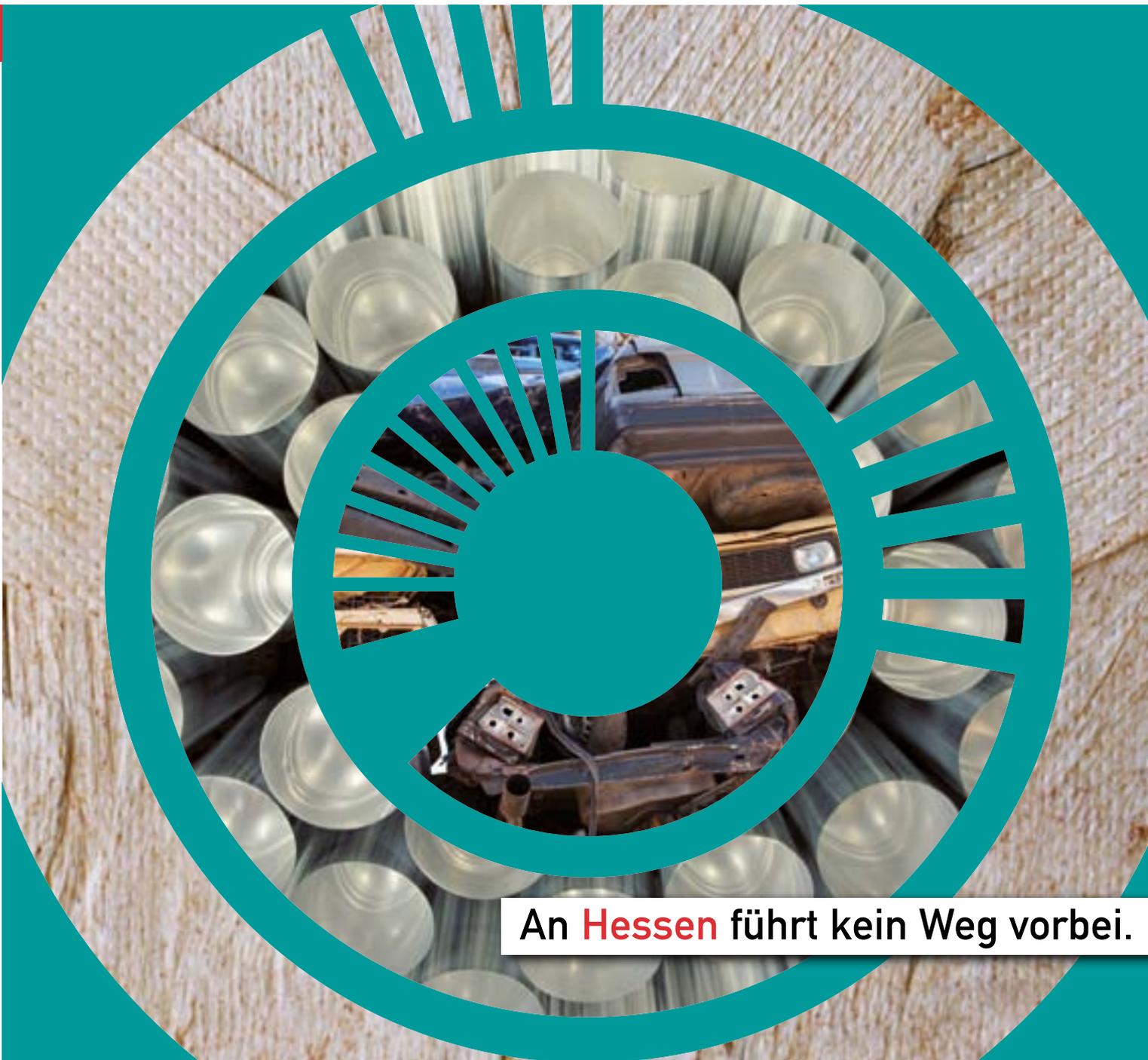




Stoffkreisläufe in Hessen – Praxisbeispiele und Potenziale



An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

Stoffkreisläufe in Hessen – Praxisbeispiele und Potenziale

IMPRESSUM**Stoffkreisläufe in Hessen –
Praxisbeispiele und Potenziale**

Eine Veröffentlichung im Rahmen der Schriftenreihe
der Technologieline Hessen-Umwelttech des
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Landesentwicklung

HERAUSGEBER:

Hessen Trade & Invest GmbH
Konradinallee 9
D-65189 Wiesbaden
Telefon 0611 95017-85, Fax -8620
www.htai.de

ERSTELLT VON:

Henning Wilts, Susanne Fischer, Lukas Schäfer,
Max Rehberger, Michael Hiete

REDAKTION:

Hessen Trade & Invest GmbH
Dagmar Dittrich, Dr. Felix Kaup
Technologieline Hessen-Umwelttech
www.hessen-umwelttech.de

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie
Verkehr und Landesentwicklung
Kaiser-Friedrich-Ring 75
D-65185 Wiesbaden
www.wirtschaft.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise –
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

DRUCK:

Druckerei Lokay e. K., Reinheim

GESTALTUNG:

NONMODO Designagentur UG (hb) & Co. KG

**BILDNACHWEIS / COPYRIGHT:**

- S. 21 FMF Media
- S. 22 Getty Images
- S. 23 Getty Images
- S. 24 Getty Images
- S. 25 Getty Images
- S. 26 Getty Images
- S. 27 Getty Images
- S. 28 Getty Images
- S. 29 Bycze Studio, iStock, Thinkstock
- S. 30 SherriMDuncan, iStock, Thinkstock
- S. 31 iStock
- S. 32 Michael Ritthoff
- S. 33 marcobir, iStock, Thinkstock
- S. 34 Getty Images
- S. 35 Getty Images
- S. 36 Getty Images
- S. 37 fotolia
- S. 38 hroe, iStock, Thinkstock
- S. 39 Photodisc
- S. 40 Jupiterimages, photos.com, Thinkstock
- S. 41 sspopov, iStock, Thinkstock
- S. 42 Getty Images
- S. 43 antikainen, iStock, Thinkstock
- S. 44 Eptavi, iStock, Thinkstock
- S. 45 EMa-Ke, iStock, Thinkstock

MÄRZ 2016

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit
und Genauigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater
Rechte Dritter.

INHALT

VORWORT	7
1 HESSEN AUF DEM WEG ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT	8
1.1 STOFFKREISLÄUFE SCHLIESSEN – WIESO EIGENTLICH?	8
1.2 POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN – EUROPA, DEUTSCHLAND UND HESSEN	9
1.3 ABFALLAUFKOMMEN IN HESSEN	10
1.4 STATUS QUO ABFALLVERWERTUNG	12
1.5 ÖKONOMISCHE POTENZIALE DER KREISLAUFWIRTSCHAFT IN HESSEN	13
2 ANSATZPUNKTE FÜR DIE PRAXIS	14
2.1 HEMMNISSE UND RAHMENBEDINGUNGEN	14
2.2 KONKRETE UMSETZUNG IM UNTERNEHMEN	14
3 FALLBEISPIELE AUS DER PRAXIS	20
GRUPPE 1: BAU- UND ABBRUCHABFÄLLE, SAND	21
Innovative Sandaufbereitung in der Aluminiumgießerei	21
Einsatz von Recycling-Beton	22
Herstellung von Recycling-Beton	23
Gewinnung von hochwertigem Gipspulver aus Bauabfällen	24
GRUPPE 2: CHEMIE, PAPIER, HOLZ	25
Streichfarbenrückgewinnung in der Papierherstellung	25
Durch Sauerstoffeintrag optimierte thermische Spaltung von Altschwefelsäuren	26
Holzwerkstoffrecycling durch thermohydrolytische Spaltung	27
GRUPPE 3: METALLE	28
Optimierung der Separation von Bauteilen und Materialien aus Altfahrzeugen	28
Rückgewinnung von Indium	29
Remanufacturing von Autobatterien	30
Rückgewinnung feinkörniger Nichteisen-Metallphasen aus Schreddersanden	31
Saure Entzinkung von Stahlschrotten	32
Hochspannungs-Fragmentationsverfahren zur Metallrückgewinnung aus MVA-Aschen	33
Vollständiges Recycling von Bleiakumulatoren	34
Aufbereitung von Aluminium-Altschrotten mittels Röntgentransmission und pneumatischer Sortierung	35
GRUPPE 4: KUNSTSTOFFE	36
Aufbereitung von Folien aus Kunststoffabfällen	36
Hochwertiges Recycling von PU-Reststoffen	37
Gewinnung von Sekundärkunststoffen mittels Adhäsionstrennverfahren	38
Recycling von PET-Lebensmittelverpackungen	39
Verwendung von Mikroemulsion zur Auftrennung von Verbundmaterialien	40
GRUPPE 5: ORGANIK, ABWASSER, SONSTIGES	41
Effizientere Prozesswasserführung in der Pulverbeschichtung mit nasschemischer Vorbehandlung	41
Wertstoffrecycling bei der Abwasserbehandlung in der Keramikindustrie	42
Ash-Dec-Verfahren zum Phosphorrecycling	43
GRUPPE 6: SUBSTITUTION DURCH BIOBASIERTE STOFFE	44
Biopolyamide als Substitution mineralölbasierter Polyamide in Hochleistungsanwendungen	44
Wirtschaftlicher Einsatz biologisch abbaubarer Hydrauliköle als Ersatz von Mineralölen	45
4 ANHANG	46
4.1 NETZWERKE, PROGRAMME UND FÖRDERMÖGLICHKEITEN	46
4.2 DIE TECHNOLOGIELINIE HESSEN-UMWELTTECH UND HESSEN-PIUS	48



VORWORT

Jede Volkswirtschaft ist auf Rohstoffe angewiesen. Deren Ausbeutung ist meist mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden und wird zudem immer aufwendiger und teurer, da die natürlichen Vorkommen begrenzt sind. Kurz- und mittelfristige Preisschwankungen, wie sie aktuell beim Rohöl zu beobachten sind, dürfen über diese Entwicklung nicht hinwegtäuschen. Sie zeigen vielmehr, wie abhängig unsere Wirtschaft von strategischen Entscheidungen unterschiedlichster Akteure der globalen Märkte ist.

Rohstoffkreisläufe sind eine aussichtsreiche Möglichkeit, diese Abhängigkeiten zu reduzieren, Kosten zu sparen und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Die vorliegende Broschüre gibt einen Überblick über innovative Technologien und Verfahren, Primär- durch Sekundärrohstoffe zu ersetzen. Die Auswahl basiert auf einem Screening aktueller Forschungsprojekte und Fachpublikationen. Sie umfasst Beispiele, die bereits eine deutliche Anwendungsreife erkennen lassen und zudem von hoher Relevanz für die in Hessen wichtigen Industriezweige wie Automobilindustrie und Chemie sind. Natürlich informiert die Broschüre auch über Ansatzpunkte für die Umsetzung in die betriebliche Praxis und über spezielle Beratung zur Ressourceneffizienz.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Tarek Al-Wazir

Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr
und Landesentwicklung

1 HESSEN AUF DEM WEG ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT

1.1 STOFFKREISLÄUFE SCHLIESSEN – WIESO EIGENTLICH?

Die Schließung von Stoffkreisläufen steht hoch wie nie auf der politischen Agenda: Angesichts schwankender und absehbar steigender Rohstoffkosten und vermehrter Unsicherheiten über die Versorgung der Industrie mit Rohstoffen wird die umfassende Transformation der Abfallwirtschaft zu einer Kreislaufwirtschaft zunehmend als Schlüssel für zukunftsfähiges und erfolgreiches Wirtschaften gesehen. Unternehmerische Gewinne in der Kreislaufwirtschaft werden dabei vor allem durch die Reduzierung von Materialkosten erwirtschaftet, die sich durch die Erschließung sekundärer Rohstoffquellen ergibt.



Abbildung 1: Konzeptionelle Darstellung einer Kreislaufwirtschaft

Nach von McKinsey und der Ellen MacArthur Foundation entwickelten Szenarien könnten die durch die Etablierung von zirkulären Wirtschaftsstrukturen erzielbaren jährlichen Netto-Materialkosteneinsparungen im europäischen verarbeitenden Gewerbe circa 500 Milliarden Euro betragen, was in etwa 19 bis 23 Prozent der gesamten Inputkosten beziehungsweise einer Steigerung des EU-Bruttoinlandsprodukts um bis zu 3,9 Prozent entspräche.

Vor diesem Hintergrund stellt diese Broschüre Ansätze zur Schließung von Stoffkreisläufen dar, die zur Senkung von Materialkosten und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit hessischer Unternehmen beitragen können. Ausgehend von einer Analyse des Status quo in Hessen werden konkrete Beispiele vorgestellt, in denen die Kreislaufwirtschaft bereits zum Geschäftsmodell entwickelt wurde. In Kapitel 2 stellt die Broschüre zudem Instrumente vor, die Unternehmen bei der Identifikation kreislaufwirtschaftlicher Potenziale in ihren Betrieben unterstützen sollen.

1.2 POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN – EUROPA, DEUTSCHLAND UND HESSEN

Auf europäischer Ebene setzt der **Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa** das ehrgeizige Ziel, bis zum Jahr 2020 sämtliche Abfälle als Ressource zu betrachten und sie damit in der wirtschaftlich sinnvollsten Weise wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen. Das 2014 veröffentlichte **„Zero Waste“-Programm der Europäischen Kommission** betont dabei die Beiträge zu einem nachhaltigen Wirtschaftswachstum, die sich aus einem Abschied von linearen Systemen des Produzierens, Nutzens, Wegwerfens ergeben könnten.¹ Recycling wurde auch in der Lead Market Initiative von der Europäischen Kommission als einer von sechs Leitmärkten mit großem Wachstumspotenzial identifiziert. Die aktuelle Diskussion um das Kreislaufwirtschaftspaket der Europäischen Kommission verdeutlicht das Ziel, abfallwirtschaftliche Fragestellungen sowohl upstream stärker in den Designprozess zu integrieren – durch recycling- oder reparaturfreundliches Design – als auch downstream so zu gestalten, dass Abfallwirtschaft nicht nur Entsorgungssicherheit gewährleistet, sondern insbesondere zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen beiträgt.

Auch in Deutschland wurde mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ein deutlich stärkerer Fokus auf die Schließung von Stoffkreisläufen gesetzt. Ambitionierte Recyclingquoten für einzelne Abfallströme wie Siedlungsabfälle sowie Bau- und Abbruchabfälle führen zu einer gesteigerten Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen, umfassende Getrennhaltungspflichten steigern deren Qualität. Im KrWG wurden wie von der EU-Abfallrahmenrichtlinie vorgesehen die Grundlagen für das 2013 von der Bundesregierung verabschiedete nationale Abfallvermeidungsprogramm gelegt, das zahlreiche Ansätze zur Schließung betriebsinterner Kreisläufe enthält, wenn dadurch die Entstehung von Abfällen vermieden oder verringert wird.

Ein zweiter Schwerpunkt auf die Schließung von Stoffkreisläufen wurde durch das deutsche **Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)** gesetzt, das darauf abzielt, durch eine Steigerung der Ressourceneffizienz Umweltbelastungen zu begrenzen, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft zu stärken, neue Arbeitsplätze zu schaffen und nachhaltig Beschäftigung zu sichern. Als einer der wesentlichen Ansatzpunkte wird dabei der Ausbau einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft genannt.² Außer auf die abfallwirtschaftlichen Akteure zielt ProgRess dabei durch die Stärkung der erweiterten Herstellerverantwortung auch auf die Produzenten: „Demnach sind zur Erfüllung der Produktverantwortung Erzeugnisse möglichst so zu gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird.“³

Dieser auf europäischer und nationaler Ebene angestoßene Prozess der Schließung von Stoffkreisläufen wird in Hessen bereits seit vielen Jahren verfolgt und stärkt damit die „Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft hin zu einer versorgungsorientierten Rohstoffwirtschaft, die einen wichtigen Beitrag zur Sicherstellung der Ressourcenversorgung leistet“⁴. Einen wichtigen Beitrag zu dieser Entwicklung leistete unter anderem die 2011 abgeschlossene Erstellung einer **Ressourcenstrategie für Hessen unter besonderer Berücksichtigung von Sekundärrohstoffen**. Dort wurden, aufbauend auf einer detaillierten Analyse der bedeutendsten Wirtschaftszweige in Hessen hinsichtlich der Wirtschaftsleistung und des Rohstoffbedarfs, verfügbare Quellen für Sekundärrohstoffe identifiziert.⁵

Auch der 2015 aktualisierte **Abfallwirtschaftsplan für Hessen** verweist explizit auf den bevorstehenden Wandel von der Abfall- zur Kreislaufwirtschaft: „Nachdem es in den letzten Jahrzehnten gelungen ist, die Abfallentsorgung in Hessen sicherzustellen, kommt es nun darauf an, die Kreislaufwirtschaft ressourcenschonend weiterzuentwickeln.“⁶ Um die Abfallwirtschaft in die Rohstoffwirtschaft zu integrieren, wird die Notwendigkeit gesehen, die erfassten Abfälle mit vertretbarem Kostenaufwand zu qualitativ hochwertigen Sekundärrohstoffen aufzubereiten und auf dem Rohstoffmarkt zu wettbewerbsfähigen Preisen anzubieten.

In Hessen setzt insbesondere das **Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschaftsgesetz (HAKrWG)** bereits ausdrücklich auf den Wandel zur Kreislaufwirtschaft und verpflichtet unter anderem in § 7 die öffentliche Hand, bei der Gestaltung von Arbeitsabläufen, der Beschaffung oder Verwendung von Material und Gebrauchsgütern, bei Bauvorhaben und bei der Erteilung von Aufträgen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft einzugreifen. Dies erfolgt, indem Erzeugnissen der Vorzug zu geben ist, die

- ➊ mit Rohstoff schonenden oder abfallarmen Produktionsverfahren hergestellt,
- ➋ durch Vorbereitung zur Wiederverwendung oder durch Recycling aus Abfällen hergestellt worden sind,
- ➌ langlebig und reparaturfreundlich sind,
- ➍ im Vergleich zu anderen Erzeugnissen zu weniger oder schadstoffärmeren Abfällen führen oder
- ➎ sich nach Gebrauch in besonderem Maße zur umweltverträglichen, insbesondere energiesparenden Wiederverwendung oder zum Recycling eignen, sofern diese Maßnahmen keine unzumutbaren Mehrkosten verursachen.

1 Europäische Kommission (Hrsg.) (2014): Towards a circular economy. A zero waste programme for Europe.
 2 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2015): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, S. 48.
 3 Ebd., S. 50.
 4 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2015): Abfallwirtschaftsplan Hessen. Siedlungsabfälle und Industrielle Abfälle, S. 5.
 5 ATZ Entwicklungszentrum und Technische Universität München, Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie (2011): Ressourcenstrategie für Hessen unter besonderer Berücksichtigung von Sekundärrohstoffen. Abschlussbericht für das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
 6 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2015): Abfallwirtschaftsplan Hessen. Siedlungsabfälle und Industrielle Abfälle, Vorwort.

1.3 ABFALLAUFKOMMEN IN HESSEN

Erfolgreiche Abkopplung vom Wirtschaftswachstum

Betrachtet man die Entwicklung des Abfallaufkommens im letzten Jahrzehnt, so zeigt sich deutlich, dass Hessen bereits früh erste erfolgreiche Schritte in Richtung einer Kreislaufwirtschaft unternommen hat und das Abfallaufkommen von der wirtschaftlichen Entwicklung entkoppeln konnte. Diese Entkopplung wird unter anderem in der Abfallrahmenrichtlinie (Artikel 29) als zentrales Ziel der Abfallwirtschaft benannt.

Die folgende Abbildung zeigt das Verhältnis des Gesamtabfallaufkommens in Hessen im Zeitraum 2003 bis 2013 zum hessischen Bruttosozialprodukt. Das Gesamtabfallaufkommen konnte bereits um zehn Prozent auf circa 5,7 Millionen Tonnen reduziert werden, in der gleichen Zeit konnte das Bruttoinlandsprodukt (BIP) um fast 17 Prozent gesteigert werden.⁷

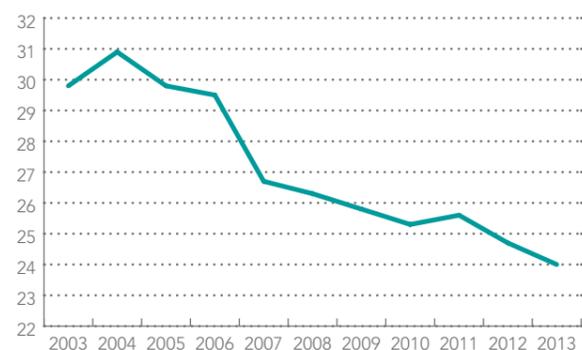


Abbildung 2: Abfallaufkommen in Relation zum preisbereinigten BIP. Eigene Berechnungen auf Basis der hessischen Abfallmengenbilanz⁸

Betrachtet man die Entwicklung alleine der Abfälle aus Haushalten und Kleingewerbe (hier berechnet als Summe aus Hausmüll, Bioabfällen, Sperrmüll und separat erfassten Wertstoffen), so zeigte sich in den vergangenen Jahren dagegen kein deutlicher Trend zur Reduktion des Abfallaufkommens pro Kopf. Von 2004 bis 2014 lag der Mittelwert des jährlichen Abfallaufkommens bei 458 Kilogramm pro Kopf, in diesem Zeitraum gab es Steigerungen und Reduktionen von maximal zehn Kilogramm pro Kopf. Erfreulich ist dagegen die Entwicklung der Gewerbeabfälle, für die die Abfallintensität bereits deutlich reduziert werden konnte, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

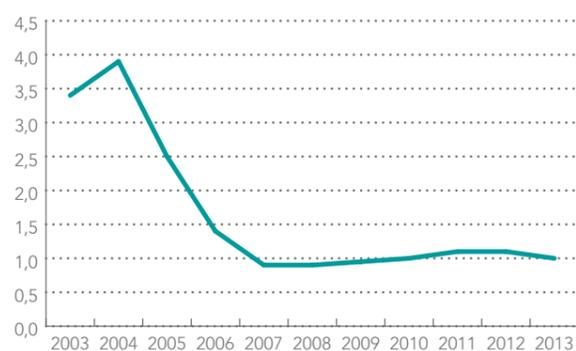


Abbildung 3: Gewerbeabfälle in Relation zum preisbereinigten BIP. Eigene Berechnungen auf Basis der hessischen Abfallmengenbilanz⁹

Relevante Abfallströme

Mit Blick auf die Identifikation von Potenzialen zur Schließung von Stoffkreisläufen in Hessen stellt sich insbesondere die Frage, in welchen Wirtschaftszweigen überhaupt relevante Abfallmengen anfallen. Die folgende Tabelle umfasst das Abfallaufkommen auf Bundes- und Landesebene, untergliedert nach den 20 Wirtschaftszweigen des Europäischen Abfallverzeichnisses (EAV). Die Aufstellung zeigt, dass die größten Abfallmengen im Bereich der Bau- und Abbruchabfälle, der thermischen Verwertung sowie der haushaltsähnlichen Gewerbeabfälle anfallen.

Die verschiedenen Spalten vergleichen die Abfallintensität in Hessen mit dem bundesdeutschen Durchschnitt. Dabei zeigt sich, dass Hessen bereits seit langem und intensiv an der Schließung von Stoffkreisläufen und der Vermeidung von Abfällen gearbeitet hat. Von den 20 untersuchten Wirtschaftszweigen und den zugehörigen Abfallkapiteln zeigen nur zwei eine erhöhte Abfallintensität auf: Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen sowie sonstige Abfälle, deren Aufkommen aber nur 208.000 Tonnen beträgt.¹⁰ In allen anderen Bereichen verursachen die Wirtschaftsakteure und Haushalte in Hessen pro Euro Wertschöpfung teilweise deutlich weniger Abfall als im Bundesdurchschnitt. Für den Bereich der Bergbauabfälle sind hierfür sicherlich auch geologische Besonderheiten zu berücksichtigen, in vielen anderen Bereichen können diese Werte als Indikator für die Effizienz von Produktionsprozessen angesehen werden.

WZ EAV	Wirtschaftszweig, Abfallkapitel	BUND Quelle a)		HESSEN Quelle b)		Vergleich mit wirtschaftlicher Gewichtung der hessischen Wirtschaft, Quelle c)	Hessischer Anteil des deut- schen BIP 2010
		Befragte Betriebe Anzahl	Erzeugte Abfallmenge 1.000 t	Befragte Betriebe (Mehrfachnennungen möglich) Anzahl	Erzeugte Abfallmenge Tonnen		
01	Abfälle, die beim Aufsuchen, Ausbeuten und Gewinnen sowie bei der physikalischen und chemischen Behandlung von Bodenschätzen entstehen	110	1.820	5	4.105		3 %
02	Abfälle aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei sowie der Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln	3.215	5.956	205	83.961		16 %
03	Abfälle aus der Holzbearbeitung und der Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoffen, Papier und Pappe	1.448	9.228	67	261.835		32 %
04	Abfälle aus der Leder-, Pelz- und Textilindustrie	481	158	20	2.660		19 %
05	Abfälle aus der Erdölraffination, Erdgasreinigung und Kohlepyrolyse	157	50	2	10		0 %
06	Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen	2.136	716	104	31.040		49 %
07	Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen	4.744	2.025	288	215.554		121 %
08	Abfälle aus HZVA von Beschichtungen (Farben, Lacke, Email), Klebstoffen, Dichtmassen und Druckfarben	6.403	275	394	10.195		42 %
09	Abfälle aus der fotografischen Industrie	1.205	23	87	1.144		57 %
10	Abfälle aus thermischen Prozessen	1.998	15.584	124	643.021		47 %
11	Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen; Nichteisen-Hydrometallurgie	2.179	580	119	35.130		69 %
12	Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen	7.403	5.654	422	190.190		38 %
13	Ölabfälle und Abfälle aus flüssigen Brennstoffen (außer Speiseölen und Ölabfällen, die unter 05, 12 und 19 fallen)	8.474	351	545	21.899		71 %
14	Abfälle aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln und Treibgasen (außer 07 und 08)	3.707	52	304	2.134		46 %
15	Verpackungsabfall, Aufsaugmassen, Wischtücher, Filtermaterialien und Schutzkleidung (a. n. g.)	16.934	3.491	1.120	257.896		84 %
16	Abfälle, die nicht anderswo im Verzeichnis aufgeführt sind	7.963	975	585	207.930		242 %
17	Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)	9.153	10.662	621	881.054		94 %
18	Abfälle aus der humanmedizinischen oder tierärztlichen Versorgung und Forschung (ohne Küchen- und Restaurantabfälle, die nicht aus der unmittelbaren Krankenpflege stammen)	1.061	251	93	17.855		81 %
19	Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch und Wasser für industrielle Zwecke	2.440	3.037	176	164.934		62 %
20	Siedlungsabfälle (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen) einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen	19.136	4.440	1.215	368.524		94 %

Tabelle 1: Vergleich der Abfallerzeugung zwischen Bund und Hessen im Jahr 2010

Quellen: a) Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2012): Umwelt – Erhebung über die Abfallerzeugung 2010. Ergebnisbericht, Blatt Abfallkapitel, S. 24; b) Statistische Berichte. Abfallerzeugung in Hessen 2010. Q II 9 - 4j/10, Blatt T-1; c) Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder, Stand 2014

7 Statista – das Statistikportal: Bruttoinlandsprodukt von Hessen von 1970 bis 2014 (in Millionen Euro).
 8 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Abfallmengenbilanzen der Jahre 2010 bis 2013; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Abfallmengenbilanzen der Jahre 2001 bis 2008.
 9 Ebd.
 10 Die Daten der Abfallerzeugung auf Bundesebene und in Hessen stammen von befragten Unternehmen. Die Daten spiegeln daher nicht den tatsächlichen absoluten Wert der Abfallentstehung wider, sondern geben eher einen Eindruck zur Abfallintensität der einzelnen Wirtschaftszweige.

1.4 STATUS QUO ABFALLVERWERTUNG

Für die in Hessen entstehenden Abfälle steht bereits ein hochwertiges Netzwerk abfallwirtschaftlicher Infrastrukturen zur Verfügung. Den wichtigsten Beitrag zur Gewährleistung der Entsorgungssicherheit leisten dabei die vier Müllheizkraftwerke in Darmstadt, Kassel, Offenbach und Frankfurt-Nordweststadt mit einer Gesamtkapazität von 1.162.600 Tonnen pro Jahr für die energetische Verwertung von Siedlungsabfällen. Eine auch im Bundesvergleich wichtige Rolle spielen die fünf Anlagen zur Energieerzeugung aus Ersatzbrennstoffen (EBS) mit einer genehmigten Gesamtkapazität von 1.363.100 Tonnen pro Jahr in Witzenhausen, Korbach, Heringen, Frankfurt und Gießen, in denen sowohl aufbereitete Abfälle aus Haushalten als auch industrielle Abfälle verwertet werden und die beispielsweise im Fall der Anlage im Industriepark Höchst die umliegenden Unternehmen nicht nur mit Strom, sondern auch mit Wärme und Prozessdampf versorgen. Darüber hinaus werden in Hessen derzeit sechs Biomasse(-Heiz)-Kraftwerke mit einer Kapazität von circa 0,5 Millionen Tonnen pro Jahr betrieben.¹¹

Neben der energetischen Verwertung sind in Hessen derzeit vier Anlagen zur mechanischen Behandlung von gemischten Siedlungsabfällen in Betrieb, in denen Eisen- und verschiedene Nichteisenmetalle aussortiert werden. In diesen Anlagen werden vermischte

Siedlungsabfälle, wie zum Beispiel Hausmüll, aber auch geeignete hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, produktionsspezifische Abfälle sowie Anteile der Sperrmüllfraktion behandelt und zur energetischen Nutzung als Ersatzbrennstoff aufbereitet. Zusätzlich sind in Hessen insgesamt 20 Bioabfallkompostierungsanlagen mit einer genehmigten Jahreskapazität von 297.485 Tonnen sowie weitere zehn Grünabfallkompostierungsanlagen zugelassen.

Neben diesen Großanlagen wird in Hessen eine Vielzahl an Abfallbehandlungsanlagen für Kleinstmengen oder spezielle Abfälle betrieben, zum Beispiel im Bereich der Vorbehandlung und Verwertung von Elektroaltgeräten. Einen weitgehend separaten Bereich bilden Anlagen zur Behandlung industrieller Abfälle, insbesondere der in hessischen Industriebetrieben anfallenden gefährlichen Abfälle.

Mit dieser abfalltechnischen Infrastruktur erreicht Hessen bereits beeindruckende Verwertungsquoten. Mit Blick auf sämtliche Siedlungsabfälle wurde im Jahr 2013 insgesamt eine Recyclingquote von 60,5 Prozent erreicht. Allerdings ist für verschiedene Abfallströme ein hoher und in den vergangenen Jahren weiter gestiegener Anteil sonstiger Verwertung zu erkennen, also im Wesentlichen thermische Verwertung in Form von Abfallverbrennung.

¹¹ Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2015): Abfallwirtschaftsplan Hessen. Siedlungsabfälle und Industrielle Abfälle, S. 49.

1.5 ÖKONOMISCHE POTENZIALE DER KREISLAUFWIRTSCHAFT IN HESSEN

Die ökonomischen Potenziale geschlossener Stoffkreisläufe in Hessen ergeben sich aus abfallwirtschaftlichen Tätigkeiten im Rahmen von externen Kreisläufen einerseits und internen Kreisläufen in Unternehmen durch verbesserte Material- und Ressourceneffizienz andererseits.

Externe Kreisläufe

Kreislaufwirtschaft gilt – neben Energieeffizienz, erneuerbaren Energien, Ressourceneffizienz, Mobilität und Wasser – als einer der zentralen GreenTech-Leitmärkte in Deutschland, die sich nicht nur durch expansive Entwicklung der Marktvolumina, sondern auch durch einen wachsenden Beitrag zur Wirtschaftsleistung auszeichnen. Auf Bundesebene lag der GreenTech-Anteil am Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2013 bei 13 Prozent.¹²

Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) angegebene Marktvolumen auf Bundesebene der in dieser Studie betrachteten Stoffströme kann anteilig vom Bruttoinlandsprodukt für Hessen – ausgehend von der Annahme einer Gleichverteilung in Deutschland – im Jahr 2013 (8,6 Prozent) zu nachfolgendem Marktvolumen heruntergerechnet werden. Diese Zahlen sind Schätzwerte. Es ist anzunehmen, dass durch die hohe Innovationskraft und Expertise hessischer Unternehmen die realen Zahlen noch höher ausfallen können.

Marktvolumen für die hessische GreenTech-Wirtschaft:

- ➔ Nachhaltige Wasserwirtschaft: 4,6 Milliarden Euro
- ➔ Rohstoff- und Materialeffizienz: 4,2 Milliarden Euro
- ➔ Kreislaufwirtschaft: 1,5 Milliarden Euro

Interne Kreisläufe

Eine andere Perspektive stellt die Betrachtung von Material- und Ressourceneffizienzpotenzialen innerhalb der Unternehmen dar, wobei die Schließung von Stoffkreisläufen einen der zentralen Ansatzpunkte darstellt. Die Kosten, die hessische Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe im Jahr 2013 aufwenden mussten, können auf circa 47,4 Milliarden Euro geschätzt werden. Basis hierfür bieten Informationen zu deutschlandweiten branchenspezifischen Materialverbrauchsdaten und Bruttoproduktionswerten¹³ sowie hessischen branchenspezifischen Gesamtumsätzen¹⁴.

Unter Berücksichtigung von Selbsteinschätzungen der Industrie bezüglich aktuell bestehender und nicht ausgeschöpfter Materialeffizienzpotenziale¹⁵ können die in Hessen angenommenen jährlichen Materialeinsparpotenziale mit circa drei Milliarden Euro beziffert werden. Die höchsten Einsparungen können in der materialverbrauchs- und kostenintensiven Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (590 Millionen Euro) sowie der Produktion von chemischen Erzeugnissen (420 Millionen Euro) erzielt werden.

Setzt man die absolut erzielbaren Einsparungen ins Verhältnis zur Anzahl der Betriebe, die in dem jeweiligen Wirtschaftszweig existieren, sind die größten Einsparungen ebenfalls bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen zu vermuten. Betrachtet man die Anzahl der in einer Branche Beschäftigten, so ergeben sich mit 20.000 Euro Einsparungen je Beschäftigten die deutlich größten Einsparpotenziale im Bereich der Metallherzeugung und -bearbeitung.

In jeder einzelnen der betrachteten Branchen wäre eine Umsatzsteigerung von mindestens 15 Prozent nötig, um denselben Effekt auf die Umsatzrendite zu erhalten, wie dies durch eine Realisierung des geschätzten mittleren Materialeinsparpotenzials möglich wäre. Dabei repräsentieren diese 15 Prozent jedoch nur den unteren Schwellenwert, denn im Mittel bewegt sich die nötige Umsatzrenditesteigerung im Bereich von 60 bis 80 Prozent. Besonders groß scheint die Hebelwirkung bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen zu sein: Es wäre eine 196-prozentige Steigerung des Umsatzes notwendig, damit Unternehmen dieser Branche eine so hohe Umsatzrenditeverbesserung erzielen könnten, wie sie durch pure Materialkosteneinsparungen (in Höhe von sieben Prozent) erzielbar wäre. Diese enorme Höhe ergibt sich vor allem durch die sehr niedrige durchschnittliche Umsatzrendite beziehungsweise die niedrigen Gewinne, die in dieser Branche in den letzten Jahren erwirtschaftet worden sind.

Auch wenn einzelne Branchen durch vergleichsweise niedrige absolute Materialeinsparpotenziale gekennzeichnet sind, können Materialkostenreduzierungen die Wirtschaftlichkeit der betreffenden Branchen enorm steigern.

¹² Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014): GreenTech made in Germany 4.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, S. 9.

¹³ Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2015): Produzierendes Gewerbe, Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2013.

¹⁴ Hessisches Statistisches Landesamt (StatistikHessen) (2014). Verarbeitendes Gewerbe in Hessen 2013 (Betriebe mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten). StatistikHessen, Statistische Berichte.

¹⁵ Schröter, M.; Lerch, Chr.; Jäger, A. (2011): Materialeffizienz in der Produktion: Einsparpotenziale und Verbreitung von Konzepten zur Materialeinsparung im Verarbeitenden Gewerbe, Karlsruhe.

2 ANSATZPUNKTE FÜR DIE PRAXIS

2.1 HEMMNISSE UND RAHMENBEDINGUNGEN

Trotz tendenziell steigender Preise für Primärrohstoffe¹⁶ und damit verbundener Anreize zur Kreislaufführung sind sowohl in Hessen als auch anderswo Recyclingraten zu beobachten, die weit unter den technischen Möglichkeiten liegen. Dies ist in erster Linie nicht auf Versäumnisse der Unternehmen, sondern auf eine Reihe systembedingter Hemmnisse und Marktversagenstatbestände zurückzuführen, die sich aus verschiedenen Charakteristika von Abfällen ergeben.

Hemmnisse für die Schließung von Stoffkreisläufen:

- ➔ informatorische Hemmnisse, zum Beispiel fehlende Informationen über die Zusammensetzung von Abfällen
- ➔ ökonomische Hemmnisse, zum Beispiel die Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Verwertung
- ➔ rechtliche Hemmnisse, hier insbesondere an der Schnittstelle zwischen dem Abfallwirtschafts- und dem Produktregime

Die Unterstützung von Unternehmen zur Überwindung dieser Hemmnisse bei der Schließung interner und externer Stoffkreisläufe zur Einsparung von Kosten, zur Förderung von Innovationen und zur Stärkung ihrer Wettbewerbsfähigkeit ist eine Herausforderung, der sich sowohl in Deutschland als auch international bereits zahlreiche Akteure gestellt haben, zum Beispiel in Form des UK National Symbiosis Programme, des Programms „Fabrik der Zukunft“ in Österreich und der Deutschen Materialeffizienzagentur (vergleiche Kapitel 2.2).

Alle drei genannten Programme verdeutlichen die ökonomischen, aber auch ökologischen Potenziale, die sich aus der Schließung interner und externer Stoffkreisläufe ergeben können. Gleichzeitig haben alle drei Programme einen gemeinsamen Ausgangspunkt: Angesichts der vielfältigen ökonomischen, rechtlichen und insbesondere informatorischen Hindernisse benötigen die Unternehmen häufig zusätzliche Impulse, um prinzipiell vorhandene Potenziale auch tatsächlich umzusetzen.

2.2 KONKRETE UMSETZUNG IM UNTERNEHMEN

Im Folgenden sollen drei konkrete Instrumente vorgestellt werden, wie Unternehmen erfolgversprechende Ansätze zur Schließung von Stoffkreisläufen identifizieren können. Damit wird eng an die identifizierten Hemmnisse angeknüpft: Es fehlen häufig die notwendigen Informationen zur ökonomischen Bewertung konkreter Maßnahmen, ob und in welchen Zeiträumen sich die Schließung von Stoffkreisläufen und die Vermeidung von Abfällen tatsächlich rechnet.

Alle drei Ansätze haben sich in der Praxis bereits bewährt und beeindruckende Argumente für Investitionen in neue Technologien oder Produktionsprozesse geliefert. Sie setzen dabei jedoch auf sehr unterschiedlichen Ebenen an: auf der Ebene der konkreten Abfälle, auf umfassenderen Analysen des Materialinputs und auf systemischen Analysen der Kreislaufführung auf Produktebene.

Ansatz 1: Einbezug von Abfall in die Flusskostenrechnung

Ein erster konkreter Ansatz zur Schließung von internen und externen Kreisläufen ist die Abbildung der tatsächlich durch Abfälle verursachten Kosten im Rahmen des Unternehmens-Controllings. Hohe Entsorgungskosten bilden meist den Anlass, über den Umgang mit Abfällen und mögliche Ansatzpunkte zur Schließung von Stoffkreisläufen nachzudenken. Dies gilt insbesondere für Unternehmen, die mit Gefahrstoffen arbeiten und bei denen in relevantem Umfang Sonderabfälle anfallen. Dabei wird jedoch häufig nicht erkannt, dass die Entsorgungskosten nur einen Teil der Kosten darstellen, die von Abfällen verursacht werden. Erfahrungen aus der Industrie zeigen sogar, dass die ursprünglich bei der Beschaffung und Verarbeitung der Abfallstoffe entstandenen Kosten umso höher sind, je umweltrelevanter der betrachtete Abfallstoff ist. Vor diesem Hintergrund hat die Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin einen Leitfaden entwickelt, der Unternehmen bei der Identifikation ökonomisch sinnvoller Maßnahmen unterstützen soll.¹⁷

Maßnahmen zur Realisierung von Abfallvermeidungspotenzialen sind häufig mit Kosten verbunden. Diese entstehen zum Beispiel durch Investitionen in neue Produktions- oder Umwelttechniken, durch die Umstellung von Produktionsprozessen oder externe Beratungsleistungen. Zur Abschätzung, ob und in welcher Zeit sich diese Kosten amortisieren, werden sie zumeist den potenziell einsparbaren Entsorgungskosten gegenübergestellt. Um Einsparpotenziale im Bereich der Abfallwirtschaft richtig bewerten zu können, müssen jedoch sämtliche von diesen Stoffflüssen verursachten Kosten berücksichtigt werden. Häufig überschreiten die in den Abfällen enthaltenen Materialkosten und die Kosten, die in der Produktion entstehen, deutlich die Kosten der internen und externen Entsorgung, also die typischen Umweltschutzkosten. Diese Kostenstruktur wird von der klassischen Kostenrechnung nicht angemessen abgebildet. Auch eine systematische Ermittlung der betrieblichen Umweltschutzkosten, wie sie von einigen Unternehmen gemäß dem Umweltstatistikgesetz verlangt wird, hilft hier in der Regel nicht weiter.

Lfd. Nr.	Interne Bezeichnung	Menge [kg/Jahr]	Name des Entsorgers	Bemerkungen/Bezeichnung externe Entsorgung	Kosten externe Entsorgung [€]	Bemerkungen/Bezeichnung interne Entsorgung	Kosten interne Entsorgung [€]	Summe kurzfr. Variable Vollkosten Entsorgung	Bemerkungen/Bezeichnung enthaltene Materialien	Materialwert [€]	Summe der berücksichtigten Flusskosten [€]	Relevanz/Bemerkungen
1	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll-Meier	0,62€/kg, Kupfergehalt: 1 2.743 kg	65.300 Erlös: -30.690			34.610	Basismaterial: Kupferfolien Prepegs	1.900.000	1.934.610	
2	Abwasser-schlamm Alkalirest	101.515	Deponie Baustadt		40.600	Abwasser-chemikalien	54.464	97.064	Alkal. Trocken-resiste, Soda calciniert	1.445.039, 21.891	1.563.994	
3	kupferhaltiger Galvanik-schlamm	167.934	Kupferhütte Rotheim	0,49 €/kg	82.300	BIG BAG SWL 1.250: 15,50€/Stück Abwasser-chemikal.	5.673 163.190	251.863	Metallwerte Cu, Sh, Ni, Al	106.586	358.449	
4	gestrippter Fotoresist	40.709	Schlamm-Pro		34.650	1368 PE-Deckelfässer, 25-40 Ltr. M. Spannring Entsorgung der Deckelfässer	6.772 3.222	44.644	Kalilauge	60.634	105.278	
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier, Elektrorecycling GmbH		26.700			26.700	hohe Kosten, sollen zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt werden		26.700	zwei Bilanzpositionen zusammengefasst

Tabelle 2: Beispielhafte Flusskostenanalyse der Abfallbilanz in Form einer Ergebnistabelle

Quelle: in Anlehnung an Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH (2000)

¹⁶ Heck, S.; Rogers, M.; Caroll, P. (2014): Resource Revolution: How to Capture the Biggest Business Opportunity in a Century, Boston.

¹⁷ Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH (Hrsg.) (2000): Flusskostenrechnung als Erweiterung der betrieblichen Abfallbilanz. Leitfaden.

Die Umweltschutzkosten stellen in den allermeisten Fällen nur die Spitze des Eisbergs dar. In vielen Fällen, in denen Kostensenkungspotenziale realisiert wurden, waren die Materialkosten der ausschlaggebende Kostenfaktor. Diesen Sachverhalt berücksichtigt die sogenannte Flusskostenrechnung systematisch. Hierbei werden die betrieblichen Stoffflüsse als Kostenverursacher betrachtet. Die Flusskosten eines Abfalls setzen sich zusammen aus:

- ➔ Materialkosten der im Abfall enthaltenen Materialien
- ➔ anteiligen Personalkosten in den Produktionsabläufen
- ➔ Personalkosten im Handling und zur Verwaltung des Abfalls
- ➔ anfallenden Sachkosten bei der internen Erfassung, Behandlung und Entsorgung
- ➔ Abschreibungen für Umweltschutzanlagen, wie zum Beispiel Abfallwirtschaftszentren und Filteranlagen
- ➔ externen Entsorgungskosten

Da in zahlreichen Unternehmen aufgrund des Kreislaufwirtschaftsgesetzes Abfallbilanzen und Abfallwirtschaftskonzepte erstellt werden müssen, basiert der Leitfaden auf dem Grundgedanken, diese bereits vorliegenden Informationen zu den Abfallarten und Mengen als Ausgangspunkt für eine Flusskostenanalyse der Abfälle zu verwenden. Mit der systematischen Identifizierung von Kostenpotenzialen lassen sich unterschiedliche Ziele verfolgen:

- ➔ **Identifizierung von Kostensenkungspotenzialen:** Mit der Erstellung einer Nebenrechnung ist eine detaillierte Betrachtung der betrieblichen Prozesse und die Berechnung der entstehenden Flusskosten für die anfallenden Abfallmengen erforderlich, sodass bereits in diesem Arbeitsschritt erste Kostensenkungspotenziale identifiziert werden, die durch Abfall vermeidende Maßnahmen zu realisieren sind.
- ➔ **Unterstützung kontinuierlicher Optimierungsprozesse:** Die Entwicklung der Flusskosten von Abfällen (und anderen umweltrelevanten Stoffflüssen) können mit entsprechenden Berichten und/oder Kennzahlen aufgezeigt und nachvollziehbar gemacht werden, sodass diese Stoffflüsse besser als bisher im Rahmen der Kostenplanung und Kostenkontrolle berücksichtigt werden.
- ➔ **Verbesserung der Informationslage für die Produktentwicklung und die Investitionsrechnung:** Die neue Kostenperspektive verdeutlicht die Eigenschaft der betrieblichen Stoffflüsse als Kostentreiber und kann daher Investitionsentscheidungen grundlegend beeinflussen. In der Produktentwicklung erhalten Abfallkosten den ihnen gebührenden Stellenwert und können so schon in der Planung besser berücksichtigt werden.
- ➔ **Identifizierung von Schwachstellen in der Kostenrechnung:** Bei der Berechnung der Flusskosten wird durch die Neustrukturierung die Plausibilität der vorhandenen Daten geprüft. Darüber hinaus wird deutlich, dass bestimmte Kostenblöcke, insbesondere die Flusskosten für Abfälle, nicht angemessen in den Berichten des Rechnungswesens abgebildet werden.

FAZIT Das Instrument der abfallbezogenen Flusskostenberechnung ist ein sehr wirksamer Ansatz vor allem für Unternehmen mit hohem Aufkommen an gefährlichen Abfällen. Es eignet sich auch für kleine und mittlere Unternehmen, um notwendige Investitionen zur Schließung von Stoffkreisläufen mit möglichen Kosteneinsparungen zu vergleichen. Da das Instrument im Kern auf bestehenden Abfallbilanzen aufbaut, ist es eigenständig und mit vergleichsweise überschaubarem Aufwand einzusetzen.

Ansatz 2: Materialeffizienzberatung auf Unternehmensebene

Um Maßnahmen zur Erhöhung der Materialeffizienz zu identifizieren, kann die Inanspruchnahme von externer Beratung sinnvoll sein. Unterstützung hierbei bieten geförderte Beratungsprogramme, insbesondere das vom Hessischen Wirtschaftsministerium geförderte Beratungsprogramm Hessen-PIUS. Auch die bis vor kurzem von der Deutschen Materialeffizienzagentur (demea) geförderte Materialeffizienzberatung ist von zahlreichen kleinen und mittelständischen Unternehmen in Anspruch genommen worden. und das vom Hessischen Wirtschaftsministerium geförderte Beratungsprogramm Hessen-PIUS. Gegenstand der Förderung ist die fachliche Beratung in Unternehmen, um eine für das beratene Unternehmen rentable Steigerung der Materialeffizienz in der Produktion oder der Nutzung seiner Produkte bei den Kunden zu erzielen.

Hessen-PIUS unterstützt kleine und mittlere Unternehmen zu den Möglichkeiten des produktionsintegrierten Umweltschutzes. Die maximale Förderung des Hessischen Wirtschaftsministeriums und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung liegt pro Tag bei 400 Euro (450 Euro in EFRE-Vorranggebieten) bei höchstens zehn Beratungstagen pro Projekt. Der Eigenanteil des Unternehmens beträgt dabei mindestens 40 Prozent. Ein Unternehmen kann innerhalb von drei Jahren mehrere Projekte bis zu einer maximalen Fördersumme von 8.000 Euro (9.000 Euro in EFRE-Vorranggebieten) in Anspruch nehmen. Mit Hessen-PIUS werden unterschiedliche Prozessbereiche und Technologiefelder analysiert und optimiert. Einsparungen sind häufig nicht nur im Bereich des Produktionsprozesses zu finden, sondern auch in Querschnittstechnologien, wie beispielsweise Beleuchtung, Heizung und Wärmeerzeugung. Somit können auch Dienstleistungs- und Handelsunternehmen von Hessen-PIUS profitieren. Der Fokus liegt häufig im Bereich Energie, jedoch können auch Materialeinsparungen Gegenstand der Beratung sein.

Die Förderung in dem Programm „go-effizient“ und dem Modul „Rohstoff- und Materialeffizienz“¹⁸ erfolgte über BMWi-Gutscheine, die 50 Prozent der Ausgaben für die Beratung abdecken. Auf Hinweis des Bundesrechnungshofes, dass sich Materialeffizienzmaßnahmen in Unternehmen auch ohne von der demea organisierte Beratung lohnt, wurde die Förderung beziehungsweise das Programm „go-effizient“ eingestellt. Interessierte Unternehmen können sich jedoch weiterhin in dem demea-Beraterpool²⁰ informieren. Zudem besteht die Möglichkeit, im Rahmen des Programms „go-innovativ“ Innovationsberatungen zur Vorbereitung von Produkt- oder technischen Verfahrensinnovationen in Anspruch zu nehmen.

Ansatzpunkte für Materialeffizienzmaßnahmen in der Fertigung

Bearbeitungsprozess: adäquate Prozesse, Verwendung geeigneter Rohlinge, Prozessoptimierung, Prozesssicherheit, Senkung von Ausschussquoten, Reduktion von Anlaufverlusten, Rüstzeitoptimierung, sinnvolle Spezifikationen und Toleranzen, frühzeitige Ausschusserkennung, Reststück erfassung, sortenreine Sammlung von Abfällen und Ausschuss, Rezyklolation von Materialien

Werkzeuge: Werkzeugauswahl, Werkzeugüberwachung, Werkzeugaufbereitung, Maschinenwartung

Arbeitsgestaltung: Übersichtlichkeit, Arbeitsanleitungen, Ablagen und Halterungen, Beleuchtung, Sitzposition, SOS (Sicherheit, Ordnung, Sauberkeit)

Reinigung: adäquate Reinigungsverfahren, Dosierung von Reinigungsmitteln, Wasserdosierung, Wasserrückführung, Filterung von Wert- und Schadstoffen, Wasseraufbereitung

Quelle: Schmidt, M., and Schneider, M. (2010): Kosteneinsparungen durch Ressourceneffizienz in produzierenden Unternehmen. Uwf UmweltWirtschaftsForum 18, 153-164.

Bei dem Großteil der analysierten Maßnahmen handelt es sich um sogenannte low hanging fruits, also solche Maßnahmen, die bei einer vergleichsweise niedrigen Mobilisierung von Investitionen bereits zu Einsparungen führen können. Entsprechend einer im Jahr 2008 durchgeführten Evaluation konnten 50 Prozent der von den Beratern vorgeschlagenen Maßnahmen mit Investitionen von unter 10.000 Euro umgesetzt werden.²⁰ Weitere 20 Prozent der Maßnahmen erforderten Investitionen von weniger als 50.000 Euro bei Amortisationszeiten von etwa sechs Monaten. Eine Auswertung der demea-Beratungen aus dem Jahr 2011 hat gezeigt, dass mehr als 95 Prozent der durchgeführten Materialeffizienzberatungen von den beratenen Unternehmerinnen und Unternehmern mit „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ bewertet wurden.²¹ Nur selten besteht ein einziger Ansatzpunkt zur Verbesserung der gesamtbetrieblichen Materialeffizienz. Weitaus häufiger findet ein ganzes Bündel an sich gegenseitig ergänzenden Maßnahmen Anwendung.

Neben Beratungsprogrammen bieten auch verschiedene Informationsplattformen gute Anregungen zur Analyse von Ressourceneinsparpotenzialen. Hierzu gehören insbesondere die Angebote des PIUS-Internet-Portals und des VDI Zentrums für Ressourceneffizienz (siehe Kapitel 4.1).

FAZIT Beratungsprogramme für Materialeffizienz in Unternehmen haben in der Vergangenheit bereits beeindruckende Ergebnisse mit signifikanten Kosteneinsparungen und teilweise sehr kurzen Amortisationszeiten geliefert. Speziell für eine erste Einschätzung von Einsparpotenzialen können Programme wie Hessen-PIUS wertvolle Unterstützung leisten.

¹⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Modul go-effizient. Berlin. Verfügbar unter: <http://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Navigation/DE/go-Inno/go-effizient/go-effizient.html>

¹⁹ http://www.innovation-beratung-foerderung.de/SiteGlobals/INNO/Forms/Suche/Beratersuche_Formular.tml (abgerufen am 21.02.2016)

²⁰ Kristof, K.; Lemken, T.; Roser, A.; Ott, V. (2008): Untersuchung der Wirksamkeit des Programms zur Verbesserung der Materialeffizienz. Endbericht, Wuppertal.

²¹ Offensive Mittelstand (2011): demea – Fakten zur Materialeffizienz. Verfügbar unter: http://www.offensive-mittelstand.de/fileadmin/user_upload/pdf/plena/Protokoll_Anlagen_OM_12/demea_11-03-7_fact-sheet.pdf

Ansatz 3: Der Circularity Calculator von McKinsey

Einen noch weiter gehenden Ansatz, die ökonomischen Effekte einer optimierten Kreislaufwirtschaft abzubilden, stellt der von der Ellen MacArthur Foundation in Zusammenarbeit mit McKinsey entwickelte Circularity Calculator dar. Ansatzpunkt ist hier die Produktebene, bei der systematisch die Ressourceninanspruchnahme eines klassisch linearen Ansatzes mit einem optimierten Kreislaufwirtschaftsansatz verglichen wird.²²

Der Circularity Calculator vergleicht auf der Ebene von Produkten ökonomische und ökologische Effekte des hochwertigen Recyclings, der Wiederverwendung oder der Nutzungsdauerverlängerung in fünf Bereichen:

- ➔ notwendiger Materialinput eines Produkts in monetären Größen
- ➔ Aufwand in Arbeitsstunden
- ➔ Energieaufwand
- ➔ damit verbundene Emissionen von Treibhausgasen (in Form des Carbon Footprint)
- ➔ Effekte auf die Handelsbilanz, die sich durch die Verlagerung innerhalb der Wertschöpfungskette ergeben könnten

Ziel dieses Ansatzes ist es, die mit der Schließung interner und externer Kreisläufe für einzelne Produkte verbundenen ökonomischen und ökologischen Effekte darzustellen und damit Anreize für einzelne Hersteller zu setzen, entsprechende Umstellungen in ihrem eigenen Produktdesign, in ihren Produktionsprozessen und Verwertungsstrukturen vorzunehmen. Es handelt sich um eine aggregierte Betrachtung, die nicht auf Gewinne oder Verluste einzelner Unternehmen, dafür aber mögliche Effekte auf die Wettbewerbsfähigkeit und Absatzpotenziale kreislaforientierter Geschäftsmodelle fokussiert. Die von McKinsey auf Basis zahlreicher Dialogprozesse mit Industrievertretern und anderen Stakeholdern gewonnenen Ergebnisse zum Beispiel für den Bereich von Produktservice-Systemen für Elektronikprodukte sind so beeindruckend, dass auch weitere Branchen und einzelne Unternehmen über den Einsatz des Circularity Calculators nachdenken sollten.

Ein konkretes dabei untersuchtes Beispiel ist die Nahrungsmittelproduktion, in der bis heute zahlreiche Stoffkreisläufe noch bei weitem nicht geschlossen sind. So schätzt beispielsweise die Welternährungsorganisation FAO, dass circa ein Drittel aller Nahrungsmittel auf dem Weg vom Feld bis auf den Teller verloren gehen. Die Ergebnisse des Circularity Calculators für die Schließung unterschiedlicher konkreter Stoffkreisläufe zeigen, dass die Kosten für die Entsorgung organischer Abfälle von 80 bis 130 Euro pro Tonne nicht nur komplett vermieden werden, sondern sich durch die Gewinnung von Sekundärrohstoffen in Zukunft in ein profitables Geschäftsfeld verwandeln könnten.

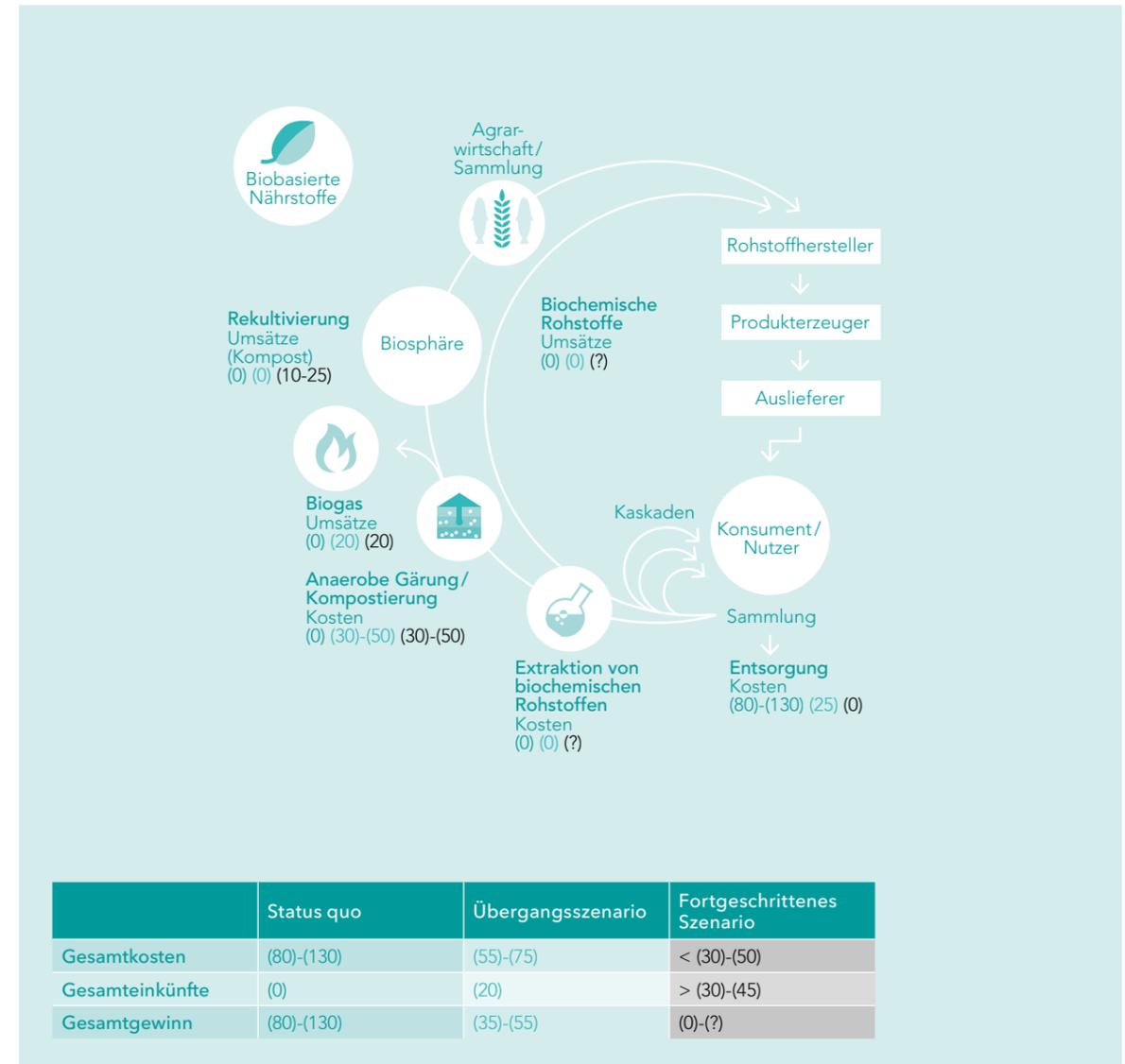


Abbildung 5: Der Circularity Calculator am Beispiel der Nahrungsmittelproduktion

Quelle: Ellen MacArthur Foundation (2013): Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.

FAZIT Das Beispiel der Nahrungsmittelproduktion verdeutlicht, dass dieser Ansatz in erster Linie auf Unternehmensverbände oder -verbände abzielt. Die Berichte der Ellen MacArthur Foundation beschreiben dazu auch das methodische Gerüst der Abschätzungen. Die Ergebnisse sind als Ausgangspunkt für umfassende und längerfristige Transformationsprozesse in Richtung geschlossener Stoffkreisläufe zu sehen, die auf die Ebene der einzelnen Unternehmen heruntergebrochen werden müssen.

²² www.thecirculareconomy.org (abgerufen am 21.02.2016).

3 FALLBEISPIELE AUS DER PRAXIS

Im Folgenden werden Verfahren und Praktiken beschrieben, die bereits heute einen Beitrag zur Schließung von Stoffkreisläufen leisten. Hierzu wurde in einem ersten Schritt ein Screening auf potenziell relevante Technologien durchgeführt, insgesamt konnten dabei über 170 Good-Practice-Beispiele identifiziert werden. Grundlage für das Screening bildeten insbesondere aus Forschungs- und Innovationsprojekten entstandene Veröffentlichungen, wie beispielsweise die Abschlussberichte der Fördermaßnahme r² „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Des Weiteren wurden anwendungsnahe Fachpublikationen sowie firmenseitige Beschreibungen betrachtet.

Im gesamten Bundesgebiet sowie darüber hinaus im deutschsprachigen Ausland konnten auf diese Weise Verfahren und Praktiken identifiziert werden, welche sowohl einen innovativen Charakter aufweisen als auch bereits Anwendungsreife erkennen lassen.

Die folgende Auswahl erfolgte auf Basis der Kriterien ökonomische Relevanz, Bezug zu Abfallströmen in Hessen, Umsetzbarkeit sowie Aktualität und Datenverfügbarkeit. Die Darstellung erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit – was angesichts der dynamischen Marktentwicklung im Bereich Kreislaufwirtschaft auch überhaupt nicht möglich gewesen wäre.

Die Darstellung ist untergliedert nach insgesamt sechs Stoffströmen:

-  Bau- und Abbruchabfälle, Sand
-  Chemie, Papier, Holz
-  Metalle
-  Kunststoffe
-  Organik, Abwasser, Sonstiges
-  Substitution durch biobasierte Stoffe



GRUPPE 1: BAU- UND ABRUCHABFÄLLE, SAND

Innovative Sandaufbereitung in der Aluminiumgießerei

Praxisanwender und Entwickler: Ohm & Häner AG (Olpe), www.ohmundhaener.de

Einordnung:

Das Verfahren der Ohm & Häner AG (400 Mitarbeiter, 4.500 Tonnen Aluminiumgussprodukte pro Jahr) dient der Kreislaufführung von Formstoffen und ermöglicht damit die Reduzierung von Aufwendungen aus Primärmaterial in der Aluminiumgießerei.

Beschreibung des Verfahrens:

Beim betrachteten Sandgussverfahren werden Bauteile in Formen gegossen, welche aus einem Formsand-Bentonitbinder-Gemisch bestehen. Beim Gießen werden hierbei große Mengen an Verunreinigungen in den Formstoff eingetragen, deren Entfernung eine große Herausforderung darstellt. Dies führt dazu, dass beträchtliche Mengen an Formstoffen nach einmaliger Nutzung entsorgt und durch Primärmaterial ersetzt werden müssen. Die bei Ohm & Häner errichtete Formstoffaufbereitung ermöglicht eine vollständige Trennung der Verunreinigungen vom Formstoff und erlaubt damit eine Kreislaufführung des Materials. Zum Einsatz kommt dabei eine Reihe innovativer Technologien wie eine aus Mehreck- und Flachsieben bestehende Siebkaskade, eine optische Aussortierung von Verunreinigungen und ein Kollermischer zur Formstoffkonditionierung. Mittels Verfahrens- und Mischtechnik kann nun ein Formstoff mit optimalen Eigenschaften erreicht werden. Insbesondere die Verfahrenskonfiguration stellt neben den innovativen Einzeltechnologien ein Novum dar.

Sand als gefragter Rohstoff wird in vielen modernen Industriebereichen genutzt. Die Aufbereitung in der Aluminiumgießerei kann den Bedarf nach dem Rohstoff senken.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die Investition in das Gesamtprojekt für eine Sandaufbereitung von jährlich 460.000 Tonnen Altsanden betrug 4,44 Millionen Euro. Im Betrieb während der Jahre 2008 bis 2011 wurden Einsparungen durch die Vermeidung von Kosten für Neusand und Entsorgungskosten von insgesamt 1.162.650 Euro pro Jahr realisiert. Der Einsatz des aufbereiteten Formstoffs weist außerdem den Vorteil auf, dass ein geringerer Bedarf an Bentonitbinder erforderlich wird und somit weitere Einsparungen von rund 21.000 Tonnen pro Jahr erreicht werden können. Bei voller Auslastung ist demnach mit einer Amortisationszeit von etwa vier Jahren zu rechnen.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Sandaufbereitung von jährlich 460.000 Tonnen Altsand	4,44 Millionen Euro	Vier Jahre

Direkte ökologische Vorteile lassen sich insbesondere durch den vermiedenen Primär Materialeinsatz von jährlich 12.650 Tonnen Neusand erkennen. Ein weiterer Vorteil ergibt sich durch die Vermeidung von 400.000 Kilometern Lkw-Fahrten, welche zuvor durch Anlieferung und Abtransport von Formsand anfielen. Durch die Installation der Anlage konnten bis Ende 2010 30 neue Arbeitsplätze bei Ohm & Häner geschaffen werden.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren ist seit 2008 erfolgreich bei Ohm & Häner im Einsatz. Die Konzeption der Anlage lag weitestgehend bei Ohm & Häner, während die Firma Eirich aus Hardheim mit der Errichtung betraut war. Eine Übertragbarkeit ist insbesondere für Unternehmen aus dem Bereich Aluminium-Sandguss gegeben.

Einsatz von Recycling-Beton

Entwickler: Scherer & Kohl GmbH & Co.KG (Ludwigshafen), www.scherer-kohl.de, BTU Cottbus, www.b-tu.de, TBS Transportbeton Service GmbH (Ludwigshafen), www.tbs-transportbeton.de, IFEU-Institut Heidelberg GmbH, www.ifeu.de²³

Einordnung:

Das im Folgenden beschriebene Verfahren ist ein Ansatz, um die verwendete Menge an Primärbaustoffen zu verringern beziehungsweise den Einsatz von Recyclingbaustoffen in der Baubranche zu erhöhen. In dem Pilotprojekt RC-Beton entwickelten die beteiligten Projektpartner eine Konzeption zur Herstellung der benötigten Gesteinskörnungen in der Bauschuttzubereitungsanlage der Scherer & Kohl GmbH & Co. KG. Auf dieser Basis erprobte der Kooperationspartner TBS Transportbeton Service GmbH geeignete Betonrezepturen. Im zweiten Teil des Projekts wurde ein mehrgeschossiges Wohngebäude aus recyceltem Beton in Ludwigshafen gebaut.

Beschreibung des Verfahrens:

Die Mischung aus Kies, Sand, Bindemittel und Wasser ergibt Beton. Bei der Herstellung von Recycling-Beton wird die Kies-Komponente durch eine aus aufbereitetem Bauschutt hergestellte Recycling-Gesteinskörnung teilweise ersetzt. Die Qualität dieser Gesteinskörnung bestimmt Güte und Eigenschaften des Recycling-Betons. Generell kann aus geeigneten Rohstoffen gezielt Recycling-Beton mit speziellen Produkteigenschaften hergestellt werden, um zuverlässige Anwendungsqualitäten zu erreichen. Die entsprechenden Anforderungen bezüglich Baustoffen und Produktion sind in technischen Regeln festgelegt, zum Beispiel in der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Darüber hinaus regeln gesetzliche Vorgaben die Qualität von einer einsetzbaren recycelten

Gesteinskörnung, deren Einhaltung durch Zertifizierung, Eigenkontrollen und Fremdüberwachung gesichert werden muss.



Recycling-Beton kann nicht nur im Tiefbau, sondern auch erfolgreich im Hochbau eingesetzt werden. Vorreiter im Einsatz von Recycling-Beton im Hochbau ist die Schweiz.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Eine Gesteinskörnung, die aus recyceltem Bauschutt besteht, ist ein vollwertiges Substitut für Kies sowie anderes gebrochenes Primärgestein. Ihre Verwendung kann dementsprechend zu einem reduzierten Abbau und Einsatz von Primärbaustoffen und gleichzeitig einer verringerten zu deponierenden Menge an Bauschutt führen. Bei Einhaltung von geringen Transportdistanzen lässt sich durch die Verwendung von Recycling-Beton auch der Ausstoß von CO₂ reduzieren. Durch den Einsatz von recyceltem Beton stellen hochwertiges und ressourcenschonendes Bauen keinen Gegensatz dar. Nach Angaben des Umweltbundesamtes kann „RC-Beton bei kontinuierlicher Nachfrage zu den gleichen Kosten wie Primärbeton hergestellt und geliefert werden“²⁴, gleichzeitig entfallen im Abbruch Entsorgungskosten.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren ist generell auf andere Unternehmen übertragbar. Für den Abnehmer von Recycling-Beton müssen Baustoffe in erster Linie einerseits geeignet und andererseits bezahlbar sein. Beide Eigenschaften können auf Recycling-Beton zutreffen. Allerdings ist der Einsatz von Recycling-Beton in Deutschland bisher kaum etabliert – ganz anders als in der Schweiz, im Speziellen der Stadt Zürich, aber auch in Belgien und den Niederlanden, in denen die Nutzung von Recycling-Beton üblicher ist. Dennoch gibt es in Rheinland-Pfalz sowie Baden-Württemberg erste Pilotprojekte. Grundsätzlich ist der Einsatz von Recycling-Beton bisher vor allem auf den Tiefbau und weniger auf den Hochbau konzentriert. Für einen verbreiteteren Einsatz von Recycling-Beton müssen vor allem potenzielle Kunden von der Qualität der recycelten Baustoffe überzeugt werden. Auch finden notwendige Investitionen in optimierte Aufbereitungstechniken auf Seiten der Anbieter von Recycling-Beton nur dann statt, wenn sie entsprechende Planungssicherheit in Form von kontinuierlicher Nachfrage haben. Aufgrund zukünftig zunehmender Rückbau- oder Abrissmaßnahmen von Betonbauten aus den 1950er bis 70er Jahren bei einer gleichzeitig zunehmenden Städtebevölkerung und dafür benötigtem Wohnraum ist grundsätzlich mit einer Zunahme von Bauschuttmengen, die der Herstellung von Recycling-Beton als Inputmaterial dienen, zu rechnen.

Herstellung von Recycling-Beton

Praxisanwender: BAUREKA Baustoff-Recycling GmbH (Kassel), www.baureka.de

Einordnung:

Das untersuchte Verfahren „Herstellung von Recycling-Beton“ ist ein Ansatz, um die Verwendung von Naturbaustoffen als Primärinput zu verringern beziehungsweise den Einsatz von Recyclingbaustoffen im Bausektor, der naturgemäß einer der ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren in Deutschland ist, zu erhöhen. Das Beispiel ist eng verknüpft mit dem Einsatz von Recycling-Beton (siehe oben). Das hier konkret betrachtete Verfahren der BAUREKA GmbH (Gründung 1994, Aufbereitung von 100.000 Tonnen abgebrochener Baustoffe pro Jahr) ist bereits seit mehreren Jahrzehnten im Einsatz; ursprünglich wurde das Verfahren zur Vermeidung von Deponierungskosten eingeführt.

Beschreibung des Verfahrens:

Sobald eine wirtschaftlich sinnvoll recycelbare Menge an Beton gesammelt ist, kommt eine Brechanlage zum Einsatz: Diese Anlage besteht in der Regel aus einem Prallbrecher sowie einer nachgeschalteten Siebanlage inklusive Sortiermöglichkeiten für die nichtmineralischen Bestandteile, wie beispielsweise Holz oder Kunststoffolie, sowie einem Magnetscheider, der die Bewehrung aus dem Beton herausholt. Im Anschluss geht das Material in die Glasierung- beziehungsweise Siebanlage und wird dann je nach Kundenwunsch auf verschiedene Körnungen ausgesiebt, die anschließend als Zuschlagstoff für RC-Beton verwendet werden können.



Zuschlagstoffe zur Herstellung von Recycling-Beton werden gemischt.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Generell ist der Markt des Baustoffrecyclings aufgrund der gleichbleibenden Zusammensetzung des mineralischen Inputmaterials durch vergleichsweise wenig Innovationen gekennzeichnet. Eine entsprechende Recyclinganlage mit einem jährlichen Output von 150.000 bis 200.000 Tonnen im Jahr geht mit Investitionskosten von circa 1.000.000 Euro für die Aufbereitungsanlage einher. Die durchaus niedrigeren laufenden Kosten umfassen Verschleißkosten für Wartung und Reparatur sowie Ausgaben für Personal und Energie, wobei deren jeweiliges Verhältnis zueinander wiederum von der recycelten Materialart beeinflusst wird. Nach circa 10 Jahren hat sich die Anlage amortisiert.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Recyclinganlage mit einem jährlichen Output von 150.000 bis 200.000 Tonnen	1.000.000 Euro	Zehn Jahre

Für jede Tonne recycelten Baustoffs muss eine Tonne weniger Primärmaterial am Berg abgebaut oder aus dem Baggersee geschürft werden. Neben der Einsparung von Primärmaterialien und der Verringerung damit induzierter indirekter Stoffströme umfassen weitere untersuchte und festgestellte Effekte auf die Umwelt auch die Verringerung von CO₂-Emissionen, die sich aus der gebietsnahen Ent- und Versorgung von Bauschutt und Recycling-Beton ergibt. Ökonomische Vorteile durch den Einsatz von Recycling-Beton liegen bei diesem Verfahren in einer Kostenverringerung bei der Materialbeschaffung: Die Preise für Recycling-Beton liegen um circa zehn bis 20 Prozent niedriger als die für neuen, auf Naturbausteinen basierenden Beton.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Analog zum Einsatz von Recycling-Beton ist auch die Herstellung auf andere Unternehmen übertragbar. In Abhängigkeit von der jeweils betrachteten Region und deren Ausstattung mit Naturbaustoffen können mit Hilfe des Bauschuttrecyclings diverse Rohstoffe eingespart und Kosten reduziert werden. In Nordhessen beispielsweise gibt es viel Basalt, Kies und Kalkschotter, demzufolge können genau diese Materialien in Nordhessen durch Baustoffrecycling eingespart werden.

²³ <http://www.rc-beton.de/index.html>, https://www.dbu.de/123artikel34937_2430.html (abgerufen am 21.02.2016).

²⁴ Umweltbundesamt (o. J.): Gute Praxisbeispiele. Berlin: Einsatz von Recycling-Beton im Hochbau. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/gute-praxisbeispiele/gebäude-neubau/berlin-einsatz-von-recycling-beton-im-hochbau>

Gewinnung von hochwertigem Gipspulver aus Bauabfällen

Praxisanwender: STRABAG Umwelttechnik GmbH (Darmstadt), www.strabag-umwelttechnik.com

Einordnung:

Das untersuchte Verfahren „Gewinnung von hochwertigem Gipspulver aus Bauabfällen“ ist ein Ansatz, der auf einen vermehrten Einsatz von Gips als Sekundärrohstoff abzielt. In diesem Sinne betreibt die STRABAG Umwelttechnik GmbH eine Anlage zum hochwertigen Recycling von zwei Millionen Tonnen belasteter und unbelasteter Gipsabfälle pro Jahr

Beschreibung des Verfahrens:

Beim Recycling von Gipsabfällen handelt es sich um eine rein mechanische Aufbereitung der Abfälle, die hauptsächlich von Gipskartonplatten stammen. Grundgedanke des Verfahrens ist, den an sich unendlich oft recycelbaren Gips wieder in den Produktionskreislauf einzuführen und dadurch wiederzuverwenden. Durch dieses Verfahren werden Naturgips sowie Gips als Endprodukt aus Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA-Gips) substituiert. Dabei wird der in den Platten enthaltene Gips durch unterschiedliche Verfahren von Störstoffen, wie beispielsweise Papier, getrennt und dann wieder der Herstellung neuer Gipskartonplatten zugeführt. Die größte Herausforderung während des Recyclingprozesses ist die schonende Zerkleinerung der angelieferten Abfälle, um die darin enthaltenen Störstoffe möglichst vollständig zu entfernen. Konventionelle Anlagen, wie sie beispielsweise in der Baustoffaufbereitung verwendet werden, sind für diese Art von Aufbereitung nicht verwendbar. Ferner besitzt die von STRABAG eingesetzte Anlage einen wesentlich niedrigeren Durchsatz als konventionelle Bauschutttaufbereitungsanlagen, da die Qualität des Recyclinggipses im Vordergrund steht und nur so die hohen Anforderungen erfüllbar sind.



Eine saubere Trennung von Baustoffen ist notwendig für das hochwertige Recycling.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die Investitionskosten für die entsprechende Technik liegen im siebenstelligen Bereich und wurden innerhalb der STRABAG-Gruppe komplett eigenfinanziert. Die laufenden Kosten werden im Wesentlichen durch Maschinentechnik, Energie und Personal verursacht, weitere Rohstoffe kommen nicht zum Einsatz. Einem Vergleich mit den Entsorgungskosten einer geordneten Deponierung kann das angewendete Verfahren ohne Weiteres standhalten. Kosteneinsparungen ergeben sich hierbei durch die Substitution von natürlichen Ressourcen, jedoch steht dem ein höherer Aufwand im Rahmen der Qualitätssicherung gegenüber. Nichtsdestotrotz betreibt STRABAG das Recycling von Gipsabfällen nicht nur aus ökonomischen Gründen. Nachhaltigkeitsaspekte spielen für das Unternehmen ebenfalls eine große Rolle.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Die Übertragbarkeit auf andere Unternehmen, insbesondere auf solche in Hessen, ist nicht einfach abzuschätzen: Das Recycling von Gipsabfällen und die Nutzung des Produkts sind zum einen sehr branchenspezifisch, und zum anderen lebt der Recyclingprozess selbst stets von Angebot und Nachfrage, die regional stark schwanken. Während Abnehmer von Recyclinggips grundsätzlich vorhanden sind, wird das Angebot an dem Recycling zuführbaren Gipsabfällen als problematisch eingeschätzt. Das Recycling von Gipsabfällen steht in Konkurrenz zur preiswerten Entsorgung in Tongruben oder Verwertung auf Deponien. Grundsätzlich sind bei der Einführung dieses Verfahrens frühzeitig erfahrene Partner einzubinden, die sich mit dem Verfahren samt seinen weiteren Randbedingungen bereits auskennen.

GRUPPE 2: CHEMIE, PAPIER, HOLZ

Streichfarbenrückgewinnung in der Papierherstellung

Praxisanwender: Sappi Ehingen GmbH²⁵ (Ehingen (Donau)), www.sappi.com

Einordnung:

Die Sappi Ehingen GmbH stellt in ihrer integrierten Zellstoff- und Papierfabrik in Ehingen holzfreie gestrichene und ungestrichene grafische Papiere her. Beim Spülen von Streichaggregaten sowie beim Sortenwechsel auf den Produktionsanlagen ging eine große Menge an Pigmentstoffen verloren. Das eingeführte Verfahren zur Streichfarben-Rückgewinnung ermöglicht nun eine 100-prozentige Rezyklierung dieser Pigmente.

Beschreibung des Verfahrens:

Die Abwässer werden zunächst zentral erfasst und von dort in einen Pufferbehälter gepumpt. Hier erfolgt eine Siebung mittels eines 300 Mikrometer-Druckfilters und eines 100-Mikrometer-Schrägsiebes, um grobe mechanische Bestandteile zu entfernen. Anschließend werden die Pigmente durch Flockung und Sedimentation abgetrennt und auf 20 Prozent Trockensubstanz eingedickt. Klarwasser wird wieder in den Prozess zurückgeführt. Die Pigmente werden durch eine Kugelmühle und einen Dekanter weiter aufbereitet, sodass in einem Dispergiertank eine wieder einsetzbare Dispersion erzeugt werden kann. Die Rückgewinnungsquote der Pigmente liegt bei 100 Prozent.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die Investition in die Anlage mit einer täglichen Aufbereitungskapazität von 15 Tonnen Pigment lag bei 1,01 Millionen Euro. Dem gegenüber stehen ein geringerer Bedarf an Pigmenten sowie jährliche Energieeinsparungen von 470 Megawattstunden, die insbesondere durch die eingesparte Vermahlung von Frischpigmenten erzielt werden. Pro Jahr werden bis zu 265 Tonnen CO₂ eingespart. Weiterhin werden jährliche Einsparungen an Frischwasser von 130.000 Kubikmeter erreicht. Diese Einsparungen summieren sich auf insgesamt 842.000 Euro pro Jahr. Laufende Kosten für Chemikalien, Energie und Wartungsaufwand betragen etwa 350.000 Euro. Die Amortisationsdauer beträgt, Kapitalkosten mit eingerechnet, etwa 1,3 Jahre.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Anlage mit einer täglichen Aufbereitungskapazität von 15 Tonnen	1,01 Millionen Euro	1,3 Jahre

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren ist seit 2009 erfolgreich bei der Firma Sappi in Betrieb. Die Übertragbarkeit auf andere Unternehmen kann als problemlos eingeschätzt werden. Das Verfahren wurde von der Sappi Ehingen GmbH in Kooperation mit dem österreichischen Verfahrenstechnikunternehmen GAW GmbH entwickelt.

²⁵ Effizienz-Agentur NRW: PIUS-Best-Practice-Datenbank, www.ressourceneffizienz.de/praxis/best-practice-datenbank.html (aufgerufen am 16.02.2016).

Durch Sauerstoffeintrag optimierte thermische Spaltung von Altschwefelsäuren

Anbieter der Technologie: Messer Group GmbH (Krefeld), www.messergroup.com

Einordnung:

Die Grundidee des Recyclings von stark mit organischen Stoffen verunreinigten Schwefelsäuren basiert auf dem Prinzip der thermischen Spaltung. Die Messer Group mit einem Umsatz von rund einer Milliarde Euro und etwa 5.500 Mitarbeitern hat eine Anlage entwickelt, die durch die Einbringung von Sauerstoff die thermische Spaltung von Altschwefelsäure optimiert.

Beschreibung des Verfahrens:

Bei der thermischen Spaltung wird die Abfallschwefelsäure in einem endothermen Prozess bei einer Temperatur von etwa 1.000 Grad Celsius thermisch in die Bestandteile Schwefeldioxid, Wasserdampf und Sauerstoff zerlegt. Nichtflüchtige organische Verunreinigungen können auf diese Weise beseitigt werden.

Durch die Zuführung von Sauerstoff als Oxidationsmedium wird der Stickstoffballast der Luft durch schwefeldioxidhaltiges Prozessgas ersetzt, um eine höhere Produktion von Schwefelsäure zu erreichen. Betriebs- und Energiekosten verringern sich. Die von der Messer Group angebotene Anlagentechnik erlaubt die Einbringung von Sauerstoff in eine Vielzahl unterschiedlicher Spaltreaktoren unter verschiedensten Produktionsbedingungen. Bereits bei einer Erhöhung der Sauerstoffkonzentration von 21 Prozent auf 23 Prozent konnten in Versuchen Leistungssteigerungen des Aufbereitungsprozesses von etwa zehn Prozent festgestellt werden. Eine Steigerung von bis zu 40 Prozent ist je nach Anlagentyp möglich. Die mit der Sauerstoffzuführung verbundene erhöhte Prozesstemperatur ist für die meisten Anlagen in diesem Bereich unproblematisch. Prozessparameter für die thermische Spaltung ändern sich nur in geringem Maße.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Die Funktion des Verfahrens ist eindeutig bewiesen und ein erfolgreicher Einsatz ist beispielsweise bei Höchst Chemie in Frankfurt bereits erfolgt. Die Übertragbarkeit erstreckt sich insbesondere auf Unternehmen der Metallindustrie, vor allem auf Verfahren, in denen Zink und Kupfer zum Einsatz kommen, und die Chemiebranche. Treiber für eine wirtschaftlich erfolgreiche Implementierung ist insbesondere der Preis für Primärschwefelsäure, welcher starken Schwankungen unterliegt.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz schreibt eine umweltfreundliche Entsorgung, bevorzugt Rückführung, von Schwefelsäuren in den Produktionsprozess vor – die in der Vergangenheit betriebene Verklappung ist nicht mehr möglich. Die Betriebskosten für den Sauerstoffeintrag in den Oxidationsprozess belaufen sich im Wesentlichen auf die Kosten für die Bereitstellung des Gases. Investitionen für eine Anlage zum Eintrag von Sauerstoff in den Prozess belaufen sich auf 100.000 bis 150.000 Euro. Mit einer Amortisation durch den höheren Ertrag an regenerierter Schwefelsäure ist, je nach örtlichen Gegebenheiten, innerhalb von drei bis sechs Monaten zu rechnen.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Anlage zum Eintrag von Sauerstoff	100.000 bis 150.000 Euro	Drei bis sechs Monate

Aus Umweltsicht sind insbesondere der verminderte Einsatz von Primärschwefelsäure und der Verzicht auf umweltschädliche Entsorgungsverfahren zu nennen. Eine effizientere Kreislaufführung kann erreicht werden, wobei weniger Energie pro Einheit zum Einsatz kommt.

Holzwerkstoffrecycling durch thermohydrolytische Spaltung

Verfahrensentwickler: Pfeleiderer Holzwerkstoffe GmbH (Neumarkt), www.pfleiderer.com

Einordnung:

Das Verfahren wurde vor dem Hintergrund steigender Holzpreise entwickelt. Doch als diese Preise fielen, wurden die Weiterentwicklung und die Anwendung des Verfahrens beendet. Mit einer steigenden, weltweiten Nachfrage nach nachhaltigen Holzwerkstoffen könnte das Verfahren heute wiederbelebt werden. Derzeit werden in den meisten Holzprodukten schon Späne und andere Reststoffe zu einem Anteil von zehn bis zwölf Prozent recycelt. Das Verfahren der thermohydrolytischen Spaltung könnte diesen Anteil um ein Vielfaches erhöhen und im Gegensatz zum mechanischen Recycling von Holzwerkstoffen eine höhere Qualität an Sekundärrohstoffen liefern.

Beschreibung des Verfahrens:

Das Verfahren basiert darauf, den vorhandenen Leim in Holzprodukten aufzulösen. Harnstoff-Formaldehyd-Harze werden in der großen Mehrheit aller Holzprodukte genutzt. Das thermohydrolytische Verfahren löst diesen Leim auf und ermöglicht so die Rückgewinnung von hochwertigeren Rohstoffen. Für das Verfahren entwickelte die Firma Pfeleiderer eine Versuchsanlage mit einer Kapazität von 1,5 Tonnen pro Stunde, die Anlage läuft in einem kontinuierlichen Prozess. In einem ersten Schritt werden Holzabfälle in handtellergroße Stücke gebrochen, hier zeigt sich bereits der Hauptunterschied zum mechanischen Recycling, bei dem in der Regel Holzstoffe in feinere Teile zerteilt werden. Im nächsten Schritt werden die handtellergroßen Holzteile durch ein lauwarmes Wasserbad befördert. Die Holzteile saugen sich mit Wasser voll und werden anschließend durch mehrere Schnecken transportiert, in die Prozessdampf eingeleitet wird. Die Hitze und Feuchte lösen nach und nach den Leim in den Holzwerkstoffen und verursachen die Bildung einer Masse mit langen Holzfasern. Diese Masse kann dann direkt in der Produktion von Holzprodukten wie Spanplatten verwendet werden.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das hier vorgestellte Verfahren könnte an bestehenden Holzwerkstoffproduktionen in Hessen angesiedelt werden, an denen der erzeugte Sekundärrohstoff direkt verarbeitet werden könnte. Allerdings gibt es in Hessen kaum große Produktionsbetriebe von Holzwerkstoffen. Trotzdem gäbe es ein großes Potenzial, die auftretenden hessischen Altholz-Stoffströme besser und höherwertiger durch thermohydrolytische Spaltung zu recyceln. Im Jahr 2010 gaben alleine knapp 400 befragte hessische Betriebe an, dass sie fast 56.000 Tonnen Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furnierabfälle erzeugen, weitere 24.000 Tonnen wurden als Verpackungsabfälle aus Holz klassifiziert, sowie 10.000 Tonnen als nicht weiter definierte Holzabfälle. In zerkleinerter Form von handtellergroßen Stücken ließen sich diese Stoffe leichter transportieren und könnten so auch in benachbarten Bundesländern als hochwertiger Rohstoff und Inputmaterial für das Verfahren dienen.

Handtellergroße Holzteile erlauben eine Rückgewinnung längerer Holzfasern für ein höherwertiges Recycling zu neuen Holzwerkstoffen wie Spanplatten.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Das Verfahren ermöglicht, Stoffströme mit hohem Holzanteil einer höherwertigen stofflichen Verwertung zuzuführen. Die Pilotanlage wurde auf dem Gelände einer bestehenden Holzwerkstoffproduktion angesiedelt. Daher waren energieintensive, aber notwendige Komponenten, wie etwa die Dampferzeugung, bereits vorhanden. Mit den erhöhten Verwertungsmöglichkeiten von Altholz als Sekundärrohstoff durch die thermohydrolytische Spaltung lassen sich je nach aktuellen Holzpreisen fünf bis zehn Prozent der Kosten einsparen. Das Verfahren wird profitabler, wenn die Preise für Holz steigen. Ein zusätzlicher ökonomischer Faktor sind die geringen Kosten der thermischen Verwertung von Altholzprodukten. Insbesondere in Müllverbrennungsanlagen sind Altholze wegen ihres hohen Heizwertes sehr beliebt. Hier gibt es einen direkten Wettbewerb zwischen energetischer Verwertung und stofflichem Recycling, wobei letzteres im Rahmen der erhöhten Kaskadennutzung von Holzprodukten zu bevorzugen ist. Das Verfahren der thermohydrolytischen Spaltung könnte diese Kaskadennutzung von Holzprodukten um ein Vielfaches verlängern.



GRUPPE 3: METALLE

Optimierung der Separation von Bauteilen und Materialien aus Altfahrzeugen zur Rückgewinnung kritischer Metalle

Anbieter der Technologie: KIC Umweltberatung für Auto-Recycling & Ressourcen-Management (Potsdam), Wolfgang Kärger, wolfgang.kaerger@icloud.com

Einordnung:

Jährlich werden in Deutschland circa 3,3 Millionen Pkw abgemeldet, davon werden circa 500.000 Fahrzeuge in Deutschland verwertet. Die dabei erreichten Recyclingquoten von über 95 Prozent sind zwar beeindruckend, die gewichtsbasierten Quoten zeigen jedoch nicht, dass insbesondere elektronische Bauteile bisher nur unzureichend separiert und einer hochwertigen Verwertung zugeführt werden. In den nächsten Jahren wird der Einsatz neuer Materialien weiter zunehmen und der Ausstattungsgrad in Kraftfahrzeugen wachsen. Dadurch steigt das Potenzial zur Rückgewinnung von Edelmetallen mit wirtschaftsstrategischer Bedeutung und Umweltrelevanz aus den zukünftigen Altfahrzeugen.



Beschreibung des Verfahrens:

Kern des Verfahrens ist eine vertiefte manuelle Demontage von Altfahrzeugen, die sich nicht wie bisher auf Autoersatzteile beschränkt, sondern auch gezielt elektronische Bauteile erfasst. Aufgrund der Grenzen der Schredder- und Postschreddertechniken erscheint die manuelle – bei Bedarf zerstörende – Demontage der edel- und sondermetallhaltigen Komponenten aus Altfahrzeugen als vielversprechende Variante, die weitgehende Rückgewinnung der zunehmenden Menge an strategischen und umweltrelevanten Metallen zu realisieren. Neben etwa 20 bis 30 Kilogramm Kupfer und mehreren Gramm Platin oder Palladium im Katalysator enthalten Fahrzeuge neuerer Baujahre beispielsweise etwa drei Gramm Silber und 0,3 Gramm Gold – überwiegend in Leiterplatten, zum Beispiel in Steuergeräten – sowie etwa zwei bis 20 Gramm des Seltenerdelements Neodym, insbesondere in Elektromotoren und hochwertigen Lautsprechern. Für alle diese Rohstoffe und Komponenten bestehen etablierte industrielle Rückgewinnungsverfahren, die Herausforderung besteht in der Identifikation und Lokalisierung in unterschiedlichen Altfahrzeugen.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die Wirtschaftlichkeit und die Rückgewinnungsrate an kritischen und umweltrelevanten Metallen hängen von einer geeigneten Kombination der Behandlungsschritte der Altfahrzeug- und Komponentenverwertung ab. Im Rahmen des UBA-Forschungsprojekts ORKAM wurde eine Demontageroutine entwickelt, bei der sich nach Entfernung von störenden Teilen die Separation und Verwertung in allen oder den meisten untersuchten Fällen wirtschaftlich für den Inverter, die Start-Stopp-Komponente, die Motorsteuerung, die Getriebesteuerung, das Infotainment und die Lambdasonden rechnet. Geht man von bereits freigelegten Komponenten aus, so ist die Separation für 57 der 141 Komponenten wirtschaftlich realisierbar.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren einer kombinierten manuellen Demontage von Fahrzeugkomponenten und -elektronik wird ohne größere Investitionen auf alle Verwertungsbetriebe übertragbar sein; die Herausforderung wird in der Verbesserung der Datenlage, dem Austausch mit der in Hessen stark vertretenen Automobilzuliefererindustrie und der damit verbundenen verbesserten Wirtschaftlichkeitsprognose liegen. Mit dem Öko-Institut Darmstadt ist auch die Forschungsseite in Hessen stark vertreten.

Rückgewinnung von Indium

Anbieter der Technologie: Electro Cycling GmbH (Goslar), www.electrocycling.de

Einordnung:

Indium wurde in verschiedenen Studien²⁶ als Rohstoff mit äußerst kritischer Versorgungslage identifiziert, der sich einerseits durch knappe und konzentrierte Reserven, andererseits durch eine hohe wirtschaftliche Bedeutung und fehlende Substitutionsmöglichkeiten auszeichnet – so ist zum Beispiel die Herstellung von LCD-Flachbildschirmen zwingend auf den Einsatz von Indium angewiesen. Vor dem Hintergrund stetig steigender Einsatzzahlen von Flachbildschirmen in unterschiedlichsten Anwendungen ist die Rückgewinnung von Indium aus Altprodukten daher einer der zentralen Ansatzpunkte zur Schließung externer Stoffkreisläufe. Die technische Rückführbarkeit zeigt sich dabei deutlich an den internen Stoffkreisläufen: Während Indium aus Produktionsabfällen zu 70 Prozent zurückgewonnen wird, liegt die Quote bei externen Kreisläufen noch immer bei praktisch null.

Beschreibung des Verfahrens:

Für die Rückgewinnung des Indiums aus Flachbildschirmen ist die Separierung der sogenannten Indiumzinnoxid-Schicht notwendig: Die LCD-Anzeige besteht jeweils aus zwei dünnen Glasscheiben, auf denen Indiumleiterbahnen aufgebracht sind. Kern des Verfahrens ist daher die Trennung dieser Glasscheiben, ohne dass die quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtung dabei beschädigt wird. Durch eine Separierung der LCD-Anzeigen während des Zerlegeverfahrens wird eine Voranreicherung des Indiums erreicht. Von ausgangsrund zwölf Gramm pro Tonne im Gesamtgerät kann dann bereits eine Konzentration von etwa 190 Gramm pro Tonne vorliegen, für die zum Beispiel bei der Firma Umicore Laueverfahren mit anschließenden ionenselektiven Prozessen zur Indiumrückgewinnung entwickelt wurden.



Ausschnitt eines indiumhaltigen Flachbildschirms

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die Rentabilität der Indiumrückgewinnung aus Flachbildschirmen entscheidet sich in erster Linie an der notwendigen Arbeitszeit: Die manuelle Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten mit flächiger Hintergrundbeleuchtung ist extrem arbeitsintensiv, da diese Geräte sehr komplex in ihrem Aufbau sind und die zu demontierenden Komponenten nur schlecht zugänglich sind. Die Zerlegung eines dieser Geräte dauert mit geschultem Fachpersonal 15 bis 20 Minuten. Um die Gehäusehälften zu öffnen, müssen teilweise bis zu 30 Schrauben gelöst werden. Vor diesem Hintergrund wurden zwei Zerlegeverfahren entwickelt, die für eine schnellere und wirtschaftlichere Verarbeitung von LCD-Bildschirmgeräten geeignet sind. Als Ergebnis wurden eine Pilotanlage zur teilautomatisierten Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten mit seitlicher Hintergrundbeleuchtung und eine Anlage zur Zerlegung von Geräten mit flächiger Hintergrundbeleuchtung errichtet, mit denen die Verfahren überprüft und weiterentwickelt werden.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Elektronikaltgeräte sind auch in Hessen einer der am schnellsten wachsenden Abfallströme. Durch die Entwicklung von innovativen und kostengünstigen Verfahren zur Rückgewinnung von Indium aus Flachbildschirmen könnten etwa für den Dienstleistungssektor in Hessen Anreize für eine sorgfältige Sammlung von Flachbildschirmen geschaffen und so in Zukunft zusätzliche Einnahmen erzielt werden.

²⁶ Zum Beispiel im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch ATZ Entwicklungszentrum und Technische Universität München (2011). Ressourcenstrategie für Hessen unter besonderer Berücksichtigung von Sekundärrohstoffen (Sulzbach-Rosenberg: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz).

Remanufacturing von Autobatterien

Anbieter der Technologie: CLEPA European Association of Automotive Suppliers (Woluwe-Saint-Lambert, Belgien), www.clepa.eu

Einordnung:

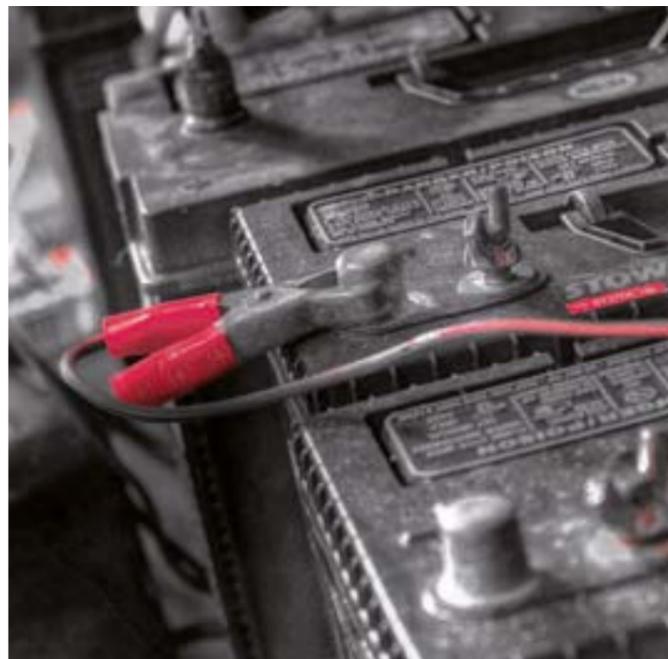
Das Remanufacturing von Autoteilen, also die hochwertige Aufbereitung gebrauchter Teile zur Wiederverwendung im industriellen Maßstab, steht im Zusammenhang mit der Circular Economy aktuell hoch auf der politischen Agenda und bietet insbesondere im Bereich von Fahrzeugbatterien die Möglichkeit zur externen Schließung eines der komplexesten und insbesondere für kritische Metalle wichtigsten Kreisläufe. Im Gegensatz zur Vorbereitung zur Wiederverwendung oder Reparatur ist das Remanufacturing ein industriell genormter Prozess, dessen Endprodukt mit einem neuwertigen Ersatzteil vergleichbare Qualitäten aufweist.

Beschreibung des Verfahrens:

Für das Remanufacturing von Autoteilen beziehungsweise der hier im Fokus stehenden Autobatterien werden diese aus Gebrauchtfahrzeugen entnommen und zunächst einer Diagnose des Batteriesystems unterzogen. In der Regel wird dabei auch das Gehäuse neu lackiert und periphere Elektronikeinheiten werden ausgetauscht. Während bei einer einfachen Reparatur nur defekte Module ausgetauscht werden, beinhaltet das Remanufacturing die vollständige Zerlegung bis auf die Zellebene der Batterien sowie eine Klassifizierung nach Qualitätskriterien. Aus Einzelzellen der höchsten Qualitätsstufen werden anschließend wieder komplette Batteriesysteme zusammengesetzt. Zellen mit voller Funktionsfähigkeit, die aber möglicherweise nicht höchsten Qualitätskriterien entsprechen, können zu einem modifizierten Batteriemodul zusammengesetzt werden, das in einem Zweitmarkt mit verminderten Qualitätsansprüchen eingesetzt werden könnte, zum Beispiel als Stromsenke für temporär anfallenden Strom aus regenerativen Quellen.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Speziell mit Blick auf die Elektromobilität wird das Remanufacturing von Autobatterien zukünftig stark an Bedeutung gewinnen. In einem Projekt unter Beteiligung von Umicore (Hanau) und des Öko-Instituts (Darmstadt) ist es Daimler bereits gelungen, für einen speziellen Mild-Hybrid-Batterietyp ein Verfahren für einen speziellen Batterietyp bis zur Prinziptauglichkeit zu entwickeln. Mit Blick auf den Automobilsektor in Hessen und vor allem die starke Zulieferindustrie sind hier in Zukunft spezielle Marktchancen zu erwarten, abhängig allerdings auch von der Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Das Remanufacturing speziell von Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien wird sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht als eindeutig vorteilhaft gegenüber einer kostspieligen Entsorgung als gefährlichem Abfall oder auch dem einfachen Recycling der Basismetalle angesehen. Dies liegt vor allem darin begründet, dass sowohl der Hauptkostenanteil als auch der Energieaufwand durch die Herstellung der einzelnen Zellen verursacht werden.

Das europäische Marktpotenzial für das Remanufacturing von Autoteilen wird vom europäischen Automobilzuliefererverband auf acht bis zehn Milliarden Euro jährlich geschätzt. Das primäre Hemmnis zur Realisierung dieses Marktpotenzials ist aktuell noch das Fahrzeugdesign, das die Demontage der Batterien häufig erschwert, etwa durch nicht reversibel zu öffnende Gehäuse oder Verschweißungen einzelner Komponenten.

Rückgewinnung feinkörniger Nichteisen-Metallphasen aus Schreddersanden

Anbieter der Technologie: SICON GmbH (Hilchenbach), www.sicontechnology.com

Einordnung:

Die Trennung von Schreddersanden der kleineren Korngröße unter sieben Millimeter und insbesondere unter ein Millimeter Korngröße erweist sich nach dem Stand der Technik als problematisch. Das VW-Sicon-Verfahren zur Altfahrzeugverwertung der SICON GmbH erlaubt eine Rückgewinnung feinkörniger Nichteisen-Metallphasen aus derartigen Schreddersanden.

Beschreibung des Verfahrens:

Beim VW-Sicon-Verfahren zur Altfahrzeugverwertung liegen 30,9 Prozent der Gesamtmasse nach dem Schreddern als Schreddersande mit einer Partikelgröße von unter sieben Millimetern vor. Die hier enthaltenen Wertstoffgehalte betragen 25 Prozent Eisen, 13 Prozent Silizium, 1,5 Prozent Aluminium und 0,6 Prozent Kupfer. Die Anteile der Nichteisen-Metallphasen schwanken stark durch die sich weiter verändernde Materialzusammensetzung von Altfahrzeugen. Buntmetallgehalte werden tendenziell in Zukunft eher steigen, da der Anteil elektronischer Komponenten steigt.

Das Verfahren besteht aus sieben Verfahrensstufen. Nach dem Einrühren in Wasser werden mittels Flotation und Siebung textile Anteile abgetrennt. Auf einem Nass-trenntisch werden schließlich auch organische Anteile abgeschieden. Nun können mittels Magnetabscheidern Eisenfraktionen abgeschieden werden und die verbleibenden Elemente mittels Mahl- und Siebstufen einer Kupferabtrennung unterzogen werden. Von der verbleibenden mineralischen Fraktion wird mittels Laugung eine Baustofffraktion abgeschieden und in einem letzten Schritt wird eine metallische Fällung durchgeführt.

Die Rückgewinnungsquote von weiter nutzbaren Sekundärrohstoffen aus den Fraktionen unter ein Millimeter beträgt 65 Prozent. Das Potenzial liegt hier insgesamt bei 40.000 bis 80.000 Tonnen Wertstoffen pro Jahr.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Sicon bietet Anlagen zur Rückgewinnung von Wertstoffen aus Schreddersanden an. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist in naher Zukunft denkbar. Faktoren, die hierzu beitragen, sind insbesondere ein an das langjährige Preisniveau angepasster Rohstoffpreis für Kupfer und Eisen sowie steigende Entsorgungskosten für den Bergeversatz. In Hessen befinden sich mehrere große Schredderanlagen, die für eine Erweiterung um eine Postschredderanlage geeignet sind. Die Machbarkeit des Verfahrens wurde in einem Projekt gemeinsam mit der TU Clausthal mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung nachgewiesen.²⁷



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Entscheidend für einen wirtschaftlichen Einsatz des Verfahrens sind die Rohstoffpreise für die gewinnbaren Fraktionen und die Entsorgungskosten für den Schreddersand. Die Rohstoffpreise für Kupfer und Eisen liegen derzeit etwa 20 Prozent unter dem langjährigen Preisniveau, sodass hier zukünftig eine positive Entwicklung der Erlöse zu erwarten ist. Die Entsorgungskosten für Schreddersande sind beim derzeitigen Versatzverfahren relativ günstig. Diese Entsorgungsoption geht jedoch mit einem großen Verlust an potenziell gewinnbaren Rohstoffen einher, sodass diesbezüglich mit einer Revision der EU-Abfallrahmenrichtlinie gerechnet wird. Dies wird dazu führen, dass der Versatz von Schreddersanden, wie derzeit nach Altfahrzeug-Entsorgungsgesetz noch zulässig, keine Entsorgungsoption mehr darstellt und ähnlich den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ein stoffliches Recycling angestrebt werden muss. Sicon rechnet mit einem wirtschaftlichen Betrieb von Postschredderanlagen bis spätestens zum Jahr 2017.

Aus ökologischer Sicht ist das Ressourceneffizienzpotenzial klar als vorteilhaft zu beurteilen. Für Primärstahl, Primärkupfer und Primäraluminium können mittels eines industriellen Schreddersandverfahrens Material-, Energie- und damit auch CO₂-Einsparungen erreicht werden. Das Verfahren an sich wurde in einer Ökobilanz weitgehend als positiv gegenüber dem Bergeversatz beurteilt.

²⁷ r2 (o.J.): Shredder-Sand, Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen aus Shredder-Sanden. Verfügbar unter: <http://www.r-zwei-innovation.de/de/563.php>

Saure Entzinkung von Stahlschrotten

Entwickler des Verfahrens: CUTEC-Institut GmbH (Clausthal-Zellerfeld), Wolfsburg AG²⁸, www.cutec.de

Einordnung:

Das beschriebene Verfahren ist eine Entwicklung aus einem Konsortium, bestehend aus Wissenschaftlern und Ingenieuren des Clausthaler Umwelttechnik-Instituts (CUTEC), der Rohstoff- und Handelsgesellschaft mbH, der Andritz Sundwig GmbH, der Xsatra Zink GmbH, der Fritz Winter Eisengießerei GmbH und der Wolfsburg AG. Auf Basis eines Forschungsprojekts ist es gelungen, mittels eines sauren Entzinkungsverfahrens galvanisch und feuerverzinkte Schrotte, wie sie in großen Mengen bei der Automobilproduktion anfallen, energiesparend und mit einem großen Reinheitsgrad zu recyceln.

Beschreibung des Verfahrens:

Seit langem existieren Verfahren, um das Zink vom Stahl zu lösen. Dabei wird der verzinkte Stahl vollständig aufgeschmolzen und das enthaltene Zink ausgeschieden. Es liegt dann als schwer verwertbarer Zinkstaub vor. Der dabei verbleibende Stahl weist eine geringere Qualität auf, sodass er nicht mehr in der Ursprungsanwendung, sondern lediglich als weniger wertvoller Baustahl zum Einsatz kommen kann. Das an der TU Clausthal entwickelte Verfahren erlaubt es nun, das Zink mittels Schwefelsäure zu lösen und so zurückzugewinnen. Übrig bleiben hochwertige Stähle, die zurück in Hochleistungsanwendungen gehen können. Die Schwefelsäure wird von einem Zinkhersteller angeliefert, der diese nach der Anreicherung auch wieder abholt und das Zink aus der Lösung gewinnt.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Neben dem bei der Verwertung von Altfahrzeugen anfallenden verzinkten Stahlschrott fallen große Abfallmengen verzinkter Feinbleche bereits bei der Produktion an. Hier ist allein bei der Automobilherstellung mit Mengen von etwa drei Millionen Tonnen Neuschrotten zu rechnen, was bereits einem Zinkmetall-Potenzial von 60.000 Tonnen mit einem Marktwert von 100 Millionen Euro entspricht. In Hessen ist das Verfahren sowohl für Firmen im Bereich der Verarbeitung verzinkter Stahlbleche als auch im Bereich Schrottverwertung interessant.

Bislang wurde in Clausthal eine Pilotanlage mit einer Kapazität von 400 Tonnen verzinktem Stahl pro Tag errichtet, die vor allem auf die Entzinkung von Produktionsabfällen zielt. Eine industrielle Anlage bei Volkswagen in Emden befindet sich aktuell in der Umsetzung.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Durch das Verfahren können, bei einer angenommenen Größenordnung von 100.000 Tonnen verzinktem Stahlschrott, bei der Entzinkung von Stahlschrotten gegenüber dem konventionellen Verfahren etwa 88 Prozent Energie eingespart werden. Außerdem werden hochwertige Sekundärstähle mit einem Entzinkungsgrad von über 98 Prozent gewonnen. Das abgelöste Zink liegt in einer Konzentration von 120 Gramm pro Liter Schwefelsäure vor und kann durch eine Filtrierung zurückgewonnen werden.

Insgesamt kann so die Recyclingquote für Zink auf 85 Prozent erhöht werden, während die CO₂-Emissionen um über 80 Prozent reduziert werden. Mit dem Verfahren lassen sich Kreisläufe direkt schließen. Aufgrund der begrenzten Reichweite der Zinkvorkommen von lediglich circa 20 Jahren ist ein möglichst vollständiges Zinkrecycling unabdinglich.

²⁸ Schönfelder, I., Gock, E., Vogt, V., Carlowitz, O., Zeller, T., and Sauter, A. (2012): Entzinkung von Stahlschrotten. Chemie Ingenieur Technik 84, 1749-1756.

Hochspannungs-Fragmentationsverfahren zur Metallrückgewinnung aus MVA-Aschen

Anbieter der Technologie: SELFRAG AG (Kerzers, Schweiz), www.selfrag.com

Einordnung:

Die 2007 gegründete Selfrag AG mit Sitz im schweizerischen Kerzers ist ein Maschinenbauunternehmen, welches sich auf die Entwicklung und den Verkauf von Anlagen und Systemen zur selektiven Fragmentierung verschiedenster Feststoffe mittels Hochspannungspuls-Verfahren spezialisiert hat. Das Verfahren kann zur Metallrückgewinnung aus Aschen eingesetzt werden, die in Müllverbrennungsanlagen (MVA) anfallen.

Beschreibung des Verfahrens:

Das Grundprinzip der Hochspannungs-Fragmentation basiert auf der Erzeugung elektrischer Entladungen und damit verbundener Schockwellen. Letztere können zu einer wirksamen Auftrennung von Materialien genutzt werden. Der Aufbau einer Anlage besteht aus zwei Elektroden, die in einem Wasserbad angeordnet sind. Eingebroughte Materialien weisen eine unterschiedliche Durchschlagfestigkeit auf, sodass eine selektive Entladung von elektrischer Energie genutzt werden kann, um insbesondere Materialien hoher Permittivität, wie etwa Metalle, aufzuspalten.

Vorteilhaft ist hierbei die selektive Aufspaltung der Schlacke. Mineralische Materialien bleiben für eine weitere Verwertung erhalten, während die metallischen Wertstoffe (Fe, Cu, Al, Zn, Pb) von Anhaftungen befreit werden. Die dabei entstehenden Fraktionen befinden sich im Bereich unter zwei Millimeter.

Nach erfolgreicher Auftrennung ist eine Sortierung mittels herkömmlicher Magnet- und Wirbelstromtechnologien möglich.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die ökonomische Vorteilhaftigkeit einer Anlage ist stark von den Rahmenbedingungen abhängig, welche wiederum von nationalen Vorschriften und Erlösmöglichkeiten durch die Sekundärmaterialien bestimmt werden.

Die Investition für eine Fragmentationsanlage zur Bearbeitung von 20.000 Tonnen Schlacke pro Jahr liegt bei etwa 1,5 Millionen Euro. Soll die Peripherie wie Abscheidetechnologien für verschiedene Materialien enthalten sein, erhöht sie sich auf etwa vier bis fünf Millionen Euro.

Laufenden Kosten für Abschreibungen, Zinskosten, Personal, Reparaturen und Energie stehen Erlöse durch den Verkauf der Metalle und die vermiedene Entsorgung gegenüber. Eine Amortisation ist nach circa fünf bis sechs Jahren zu erwarten.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Fragmentationsanlage für 20.000 Tonnen Schlacke pro Jahr	1,5 Millionen Euro	Fünf bis sechs Jahre

Trotz Energieverbräuchen von acht bis 10 Kilowattstunden pro Tonne und der mit nasschemischen Verfahren verbundenen Aufbereitung von Prozesswasser ist durch geringeres Deponievolumen und den Beitrag zum Ersatz von Primärrohstoffen eine positive Bilanz für die Umwelt zu ziehen.



Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Die Funktion des Verfahrens und sein erfolgreicher Einsatz wurden in kontinuierlich betriebenen Pilotanlagen bereits nachgewiesen. Die erste Anlage mit einem Verarbeitungsvolumen von 20.000 Tonnen pro Jahr geht im schweizerischen Posieux Anfang 2016 in Betrieb. Die Übertragbarkeit auf Hessen ist für alle Bereiche der Aufbereitung von Müllverbrennungsschlacken gegeben. Metallgehalte von etwa 10 Prozent in deutschen Schlacken sind ausreichend für einen erfolgreichen Anlagenbetrieb. In Kooperation mit Partnern der Fördertechnik und Prozesswasseraufbereitung ist die Selfrag AG in der Lage, Anlagen für die Aufbereitung von 20.000 bis 80.000 Tonnen MVA-Schlacke pro Jahr anzubieten – perspektivisch auch bis 100.000 Tonnen pro Jahr.

Vollständiges Recycling von Bleiakumulatoren

Entwickler der Technologie: Technische Universität Bergakademie Freiberg, www.tu-freiberg.de

Anbieter der Technologie: Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik GmbH, Teil der Berzelius-Gruppe (Freiberg)²⁹, www.berzelius.de

Einordnung:

Das nahezu vollständige Recycling von Blei ist seit langer Zeit möglich. Jedoch finden sich nach dem Zerkleinern von Bleiakumulatoren nicht ausschließlich Bleibestandteile im Schreddergut, sondern es ist auch eine sogenannte Kunststoffrestfraktion vorhanden, welche in herkömmlichen Verfahren als Sondermüll verbrannt werden muss. In dieser Kunststoffrestfraktion sind immer noch Anteile an Blei enthalten, die bei einer Verbrennung verloren gehen.

In dem Forschungsprojekt „Bleimetallurgie“, das gemeinsam von der TU Bergakademie Freiberg und der Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik GmbH (450 Mitarbeiter, Blei-Jahresproduktion von 55.000 Tonnen) durchgeführt wurde, wurde ein Verfahren entwickelt, welches das umfassende Recycling von Bleiakumulatoren, wie sie beispielsweise in Autos oder industriellen Anwendungen zum Einsatz kommen, erlaubt.

Beschreibung des Verfahrens:

Das entwickelte Verfahren erlaubt eine mechanische Auftrennung der Kunststoffrestfraktion in einen bleireichen Anteil, eine Leichtfraktion sowie eine aus kompakten Kunststoffen bestehende Schwerfraktion. Die Schwerfraktion kommt aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes prinzipiell als Reduktionsmittel für Bleipaste in Betracht. Damit wird vor allem die Effektivität des Schmelzprozesses erhöht. Aus der bleireichen Fraktion können Bleireste gewonnen werden. Der Verbrennung wird nun lediglich noch der Restanteil (Leichtfraktion) zugeführt, was die Verbrennungsmenge erheblich reduziert.

Neben der Verwertung der Kunststoffrestfraktion beinhaltet das optimierte Bleirecycling außerdem eine Aufarbeitung antimon- und zinnhaltigen Materials. Akkumulatoren, die heute ihr Lebensende erreichen, enthalten noch weitaus größere Bestandteile an Antimon und Zinn als die heute produzierten. Diese Bestandteile können separiert und als Sekundärrohstoffe vermarktet werden.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Auf Verbundebene bei Berzelius liegen die jährlichen Einsparpotenziale durch ein optimiertes Bleirecycling und eine sinnvollere Verwertung des Rohstoff- und Energieinhaltes der Kunststofffraktion bei 110.000 Kubikmetern Erdgas, 100.000 Kubikmetern Sauerstoff sowie 100 Megawattstunden Strom. Der dadurch vermiedene CO₂-Ausstoß beläuft sich auf 500 Tonnen pro Jahr. Die Effektivität des Bleirecyclings kann verbessert werden, was zu einer Steigerung des Bleiausbringens um jährlich 85 Tonnen führt. Zusätzlich können bis zu 200 Tonnen Zinn und Antimon jährlich gewonnen werden.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Der sich immer noch auf einem relativ hohen Niveau bewegende und perspektivisch steigende Bleipreis spricht für die Notwendigkeit, alle Potenziale beim Recycling von Bleiakumulatoren auszunutzen. Speziell für die in Hessen stark vertretene Automobilindustrie und ihre Zulieferer ergeben sich damit Chancen zur Kostensenkung durch die Schließung von Stoffkreisläufen.

²⁹ r2 (o.J.): Bleimetallurgie, Bessere Ressourcennutzung und Senkung des Primärenergieverbrauchs in der Bleimetallurgie. Verfügbar unter: <http://www.r-zwei-innovation.de/de/602.php>.

Aufbereitung von Aluminium-Altschrotten mittels Röntgentransmission und pneumatischer Sortierung

Praxisanwender: Hydro Aluminium Recycling Germany GmbH, vormals WMR Recycling (Dormagen)³⁰, www.hydro.com

Einordnung:

Bisher verfügbare Verfahren zum Recycling von Aluminiumschrotten erlauben ein vollständiges Recycling von Altaluminium. Allerdings können Sekundäraluminiumerzeugnisse lediglich für Anwendungen zum Einsatz kommen, die innerhalb ihrer Materialspezifikation höhere Toleranzen für Verunreinigungen erlauben. Für alle weiteren Anwendungen muss immer ein großer Teil an Primäraluminium zum Einsatz kommen, um die Verunreinigung des Sekundäraluminiums zu verringern. Ein produktspezifisches Recycling ohne Beimischung von Primäraluminium ist so nahezu unmöglich.

Das von WMR Recycling entwickelte Verfahren strebt die Gewinnung von Sekundärrohstoffen an, die ohne oder nur mit geringer Beimischung von Primäraluminium zu Neuprodukten verarbeitet werden können.

Beschreibung des Verfahrens:

Nach einem herkömmlichen Schreddervorgang umfasst die innovative Aufbereitungstechnik von Aluminium-Altschrotten zunächst eine Vorbereitung des Schreddermaterials durch Sortier- und Trennvorrichtungen. Hierbei wird das Schreddermaterial abgesiebt, getrennt und aussortiert. Daran schließt sich der Schritt der Röntgentransmission an. Hier wird das Sortiergut mittels Röntgenstrahlen durchleuchtet. Eine Analyse der Strahlungsabsorption erlaubt nun eine Bestimmung der atomaren Zusammensetzung des Materials. Verschiedene Aluminiumlegierungen sowie Fremdmetalle können so erkannt und die ungewünschten Fragmente mittels Pressluftimpulsen aussortiert werden.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Für das Projekt in Dormagen war eine Anfangsinvestition von 2,2 Millionen Euro nötig. Die Volllastkapazität der Anlage beträgt 3.000 Tonnen pro Monat. Pro Tonne ist im Betrieb mit einem Energiebedarf von 93 Kilowattstunden zu rechnen. Der Verkauf hochwertiger Sekundärmaterialien mit einem höheren Reinheitsgrad erlaubt die Erzielung von Erlösen, die deutlich über den Margen für Sekundäraluminium mit Verunreinigungen liegen. Eine Amortisation wird nach etwa drei Jahren angenommen.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Anlage mit Volllastkapazität von 3.000 Tonnen pro Monat	2,2 Millionen Euro	Drei Jahre

Aus ökologischer Perspektive ist vor allem der verstärkte Ersatz von Primär- durch Sekundäraluminium zu nennen. Aufgrund der erheblich höheren Energieaufwendungen bei der Produktion von Reinaluminium werden durch den Einsatz des Verfahrens und den damit verbundenen Ersatz von primären Aluminiumerzeugnissen erhebliche Mengen an Energie eingespart. Dies führt zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Angebot der Hydro Aluminium Recycling Germany GmbH umfasst derzeit ein Recycling von Schrotten als Lohnarbeit für Kunden. Altschrotte können dabei als Dienstleistung aufbereitet werden. In Zukunft ist eine Übertragung der Anlagentechnik auf höhere Produktionsmengen und weitere Standorte geplant.

³⁰ Kurth, G.; Kurth, B. (2014): Röntgentrennung für Aluminiumrecycling. Abschlussbericht im Rahmen des BMU-Umweltinnovationsprogramms, Aktenzeichen: Nka3-002020.



GRUPPE 4: KUNSTSTOFFE

Aufbereitung von Folien aus Kunststoffabfällen

Verfahrensentwickler: APK Aluminium und Kunststoffe AG (Merseburg), www.apk-ag.de

Einordnung:

Aktuell ist die Aufbereitung von Folienabfällen immer noch eine ökonomische und technische Herausforderung. Große Anteile dieses Abfallstroms werden nicht stofflich, sondern nur energetisch in Müllverbrennungsanlagen verwertet. Einer der Gründe ist das niedrige Verhältnis von Masse zu großem Volumen, was den Transport und die stoffliche Aufbereitung erschwert. Die APK Aluminium und Kunststoffe AG hat sich des Problems angenommen und ein Verfahren entwickelt, welches aus Folienabfällen, die unter anderem vom dualen System über Gelbe Säcke oder Tonnen oder auch Wertstofftonnen eingesammelt werden, hochwertige Regranulate erzeugt.

Beschreibung des Verfahrens:

Folienabfälle, die zum Teil verunreinigt sind, werden bei der Firma APK in Ballenform angeliefert. Im ersten Schritt werden die Ballen aufgerissen, dann die Kunststoffe zerkleinert. Es folgt ein Waschprozess, um mögliches organisches Material zu entfernen. Danach beginnt ein zweistufiger Trennprozess, bei dem zuerst Störstoffe wie Papier, aber auch Metalle entfernt werden. Anschließend wird nach LDPE- und PP-Kunststoffsorten (low density polyethylene beziehungsweise polypropylene) getrennt. Die Trennung basiert auf einem Schwimm-Sink-Verfahren. Am Ende werden die gewaschenen und sortierten Kunststoffflocken je nach Kundenwunsch zu Granulat verarbeitet. Das Endprodukt kann dabei auch nach Kundenwünschen veredelt werden, um etwa den Kunststoff einzufärben oder bestimmte Materialeigenschaften zu erreichen. Das auf Kunststofffolien orientierte Verfahren der APK Aluminium und Kunststoffe ist seit Mitte 2015

verfügbar und bietet laut dem Verfahrensentwickler Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften, die bisher mit vorher verunreinigten Folienabfällen aus den Dualen Systemen nicht erreicht wurden, dazu gehören unter anderem Folien mit Dicken von 50 Mikrometern aufwärts. Seit Mitte 2015 wird am Standort Merseburg eine Recyclinglinie mit einer jährlichen Kapazität von 20.000 Tonnen betrieben.

**Ökonomische und ökologische Vorteile:**

Das von der APK entwickelte Recyclingverfahren hat verschiedene ökonomische und ökologische Vorteile. Gegenüber bereits bestehenden thermischen Verfahren hat es eine höhere Prozessgeschwindigkeit, eine weitere Verarbeitungskapazität sowie eine niedrigere Verarbeitungstemperatur, welche sich positiv auf die Energieeffizienz des gesamten Prozesses auswirkt. Damit könnten sich auch Folienabfälle kommerziell recyceln lassen, die zuvor nur thermisch verwertet wurden. Darüber hinaus beträgt die Energieeinsparung mehr als 50 Prozent gegenüber der Erzeugung von Kunststoffen aus Primärrohstoffen wie Erdöl oder Erdgas.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Aufgrund hoher Transportkosten sollte das Recycling von Folienabfällen regional stattfinden. Daher sollte die hochwertige Aufbereitung von Folienabfällen idealerweise dezentral in den dicht besiedelten Ballungsräumen von Hessen erfolgen. Verbunden damit wäre auch die Schaffung neuer Arbeitsplätze, so hat der Standort in Merseburg heute bereits 100 Mitarbeiter. Mit dem Fortschreiten neuer Recyclingverfahren für komplexere Materialien wie Folien und insbesondere Verbundverpackungen entsteht ein ganz neuer Markt, der das Potenzial hat, in der Zukunft viele neue Arbeitsplätze in Hessen, aber auch anderen Bundesländern zu schaffen. Teile des entwickelten Verfahrens der APK sollen in Zukunft auch zum Recycling dieser Verbundverpackungen genutzt werden. Dafür betreibt das Unternehmen aktuell noch weitere Forschung und Entwicklung. Dieses neue Verfahren hätte großes ökologisches wie ökonomisches Potenzial, da es aktuell keine Verfahren zum effizienten Recycling der Verbundverpackungen gibt und diese in der Regel nur energetisch verwertet werden können.

Hochwertiges Recycling von PU-Reststoffen

Verfahrensentwickler: H&S Anlagentechnik GmbH (Sulingen), www.hs-anlagentechnik.de

Einordnung:

Das untersuchte Verfahren „Hochwertiges Recycling von PU-Reststoffen“ ist ein Ansatz, um Weich- und Hartschaumstoffabfälle aus Polyurethan (PU) im Produktionsprozess wiederzuverwerten. Die H&S Anlagentechnik GmbH besteht seit 1987 und hat sich auf Anlagen zur Produktion von PU spezialisiert. Hauptgebiet sind Tanklager für Polyole und verwandte chemische Rohstoffe. Bisher hat die H&S Anlagentechnik zwei Referenzen für das Verfahren.

Beschreibung des Verfahrens:

Vor dem Beginn des Verfahrens müssen zuerst Schaumabfälle nach ihrer chemischen Herkunft mechanisch getrennt werden, um sicherzustellen, dass der chemische Recyclingprozess richtig durchgeführt wird. Das Verfahren ist speziell für PU-Schäume angepasst, daher können nur diese recycelt werden. Anschließend werden die separierten Schäume zu Flocken geschreddert. Die Flocken werden dann zur Lösung der PU-Reststoffe mit anderen chemischen Stoffen wie Carbonsäure sowie Polyol-Neumaterial in einen Recyclingreaktor gegeben und dort kontrolliert erhitzt. Der Batch-Prozess dauert insgesamt zwölf Stunden und hat eine Kapazität von fünf Tonnen, es können allerdings größere Anlagen nach Bedarf projektiert werden. Das hergestellte Produkt ist eine zähflüssige Masse aus rezykliertem Polyol, welche die Grundlage für die weitere Schaumstoffherstellung und die Produktion von Matratzen- und Polsterschäumen bildet.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Trotz relativ hoher Investitionskosten von 1,5 bis 1,9 Millionen Euro, abhängig von der bestehenden Infrastruktur beim Anwender, rechnet sich das Verfahren

für große PU-Schäume verarbeitende Betriebe relativ schnell. Dies gilt ab einer Menge von etwa 1.000 Tonnen PU-Schaum pro Jahr. Das Verfahren kann neuwertige Polyole, die aus Erdöl hergestellt werden, substituieren. Bei Weichschäumen können 20 bis 25 Prozent des Inputmaterials von Polyolen ersetzt werden, bei Hartschäumen 30 bis 35 Prozent. Die damit verbundenen Kosteneinsparungen, die durch die reduzierten Rohstoffkosten entstehen, betragen etwa eine Million Euro im Jahr. Während für neuwertiges Polyol aus Erdöl Kosten von etwa 1.600 Euro pro Tonne entstehen, sind es bei dem recycelten Polyol nur maximal 1.100 Euro pro Tonne. Damit kann sich das Verfahren bereits nach weniger als zwei Jahren amortisieren. Durch die Anwendung des Verfahrens zum hochwertigen Recycling von PU-Reststoffen lassen sich günstigere und ressourceneffizientere Produkte herstellen, was sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auswirkt.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Recyclinganlage für PU-Reststoffe	1,5 bis 1,9 Millionen Euro	Weniger als zwei Jahre

Darüber hinaus ersetzt das Verfahren bestehende, aber ökologisch nachteilige Verwertungswege von PU-Reststoffen, wie etwa das Downcycling zu Verbundschäumen oder die energetische Entsorgung in Müllverbrennungsanlagen.



Recyclinganlage der H&S Anlagentechnik

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Da das Verfahren speziell für PU-Schäume konzipiert ist, ließe sich das Verfahren nur auf solche Unternehmen in Hessen übertragen, die Schäume in großer Menge verarbeiten. Dieses könnte etwa in der Zulieferung der Autoindustrie für Hartschäume oder in der Produktion von Isolierstoffen der Fall sein. Weiter fallen solche Schäume auch bei der Produktion von Möbeln und Matratzen an. Die H&S Anlagentechnik arbeitet darüber hinaus aktuell daran in einem nächsten Schritt auch gebrauchte Matratzen aus Siedlungsabfällen hochwertiger zu recyceln, da diese zu einem großen Teil aus PU-Schäumen bestehen. Die gewonnenen Polyole könnten etwa für die Hartschaumstoffproduktion eingesetzt werden.

Gewinnung von Sekundärkunststoffen mittels Adhäsionstrennverfahren

Praxisanwender: Ehemals FGI-Entwicklung, mittlerweile selbständige Industrieberatung (Bad Sassendorf), www.fgi-entwicklung.de

Einordnung:

Die Gewinnung von Sekundärrohstoffen mittels Adhäsionstrennverfahren ist ein Ansatz zur Reduzierung von zu entsorgenden Kunststoffabfällen sowie zur vermindernten Nutzung von aus Primärmaterialien bezogenen Kunststoffgranulaten. Zum Zeitpunkt der Verfahrensentwicklung, die in den 90er Jahren vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde, war die FGI-Entwicklung im Bereich privatwirtschaftlicher Entwicklungsvorhaben sowie Erstellung von Umweltgutachten beratend tätig. Heute ist der Verfahrensentwickler selbständiger Industrieberater.

Beschreibung des Verfahrens:

In der stofflichen Verwertung, bei der ungetrennte Kunststoffgemenge aufgeschmolzen und zu Formteilen verpresst werden, wirkt sich die chemische Unverträglichkeit einzelner Fraktionen miteinander problematisch aus. Das derzeit angewandte Schwimm-Sink-Verfahren, mittels dessen zwei Stoffe mit unterschiedlichen Dichten getrennt werden können, scheidet bei der Trennung von Kunststoffmischfraktionen mit einer größeren Sortenvielfalt aus. Das Verfahren von FGI-Entwicklung, ein mechanisches Trennverfahren für unsortierte Kunststoffe, setzt an genau dieser Problemlage an. So wurde eine Laboranlage zur Trennung von Kunststoffgranulaten entwickelt, gebaut und erprobt. Grundprinzip der Anlage sind beheizte bewegliche Trommeln sowie ein darunter laufendes Förderband. Die Temperatur wird so gewählt, dass das Granulat mit dem jeweils niedrigsten Schmelzpunkt an der Trommel haften bleibt. Die Trennung der Granulate erfolgt durch die Anordnung von aufeinanderfolgenden Trommeln mit jeweils höherer Temperatur. Trotz überzeugender Ergebnisse wurde die Versuchsanordnung weder in eine Pilotanlage noch in eine breite und regelmäßige Anwendung überführt.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

In Hessen ist das Aufkommen an Verpackungsabfällen, welches klassischerweise durch einen hohen Anteil an Kunststoffverpackungen gekennzeichnet ist, von großer Relevanz. Im Jahr 2013 sind beispielsweise 25.048 Tonnen Kunststoffverpackungen getrennt gesammelt worden, im Jahr zuvor waren es 20.254 Tonnen. Sie stellen somit einen mengenmäßig steigenden Inputstrom für entsprechende Recyclingaktivitäten dar. Die technische Übertragbarkeit des Verfahrens auf andere Unternehmen in Hessen wird als unproblematisch erachtet. Auch die Konstruktion und der Aufbau der zur Verfahrensdurchführung notwendigen Anlage werden als vergleichsweise einfach eingeschätzt. Darüber hinaus erfordert der automatische Betrieb der Anlage kaum Aufsicht und Eingriffe durch anwesendes Personal.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die konstruierte Laboranlage hat einen Durchsatz von circa 20 Kilogramm pro Stunde. Die damit durchgeführten Versuche mit Mustergemischen ergaben Trennraten von über 90 Prozent. Sprich, 90 Prozent des zugeführten Kunststoffgemenges wurden in eine stoffliche Verwertung überführt, also zurück in den Kreislauf der Kunststoffproduktion gegeben. Die Trennergebnisse bei Granulaten aus Altkabeln lagen jedoch unter der Qualität der Mustergranulate. Da dieses Ergebnis auf kaum veränderbare Eigenschaften der verwendeten Kabel zurückzuführen ist, hat sich der empfohlene Verfahrenseinsatz hinsichtlich Kunststoffresten aus Siedlungs- oder Produktionsrückständen verschoben. Das Verfahren zeichnet sich außer durch eine Trennraten dadurch aus, dass es in der Lage ist, das sonst schwierig zu verarbeitende und teils umweltgefährdende PVC vergleichsweise einfach abzutrennen. Aufgrund der Tatsache, dass das Verfahren bisher nur als Versuchsanordnung realisiert wurde, liegen bisher keine detaillierten Angaben bezüglich notwendiger Investitionen vor. Laut Abschätzung des Verfahrensentwicklers wäre für eine Anlage, bestehend aus Trommeln, Förderband und Materialeinführanlage, mit einem stündlichen Durchsatz an Kunststoffgranulaten von circa 100 bis 500 Kilogramm ein vierstelliger Investitionsbetrag notwendig. Laufende Ausgaben würden sich im Wesentlichen auf Energiekosten beschränken, zum Betrieb notwendige Personalkosten werden als vernachlässigbar eingeschätzt. Laut Expertenmeinung handelt es sich um ein durchaus wirtschaftliches Verfahren mit klaren ökonomischen Vorteilen gegenüber dem verbreiteten Schwimm-Sink-Verfahren.

Recycling von PET-Lebensmittelverpackungen

Verfahrensentwickler: Krones AG (Neutraubling), www.krones.com

Einordnung:

Polyethylenterephthalat (PET) ist weltweit einer der führenden Kunststoffe zur Produktion von Lebensmittelverpackungen. Die Nutzung von PET ermöglicht es, Verpackungen sicher zu recyceln, was durch die gute Recyclingfähigkeit des Kunststoffs und relativ einfache Produktionsverfahren ermöglicht wird. Das von der Krones AG entwickelte Verfahren ermöglicht das Recycling von PET von der gebrauchten Flasche bis zur neuen Flasche (Bottle-to-Bottle-Recycling).

Beschreibung des Verfahrens:

Die Krones MetaPure-PET-Recyclinganlage besteht aus zwei Modulen sowie dem optionalen Frontend. Im Frontend werden die PET-Flaschen einzeln von groben Schmutzpartikeln befreit und gemahlen. Im anschließenden Waschmodul werden die so gewonnenen PET-Flakes zunächst trocken vorgereinigt, bevor in der Laugenwäsche Restetiketten und Klebstoffe vollständig entfernt werden. Danach schließt sich die Trennung der Deckelmaterialien von den PET-Flakes an. Nach einer mehrstufigen Nachwäsche durchlaufen die sauberen PET-Flakes einen Trocknungsprozess. Vereinzelte Metallreste werden anschließend durch eine Allmetall-Abtrennung ausgeschleust. Das Dekontaminationsmodul dient dazu, sämtliche im PET enthaltenen Schadstoffe zu entfernen und lebensmitteltaugliches Recycling-PET zu erzeugen. Nach einer stufenweisen Vorwärmung der Flakes kommt ein Vakuumreaktor zum Einsatz, der die Flakes bei Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur dekontaminiert und von migrierten Inhaltsstoffen befreit. Anschließend werden vereinzelt ausgeblendet sowie noch verbliebene farbige Flakes oder Metallpartikel ausgeschleust. Das Verfahren erlaubt die Aufbereitung der Kunststoffe zu frei wählbaren Endprodukten, wie etwa Kunststoff-Flakes, Pellets oder PET-Rohlingen (Preforms) mit vorgefertigtem Verschlussgewinde, die direkt zur Herstellung von Flaschen benutzt werden können. Das Verfahren und die fertigen Produkte erfüllen dabei

die hohen Qualitätsanforderungen von Verpackungsmaterialien im direkten Kontakt mit Lebensmitteln nach europäischen und amerikanischen Standards.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Das Verfahren des PET-Bottle-to-Bottle-Recyclings bietet zahlreiche Vorteile für Anwender. So führt das Verfahren automatisch Prozesse und Qualitätsüberwachung durch, um jederzeit sicherzustellen, dass die notwendige Qualität für die Lebensmittelindustrie gewährleistet wird. Die Anlagenkomponenten haben einen kompakten Aufbau, sodass sie auch an bestehenden Produktionsstandorten einfach aufgebaut werden können. Zusätzlich ist das Verfahren modular, sodass nur die wirklich notwendigen Prozessschritte installiert werden müssen und weitere Prozessstufen später nach- oder umgerüstet werden können. Dieses ermöglicht die Nutzung von verschiedenen Inputmaterialien, je nach Verfügbarkeit und spezifischer Anwendungsnachfrage. Darüber hinaus bietet das Verfahren energieeffiziente Behandlungswege der PET-Rohstoffe durch die Nutzung von Vakuumreaktoren, um die Schmelztemperaturen des Kunststoffs zu senken. Damit erhöhen sich die energetischen Einsparungen weiter gegenüber der Produktion von PET aus Primärrohstoffen wie Erdöl oder Erdgas. Weiter hat das Verfahren ein Reinigungssystem zur sparsamen Nutzung von Chemikalien und Frischwasser. Somit trägt das Verfahren des PET-Recyclings in mehrfacher Hinsicht zur Schonung und effizienten Nutzung von Ressourcen bei.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Auch in Hessen werden mehr und mehr PET-Verpackungen genutzt. Hessen ist einer der Hauptstandorte für das PET-Recycling, wo verschiedenste Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette des PET-Recyclings arbeiten. Zu nennen sind hier insbesondere der Anlagenhersteller System Engineering Technology im mittelhessischen Dillenburg, die Meister Recycling GmbH im osthessischen Großenlüder sowie die PET Kunststoffrecycling GmbH aus dem hessischen Beselich/Obertiefenbach.

Verwendung von Mikroemulsion zur Auftrennung von Verbundmaterialien

Anbieter der Technologie: Saperatec GmbH (Bielefeld), www.saperatec.de

Einordnung:

Die 2010 gegründete Saperatec GmbH ist ein Technologieanbieter für innovative Verfahren zur Auftrennung von Verbundmaterialien auf Basis von Mikroemulsionen mit Sitz in Bielefeld. Das betrachtete Verfahren eignet sich für das Auftrennen einer Vielzahl von Verpackungsmaterialien, wie beispielsweise Getränkekartons (Papier-Kunststoff-Aluminium-Verbunde), Molkereiproduktverpackungen (Kunststoff-Kunststoff) und Kaffeeverpackungen (Aluminium-Kunststoff-Verbunde). Weitere Anwendungsbereiche sind das Recycling von PV-Modulen (Glas-Halbleiter-Glas), Autoglas (Glas-Kunststoff) und Lithium-Ionen-Batterien (Aluminium-Lithium-Metalloxyd-Graphit-Kupfer).

Beschreibung des Verfahrens:

Das Verfahren nutzt das Prinzip der auf Tensiden basierenden Mikroemulsion, um Mehrschichtensysteme, wie beispielsweise Verbundmaterialien, in die Bestandteile zu zerlegen: Nach einer Zerkleinerung, die dazu dient, eine möglichst große Oberfläche des zu trennenden Materials zu erzeugen, wird das Material in die Mikroemulsion gegeben. Hier vollzieht sich unter Rühren und bei Temperaturen von circa 40 Grad Celsius der Trennprozess, da die Tenside die Oberflächenspannung reduzieren. Die einzelnen Stofffraktionen wie Kunststoff oder Aluminium werden über Schwimm-Sink-Verfahren, Sichtung et cetera aus der Emulsion gefiltert und mittels eines Waschprozesses gereinigt. Die nun in reinen Fraktionen vorliegenden Bestandteile werden über bekannte Verfahren sortiert und gegebenenfalls getrocknet, bevor sie als Sekundärrohstoff vorliegen.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Anders als bei der Verbrennung können Verbundmaterialien mittels des beschriebenen Verfahrens in ihre Ausgangsstoffe zerlegt und damit werkstofflich recycelt werden. Die gewonnenen Materialien können als hochreine Sekundärrohstoffe verkauft und wieder in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.

Aus ökologischer Perspektive sind vor allem die vollständige Rückgewinnung von Sekundärmaterialien und damit der potenzielle Ersatz von Primärmaterialien zu nennen. Verwendete Mikroemulsionen werden nach Filterung der Wertstoffe im Kreislauf geführt, sodass keine hohen Umweltbelastungen entstehen. Durch die niedrigen Prozesstemperaturen wird nur wenig Energie benötigt.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren eignet sich für eine Vielzahl von Haushalts- und Gewerbeabfällen und ist prinzipiell deutschlandweit einsetzbar. In Bielefeld ist seit 2013 eine industrielle Pilotanlage zum Recyceln von Verbundmaterialien in Betrieb. Aktuell wird eine erste Großanlage realisiert.

GRUPPE 5: ORGANIK, ABWASSER, SONSTIGES

Effizientere Prozesswasserführung in der Pulverbeschichtung mit nasschemischer Vorbehandlung

Anwender der Technologie: Farbe & Design GmbH³¹ (Sprockhövel), www.decoral.de

Einordnung:

Die Farbe & Design GmbH bietet Kompetenzen in der Lackierung von Oberflächen, wie beispielsweise Metalloberflächen. Das Unternehmen verwendet eine Prozesswasserführung in der Pulverbeschichtung mit nasschemischer Vorbehandlung, die im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren erhebliche Ressourceneinsparungen aufweist.

Beschreibung des Verfahrens:

Das Decoral-Verfahren ist ein dekoratives Verfahren zur Pulverbeschichtung, welches es erlaubt, individuelle Muster und Abbildungen in eine zuvor aufgebrachte Pulverlackschicht einzubrennen. Die dabei eingesetzten Beiz-Chemikalien wurden bislang durch ineffiziente Spülprozesse verschleppt, was zu einer starken Belastung des Prozesswassers und einer Verschlämmung nachfolgender Bäder führte. Hierdurch verschlechterte sich auch die Qualität des Prozesses. Durch einen PIUS-Check konnten Materialeinsparungen von 90 Prozent für Prozesswasser und 72 Prozent im Chemikalienverbrauch realisiert werden. Spülwässer werden nun in einer Kaskade geführt und so effizienter eingesetzt. Durch eine Erweiterung des Rohrsystems wurde eine neue Frischwassereinspeisung installiert. Die Belastung der Spülwässer beträgt damit nur noch einen Kubikmeter pro Monat an kontinuierlichem alkalischem Spülwasser und circa zwölf Kubikmeter pro Monat an Eluaten. Die Abwasserbehandlung konnte so erheblich vereinfacht werden. Jährlich werden 1.600 Kubikmeter Wasser und zehn Tonnen Chemikalien eingespart.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Einer Investition von 10.000 Euro in Pumpen, Rohre und Auffangbehälter stehen die oben genannten Materialeinsparungen gegenüber. Zudem werden durch die neue Vorbehandlung aufwendige Nacharbeiten vermieden, dadurch wird jährlich eine Tonne Pulverlack im Beschichtungsprozess eingespart. Dies summiert sich auf circa 17.000 Euro Einsparungen pro Jahr, woraus sich eine sehr geringe Amortisationszeit von nur ungefähr einem halben Jahr ergibt.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Pumpen, Rohre und Auffangbehälter	10.000 Euro	Sechs Monate

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Verfahren ist seit 2008 erfolgreich bei der Farbe und Design GmbH in Sprockhövel im Einsatz. Die Übertragbarkeit auf Hessen ist gegeben. Eingesetzte Komponenten entstammen dem gängigen verfahrenstechnischen Anlagenbereich. Ein PIUS-Check wurde eingesetzt, um die realisierbaren Potenziale aufzuzeigen.

31 Effizienz-Agentur NRW: PIUS-Best-Practice-Datenbank, www.ressourceneffizienz.de/praxis/best-practice-datenbank.html (abgerufen am 21.02.2016).

Wertstoffrecycling bei der Abwasserbehandlung in der Keramikindustrie

Anbieter der Technologie: EnviroChemie GmbH (Rossdorf), www.envirochemie.com

Anwender der Technologie: Villeroy & Boch (Mettlach), www.villeroy-boch.com

Einordnung:

Die EnviroChemie GmbH mit Sitz im südhessischen Rossdorf ist ein Anbieter von maßgeschneiderten Lösungen für die Wasser- und Abwasserbehandlung in Industrie und Gewerbe. Seit 2006 übernimmt EnviroChemie bei Villeroy & Boch, dem bekannten deutschen Hersteller von Keramikwaren, im Rahmen einer Betriebsführung die Verantwortung für die Prozessabwasserbehandlung mit Wertstoffrecycling.

Beschreibung des Verfahrens:

Die von EnviroChemie angebotenen Anlagen sind immer auf die Kundenanforderungen zugeschnitten. Bei Villeroy & Boch kommt ein Konzept bestehend aus einer chemisch-physikalischen (Envochem®) sowie einer membrantechnischen Aufbereitung (Envopur®) zum Einsatz. Ein Großteil des Produktionsabwassers wird hierbei qualitativ so aufbereitet, dass es direkt in ein nahe gelegenes Gewässer eingeleitet werden kann. Im Zuge dieser Abwasseraufbereitung erfolgt ein Wertstoffrecycling von im Abwasser enthaltenem keramischem Klärschlamm sowie Glasurbestandteilen.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Im Rahmen der Abwasseraufbereitung werden zum einen keramische Klärschlämme recycelt und zum anderen durch Filtration nahezu 100 Prozent der in den Reinigungsabwässern enthaltenen Glasurbestandteile wiedergewonnen. Dies beläuft sich auf eine jährliche Wertstoffrückgewinnung von 3.000 bis 6.000 Tonnen. Primärmaterialbedarfe können somit um mehrere Prozent gesenkt und eine Entsorgung des Klärschlammes kann vermieden werden. Die anfallende Abwassermenge von 190.000 Kubikmetern pro Jahr kann nach der Behandlung durch die Anlage direkt in ein Gewässer eingeleitet werden.

Insgesamt werden durch die Vermeidung von Entsorgungskosten über 90.000 Euro pro Jahr eingespart. Die Übertragung der Betriebsführung an EnviroChemie erlaubt Villeroy & Boch außerdem die volle Konzentration auf das Kerngeschäft bei gleichzeitig hoher Sicherheit bezüglich der Anlagen- und Personalverfügbarkeit sowie der Einhaltung der Einleitbedingungen.

Aus ökologischer Perspektive ist vor allem die Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Einsparungen von Primärmaterial zu nennen.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das beschriebene Praxisbeispiel zeigt, wie beim Keramikhersteller Villeroy & Boch Einsparpotenziale beim Einsatz von Betriebsmitteln und Rohstoffen genutzt werden. EnviroChemie baut nicht nur Anlagen für die Wasseraufbereitung mit unterschiedlichen Anwendungsvarianten, sondern betreibt diese auch am Standort der verschiedenen Kunden.

Ash-Dec-Verfahren zum Phosphorrecycling

Anbieter der Technologie: Outotec GmbH (Oberursel), www.outotec.com

Einordnung:

Die Outotec GmbH mit rund 5.000 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 1,9 Milliarden Euro hat ein Verfahren zum Phosphorrecycling aus Klärschlamm entwickelt. Im Vergleich zu alternativ eingesetzten nasschemischen Verfahren fallen deutlich geringere Mengen an Schwermetallabfällen an.

Beschreibung des Verfahrens:

Das Ash-Dec-Verfahren setzt im Prozess nach dem Verbrennen der Klärschlammmasche an. Asche und Natriumsulfat oder Soda werden mit Trockenklärschlamm als Reduktionsmittel vermischt und auf eine Temperatur von 900 Grad Celsius erhitzt. Flüchtige Schwermetalle gehen in die Gasphase über und lassen sich so abscheiden. Im weiteren Verlauf entsteht die Phosphatverbindung CaNaPO_4 anstelle der vorher vorherrschenden Ca-, Al- und Fe-Phosphate. Diese entspricht dem sogenannten Rhenia-Phosphat, welches bis in die 1980er Jahre als pflanzenverfügbare Phosphatverbindung weitreichend im Einsatz war und allen Kriterien zur Pflanzendüngung entspricht.

Pro Tonne Klärschlammmasche entstehen circa 40 Kilogramm trockenes Schwermetallkonzentrat, das einer Entsorgung zugeführt werden muss. Diese Menge liegt weit unterhalb der Abfallmengen von alternativ eingesetzten nasschemischen Verfahren. Dagegen liegt die Nährstoffkonzentration im Dünger unterhalb der in Europa üblicherweise verwendeter Düngemittel, sodass Handling und Aufbringen des Recyclingdüngers aufwendiger sind. In anderen Teilen der Welt sind jedoch Düngemittel mit vergleichbaren Nährstoffkonzentrationen erfolgreich im Einsatz.

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Das Investitionsvolumen für eine Anlage für das Processing von 14.000 Tonnen Asche pro Jahr liegt bei etwa zwölf bis 20 Millionen Euro. Die laufenden Kosten betragen

etwa 0,7 bis ein Euro pro Kilogramm P_2O_5 , was unterhalb des üblichen Marktpreises liegt. Aufgrund der nicht gegebenen direkten Vergleichbarkeit mit Primärdünger müssen voraussichtlich Abstriche bei der Erlöserwartung gemacht werden. Perspektivisch ist, bei entsprechender Entwicklung des Preises, jedoch mit einer Amortisation von 2,7 bis 3,5 Jahren zu rechnen. Ein Anreiz für ein weitreichenderes Phosphorrecycling ist die sich zunehmend verschärfende Situation in Bezug auf Vorschriften für die Kreislaufschließung.

Maßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit
Anlage für das Processing von 14.000 Tonnen Asche pro Jahr	Zwölf bis 20 Millionen Euro	2,7 bis 3,5 Jahre

Durch die hohe Volatilität des Preises von Rohphosphat, der zwischen 45 und 430 US-Dollar pro Tonne in den vergangenen zehn Jahren lag, ist eine direkte Abschätzung der Wirtschaftlichkeit schwer möglich. Ein langfristiger Trend ist jedoch positiv.

Schwerwiegender bei wirtschaftlichen Überlegungen sind jedoch immer strikter gefasste Vorschriften. Hier ist beispielsweise die Klärschlammverordnung zu nennen, welche eine Ausbringung von Klärschlamm immer stärker einschränkt und ein verstärktes Phosphorrecycling propagiert. Dieser Umstand wird zukünftig zu einem hohen Bedarf an geeigneten Aufbereitungsverfahren führen.

Aus Umweltsicht ist das Verfahren gegenüber der Gewinnung von Rohphosphaten als vorteilhaft zu beurteilen. Der Energiebedarf für das Phosphorrecycling lässt sich durch bei der Klärschlammverbrennung erzeugte Energiemengen decken.



Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Die Funktion des Ash-Dec-Verfahrens wurde in vielseitigen Tests auf den von Ash Dec und Outotec betriebenen Pilotanlagen bewiesen. Das Verfahren ist generell auf alle phosphatreichen Aschen anwendbar, unabhängig davon, ob die Aschen aus der thermalen Konversion von Klärschlamm oder anderen Biomassen stammen. Auch wenn bereits eine Verbrennung des Klärschlammes durchgeführt wird, ist eine Nachschaltung des Aufbereitungsverfahrens möglich.



GRUPPE 6: SUBSTITUTION DURCH BIOBASIERTE STOFFE

Biopolyamide als Substitution mineralölbasierter Polyamide in Hochleistungsanwendungen

Anbieter der Technologie: Evonik Industries³² (Essen), www.vestamid.de

Einordnung:

Biokunststoffe sind biologisch abbaubar und/oder werden aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, was nicht unbedingt miteinander einhergeht. Hier betrachtet werden biobasierte Kunststoffe, welche aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen.

Traditionell konnten vor allem in der Verpackungsindustrie große Mengen an biobasierten Kunststoffen zum Einsatz kommen, jedoch bieten nach und nach auch andere Marktsegmente immer größere Potenziale für einen erfolgreichen Einsatz.

Beschreibung des Verfahrens:

Biopolyamide gehören zu den Hochleistungspolymeren. Ihre technischen Eigenschaften übertreffen teilweise die von herkömmlichen Polyamiden, sodass ein Einsatz nicht nur nach Wirtschaftlichkeitskriterien erfolgt. Die Anwendung in Bauteilen wie hydraulischen Kupplungsleitungen, Druckluftbremsleitungen und Kraftstoffleitungen erfolgt bereits. Der Einsatz von hochwertigen, speziell abgestimmten Compounds in weiteren Bereichen des Automobilbaus wird derzeit geprüft. In einem modernen Pkw liegt der Anteil an Polymeren bereits bei circa 25 Prozent, sodass weiteres Substitutionspotenzial besteht. Biobasierte Polymere werden aus Monomeren hergestellt, deren Grundstoffe von nachwachsenden Rohstoffen, wie beispielsweise dem Öl der Rizinuspflanze, stammen. Hochleistungspolyamide lassen, je nach beabsichtigtem Einsatzzweck, einen unterschiedlichen Anteil an biobasierten Grundstoffen zu. Zurzeit werden biobasierte Polymere und Materialien entweder direkt durch Modifikation von natürlichen Polymeren, wie zum Beispiel Cellulose und Stärke, hergestellt oder in integrierten Prozessen zum Beispiel aus Kohlenhydraten hergestellt. Die Produkte dieser Prozesse können häufig als Drop-in-Replacements direkt in bestehende Prozessketten integriert werden.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Das Unternehmen Evonik Industries AG bietet eine breite Palette an Biopolyamiden mit einem unterschiedlichen Anteil an nachwachsenden Ausgangsstoffen, welche in einer Vielzahl von Einsatzzwecken Verwendung finden können. Auch die technisch sehr anspruchsvolle Automobilindustrie ist Abnehmer von Biopolymeren, wovon speziell die hessische Automobilzuliefererindustrie profitieren könnte.



Ökonomische und ökologische Vorteile:

Die direkte Wirtschaftlichkeit bei Biokunststoffen ist in den meisten Einsatzbereichen derzeit nicht gegeben. Dennoch gibt es an vielen Stellen gute Argumente, einen Einsatz von biobasierten Kunststoffen in Betracht zu ziehen. Neben positiven Marketingeffekten durch das Versprechen umweltfreundlicherer Produkte können auch vorteilhafte technische Eigenschaften durch Biopolymere erreicht werden. Hier zu nennen ist beispielsweise das Biopolyamid Vestamid® Terra PA 610 von Evonik Industries, welches im Bereich hydraulischer Kupplungsleitungen bei Pkw vorteilhafte Eigenschaften in Bezug auf Schmelztemperatur und chemische Beständigkeit aufweist. Auch das Druckverhalten ist als positiv zu bewerten.

Der Einsatz von Biopolymeren kann ein Weg sein, eine bessere Ökobilanz des Endprodukts durch umweltfreundliche Materialien zu begünstigen. Der Werkstoff Vestamid® Terra PA1010 besteht zu 100 Prozent aus Rizinusöl und führt somit im Vergleich zu einem mineralölbasierten Polyamid zu einer Halbierung der CO₂-Emissionen.

³² www.vestamid.de (abgerufen am 21.02.2016); Vestamid® ist ein Werkstoff der Evonik Industries AG.

Wirtschaftlicher Einsatz biologisch abbaubarer Hydrauliköle als Ersatz von Mineralölen

Anbieter der Technologie: DanicoBiotech (Kelkheim), www.danico-biotech.de / Kleenoil Panolin AG (Dogern), www.kleenoilpanolin.com / Carl Bechem GmbH (Hagen), www.bechem.de³³

Einordnung:

Mehrere Firmen wie die Kleenoil Panolin AG und die Carl Bechem GmbH bieten biologisch abbaubare Schmierstoffe für den Einsatz in Hydraulikanwendungen sowie der entsprechenden Peripherie wie Filteranlagen und Monitoring-Systemen an. Der derzeitige Marktanteil von Bio-Hydraulikölen ist bislang noch gering, weist jedoch perspektivisch ein erhebliches Wachstum auf. Aus Anwendersicht ist hierbei insbesondere eine über den reinen Produktpreis hinausreichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erforderlich.

Beschreibung des Verfahrens:

Die Substitution von mineralischen Ölen durch biologisch abbaubare Schmierstoffe ist, insbesondere bei mobilen Anlagen, aufgrund verschiedener Aspekte zu bevorzugen. Ein hohes Verlustpotenzial, insbesondere bei Hydraulikanwendungen, wo häufig mehrere hundert Liter Hydraulikflüssigkeit bei hohen Drücken und in freiliegenden Leitungssystemen zum Einsatz kommen, erfordert eine ganzheitliche Risikobeurteilung bei der Wahl des Schmierstoffs. Hydrauliköle, welche eine biologische Abbaubarkeit aufweisen, erlauben hier einen risikoärmeren Einsatz der entsprechenden Anlage oder Maschine und sorgen für eine grüne Außenwirkung für das Unternehmen. Bereiche, auf die das zutrifft, sind insbesondere Landwirtschaft, Stahlwasserbau, Windenergie und Aufzugsanlagen.

Hessen-Bezug und Übertragbarkeit:

Anbieter von Bio-Hydraulikölen und Filtersystemen sind beispielsweise die Firma Kleenoil Panolin AG oder die Carl Bechem GmbH. Ein Einsatz in den Bereichen Landwirtschaft und Windenergie sowie im Baubereich ist auch in Hessen großflächig möglich.

³³ Theissen, H. (2012): Wirtschaftlichkeit von Bioschmierstoffen, in: Bioschmierstoff-Kongress 2012, hrsg. von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., S. 207-219 (reihe Gülzower Fachgespräche 39).



Typischer Hydraulikmechanismus

Ökonomische und ökologische Vorteile:

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes biologisch abbaubarer Schmierstoffe zu treffen, ist eine Betrachtung über den direkten Anschaffungspreis hinaus sinnvoll. Generell ist zu bemerken, dass die Anschaffungskosten für Bioschmierstoffe zurzeit noch das Dreifache von konventionellen Schmierstoffen betragen. Auch wenn sich hierbei umgerechnet auf die Betriebsstunde lediglich Mehrkosten im Cent-Bereich ergeben, kann der Preis durchaus ein Hemmnis für einen verbreiteten Einsatz darstellen. Wird jedoch zusammen mit der Umölung auf Bioschmierstoffe auch die Einführung eines angepassten Wartungssystems, bestehend aus Ölfilterung, regelmäßigen Kontrollen und Condition Monitoring, realisiert, lässt sich die mögliche Nutzungsdauer der Ölfüllung um das Fünffache verlängern. Dies hat nicht nur Auswirkungen auf die direkte Wirtschaftlichkeit, sondern zieht auch positive Effekte wie einen geringeren kontaminationsbedingten Maschinenverschleiß nach sich.

Ein sehr schwerwiegender finanzieller Aspekt bei mobilen Anlagen ist außerdem die Risikominimierung bei Störfällen mit Ölverlust. Die biologische Abbaubarkeit erfordert hier einen geringeren Aufwand an Notfallmaßnahmen. Die Kundenzufriedenheit mit Bio-Hydraulikölen wurde bei einer Umfrage unter 200 Anwendern als hoch bis sehr hoch beurteilt.

4 ANHANG

4.1 NETZWERKE, PROGRAMME UND FÖRDERMÖGLICHKEITEN

HESSEN

Enterprise Europe Network Hessen

In Hessen bietet das Enterprise Europe Network Hessen Unternehmen Unterstützung bei Fragestellungen rund um das Thema EU-Förderung. Das Netzwerk informiert über aktuelle Ausschreibungen, vermittelt Forschungs-kooperationen und unterstützt in Antragsverfahren.

www.een-hessen.de

HA Hessen Agentur GmbH und Hessen Trade & Invest GmbH

Die HA Hessen Agentur GmbH und ihre Tochtergesellschaft, die Hessen Trade & Invest GmbH, fungieren als Wirtschaftsförderer und -entwickler des Landes. Sie setzen Projekte, Kampagnen und Förderaktivitäten um und beraten und vernetzen Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft. Hier ist unter anderem die Technologielinie Hessen-Umwelttech angesiedelt (siehe Kapitel 4.2) sowie das Enterprise Europe Network Hessen und Hessen Modellprojekte.

www.hessen-agentur.de, www.htai.de

Hessen Modellprojekte

Dieses Programm zur Förderung angewandter Forschungs- und Entwicklungsprojekte richtet sich an kleine oder mittlere Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen in Hessen. Im Rahmen der beiden Maßnahmen LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz und KMU Modell- und Pilotprojekte werden Innovationen gefördert.

www.innovationsfoerderung-hessen.de

Hessen-PIUS

Ziel von Hessen-PIUS ist es, den produktionsintegrierten Umweltschutz und Maßnahmen zur Ressourceneffizienz zu fördern. Zentraler Bestandteil ist ein finanziell gefördertes Beratungsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen in Hessen aus Produktion, Handel und Dienstleistung (siehe auch Kapitel 4.2).

www.hessen-pius.de

BUND

Deutsche Rohstoffagentur (DERA)

Die Deutsche Rohstoffagentur ist die zentrale Informations- und Beratungsplattform zu mineralischen und Energierohstoffen für die deutsche Wirtschaft. Sie analysiert und bewertet kontinuierlich die internationalen Märkte für mineralische Rohstoffe und fossile Energierohstoffe, um bezüglich der Rohstoffverfügbarkeit und der Versorgungssituation Aussagen zu treffen.

www.deutsche-rohstoffagentur.de

Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes)

Im Jahr 2012 wurde das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) beschlossen. Ziel des Programms ist es, die Entnahme und Nutzung natürlicher Ressourcen nachhaltiger zu gestalten sowie die damit verbundenen Umweltbelastungen so weit wie möglich zu reduzieren. Der Fokus von ProgRes liegt auf abiotischen, nichtenergetischen Rohstoffen, ergänzt um die stoffliche Nutzung biotischer Rohstoffe. ProgRes gibt einen Überblick über zahlreiche vorhandene Aktivitäten und beschreibt Handlungsansätze und konkrete Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz anhand einer Analyse der gesamten Wertschöpfungskette.

www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-progress/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=1742

KfW-Umweltprogramm

Mit dem Umweltprogramm der KfW werden Unternehmen gefördert, die Investitionen im Bereich Umweltschutz und Nachhaltigkeit tätigen wollen. Das umfasst beispielsweise Vorhaben, um Materialien und Ressourcen einzusparen, Abfall zu vermeiden und Abwässer zu vermindern.

www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Umweltprogramm-%28240-241%29/

Nationale Plattform Ressourceneffizienz (NaRes)

2013 hat das Bundesumweltministerium die Nationale Plattform Ressourceneffizienz ins Leben gerufen. Die Plattform soll als zentrale Informationsplattform der Bundesregierung zum Thema Ressourceneffizienz fungieren und einer Koordinierung mit den Wirtschaftsverbänden dienen. Bislang hat die Plattform dreimal getagt, der Teilnehmerkreis besteht aus rund 40 Institutionen.

www.bmub.bund.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen/ressourceneffizienz/naress-nationale-plattform-fuer-ressourceneffizienz/

Nationales Ressourcen-Forum (NRF)

Ziel des Nationalen Ressourcen-Forums (NRF) ist es, eine nationale Diskussionsplattform im Bereich Schonung natürlicher Ressourcen bereitzustellen, die die politische und wissenschaftliche Debatte des Themas fokussiert. Das NRF, das alle zwei Jahre unter der Leitung des Umweltbundesamtes stattfindet, übernimmt eine wichtige Think-Tank-Funktion für die Diskussion zum Thema Ressourcenschonung in Deutschland und darüber hinaus und unterstützt die Vernetzung und die Initiierung von entsprechenden Akteurs-Allianzen.

www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-der-umweltpolitik/nationales-ressourcen-forum-start

Netzwerk Ressourceneffizienz (NeRes)

Das Netzwerk Ressourceneffizienz bündelt fachübergreifend und praxisorientiert Know-how und Erfahrungen zu ressourcenschonender Produktion, Produkten und Management und dient der gegenseitigen Information und Vernetzung unterschiedlichster Akteure. Dies erfolgt beispielsweise in regelmäßigen Netzwerkkonferenzen, durch gezielte Informationen und Hilfen für Klein- und Mittelbetriebe sowie durch die Bekanntmachung von Best-Practice-Aktivitäten.

www.neress.de/startseite.html

PIUS-Internet-Portal und PIUS-Netzwerk-Deutschland

Mit einer Vielzahl an Dokumenten zu den Themenfeldern PIUS, Ressourceneffizienz und nachhaltiges Wirtschaften bietet das Portal einen umfassenden und praxisnahen Überblick. Betrieben und finanziert wird das PIUS-Portal von der Effizienz-Agentur NRW, der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH, der Technologielinie Hessen-Umwelttech, Umwelttechnik BW und dem VDI Zentrum Ressourceneffizienz. Ziel des PIUS-Netzwerkes Deutschland ist es, den Austausch zwischen den Experten in den genannten Themenfeldern auf Bundes- und Landesebene zu verbessern.

www.pius-info.de, www.pius-netzwerk-deutschland.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE)

Aufgabe des VDI Zentrums Ressourceneffizienz ist es, Informationen zu Umwelttechnologien sowie zu material- und energieeffizienten Prozesslösungen allgemein verständlich aufzubereiten. Damit sollen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei der Steigerung ihrer Ressourceneffizienz unterstützt werden. Der inhaltliche Fokus liegt derzeit auf der industriellen Produktion und dem Bauwesen. Beispielsweise bietet das VDI ZRE modular aufgebaute Ressourcenchecks an, die Unternehmen bei der Steigerung der Effizienz betrieblicher Prozesse unterstützen beziehungsweise den Ressourcenverbrauch von Gebäuden reduzieren.

www.ressource-deutschland.de

Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Das ZIM ist ein technologie- und branchenoffenes bundesweites Förderprogramm, das sich an kleine und mittlere Unternehmen richtet. Möglich sind eigenständige FuE-Projekte sowie Kooperationen mit weiteren Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

www.zim-bmwi.de

4.2 DIE TECHNOLOGIELINIE HESSEN-UMWELTTECH UND HESSEN-PIUS

Die Technologielinie Hessen-Umwelttech ist die zentrale Plattform des Hessischen Wirtschaftsministeriums für die Umwelttechnologiebranche. Sie stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft von hessischen Herstellern und Dienstleistern der Umwelttechnik und fungiert – insbesondere im Hinblick auf die Themen Ressourceneffizienz und produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) – als Schnittstelle zu Umwelttechnologieanwendern.

Die Technologielinie bietet Informationen, Kommunikationsangebote und Kooperationsmöglichkeiten für Umwelttechnologieanbieter und -anwender, zum Beispiel aus den Segmenten Abfalltechnologie, Wasser- und Abwassertechnologie sowie Energietechnologie. Sie berät Unternehmen, fördert den Technologietransfer und stellt die Kompetenzen der hessischen Umwelttechnologie dar.

Folgende Angebote können Unternehmen bei Hessen-Umwelttech nutzen:

- ➔ **Aktuelle Brancheninfos** im Print-Newsletter Hessen-Umwelttech NEWS und in den E-Mail-NEWS Hessen-Umwelttech
- ➔ **Themenspezifische Informationsbroschüren und Leitfäden**
- ➔ **Fachtagungen und Workshops** zum Informationsaustausch und Kontaktknüpfen
- ➔ **Teilnahme an Messeständen**, die von Hessen-Umwelttech organisiert werden
- ➔ **Hessen-PIUS:** Vermittlung von Informationen und geförderten Beratungen zum produktionsintegrierten Umweltschutz in Hessen
- ➔ **Unterstützung bei Außenwirtschaftsaktivitäten** für Umwelttechnologieunternehmen in Zusammenarbeit mit den Exportinitiativen des Bundes
- ➔ **Zentrale Ansprechpartner und Lotsen** für alle Fragen aus dem Bereich Umwelttechnologie

Mit der Durchführung der Technologielinie Hessen-Umwelttech ist die Hessen Trade & Invest GmbH beauftragt. Aufgabe der Wirtschaftsentwicklungsgesellschaft des Landes Hessen ist es, den Wirtschafts- und Technologiestandort Hessen nachhaltig weiterzuentwickeln, um seine Wettbewerbsfähigkeit zu festigen und auszubauen. Die Technologielinie Hessen-Umwelttech stellt für den Bereich Umwelttechnik die zentrale Schnittstelle dar und arbeitet im Rahmen ihrer Lotsenfunktion unter anderem mit folgenden Einrichtungen eng zusammen:

- ➔ Hessen Modellprojekte
- ➔ Förderberatung Hessen
- ➔ Hessische Anlaufstelle für das Enterprise Europe Network
- ➔ Transferstelle für Klimaschutz und Emissionshandel Hessen
- ➔ Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen
- ➔ Exportinitiativen des Bundes im Bereich der Umwelttechnologien

KONTAKT:

Technologielinie Hessen-Umwelttech

Dr. Felix Kaup, Projektleiter
Dagmar Dittrich, Projektmanagerin

Hessen Trade & Invest GmbH
Konradinallee 9, 65189 Wiesbaden
Tel.: 0611 95017-8636, -8645,
Fax: 0611 95017-58636, -58645

felix.kaup@htai.de
dagmar.dittrich@htai.de
www.hessen-umwelttech.de



Hessen-PIUS: Umwelt schützen – Kosten senken

Für Unternehmen wird es immer wichtiger, Ressourcen wirtschaftlich einzusetzen. Der produktionsintegrierte Umweltschutz (PIUS) bietet hier ein wirksames Instrument und eröffnet sowohl Umwelttechnikern als auch -anwendern interessante Chancen. Aus diesem Grund hat das Hessische Wirtschaftsministerium ein PIUS-Beratungsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen in Hessen gestartet. Ziel ist es, durch die Optimierung unternehmensinterner Prozesse einen effizienten Umgang mit Ressourcen wie Energie, Wasser, Luft, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen zu erreichen und damit Kosten einzusparen. Die Projektdurchführung des PIUS-Beratungsprogramms liegt bei der RKW Hessen GmbH.

Die Technologielinie Hessen-Umwelttech koordiniert alle weiteren Aktivitäten zu Hessen-PIUS und ist seit 2008 Kooperationspartner am mit rund 25.000 Einzuzugriffen pro Monat meistgenutzten PIUS-Portal Deutschlands www.pius-info.de. Betrieben und finanziert wird das PIUS-Portal gemeinsam mit der Effizienz-Agentur NRW (EFA) in Duisburg, der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH (SAM) in Mainz sowie dem VDI Zentrum Ressourceneffizienz (ZRE).

Geförderte Beratung:

Die Förderung des Hessischen Wirtschaftsministeriums und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung für eine PIUS-Beratung kann pro kleinem oder mittlerem Unternehmen bis zu 8.000 Euro (9.000 Euro in EFRE-Vorranggebieten) innerhalb von drei Jahren betragen. Dabei deckt das Programm nicht nur die Verbesserung von Produktionsprozessen ab, sondern zeigt auch Chancen für eine umweltfreundliche und effiziente Ausrichtung von Dienstleistungs- und Handelsunternehmen auf.

Kontakt:

RKW Hessen GmbH
Kay Uwe Bolduan, Roland Nestler
Düsseldorfer Str. 40, 65760 Eschborn
Tel.: 06196 9702-40, Fax: -99
pius@rkw-hessen.de
www.rkw-hessen.de, www.hessen-pius.de

SCHRIFTENREIHE

der Technologielinie Hessen-Umwelttech
des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung

Band 1

Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umwelttechnologie Innovationspotenziale für Unternehmen

Band 2

Mittel- und Osteuropa – Zukunftsmärkte für hessische Umwelttechnologie Beispiel Abwassermarkt der Slowakei

Band 3

Auslandsmärkte – Zukunftspotenziale für hessische Umwelttechnologieunternehmen

Band 4

Unternehmenskooperation am Beispiel des Recyclings gemischter Bau- und Abbruchabfälle

Band 5

Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) für KMU in Hessen Umwelt schützen – Kosten senken

Band 6

Umwelttechnologie-Anbieter in Hessen – Bestandsaufnahme 2007 Zusammenfassung

Band 7

Umwelttechnologieforschung für die Unternehmenspraxis – Beispiele anwendungsnaher Forschung an hessischen Hochschulen

Band 8

Praxisleitfaden – Energieeffizienz in der Produktion

Band 9

Strömungssimulation in der Umwelttechnologie Effiziente Versuchsplanung mit CFD (Computational Fluid Dynamics)

Band 10

Kompetenzatlas Wasser Wassertechnologie und Wassermanagement in Hessen

Band 11

Kompetenzatlas Abfall Abfallwirtschaft, Abfalltechnologie und Ressourceneffizienz in Hessen

Band 12

Nachhaltiges Bauen Umwelttechnologieeinsatz und Ressourceneffizienz bei Sanierung und Neubau

Band 13

Umweltindustrie in Hessen – Bestandsaufnahme 2012

Band 14

Kompetenzatlas Erneuerbare Energien in Hessen

Band 15

Mit Ecodesign zu einer ressourcenschonenden Wirtschaft

Band 16

Stoffkreisläufe in Hessen – Praxisbeispiele und Potenziale

Informationen/Download/Bestellung: www.hessen-umwelttech.de

Hessen

Umwelttech

www.hessen-umwelttech.de



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft -
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Das Projekt wird kofinanziert aus
Mitteln der Europäischen Union