredder-Anlage	150,0
Zem	Abfallmitverbrennungsanlage mit Drehrohrofen im Zementwerk	4,0

Um der Komplexität der Modelle entgegenzuwirken gilt die Annahme, dass die Durchführung aller Transporte per Lkw geschieht. Weiters wurde das Ladegewicht auf drei Größen reduziert, die Transportwege abgeschätzt und in 50-km-Intervalle eingeteilt sowie die Be- und Entladezeiten als auch die regionalen und überregionalen Fahrzeiten auf eine halbstündige Taktung reduziert (vgl. Altendorfer 2018, S. 32–34). Im Anhang in Tab. 12 befinden sich die Werte für das Ladegewicht, die Transportwege und der Beschäftigungsaufwand pro 100.000 t.

2.3 Behandlungsanlagen

Eine Übersicht der Anlagen zur Behandlung von Abfällen in Österreich ist im Bundes-Abfallwirtschaftsplan gegeben. Weiters bietet die Homepage des Verbands Österreichischer Entsorgungsbetriebe (VOEB 2017) eine umfangreiche Mitgliederliste, die zur Identifizierung relevanter Anlagen dient. Für die Auswirkung auf die Beschäftigungseffekte und des Personalaufwands werden nur die direkten Beschäftigten betrachtet, wobei hier eine genaue Abgrenzung oft schwer möglich ist.

Für die Datengewinnung wurden insgesamt 105 Anlagenbetreiber mit Standorten aus allen Bundesländern Österreichs sowie drei ausländische

Standorte über folgende Behandlungsschritte befragt:

- Abfallsammlung und Abfalltransport,
- Deponie,
- Müllverbrennung,
- Mechanisch-Biologische Behandlung (MBA),
- Ersatzbrennstoff-Produktion (EBS-Produktion),
- Zementwerk,
- Leichtverpackung-Sortierung,
- Kunststoff-Recycling,
- Kompostierung,
- Altpapier-Sortierung,
- Altglas-Aufbereitung,
- Altmetall-Aufbereitung.

In allen Fällen wurde der Erstkontakt via Telefon hergestellt. Auf Wunsch erfolgte eine schriftliche Anfrage per Mail.

Die Befragung erfolgte unstrukturiert mit offenen Fragen und wurde auf die jeweiligen Standorte und Anlagen abgestimmt. Ziel war es, Zahlen zu erhalten, um den Personalaufwand für einen Input von 100.000 t Abfall pro Jahr zu errechnen. Aufgrund der Geheimhaltung von Firmendaten erfolgten oftmals nur „Schätzwerte“ oder ungefähre Angaben. Um überhaupt an Daten zu kommen, wurde diese Minderung an Qualität in Kauf genommen. Zusätzlich erfolgten noch ExpertInneninterviews. Diese dienen dazu, die bereits gewonnenen Daten auf Plausibilität zu

bestätigen oder bei unzureichenden Informationen einen brauchbaren Wert zu erhalten. Wie bei den Befragungen wurden diese Interviews auf Wunsch der meisten ExpertInnen anonymisiert. Auch der Aufbau der Interviews erfolgte unstrukturiert mit offenen Fragen und wurde auf die jeweiligen Standorte, Anlagen oder Schwerpunkte abgestimmt.

Die aus der Literatur, den Befragungen und den ExpertInneninterviews gewonnenen Daten bedurften einer Aufbereitung. Für die Verwendung in den Modellen erfolgte eine Normierung auf einen Personalaufwand pro 100.000 Jahrestonnen. Daraufhin wurden die Literaturwerte mit den Ergebnissen der Befragung verglichen und mit den ExpertInnenmeinungen abgestimmt. Die in den Modellen verwendeten Personalkoeffizienten sind in Tab. 5 dargestellt.

2.4 Exkurs Re-Use

Der Sektor Re-Use findet zwar in den Modellen keine Anwendung, es soll hier dennoch durch diesen Exkurs das gewaltige Potenzial an Arbeitsplätzen im Bereich der Abfallvermeidung aufgezeigt werden. War es früher noch üblich, Dinge zu reparieren und wieder in Gang zu setzen, verschwand in der letzten Zeit nahezu total. Doch es gab teilweise einen Paradigmenwechsel und in den letzten Jahren stiegen die gesammelten Mengen an Gütern für die Vorbereitung zur Wiederverwertung an und bewegen sich in Österreich bei etwa 0,1 % des gesamten österreichischen Aufkommens an Siedlungsabfällen aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen. Eine Steigerung auf 1 % ist eine realistische Annahme, wie das Beispiel Flandern zeigt (vgl. Neitsch und Wagner 2017, S. 4–10).

Der Prozess der Aufbereitung und Sortierung ist sehr arbeitsintensiv, dadurch ist ein sehr hoher Personaleinsatz notwendig. Eine weitere Besonderheit im Sektor Re-Use ist die Personalstruktur. Die Betriebe schaffen auch Transit-arbeitsplätze (für Personen mit Vermittlungshemmnissen am Arbeitsmarkt), Dauerarbeitsplätze für Menschen mit besonderen Bedürfnissen sowie Möglichkeiten für ehrenamtliche Arbeit (vgl. Neitsch und Wagner 2017, S. 8).

Der Personalaufwand im Re-Use-Sektor bewegt sich bei etwa 4000 bis 7500 Beschäftigten pro 100.000 t. Auch wenn die Menge, welche aus dem Abfallstrom ausgeschleust wird, sehr ge-

Abb. 2 Modell 1: Ungeordnete Deponierung

ring ist, so hat sie einen großen Einfluss auf die Beschäftigungseffekte.

3 Modelle

Infolge der Komplexität und der großen regionalen Unterschiede ist eine reale Darstellung der Abfallwirtschaft kaum bis nicht möglich. Daher wurden idealisierte und vereinfachte Abläufe angenommen. Diese haben nicht den Anspruch, die Realität genau abzubilden, sondern zeigen eine auf das Wesentliche konzentrierte Abfolge des Abfallstroms. Beginnend bei der Sammlung durchläuft ein Eintrag von 100.000 t die einzelnen Modelle, bis der verbleibende Abfall auf der Deponie landet oder wieder als Produkt aus dem Abfallregime ausgeschleust wird. Bei jedem Behandlungsschritt (auch Sammlung und Transport) wird der jeweilige Personalaufwand berechnet und in weiterer Folge für das gesamte Modell summiert.

Für den Vergleich abfallwirtschaftlicher Systeme wurden vier unterschiedliche Modelle gebildet. Die Betrachtung startet bei der Sammlung und endet entweder bei der Deponierung, in Anlagen, wo das Abfallende erreicht wird, oder vor dem Recyclingprozess. Als Teilsystem versteht sich die Sammlung. Sie kommt im Gesamtsystem vor, scheidet als Basissammlung im Vergleich der Modelle jedoch aus. Weiters erfolgt auch eine Aufgliederung bei den Beschäftigungseffekten in Personal für die Anlagen bzw. Transporte.

Der eingebrachte Materialstrom beträgt für jedes Modell 100.000 t Restmüll. In den Modellen 1 bis 3 wird dieser direkt an die verschiedenen Behandlungsanlagen verteilt. Nur im 4. Modell gelangen Teile aus dem Restmüll bereits beim Abfallerzeuger in die Altstoffsammlung. Als Basis für eine verbesserte Trennleistung wurden einerseits die Werte aus „Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft“ von Brunner et al. (2015) und andererseits als Best Practice die Restmüll-

analyse von Vorarlberg herangezogen. Der Input von 100.000 t bleibt dennoch gleich.

3.1 Modell 1: Ungeordnete Deponierung [UD]

Wie in allen Modellen beträgt der Input 100.000 t und die Logistik erfolgt durch ein Holsystem. In diesem Modell landet das gesamte Aufkommen unbehandelt in einer nahegelegenen Hausmülldeponie (siehe Abb. 2). Eine Ablagerung des Abfalls ohne vorige Behandlung ist in Österreich seit der Deponieverordnung 2004 nicht mehr erlaubt. Dennoch soll dieses Modell nicht außer Acht gelassen werden, da es in europäischen Ländern wie Tschechien, Bulgarien oder Rumänien teilweise noch immer so gehandhabt wird.

3.2 Modell 2: Reine Müllverbrennung [RM]

Anders als im Modell 1 landet hier der gesamte Restmüll in einer Müllverbrennungsanlage mit Rostfeuerung (AV-R). Diese sind imstande, den unbehandelten Abfall direkt zu verbrennen. Die Rückstände der Verbrennung gelangen auf eine Reststoffdeponie (Dep-Rs). In den Verbrennungsrückständen (Asche, Staub etc.) befindet sich noch ein geringer Anteil an Metallen. Diese werden von der Deponiefraktion getrennt und dem Recyclingprozess zugeführt (siehe Abb. 3).

3.3 Modell 3: MBA

Der gesammelte Restmüll landet in diesem Modell zuerst in einer Mechanisch-Biologischen Behandlungsanlage. Je nach Anlagentyp werden unterschiedliche Mengen an heizwertreicher Fraktion und Deponiefraktion erzeugt. Das Modell 3 ist in vier Untermodelle geteilt:

- Modell 3.1: MBA+Verbrennung [MV],

- Modell 3.2: MBA+Verbrennung+Zementwerk [MVZ],
- Modell 3.3: MBA+Zementwerk [MZ],
- Modell 3.4: MBA+Trockenstabilisierung+Verbrennung+Zementwerk [MTVZ].

Die Modelle 3.1 bis 3.3 bedienen sich der selben MBA. Jedoch wird der Output auf unterschiedliche Weise verwertet. Eine Mechanisch-Biologische Behandlung mit Trockenstabilisierung zeigt das Modell 3.4. Dabei wird versucht, einen möglichst hohen Anteil an heizwertreicher Fraktion zu erzeugen.

3.3.1 Modell 3.1: MBA+Verbrennung [MV]

In diesem Modell gelangt die gesamte heizwertreiche Fraktion (rund 60 %) aus der MBA in eine Müllverbrennungsanlage mit Wirbelschichtfeuerung (AV-W). Die dort verbleibenden Rückstände landen auf einer Reststoffdeponie (Dep-Rs). Material mit zu geringem Heizwert für eine thermische Verwertung kommt zur Deponierung in eine Massenabfalldeponie (Dep-Ma). Bei der Aufbereitung in der MBA kann noch Eisenschrott als Wertstoff ausgeschleust werden. Diese Fraktion kommt in eine Groß-Shredder-Anlage (Gr-Sh) und eine darauf folgende Post-Shredder-Anlage (Po-Sh). Dort erfolgt die Aufbereitung und Sortierung in Metalle und Nichteisen-Metalle. Der Transport von der Metallaufbereitungsanlage zur Metallindustrie befindet sich noch im betrachteten System. Außerhalb des Systems ist jener personelle Aufwand, welcher in der Metallindustrie für das Recycling benötigt wird (siehe Abb. 4).

3.3.2 Modell 3.2: MBA+Verbrennung+Zementwerk [MVZ]

Der wesentliche Unterschied zum Modell 3.1 liegt in der Verteilung von hochkalorischer Fraktion für die Zementindustrie (Zem) und mittelkalorischer

Abb. 3 Modell 2: Reine Müllverbrennung

Abb. 4 Modell 3.1: MBA+Verbrennung

Fraktion für die Müllverbrennung in einer Wirbelschichtfeuerung (AV-W). Die Rückstände aus der Wirbelschichtfeuerung gelangen wiederum auf eine Reststoffdeponie (Dep-Rs). Für die Zementindustrie wird die hochkalorische Fraktion in Anlagen zur EBS-Produktion (EBS-P) so aufbereitet, dass sie im Drehrohrofen als Substitut zu fossilen Brennstoffen beigegeben werden kann. Da bei der Verbrennung von Abfall in den Zementwerken keine Rückstände bleiben, endet hier die Betrachtung. Material zur Deponierung aus der MBA kommt in eine Massenabfalldeponie (Dep-Ma). Wie im vorigen Modell wird auch hier der Eisenschrott in der MBA

ausgeschleust und für den Recyclingprozess in der Metallindustrie in Shredieranlagen aufbereitet (siehe Abb. 5).

3.3.3 Modell 3.3: MBA + Zementwerk [MZ]

Im dritten MBA-Modell [MZ] werden sowohl mittelkalorische als auch hochkalorische Fraktionen dem Zementherstellungsprozess zugeführt. Die Aufbereitung des hochkalorischen Materials erfolgt wie im Modell 3.2 [MVZ] in einer Anlage zur EBS-Produktion (EBS-P). Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass durch thermische und stoffliche Verwertung im Zementwerk

(Zem) keine Rückstände zur Deponierung bleiben (siehe Abb. 6). Die Deponiefractionen aus der MBA gelangen in eine Massenabfalldeponie (Dep-Ma) und die ausgeschleusten Wertstoffe (Eisenschrott) werden wie in den vorigen Modellen behandelt.

3.3.4 Modell 3.4: MBA + Trockenstabilisierung + Verbrennung + Zementwerk [MTVZ]

Die Besonderheit dieses Modells [MTVZ] liegt in der MBA mit Trockenstabilisierung (MBA-tr), wo ein wesentlich größerer Teil an thermisch verwertbarer Fraktion erzeugt wird. Die beinahe 70 %

Abb. 5 Modell 3.2: MBA + Verbrennung + Zementwerk

Abb. 6 Modell 3.3: MBA + Zementwerk

an heizwertreichem Material werden wie im Modell 3.2 [MVZ] zum einen Teil in Anlagen mit Wirbelschichtfeuerung (MV-W) gebracht (siehe Abb. 7). Der andere Teil kommt zur Aufbereitung in die EBS-Produktion (EBS-P) und danach zu den Zementwerken (Zem).

Durch die Trockenstabilisierung verringern sich die Anteile an Rotteverlusten und die Rückstände zur Deponierung in Massenabfalldeponien (Dep-Ma). Eisenschrott wird wie in den anderen MBA-Modellen ausgeschleust

und für die Metallindustrie (Met-Ind) aufbereitet.

Abb. 7 Modell 3.4: MBA + Trockenstabilisierung + Verbrennung + Zementwerk

3.4 Modell 4: Verbesserte getrennte Sammlung

Dieses Modell sieht eine verbesserte Sammlung vor, die sich in einer Trennleistung schon bei den Haushalten zeigt. Der Input von 100.000 t bleibt auch hier gleich. Die wesentliche Veränderung ist in der Aufteilung in die einzelnen Fraktionen zu finden. Dazu werden zwei unterschiedliche Untermodelle dargestellt:

- Modell 4.a: Verbesserte getrennte Sammlung nach Benchmark-Studie [VGSa],
- Modell 4.b: Verbesserte getrennte Sammlung nach Best-Practice Vorarlberg [VGSb].

Die Sammlung erfolgt grundsätzlich durch ein Holsystem. Nur die Fraktionen „Altpapier“ und „Altmetalle“ werden von Sammelsystemen (Bringsystem) abgeholt. Durch die Betrachtung von nun sechs verschiedenen Materialströmen erhält dieses Modell die größte Komplexität (siehe Abb. 8). Wie schon in der Sammlung und den unterschiedlichen Behandlungsschritten für den Restmüll, wurden auch für die anderen Fraktionen Vereinfachungen und Idealisierungen getroffen.

Restmüll Die Behandlung des Restmülls ist gleich wie im Modell 3.2 [MVZ] dargestellt. Nach der Mechanisch-Bio-

logischen Aufbereitung gelangt ein Teil direkt zur Deponierung (Dep-Ma), der mittelkalorische Teil zur Wirbelschichtfeuerung (AV-W) und der hochkalorische Anteil nach der EBS-Aufbereitung (EBS-P) zur Zementindustrie (Zem).

Leichtverpackungen (LVP) Der aus dem Restmüll ausgeschleuste Anteil an Leichtverpackungen wird durch eine Holsammlung von den Haushalten abgeführt. Danach gelangt er in eine Sortieranlage, wo recycelbarer Kunststoff (z.B. PET) aussortiert und zu Kunststoff-Recyclinganlagen gebracht wird. Mit der Erzeugung von Kunststoffgranulat bzw. Kunststoffflakes endet hier die Betrachtung dieser Fraktion. Einerseits ist das Granulat kein Müll mehr und andererseits befinden sich die meisten Produktionsstätten für Produkte aus recyceltem Kunststoff im Ausland. Der wesentlich größere Teil der Leichtverpackungen kann jedoch nicht wieder in den Kreislauf eingebunden werden und kommt somit zur EBS-Produktion. Durch den hohen kalorischen Wert von Kunststoff ist die Zementindustrie ein wesentlicher Abnehmer für dieses Abfallprodukt.

Biomüll Ein nicht unwesentlicher Teil des biogenen Abfalls landet im Restmüll. Mit der Annahme einer Reduzierung der Fehlwürfe und flächendeckender Bereitstellung von Bioabfalltonnen entsteht hier ein bedeutender Material-

strom. In den Kompostierungsanlagen wird der Biomüll aufbereitet und in verschiedenen Rottestufen Komposterde erzeugt. Da sich dieser Bereich durch das Erreichen des Abfallendes außerhalb des betrachteten Systems befindet, endet hier die Betrachtung.

Altpapier Die Altpapiersammlung gehört zu den ältesten und bekanntesten Sammelfraktionen Österreichs. Nach der Sammlung kommt das Altpapier in eine Sortieranlage, wo große Störstoffe aussortiert werden. In Ballen gepresst kommt das Altpapier zur Papierfabrik, wo es dem Recyclingprozess zugeführt wird. Die Betrachtung des Altpapierstroms endet bei der Anlieferung in die Papierfabrik. Prozesse wie das Deinking werden nicht mehr innerhalb der Systemgrenzen betrachtet.

Altglas Neben Altpapier wird Altglas in Österreich schon einige Jahrzehnte dem Recyclingprozess zugeführt. Nach der Sammlung, welche hauptsächlich mittels Sammelsystemen realisiert wird, kommt das Altglas in eine Umladestation (Gl-Um). Von dieser erfolgt der Transport zur Altglas-Sortieranlage (Gl-S). In den meisten Fällen befindet sich diese direkt oder in der Nähe von Glaszeugern bzw. von Glashütten. Daher wird die Systemgrenze direkt nach der Altglasaufbereitung gezogen.

Abb. 8 Modell 4: Verbesserte getrennte Sammlung

Tab. 6 Personalaufwand aller Modelle pro 100.000 t Input

	Abkürzung	Sammlung	Anlagen	Transporte	Summe
Modell 1	UD	90,0	5,0	–	95,0
Modell 2	RM	90,0	27,9	3,0	120,9
Modell 3.1	MV	90,0	35,6	18,3	143,9
Modell 3.2	MVZ	90,0	34,7	21,5	146,2
Modell 3.3	MZ	90,0	26,6	22,8	139,4
Modell 3.4	MTVZ	90,0	38,5	26,9	155,4
Modell 4.a	VGSa	97,4	56,4	20,2	174,0
Modell 4.b	VGSb	99,3	62,5	19,5	181,3

Tab. 7 Personalaufwand Modell-Vergleich (ohne Basissammlung) pro 100.000 t Input

	Abkürzung	Sammlung	Anlagen	Transporte	Summe
Modell 1	UD	–	5,0	–	5,0
Modell 2	RM	–	27,9	3,0	30,9
Modell 3.1	MV	–	35,6	18,3	53,9
Modell 3.2	MVZ	–	34,7	21,5	56,2
Modell 3.3	MZ	–	26,6	22,8	49,4
Modell 3.4	MTVZ	–	38,5	26,9	65,4
Modell 4.a	VGSa	7,4	56,4	20,2	84,0
Modell 4.b	VGSb	9,3	62,5	19,5	91,3

Altmetalle Die Sammlung von Altmetallen an Sammelinseln ist der des Altglases sehr ähnlich. Von der Umladestation (Met-Um) erfolgt der Transport zu den Metall-Sortieranlagen (Gr-Sh und Po-Sh). Der Ablauf ist analog zu den vorangegangenen Modellen. Dabei erfolgt im ersten Schritt die Aufbereitung in Groß-Shredder-Anlagen. Eisen-Metalle werden der Metallindustrie (Met-Ind) als Wertstoff verkauft. NE-Metalle (NE = Nichteisen) werden am selben Standort weiter aufbereitet, um in Folge auch in der Metallindustrie (Met-Ind) zu landen.

3.4.1 Modell 4.a: Verbesserte getrennte Sammlung nach Benchmark-Studie [VGSa]

Bezug genommen wurde dabei auf das Szenario R2 (Ressourcenschonung) in „Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft“ (vgl. Brunner et al. 2015, S. 267–268). Tab. 3 zeigt die Gegenüberstellung der einzelnen Sammelfraktionen in Prozent. Für das Modell 4.a verbleiben somit etwa 67 % in der Restmüllsammlung. Die restlichen Müllmengen verteilen sich auf die Sammlung von Leichtverpackung, Biomüll, Altpapier, Altglas und Altmetallen.

3.4.2 Modell 4.b: Verbesserte getrennte Sammlung nach Best-Practice Vorarlberg [VGSb]

Dieses Modell basiert auf den Werten der Restmüllanalyse von Vorarlberg. In der Tab. 3 ist die Verteilung der einzelnen Sammelströme zur Ausgangslage und dem Benchmark-Modell [VGSa] gegenüber gestellt. Durch eine gute Trennung der Altstoffe entsteht rund 55 % Restmüll. Auf die Altstoffsammlung entfällt die restliche Abfallmenge.

4 Vergleich der Modelle

Die berechneten Werte aus den Modellen werden hier gegenübergestellt und der Personalaufwand verglichen. In Tab. 6 sind die Ergebnisse für die benötigten Beschäftigten für jedes Modell aufgelistet.

Eine gesonderte Betrachtung erfährt die Sammlung. Diese wird als flächendeckend angenommen, die Höhe des Personalaufwands für die Basissammlung festgelegt und bei jedem Modell abgezogen. Danach werden die Modelle miteinander verglichen, um das Verhältnis des Personalaufwands zwischen den einzelnen Modellen zu erhalten.

Für alle Modelle gilt, dass die Sammlung einen wesentlichen Teil des Personalaufwands ausmacht. Dabei ist es egal, ob der Restmüll auf der Deponie landet oder dessen Verwertung anderweitig passiert. Die Anzahl der

Beschäftigten für die Sammlung beläuft sich bei den Modellen 1 bis 3 auf 90 Arbeitsplätze pro 100.000 t Input. Hierbei handelt es sich um die Holsammlung von Restmüll. Erst in den Modellen mit einer verbesserten getrennten Sammlung (VGSa und VGSb) erhöht sich die Beschäftigungsintensität. Es handelt sich dabei jedoch nur um eine geringe Steigerung, im Modell 4.a um 7,4 und im Modell 4.b um 9,3 Personen.

Der Wert von 90 Personen wird somit für die Basissammlung festgelegt. Um diese Personalsumme wird jedes Modell reduziert. Nur wenn die Sammlung diese Beschäftigungszahl überschreitet, hat sie einen Einfluss in den Vergleichen. Die Ergebnisse ohne Basissammlung sind in der Tab. 7 angeführt und in Abb. 9 dargestellt.

Den größten Einfluss hat diese Veränderung auf das Modell 1 „Ungeordnete Deponierung [UD]“, da hier der Aufwand fast ausschließlich in der Sammlung liegt. Ein merklicher Anstieg im Bereich Anlagen ist schon im Modell 2 „Reine Müllverbrennung [RM]“ erkennbar. Der benötigte Personalaufwand stammt größtenteils von der Abfallverbrennungsanlage (AV-R). Ein geringer Beitrag kommt von den Transporten. Die Modelle 3.1 bis 3.4 mit einer Mechanisch-Biologischen Behandlungsanlage als erste Behandlungsstufe zeigen allesamt ein ähnliches Bild. Nur bei Modell 3.3 „MBA + Zementwerk [MZ]“ ist die Anzahl der Beschäftigten in den Anlagen wesentlich geringer als bei den anderen. Da in den Zementwerken wenig Personal für die Substitution von Primärbrennstoffen durch Ersatzbrennstoffe benötigt wird und keine Deponiefraktionen übrig bleiben, lässt sich dieser Unterschied erklären. Bei den Transporten sticht Modell 3.4 „MBA + Trockenstabilisierung + Verbrennung + Zementwerk [MTVZ]“ mit einem Wert von 26,9 Personen hervor. In der MBA mit Trockenstabilisierung kommt es zu geringeren Mengen für die Massenabfalldeponie sowie niedrigeren Rotteverlusten. Es steigt dafür der Anteil an heizwertreichen Fraktionen und dessen Aufbereitung, was in weiterer Folge auch einen generellen Rückgang an Deponiefraktion mit sich bringt.

Die Modelle 4.a und 4.b setzen eine verbesserte getrennte Sammlung voraus. Es liegt auf der Hand, dass diese Vorgehensweise auch personalintensiver ist. Obwohl im Modell 4.b „Verbesserte getrennte Sammlung nach Best-Practice Vorarlberg [VGSb]“ beinahe

Abb. 9 Vergleich der Modelle (ohne Basissammlung)

Tab. 8 Faktor-Vergleich der Modelle (ohne Basissammlung)

	Abkürzung	Verhältnis zu	
		Basis Modell 1	Basis Modell 2
Modell 1	UD	1,0	0,2
Modell 2	RM	6,2	1,0
Modell 3.1	MV	10,8	1,7
Modell 3.2	MVZ	11,2	1,8
Modell 3.3	MZ	9,9	1,6
Modell 3.4	MTVZ	13,1	2,1
Modell 4.a	VGSa	16,8	2,7
Modell 4.b	VGSb	18,3	3,0

die Hälfte des Restmülls in die Altstoffsammlung übergeht, erhöht sich der Aufwand in der Sammlung nur marginal. Auch im Bereich des Transports kommt es zu keiner Steigerung des Personalaufwands gegenüber den Modellen 3.1 bis 3.4. Sichtlich mehr Beschäftigte werden in den Anlagen benötigt. Durch die Rückgewinnung an Sekundärrohstoffen aus dem Abfall ergeben sich sowohl ein geringerer Verbrauch an Primärrohstoffen als auch eine reduzierte Menge an Deponiematerial.

Ausgehend von den berechneten Beschäftigungszahlen werden zwei Modelle als Ausgangspunkte festgelegt:

- Basismodell 1: Ungeordnete Deponierung [UD],
- Basismodell 2: Reine Müllverbrennung [RM]

und auf den Zahlenwert 1 normiert. Daraufhin kann der Faktor erhoben werden, um welchen sich der Personalaufwand der anderen Modelle zum Basismodell verändert. In der Tab. 8 sind die Ergebnisse für beide Basismodelle aufgelistet.

Basismodell 1: Ungeordnete Deponierung [UD] Es ist zu erkennen, dass sich bereits bei der reinen Abfallverbrennung, wie im Modell 2 errechnet, der Personalaufwand um einen Faktor von über sechs erhöht. Die Aufbereitung des Restmülls in einer MBA erhöht den Beschäftigungseffekt weiter um einen Faktor von rund 11 gegenüber dem Basismodell. Die jeweiligen Herangehensweisen der weiteren Verwertung des Outputstroms sind hier ausschlaggebend, der Faktor schwankt somit zwischen 9,9 und 13,1. Ein wesentlicher Beitrag kommt bereits aus den Transporten. Bei der verbesserten getrennten Sammlung ist der Beschäftigungseffekt um rund 17 Mal höher als bei der ungeordneten Deponierung. Nur gering steigt der Aufwand bei der Sammlung. Gegenüber den Modellen 3.1 bis 3.4 bleiben die Beschäftigungszahlen für den Transport annähernd gleich oder sinken sogar. Die wesentlichen Effekte für die personellen Veränderungen zeigen sich bei den Anlagen. Abb. 10 zeigt die grafische Darstellung der gegenüber gestellten Modelle mit dem Modell 1 [UD] als Ausgangspunkt.

Basismodell 2: Reine Müllverbrennung [RM] Die Verhältnisse der einzelnen Modelle untereinander bleiben natür-

lich gleich. Nur die Zahlenwerte verändern sich durch die Verschiebung des Ausgangspunkts auf Modell 2 [RM]. Das Basismodell, in dem die Verbrennung im Vordergrund steht, stellt ein sehr beliebtes Verfahren im Umgang mit Restmüll dar. Beim Vergleich mit den Modellen der Mechanisch-Biologischen Behandlung und anschließender Verbrennung bzw. Mitverbrennung erhöht sich der Personalaufwand um das 1,6- bis 2,1-Fache (siehe Abb. 11). Ausschlaggebend dafür sind hauptsächlich die Transporte zwischen den Anlagen. Eine Umstellung von der reinen Abfallverbrennung hin zu einer verbesserten getrennten Sammlung und somit auch einer deutlichen Erhöhung der Recyclingquote bringt eine Steigerung des Beschäftigungseffekts um rund das Dreifache.

5 Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte

Die vorangegangenen Berechnungen und Ergebnisse wurden vom österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) herangezogen und um die indirekten und induzierten Effekte erweitert. Zur Berechnung wurde das makroökonomische Modell WIFO.DYNC adaptiert und angepasst. Dieses dynamische makroökonomische Ein-Region- und Multi-Sektor-Modell basiert auf den Aufkommens- und Verwendungstabellen der Statistik Austria. Unterschieden in den verschiedenen Effekten (direkte, indirekte und induzierte Effekte) umfassen die Ergebnisse u. a. Veränderungen in der Wertschöpfung, Beschäftigung und Energienachfrage (vgl. Meyer und Sommer 2019, S. 5–6).

Das schon oben in den Ergebnissen gezeigte Bild, dass je komplexer und aufwendiger die Restmüllbehandlung erfolgt, desto höher der Bedarf an Arbeitskräften ist, bestätigt sich (siehe Abb. 12). In den Ergebnissen wurde die Basissammlung nicht abgezogen, wie es in den oben angeführten Ergebnissen der Fall ist. So liegt der Bedarf für das Modell 4.b (verbesserte getrennte Sammlung) bei 317 Beschäftigten-Vollzeitäquivalenten am höchsten. Die geringste Anzahl an Beschäftigten-Vollzeitäquivalenten mit 197 zeigt das Modell 2, die reine Müllverbrennung (vgl. Meyer und Sommer 2019, S. 10).

Abb. 10 Faktor-Vergleich des Personalaufwandes (ohne Basissammlung): Basismodell 1

Abb. 11 Faktor-Vergleich des Personalaufwandes (ohne Basissammlung): Basismodell 2

6 Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es, das Potenzial für die Beschäftigungseffekte im Bereich des Restmülls aufzuzeigen. Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, wurden unterschiedliche Modelle entwickelt. Das System spannt sich über die einzelnen „Bausteine“, von der Sammlung und den Transporten bis hin zu den einzelnen Anlagen. Wenn der Abfall sein Ende erreicht bzw. wenn er zu den Betrieben gelangt, wo der Großteil des Arbeitsaufwandes in der Produktion steckt, endet die Betrachtung. Als Input für jedes Modell dient eine nor-

mierte Menge von 100.000t Restmüll. Dazu wurde ein Durchschnitt aus den Restmüllanalysen der einzelnen Bundesländer berechnet. In den beiden Modellen der verbesserten getrennten Sammlung (Modelle 4a und 4b) teilt sich dieser Input zudem in unterschiedliche Altstoffe und deren Verwertungsströme. Eine Gegenüberstellung und ein Vergleich der Ergebnisse zeigt das Beschäftigungspotenzial auf. Die gewählten Angaben sowie die Modelle sind idealisiert und vereinfacht dargestellt. Daher dürfen die Zahlenwerte der Berechnungen nur mit Bedacht ver-

wendet werden. Sie zeigen jedoch sehr wohl das mögliche Potenzial auf.

Im ersten Schritt wurde der Personalaufwand bei einem Input von 100.000t für jedes einzelne Modell berechnet und ist in Tab. 6 dargestellt. Darin sind auch die Beschäftigungszahlen für die Sammlung angeführt. Daraus lässt sich erkennen, dass eine verbesserte getrennte Sammlung keinen wesentlichen Einfluss auf den Beschäftigungseffekt hat. Die signifikanten Änderungen zwischen den Modellen liegen in den Bereichen der Anlagen sowie der Transporte. Da die Sammlung in allen Modellen annähernd denselben Personalaufwand verursacht, wird für den Faktor-Vergleich der festgelegte Wert von 90 Personen für die „Basissammlung“ abgezogen.

Aus österreichischer Sicht dient das Modell 2 „Reine Müllverbrennung [RM]“ sicherlich als geeignetes Basismodell. Dabei kann das Modell 4.b [VGSb] sehr wohl als realistisches Ziel gesehen werden. Es hat als Grundlage das Restmüllaufkommen von Vorarlberg und stellt somit eine bereits reale Situation dar. Ein verbessertes Abfallwirtschaftssystem eröffnet ein enormes Potenzial an neuen Arbeitsplätzen. Verglichen mit der reinen Abfallverbrennung (Modell 2 [RM]) handelt es sich um eine Verdreifachung des direkten Beschäftigungseffekts (siehe Tab. 9). Zudem hilft es, endliche Ressourcen und die Umwelt zu schonen, da durch eine bessere Aufbereitung der Altstoffe deutlich mehr Materialien verwertet bzw. wiederverwendet werden.

Die größten Beschäftigungseffekte sind zwischen der ungeordneten Deponierung (Modell 1 [UD]) bzw. der reinen Abfallverbrennung (Modell 2 [RM]) und der verbesserten getrennten Sammlung (Modell 4.b [VGSb]) zu sehen. Bei einem Input von 100.000 Jahrestonnen entstehen beim Modell der verbesserten getrennten Sammlung um etwa 86 Arbeitsplätze mehr als bei der ungeordneten Deponierung. Auch im Vergleich zum Modell 2, der reinen Abfallverbrennung, entstehen immerhin noch zusätzlich rund 60 Arbeitsplätze. Der Zuwachs an Arbeitsplätzen für einen Input von 100.000t für das Modell 4.b [VGSb] im Vergleich zum Modell 1 [UD] sowie Modell 2 [RM] ist in Tab. 10 angegeben.

Von Interesse aus österreichischer Sicht ist sicherlich der Unterschied zwischen den Modellen 2 [RM] und 4.b [VGSb]. Immerhin wurden in Öster-

Abb. 12 Beschäftigungseffekte inklusive direkte, indirekte und induzierte Effekte. (Quelle: Meyer und Sommer 2019, S. 8. VZÄ Vollzeitäquivalente)

Tab. 9 Zusammengefasster Faktor-Vergleich (ohne Basissammlung)

	Modell 1 [UD]		Modell 2 [RM]		Modell 3 [MBA] ^a		Modell 4 [VGS] ^b
Faktor	1	:	6	:	11	:	18
Faktor	–		1	:	2	:	3
Werte gerundet							
^a Mittelwerte aus [MV] & [MVZ] & [MZ] & [MTVZ]							
^b Mittelwerte aus [VGSa] & [VGSb]							

Tab. 10 Zuwachs der Arbeitsplätze pro 100.000 t Input

Zielmodell	Abkürzung	Vergleichsmodelle Modell 1 [UD]	Modell 2 [RM]
Modell 4.b	VGSb	86,4	60,6
Zuwachs in Arbeitsplätzen pro 100.000 t Input			

Tab. 11 Potenzial an Arbeitsplätzen für Österreich und die EU

	[UD] → [VGSb]	[RM] → [VGSb]	
Österreich	–	730	Arbeits- plätze
EU	51.000	40.000	Arbeits- plätze
Werte gerundet			

reich im Jahr 2015 über 1,2 Mio. t Restmüll und Sperrmüll zur direkten Verbrennung gebracht (vgl. BMNT 2017, S. 48). Dies bedeutet ein Potenzial von rund 730 direkten Arbeitsplätzen (siehe Tab. 11). Weiters ergeben sich eine wesentlich höhere Recyclingquote sowie weitere indirekte Beschäftigungseffekte.

Auf EU-Ebene bedeutet diese Umstellung ein Potenzial von etwa 40.000 zusätzlichen Beschäftigten. Laut Eurostat gelangten im Jahr 2016 rund 66 Mio. t Restmüll in die Verbrennung (vgl. Eurostat 2018). Die ungeordnete Deponierung ist in der EU zudem noch immer gängig, konkrete Zahlen dazu konnten nicht gefunden werden. Insgesamt landeten in der EU im Jahr 2016 etwa 59 Mio. t an Abfällen in Deponien (vgl. Eurostat 2018). Geht man davon aus, dass es sich hierbei um ei-

ne ungeordnete Deponierung handelt, so bedeutet das etwa 51.000 weitere Jobs. In Summe besteht somit ein Potenzial auf EU-Ebene von etwa 91.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen.

Die für diese Arbeit entwickelten Modelle stellen vier grundlegende Entwicklungsstufen in der Abfallwirtschaft dar. Von der ungeordneten Deponierung (Modelle 1), folgend von der reinen Müllverbrennung (Modell 2) über die Behandlung in Mechanisch-Biologischen Behandlungsanlagen (Modelle 3) hin zur verbesserten getrennten Sammlung (Modelle 4). Die Erstellung eines brauchbaren und repräsentativen Modells für Österreich ist nicht möglich, da es bereits auf kommunaler Ebene beträchtliche Unterschiede gibt. Zudem fehlt es in der Abfallwirtschaft bezüglich Beschäftigung in allen Bereichen an Literatur und Forschungsberichten. Für die Einzelbetrachtung einer Region, eines Gebiets oder einer Gemeinde kann das am besten passende Modell herangezogen bzw. passende Modelle miteinander kombiniert werden. Genauere Ergebnisse lassen sich durch eine detailliertere Ausarbeitung bzw. durch Anpassung der Werte erzielen. Auch die Komposition des zu behandelnden Restmülls stellt einen wichtigen Faktor dar.

Für die Mengen und die Zusammensetzung des Restmülls wurde ein österreichischer Durchschnittswert berechnet. Die vorgefundenen Daten sind durchaus schon älter. Zudem gibt es erst seit 2017 einen Leitfaden zur vereinheitlichten Restmüllanalyse (vgl. BMLFUW 2017). Daher ist ein Vergleich der Literaturwerte nur bedingt möglich. Zusätzlich beeinflussen saison- (z.B. Tourismus) und gebietsbedingte (z.B. ländliches oder städtisches Gebiet) Faktoren das Hausmüllaufkommen. Davon abhängig sind neben der Bereitstellung von brauchbarer Sammelinfrastruktur, auch die Mengen, welche in die Altstoffsammlung überführt werden können.

Der erste Schritt in den Modellen ist die **Sammlung**. Neben der kaum vorhandenen Literatur war auch die Datengewinnung durch die Befragung sehr schwierig. Viele Betriebe gaben keine Aussagen zu deren Sammelleistung und Personaleinsatz. Grund dafür ist laut Auskunft der mangelnde Überblick. Die Geheimhaltung von firmeninternen Daten kann aber durchaus der wahre Grund dafür sein. Allgemein lässt sich eine Vereinheitlichung

ohnehin nicht machen. Zu viele unterschiedliche Faktoren, wie zum Beispiel die Behältergröße, das Verhältnis von Fahr- und Ladepersonal, das Abholintervall oder das Sammelsystem (Hol- bzw. Bringsammlung), spielen hier eine Rolle. Bereits auf kommunaler Ebene sind diese Unterschiede aktuell durchaus beträchtlich.

Die Werte für die **Transporte** zwischen den einzelnen Anlagen wurden in Abstimmung eines Experten gewählt. Im Bereich der Umweltauswirkungen gibt es hier vereinzelt Literatur (vgl. Frischenschlager et al. (2010) in „Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich: Endbericht“), über das Beschäftigungsausmaß blieb die Suche jedoch erfolglos. Eine wesentliche Vereinfachung stellt der Transport nur durch LKWs dar. In der Realität werden die Wege auch mit der Bahn zurückgelegt. Zu erkennen ist, dass die Transporte durchaus eine wesentliche Rolle im Bereich des Beschäftigungsaufwandes bei der Abfallbehandlung spielen.

Die zentralen Elemente der Modelle sind die **Anlagen**. In der Literaturrecherche konnten in Teilbereichen durchaus Publikationen eruiert werden. Diese erstrecken sich von den negativen Auswirkungen der ungeordneten Deponierung (Hausmülldeponien) bis hin zu den sich daraus erstreckenden Alternativen, wie zum Beispiel die Abfallverbrennung und -mitverbrennung, sowie die MBAs oder die EBS-Produktion. Hinweise über das dafür benötigte Personal gibt es darin jedoch kaum. Nahezu unbeachtet sind in der Literatur Anlagen, welche sich mit der Altstoffaufbereitung befassen. Lediglich über die Wirtschaftlichkeit von Recycling oder die Auswirkungen auf die Umwelt wird berichtet. Eine ausführliche Befragung erwies sich schnell als Sackgasse. In den meisten Fällen wollten die befragten Personen keine detaillierten Informationen weiter geben, da es sich um vertrauliche Daten handelt. Oft waren auch fehlende Ressourcen dafür ausschlaggebend. Erst die Zusage, die erhaltenen Daten absolut anonymisiert zu behandeln, führte zum Erfolg. Zwar hielt sich der Informationsgehalt weiterhin in Grenzen, aber es konnten durchaus plausible Werte berechnet werden, welche in Absprache mit ExpertInnen in die Modelle einfließen. Weitere Einflüsse auf die Streuung bei den Werten haben zum Beispiel:

- die Unterschiede bei der Müllzusammensetzung,
- die weitere Verwendung des Outputs und
- die Betreuung mehrerer Anlagen des Personals am Standort.

Daher sind hier (sowie bei der Sammlung) die verwendeten Werte in den Modellen für eine genaue Betrachtung einer realen Situation eventuell anzupassen.

Mit dem „Vergleich der Modelle“ wird das Potenzial aufgezeigt. Die errechnete Höhe des Potenzials unterliegt Vereinfachungen und der idealisierten Darstellung der Modelle und ihren Komponenten. Auch wenn die Darstellung nicht genau der Realität entspricht, zeigt sie sehr wohl das mögliche Potenzial auf. Für eine gezielte Betrachtung eines ausgewählten Gebietes müssen daher die Zusammensetzung des Restmülls sowie die einzelnen Behandlungsverfahren mit dem Modell abgestimmt werden.

Der Exkurs zu Re-Use zeigt auf, in welchem Bereich der Abfallwirtschaft sich der größte Beschäftigungseffekt verbirgt. Kaum beachtet, da sich die Güter nur kurz im Abfallregime befinden, stellt die Abfallvermeidung ein enormes Potenzial dar. Zwar handelt es sich nur um einen geringen Mengenstrom, doch ist hier die Wertschöpfung und die Anzahl der Beschäftigten beachtlich. Bei 100.000 t würde eine Ausschleusung von nur 1 % an Gütern aus dem Abfallstrom eine Steigerung von rund 40 bis 75 Arbeitsplätzen bedeuten.

7 Schlussfolgerung

Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt, dass in der Behandlung des Restmülls ein großes Potenzial an Arbeitsplätzen vorhanden ist. Bei einem Wandel von der reinen Müllverbrennung hin zur verbesserten getrennten Sammlung, ist eine Verdreifachung der Beschäftigungszahl möglich. Auch wenn Modelle vereinfacht und idealisiert sind, handelt es sich durchaus um plausible Richtwerte. Die Schärfung der Zahlen würde eine genauere Darstellung des Systems bzw. der Modelle zur Folge haben, was aber die Komplexität der Modelle erhöht. Außer Acht gelassen wurden jene Stoffströme, die sehr geringe Mengen aufweisen, wie zum Beispiel im Output diverser Anlagen. Dazu zählen auch jene Fraktionen, welche durch eine verbesserte getrennte Sammlung das

Restmüllaufkommen verringern und für keinen eigenen Altstoffsstrom sorgen. In den Modellen erfolgte entweder eine Addition zu anderen Fraktionen oder schlichtweg keine weitere Beachtung. Besonders Güter wie Alttextilien, Möbel, usw. haben trotz ihres geringen Aufkommens einen großen Einfluss auf die Beschäftigungszahlen. Dies wurde bereits im Exkurs Re-Use gezeigt, wo das Potenzial bei teilweise dem Hundertfachen liegt.

Eine Erweiterung der Modelle könnte den Einbezug von Sperrmüll, Altstoffsammelzentren, die Behandlungswege hier noch unbeachteter Altstoffe bis hin zu Aktionsfeldern der Abfallvermeidung bedeuten.

Auch die Betrachtung der indirekten und induzierten Effekte durch das WIFO (Meyer und Sommer 2019) zeigt, dass komplexere Abfallwirtschaftssysteme einen umfangreicheren Beitrag zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zur Wirtschaftsleistung beitragen. Sie verursachen aber durch die unterschiedlichen Behandlungsformen auch einen höheren (heimischen) Energieverbrauch. Dieser kann bei den Modellen 3 und 4 jedoch teilweise durch die Erzeugung von Wärme gedeckt werden und somit fossile Energieträger substituieren. Weiters können die Modellen 4 durchaus zur Substitution von Primärrohstoffen und damit zu einem (global) geringeren Energieverbrauch sowie zu geringeren CO₂-Emissionen beitragen.

Infolgedessen bewirken komplexere Abfallwirtschaftssysteme auch einen höheren Umweltschutz, da sich der fossile Energieeinsatz verringert und weniger Emissionen freigesetzt werden sowie einen substanziellen Beitrag zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft mit geringerer Nachfrage nach Primärressourcen. Zusätzlich entstehen andere positive Umwelteffekte wie durch die Vermeidung von Abluft- und Abwasseremissionen, die durch Deponierung und Verbrennung entstehen können (vgl. Meyer und Sommer 2019, S. 12).

In dieser Arbeit wurde lediglich der Restmüll und die daraus entstehenden direkten Arbeitsplätze betrachtet. Für die gesamte Abfallwirtschaft verbirgt sich durchaus ein noch viel umfangreicheres Potenzial, wie auch im „Exkurs: Re-Use“ gezeigt wurde. Die Annahme der EU verspricht durch eine Umstellung der Abfallwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft rund 170.000 Arbeitsplätze bis 2030 (vgl. Europäische Kommission 2015, S. 2). Angesichts des

oben gezeigten Potenzials, scheint diese Schätzung sehr konservativ. Tamma und Hervey kritisieren die Berechnungen durch die Europäische Kommission. Diese Zahlen seien durch schwammige Berechnungen entstanden, was anhand fehlender Literatur oder nachvollziehbaren Studien durchaus glaubwürdig ist (Tamma und Hervey 2018). Die Meinung, dass es sich dabei um einen weit überzogenen Schätzwert handelt, scheint jedoch haltlos und unreflektiert.

Die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse und Zahlen auf die Beschäftigungseffekte können jedoch nicht allein stehend als Grundlage für abfallwirtschaftliche Entscheidungen herangezogen werden. Es handelt sich dabei nur um eine Komponente eines großen und sehr komplexen Systems. Für eine gesamtheitliche Betrachtung der Abfallwirtschaft müssen neben den Beschäftigungseffekten noch andere Systemkomponenten Beachtung finden.

So können die Modelle aus Ausgangsbasis dienen und durch zusätzliche Faktoren wie:

- Umweltauswirkungen,
- Energiebilanzen,

- CO₂-Bilanzen,
- Recycling-Quoten,
- Wirtschaftlichkeit,
- etc.

erweitert werden. Daraus abgeleitet kann in Bezug auf die Erzeugung und Produktion von Gütern aus Primärrohstoffen mit jenen, die durch die Verwendung von Sekundärrohstoffen (aus der getrennten Sammlung und dem Aufbereitungsprozess) entstehen, eine Gegenüberstellung erfolgen.

Wesentliche Schlüssel zum Erfolg sind sicherlich die Aufklärung bzw. bewusstseinsbildende Maßnahmen. Viele Menschen handeln nach dem Prinzip „Aus den Augen, aus dem Sinn“ oder „Egal ob ich den Müll trenne, es wird ohnehin alles verbrannt“. Erst wenn alle Akteure zusammenarbeiten und eine Betrachtung des gesamten Systems erfolgt, kann eine sinnvolle Veränderung passieren. Zusätzlich erfordert eine Wandlung der Abfallwirtschaft auch die Anpassung von gesetzlichen Regelungen, mehr Transparenz, Produkthaftung bereits bei der Erzeugung, Zusammenschlüsse in Regionen für die Abfallentsorgung und vieles mehr. Da-

durch kann der Weg von einem linearen Wachstumsdenken hin zu einer Kreislaufwirtschaft erreicht werden. Nicht um die Ziele der EU zu erfüllen, sondern um einen lebenswerten Planeten für die folgenden Generationen zu hinterlassen. Im Sinne von: „Der Abfall der nicht entsteht, ist der Beste!“

Funding Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. ■

Anhang

Tab. 12 Transporte: Beladung der LKWs, Transportwege und Personalaufwand pro 100.000 Jahrestonnen für die einzelnen Transporte

Abkürzung	Transport-Bezeichnung	Ladegewicht [t]	Transportweg [km]	Beschäftigte pro 100.000 t
AV-R – Dep-Rs	AV-Rost – Reststoffdeponie	20	50	9,0
AV-R – Gr-Sh	AV-Rost – Groß-Shredder-Anlage	25	100	12,0
AV-W – Dep-Rs	AV-Wirbel – Reststoffdeponie	20	50	9,0
EBS-P – Zem	EBS-Produktion – Zementwerk	11	150	32,8
Gl-S – MBA	Altglas-Sortieranlage – MBA	20	150	18,0
Gl-Um – Gl-S	Altglas-Umladestation – Altglas-Sortieranlage	25	200	19,2
Gr-Sh – Met-Ind	Groß-Shredder-Anlage – Metallindustrie	25	200	19,2
Gr-Sh – Po-Sh	Groß-Shredder-Anlage – Post-Shredder-Anlage	25	0	0,0
Komp – MBA	Kompostierungsanlage – MBA	20	50	9,0
Kst-R – AV-W	Kst-Recyclinganlage – AV-Wirbel	11	150	32,8
LVP-S – EBS-P	LVP-Sortieranlage – EBS-Produktion	11	50	16,4
LVP-S – Kst-R	LVP-Sortieranlage – Kst-Recyclinganlage	11	200	43,7
LVP-S – MBA	LVP-Sortieranlage – MBA	20	100	15,0
MBA – AV-W	MBA – AV-Wirbel	11	100	27,3
MBA – Dep-Ma	MBA – Massenabfalldeponie	20	0	0,0
MBA – EBS-P	MBA – EBS-Produktion	11	50	16,4
MBA – Gr-Sh	MBA – Groß-Shredder	25	100	12,0
MBA – Zem	MBA – Zementwerk	11	150	32,8
Met-Um – Gr-Sh	Altmetall-Umladestation – Groß-Shredder-Anlage	25	200	19,2
Pap-S – Pap-F	Altpapier-Sortieranlage – Papierfabrik	20	50	9,0
Pap-S – MBA	Altpapier-Sortieranlage – MBA	20	150	18,0
Po-Sh – Met-Ind	Post-Shredder-Anlage – Metallindustrie	25	200	19,2

Literatur

- Altendorfer, M. (2018):** Vergleich abfallwirtschaftlicher Systeme für Siedlungsabfälle mit Schwerpunkt Beschäftigungseffekte. Zugriff 31. Mai 2019, unter <http://unipub.uni-graz.at/urn:nbn:at:at-ubg:1-131986>
- Amt der Kärntner Landesregierung (Hrsg.) (2012):** Kärntner Abfallbericht und Abfallwirtschaftskonzept: 3. Fortschreibung 2012. Zugriff 31. August 2017, unter <https://www.ktn.gv.at/Service/Publikationen?kid=18>
- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (Hrsg.) (2011):** Niederösterreichische Restmüllanalyse und Detailanalyse der Feinfraktion 2010–2011. Zugriff 3. September 2017, unter http://www.noel.gv.at/noel/Abfall/Restmuellanalyse_2010_-_2011.html
- BMLFUW (2015):** Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich: Statusbericht 2015. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Zugriff 16. August 2017, unter https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:dc379ae-9512-4c8f-bfb9-d4b0409fa238/AW_Statusbericht_2015_final.pdf
- BMLFUW (2017):** Leitfaden für die Durchführung von Restmüll-Sortieranaysen. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMNT (2017):** Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Zugriff 1. Februar 2018, unter <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/abfall-ressourcen/bundes-abfallwirtschaftsplan/BAWP2017-Final.html>
- Brunner, P., Allesch, A., Getzner, M., Huber-Humer, M., Pomberger, R. [R], Müller, W., ... Kreindl, G., et al. (2015):** Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft. Wien: Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft. Zugriff 20. Juli 2017, unter <https://www.bmlfuw.gv.at/greentec/abfall-ressourcen/Benchmarking-Studie.html>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016):** Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Zugriff 9. Februar 2018, unter <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Europäische Kommission (2015):** Circular Economy—Closing the loop: Clear targets and tools for better waste management. Europäische Kommission. Zugriff 22. August 2017, unter https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/circular-economy-factsheet-waste-management_en.pdf
- Eurostat (2018):** Municipal waste statistics. Zugriff 4. April 2018, unter http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Main_tables
- FHAanalytik and TB Hauer (2010):** Restmüllanalysen Tirol 2010. Korneuburg. Zugriff 3. September 2017, unter https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/abfallwirtschaft/downloads/restmuellanalyse_2010.pdf
- Flick, U. (2011):** Triangulation: Eine Einführung (3., aktualisierte Auflage.).
- Frischenschlager, H., Karigl, B., Lampert, C., Pölz, W., Schindler, I., Tesar, M., ... Winter, B. (2010):** Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich: Endbericht. Wien: Umweltbundesamt GmbH. Zugriff 24. September 2017, unter <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0303.pdf>
- Gibbs, A., Elliott, T., Ballinger, A., Hogg, D., Gentil, E., Fischer, C., & Bakas, I. (2014a):** Development of a Modelling Tool on Waste Generation and Management. Appendix 9: Employment in Municipal Waste Management Operations. In Development of a Modelling Tool on Waste Generation and Management. European Commission DG. Zugriff 13. September 2017, unter http://ec.europa.eu/environment/waste/target_review.htm
- Gibbs, A., Elliott, T., Vergunst, T., Ballinger, A., Hogg, D., Gentil, E., ... Bakas, I. (2014b):** Development of a Modelling Tool on Waste Generation and Management. European Commission DG. Zugriff 13. September 2017, unter http://ec.europa.eu/environment/waste/target_review.htm
- Hogg, D., Vergunst, T., Elliott, T., Elliott, L., Corbin, M., & Ballinger, A. (2015):** Further development of the European reference model on waste generation and management. Eunomia. Zugriff 13. September 2017, unter <https://publications.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/d188ce6e-9cac-11e5-b792-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-38735912>
- Hogg, D., Vergunst, T., Elliott, T., Elliott, L., & Corbin, M. (2016):** Support to the waste targets review. Appendix 1: Analysis for new policy options. In Support to the waste targets review: final report. Eunomia. Zugriff 13. September 2017, unter http://ec.europa.eu/environment/waste/target_review.htm
- Hug, T. (2015):** Empirisch forschen: die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium (2., überarb. Aufl.). Konstanz: UVK. Zugriff unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4817804&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Klampfl-Pernold, H. & Gelbmarm, U. (2006):** Quantensprünge in der Abfallwirtschaft: Entwicklung eines innovationsorientierten Phasenmodells der europäischen Abfallwirtschaft. Aachen: Shaker.
- Kranzinger, L., Schopf, K., Pomberger, R., & Punesch, E. (2017):** Case study: Is the 'catch-all-plastics bin' useful in unlocking the hidden resource potential in the residual waste collection system? Waste Management and Research, (35(2)), 155–162. Zugriff 19. Februar 2018, unter <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X16682608>
- Meyer, I. & Sommer, M. (2019):** Beschäftigungseffekte abfallwirtschaftlicher Modelle der Restmüllbehandlung. Wien: WIFO. Zugriff 31. Mai 2019, unter https://www.wifo.ac.at/publikationen/publikationssuche?detail-view=yes&publikation_id=61774
- Neitsch, M. & Wagner, M. (2017):** RepaNet Markterhebung 2015: Re-Use im Aufwind. Zahlen und Potential von Re-Use-Mengen und Beschäftigung im Re-Use-Sektor in Österreich. RepaNet. Zugriff 24. Mai 2018, unter <http://www.repanet.at/re-use-in-oesterreich-im-aufwind/>
- ÖÖI & TBH (2012):** Analyse von kommunalem Restabfall sowie von getrennt gesammelten biogenen Abfällen in Vorarlberg 2012. Korneuburg: Umweltverband Vorarlberg.
- Stadt Wien (2016):** MA 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark. Vienna. Zugriff 16. August 2017, unter <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/service/publikationen/>
- Tamma, P. & Hervey, G. (2018):** Hope for circular economy jobs could be a waste. Zugriff 24. Mai 2018, unter <https://www.politico.eu/article/circular-economy-jobs-waste-garbage-trash-recycling/>
- TB Hauer (2010):** Restmüllanalysen 2010. Zugriff 3. September 2017, unter www.bmv.at/uploads/media/Restmuellanalyse_2010.pdf
- VOEB (2017):** Mitglieder. Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe. Zugriff 5. Dezember 2017, unter <http://www.voeb.at/mitglieder/mitgliederliste/>
- Weingärtler, M. (2009):** Die österreichische Entsorgungswirtschaft: Daten und Fakten. Vienna: Institut für Strategieanalysen. Zugriff 11. August 2017, unter http://www.voeb.at/fileadmin/user_upload/voeb.at/Dokumente/Branchenstudie/Studie_Entsorgungswirtschaft_Zwischenbericht_01.pdf

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.