

ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH

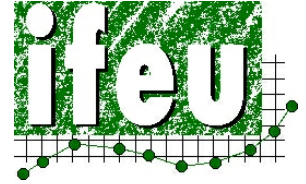


Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource

Endbericht

**für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
(SenStadtUm)
Referat Kreislaufwirtschaft
10179 Berlin**

Heidelberg, Oktober 2013



ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH



Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource

Endbericht

**für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
(SenStadtUm)**

Referat Kreislaufwirtschaft

10179 Berlin

Regine Vogt
Joachim Reinhardt

mit Beteiligung von
Knud Ebert, Ulrich Wiegel
(ICU – Ingenieurconsulting Umwelt und Bau Berlin)

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3, D – 69120 Heidelberg
Tel.: +49/(0)6221/4767-0, Fax: +49/(0)6221/4767-19
E-mail: ifeu@ifeu.de, Website: www.ifeu.de

Heidelberg, Oktober 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Vorgehen	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Vorgehen	2
1.3	Grundsätze der Klimagas- und Umweltbilanzierung	3
1.4	Rahmenbedingungen für die Klimagas- und Umweltbilanz 2012	4
2	Indikatoren für die Klimagas- und Umweltbilanz	6
2.1.1	Klimagasbilanz	6
2.1.2	Ermittlung der Indikatoren zur Umweltbilanz	6
2.1.3	Auswertung der Indikatoren zur Umweltbilanz	7
3	Ergebnisse 2012 – abfallartenbezogene Steckbriefe	11
3.1	Boden und Steine	11
3.2	Bauschutt	12
3.3	Beton	13
3.4	Gipsabfälle	14
3.5	Asphalt	15
3.6	Baggergut	17
3.7	Hausmüll inkl. Geschäftsmüll	18
3.8	Gewerbeabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	20
3.8.1	Überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	20
3.8.2	Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	22
3.8.3	Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	24
3.9	Klärschlamm	26
3.9.1	Ungefaulter Klärschlamm	26
3.9.2	Gefaulter Klärschlamm	27
3.10	Sperrmüll	29
3.11	Straßenkehrsicht	31
3.12	Altpapier und Altglas	33
3.13	LVP – Wertstoffe	34
3.13.1	Leichtverpackungen im Sammelsystem Gelbe Tonne	34
3.13.2	Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus	35
3.13.3	Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box	37
3.14	Alttextilien	39
3.15	Altteppiche	41
3.16	Altreifen	43
3.17	E-Schrott	45
3.18	Altmetalle	46
3.19	Altholz	47
3.19.1	Getrennt gesammeltes Altholz	47
3.19.2	Baum- und Strauchschnitt	48
3.19.3	Weihnachtsbäume	49
3.20	Organikabfälle aus Haushalten	50
3.20.1	Bioabfall (BIOGUT)	50
3.20.2	Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle	51
3.20.3	Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack	53
3.21	Laub und Straßenlaub	55

3.22	Grasschnitt	57
3.22.1	Straßenbegleitgrün	57
3.22.2	Mähgut	58
3.23	Organikabfälle aus Gewerbe	60
3.23.1	Speisereste	60
3.23.2	Überlagerte Lebensmittelabfälle	61
3.23.3	Fettabscheiderinhalte	63
3.24	Altfette	65
3.25	Pferdemist	66
3.26	Rechengut	68
4	Ergebnisse 2012 – Erläuterung der abfallartenspezifischen Steckbriefe	69
4.1	Mineralische Abfälle	69
4.1.1	Boden und Steine	69
4.1.2	Bauschutt	70
4.1.3	Beton	71
4.1.4	Gipsabfälle	73
4.1.5	Asphalt	74
4.1.6	Baggergut	76
4.2	Hausmüll inkl. Geschäftsmüll	76
4.3	Gewerbeabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	84
4.3.1	Überlassungspflichtige Gewerbeabfälle	84
4.3.2	Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	88
4.4	Klärschlamm	93
4.4.1	Ungefaulter Klärschlamm	93
4.4.2	Gefaulter Klärschlamm	96
4.5	Sperrmüll	101
4.6	Straßenkehrsicht	102
4.7	Trockene Wertstoffe – Wertstofftonne	105
4.7.1	Altpapier und Altglas	105
4.7.2	Leichtverpackungen im Sammelsystem Gelbe Tonne	106
4.7.3	Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus	108
4.7.4	Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box	109
4.8	Alttextilien	111
4.9	Altteppiche	111
4.10	Altreifen	112
4.11	E-Schrott und Altmetalle	114
4.12	Altholz	114
4.12.1	Getrennt gesammeltes Altholz	114
4.12.2	Baum- und Strauchschnitt	116
4.12.3	Weihnachtsbäume	117
4.13	Organikabfälle aus Haushalten	118
4.13.1	Bioabfall (BIOGUT)	118
4.13.2	Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle	120
4.13.3	Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack	121
4.14	Laub und Straßenlaub	122
4.15	Grasschnitt	123
4.15.1	Straßenbegleitgrün	123

4.15.2	Mähgut	124
4.16	Organikabfälle aus Gewerbe	125
4.16.1	Speisereste	125
4.16.2	Überlagerte Lebensmittelabfälle	127
4.16.3	Fettabscheiderinhalte	128
4.17	Altfette	129
4.18	Pferdemist	129
4.19	Rechengut	130
4.20	Zusammenführung der Ergebnisse für alle Abfallarten	132
5	Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen bis 2020	141
5.1	Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	141
5.2	Bioabfall aus Haushalten	144
5.3	Trockene Wertstoffe aus Haushalten	147
5.4	Klärschlamm	150
5.4.1	Gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm	150
5.4.2	Klärschlämme in der KSVa Ruhleben	165
5.5	Laub und Grasschnitt	167
5.5.1	Laub und Straßenlaub	167
5.5.2	Mähgut	168
5.6	EBS aus MPS-Anlagen	169
5.7	Haus- und Geschäftsmüllbehandlung im MHKW Ruhleben	173
5.8	Altreifen	175
5.9	Verwertung RC-Beton im Hochbau	176
5.10	Gipsabfälle	177
6	Hinweise zum Umgang mit gegenläufigen Ergebnisse	180
6.1	UBA Bewertungsmethode	180
6.2	Ausblick Optimierungsmöglichkeiten gegenläufige Ergebnisse	183
7	Lenkungsinstrumente für ausgewählte Abfallarten	188
7.1	Haus- und Geschäftsmüll (kommunaler Abfall)	188
7.2	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (nicht kommunaler Abfall)	190
7.3	Organische Abfälle (überwiegend kommunaler Abfall)	191
7.4	Klärschlamm (kommunaler Abfall)	194
7.5	Mineralische Abfälle (überwiegend nicht kommunaler Abfall)	196
7.6	Weitere Abfälle	197
8	Kostenbetrachtung	199
8.1	Abschätzung der spezifischen Mehrkosten	199
8.2	Ergebnis der Kostenbetrachtung	204
9	Erweitertes Rechenmodell THG-Umwelt-Bilanz für Controlling	206
10	Akteursbeteiligung	210
11	Empfehlung zur Fortführung der Bilanzierung	214
12	Zusammenfassung	216

13	Literatur	221
14	Abkürzungsverzeichnis / Glossar	224

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll.....	79
Abbildung 4-2	Spezifisches Ergebnis KEA fossil Haus- und Geschäftsmüll.....	81
Abbildung 4-3	Spezifisches Ergebnis NOx Haus- und Geschäftsmüll.....	82
Abbildung 4-4	Spezifisches Ergebnis Quecksilber Haus- und Geschäftsmüll.....	83
Abbildung 4-5	Verbleib Outputfraktionen aus den Vorbehandlungsanlagen.....	89
Abbildung 4-6	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle.....	91
Abbildung 4-7	Absolutes Ergebnis Klimagasbilanz ungefauter Klärschlamm.....	95
Abbildung 4-8	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz gefauter Klärschlamm.....	97
Abbildung 4-9	Spezifisches Ergebnis KEA fossil gefauter Klärschlamm.....	98
Abbildung 4-10	Spezifisches Ergebnis NOx gefauter Klärschlamm.....	99
Abbildung 4-11	Spezifisches Ergebnis Quecksilber gefauter Klärschlamm.....	100
Abbildung 4-12	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Straßenkehrriecht.....	103
Abbildung 4-13	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz LVP Gelbe Tonne.....	107
Abbildung 4-14	Sankeydiagramm Mengenströme 2012.....	132
Abbildung 4-15	Entsorgte Mengen der Abfallarten 2012 (Mengenangabe in Tonnen).....	133
Abbildung 4-16	Absolute Nettoergebnisse der Klimagasbilanz 2012.....	136
Abbildung 5-1	Ergebnis Klimagasbilanz Bioabfallvergärung mit weitergehender optimierter Gärrestbehandlung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012.....	145
Abbildung 5-2	Schematische Darstellung Entnahme trockener Wertstoffe aus Haus- und Geschäftsmüll.....	148
Abbildung 5-3	Ergebnis Klimagasbilanz 2020 gegenüber Ist-Situation 2012.....	149
Abbildung 5-4	Ergebnis Quecksilberemissionen 2020 gegenüber Ist-Situation 2012.....	149
Abbildung 5-5	Kreislaufschema mit Auskopplung von Wärme zur Trocknung von Klärschlamm (Quelle: Vattenfall 2013).....	153
Abbildung 5-6	NOx- und N ₂ O-Emissionen in Abhängigkeit von Freiraum- und Betttemperatur (Mineur, Letzel, o.J.).....	156
Abbildung 5-7	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 1A (vollständiger KWK-Betrieb der neuen KVA).....	159
Abbildung 5-8	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 1B (reine Stromerzeugung in der neuen KVA).....	159
Abbildung 5-9	Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 2 (KWK-Betrieb zur weiteren Trocknung eines Klärschlammteils).....	160
Abbildung 5-10	Klimagasbilanz für den bis dato mitverbrannten Klärschlamm im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer neuen KVA.....	161

Abbildung 5-11	Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 1A (vollständiger KWK-Betrieb der neuen KVA).....	162
Abbildung 5-12	Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 1B (reine Stromerzeugung in der neuen KVA)	162
Abbildung 5-13	Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 2 (KWK-Betrieb zur weiteren Trocknung eines Klärschlammteils).....	163
Abbildung 5-14	Quecksilberemissionen für den bis dato mitverbrannten Klärschlamm im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer neuen KVA	164
Abbildung 5-15	Klimagasbilanz für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage	171
Abbildung 5-16	NOx-Emissionen für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage	171
Abbildung 5-17	Quecksilberemissionen für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage	172
Abbildung 5-18	Kreislaufschemata mit reinem Kondensationsbetrieb am MHKW Ruhleben (Quelle: Vattenfall 2013).....	173
Abbildung 5-19	Ergebnis Klimagasbilanz MHKW Ruhleben reine Stromerzeugung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012.....	174
Abbildung 5-20	Stoffstrombilanz Gipsrecyclinganlage (Quelle: REMONDIS 2013).....	178
Abbildung 8-1	Phosphatrückgewinnungsverfahren nach Kosten und Rückgewinnungsgrad (aus Pinnekamp et al. 2011)	201
Abbildung 9-1	Bildschirmfoto Ausschnitt Exceltool Berechnung 2012 IST für Haus- und Geschäftsmüll.....	207
Abbildung 9-2	Bildschirmfoto Ausschnitt Exceltool Blatt „Ergebnis“	209

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1	Zu betrachtende Abfallarten nach Sammel- bzw. Erfassungssystem.....	2
Tabelle 1-2	Metallausbeuten Vorläuferstudie (IFEU/ICU 2012).....	5
Tabelle 2-1	Treibhauspotenzial der wichtigsten Treibhausgase	6
Tabelle 2-1	Ausbeute beim Abbau verschiedener mineralischer Rohstoffe (BGR 2001).....	8
Tabelle 4-1	Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen HMG	86
Tabelle 4-2	Spezifisches Ergebnis KEA fossil nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle	92
Tabelle 4-3	Spezifisches Ergebnis NOx- und Hg-Emissionen nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle.....	93
Tabelle 4-4	Spezifisches Ergebnis KEA fossil ungefaulten Klärschlamm.....	95

Tabelle 4-5	Spezifisches Ergebnis NO _x - und Hg-Emissionen ungefaulter Klärschlamm	96
Tabelle 4-6	Spezifisches Ergebnis KEA fossil Straßenkehricht	104
Tabelle 4-7	Spezifisches Ergebnis NO _x - und Hg-Emissionen Straßenkehricht.....	104
Tabelle 4-8	Spezifisches Ergebnis NO _x - und Hg-Emissionen LVP Gelbe Tonne.....	108
Tabelle 4-9	Spezifisches Ergebnis Ammoniakemissionen Bioabfall.....	119
Tabelle 4-10	Spezifisches Ergebnis Ammoniakemissionen Speisereste	126
Tabelle 4-11	Ergebnisse Stoffstrom- und Klimagasbilanz 2012	134
Tabelle 4-12	Ergebnisse Ressourcenschonung 2012	137
Tabelle 4-13	Nettoergebnisse Luftemissionen und Cadmumeintrag in Boden 2012.....	139
Tabelle 5-1	Spezifisches Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 für die Verwertung über Vorbehandlungsanlagen – THG, KEA fossil und NO _x	142
Tabelle 5-2	Spezifisches Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 - Hg-Emissionen.....	142
Tabelle 5-3	Absolutes Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012	143
Tabelle 5-4	Ergebnis KEA fossil und NH ₃ -Emissionen Bioabfallvergärung mit weitergehender optimierter Gärrestbehandlung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012.....	146
Tabelle 5-5	Ermittelte Kenndaten für bislang mitverbrannten Klärschlamm.....	151
Tabelle 5-6	Kenndaten für Szenario 1.....	152
Tabelle 5-7	Kenndaten für Szenario 2.....	152
Tabelle 5-8	Phosphatrückgewinnungsverfahren aus Abwasser, Klärschlamm und Klärschlammverbrennungssasche	157
Tabelle 5-9	Ergebnis NO _x - und Hg-Emissionen MHKW Ruhleben reine Stromerzeugung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012	175
Tabelle 5-10	Absolutes Nettoergebnis Optimierung der Verwertung von Altreifen im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012.....	176
Tabelle 6-1	Priorisierungsvorschlag des UBA (1999).....	182
Tabelle 8-1	Kosten der Phosphatrückgewinnung nach dem PASCH-Verfahren	202
Tabelle 8-2	Zusammenstellung der Mehrkosten zur Umsetzung der Maßnahmen.....	205
Tabelle 10-1	Übersicht wesentliche Akteursbeteiligungen	210
Tabelle 11-1	Anmerkungen/Empfehlungen für die Fortführung und Aktualisierung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz.....	214

1 Veranlassung und Vorgehen

1.1 Veranlassung

Berlin ist mit rund 3,4 Mio. Einwohnern die bevölkerungsreichste Stadt Deutschlands. Zudem kommt der Stadt durch ihre Hauptstadtfunction eine besondere Verantwortung bei der Umsetzung der notwendigen Maßnahmen für eine nachhaltige Umweltpolitik zu. Im Rahmen dieser muss sich auch die Abfallwirtschaft noch stärker auf die Minimierung von Umweltauswirkungen ausrichten.

Nach dem vom Berliner Abgeordnetenhaus im Jahr 2011 beschlossenen Abfallwirtschaftskonzept für das Land Berlin soll zur besseren Evaluierung und Steuerung der Abfallwirtschaft des Landes Berlin die jährlich vorzulegende Abfallbilanz deutlich ausgeweitet werden. Ziel ist die vorhandenen und künftigen Techniken und Anlagen hinsichtlich der tatsächlichen Stoffströme, Umwelt- und Klimaauswirkungen bewerten zu können, um daraus entsprechende Maßnahmen zu initiieren.

In einem ersten Schritt wurde hierzu im Rahmen eines vom Bundesumweltministerium aufgelegten Förderprogramms im Auftrag der Senatsumweltverwaltung eine Untersuchung durchgeführt, in der eine vollständige Stoffstrombilanz sowie eine stoffstrombezogene Übersicht der Auswirkungen auf den Treibhauseffekt für das Bezugsjahr 2010 erstellt wurde (IFEU/ICU 2012, im weiteren als „Vorläuferstudie“ bezeichnet). Diese Untersuchung umfasste auch eine Potenzialanalyse und einen Maßnahmenplan zur Erreichung weiterer Beiträge zum Klimaschutz.

Die hier vorliegende, von der Senatsumweltverwaltung Berlin beauftragte Studie hat die Aufgabe, eine Stoffstrom- und Klimagasbilanz für 2012 zu erstellen und diese um eine abfallartenspezifische Umweltbilanz zu ergänzen.

Hierzu wurden in einem ersten Arbeitsschritt die für die Abfallentsorgung im Land Berlin relevantesten Umweltbelastungen ermittelt und darauf basierend geeignete Parameter zu deren Abbildung ausgewählt. Anhand dieser Parameter erfolgte im Weiteren die quantitative Umweltbewertung für die 36 zu untersuchenden Abfallarten.

Wesentliches Element dabei war die Ausweitung des für die Mengen- und Treibhausgasbilanzierung in der Vorläuferstudie entwickelten Rechentools auf die weiteren identifizierten Umweltaspekte.

Die Erkenntnisse aus den Ergebnissen der weitergehenden Umweltbewertung – Stoffstrom- und Treibhausgasbilanzierung ergänzt um die Bilanzierung wesentlicher Umweltparameter – dienen der Entwicklung einer praxistauglichen Konzeption zur Minimierung der Umweltbelastungen je Abfallart unter Abschätzung der Kosten. Zudem werden geeignete ökonomische und rechtliche Lenkungsinstrumente zur Erreichung der Umweltentlastungspotenziale aufgezeigt.

Wie in der Vorläuferstudie wurden auch im Rahmen dieser Studie neben der Auswertung von Abfallberichten bzw. Sonderabfragen relevante Akteure kontaktiert, wie Betreiber von Asphaltmischwerken, Behörden, die BSR, ALBA, gbav, Vattenfall, Betreiber von Speiseabfallvergärungsanlagen, die die relevanten Informationen zu aktuellen Stoffströmen und Entsorgungsanlagen zur Verfügung gestellt haben. Insbesondere von Vattenfall wurden wertvolle Informationen und Beiträge zur Ausgestaltung von Konzepten beigesteuert.

Darüber hinaus hat Vattenfall auch aktiv an der Überprüfung der Realisierbarkeit von Konzepten für Laub mitgewirkt und entsprechende Mitverbrennungsversuche im IKW Rüdersdorf geplant. Hervorzuheben ist ebenfalls der konstruktive Fachaustausch mit der gbav und den BSR zu den Möglichkeiten der Verwertung von Straßenkehricht.

1.2 Vorgehen

Die Vorgabe, die Abfallentsorgung im Land Berlin zu analysieren und in Richtung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft auszurichten, würde wissenschaftstheoretisch eine umfassende Erfassung und Auswertung der mit der Abfallentsorgung verbundenen Umweltwirkungen erfordern. Dem stehen jedoch Aspekte der Praktikabilität und Sinnhaftigkeit gegenüber. So ist es weder zielführend noch machbar, eine Untersuchung und ein fortzuführendes Monitoring bis ins Detail für alle Berliner Abfallarten vorzunehmen. Vielmehr ist entscheidend, die Relevanz von abfallwirtschaftlichen Aktivitäten zu erkennen und daraus gezielt zu untersuchende Abfallarten sowie geeignete Indikatoren zu deren Überwachung und Bewertung zu ermitteln.

Die für das Land Berlin relevanten Abfallarten wurden in der Vorläuferstudie, der Erstellung eines Maßnahmenplans für eine klimafreundliche Abfallentsorgung, identifiziert. Insgesamt wurden 36 Abfallarten ausgewählt, die auch für diese Studie betrachtet werden. Neu werden für das Jahr 2012 Gipsabfälle als separate Fraktion ausgewertet. Die damit 37 Abfallarten zeigt Tabelle 1-1.

Tabelle 1-1 Zu betrachtende Abfallarten nach Sammel- bzw. Erfassungssystem

Nr.	Abfallfraktionen
1	Boden und Steine
2	Bauschutt
3	Beton
4	Gipsabfälle
5	Asphalt
6	Baggergut
7	Hausmüll inkl. Geschäftsmüll
8	Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle
9	Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie
10	Nicht überlassungspflichtige Gewerbeabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle
11	Klärschlamm (ungefault und gefault)
12	Sperrmüll
13	Straßenkehricht
14	Papier, Pappe, Karton (PPK)
15	Altglas
16	Leichtverpackungen (LVP) im Sammelsystem Gelbe Tonne
17	Trockene Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus (GTP)
18	Trockene Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box

19	Alttextilien
20	Altteppiche
21	Altreifen
22	E-Schrott
23	Altmetalle
24	Getrennt gesammeltes Altholz
25	Baum- und Strauchschnitt
26	Weihnachtsbäume
27	Bioabfall (BIOGUT)
27	Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle
28	Organikabfälle im Sammelsystem Laubsäcke
29	Laub / Straßenlaub
30	Straßenbegleitgrün
31	Mähgut
32	Speisereste
33	überlagerte Lebensmittel
34	Fettabscheiderinhalte
35	Altfette
36	Pferdemist
37	Rechengut

1.3 Grundsätze der Klimagas- und Umweltbilanzierung

Die Bilanzierung wird nach der für die Abfallwirtschaft modifizierten standardisierten Ökobilanzmethode durchgeführt. Grundsätzlich gilt, dass im Rahmen einer ökobilanziellen Betrachtung für Umweltwirkungen nur Potenziale abgeschätzt werden können, das heißt das Ausmaß in dem ein Stoff möglicherweise zu einer negativen Umweltwirkung beiträgt. Für räumlich oder zeitlich eingrenzbar Fragestellungen, wie z.B. die Beurteilung der Umweltverträglichkeit einer Anlage, müssen entweder andere Bewertungsmaßstäbe oder andere Bewertungsverfahren (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfung) herangezogen werden.

Weitere wesentliche Aspekte im Rahmen der hier durchgeführten Bilanzierung sind:

- Die Bilanzierung erfolgt nach Abfallart:
 - Abfälle müssen in ihren Eigenschaften eindeutig definiert sein, um verschiedene Entsorgungswege objektiv vergleichen zu können.
 - Ergebnisse können nicht zur Bewertung von Behandlungsverfahren herangezogen werden, sondern lediglich dazu, welche Behandlungsarten sich für welche Abfallart aus Umweltschutzsicht vorzugsweise eignen.

- Es wird der gesamte Lebensweg der Abfallentsorgung betrachtet beginnend mit dem Abfallanfall, endend mit dessen thermischer Behandlung oder mit dem aus dem Abfall erzeugten Sekundärprodukt.
 - Die Abfall“erzeugung“ ist nicht berücksichtigt, entsprechend überwiegen häufig erzielte Entlastungen gegenüber den mit der Entsorgung verbundenen Belastungen. In der Differenz ergeben sich sogenannten Nettoentlastungen (vermiedene Umweltwirkungen, negatives Vorzeichen).
 - In Vergleichen muss die gleiche Gesamtabfallmenge betrachtet werden, sonst führt „mehr“ Abfall zu „mehr“ Entlastung und damit zu einem falschen Ergebnis. Dies gilt analog für „weniger“ Abfall. Entsprechend kann eine Abfallvermeidung mit den genannten Systemgrenzen der Ökobilanz in der Abfallwirtschaft nicht beurteilt werden.
 - Alle derzeitigen und künftigen Be- und Entlastungen, die durch eine Abfallentsorgung ausgelöst werden, werden in der Bilanzierung der im jeweiligen Bezugsjahr betrachteten Abfallmenge zugeordnet (d.h. beispielsweise bei der Deponierung alle über die nächsten Jahrzehnte daraus entstehenden Emissionen).
 - Eine Substitution wird nur betrachtet bzw. angerechnet, wenn durch erzeugte Energie oder durch Abfälle bzw. Sekundärprodukte tatsächlich Primärenergie bzw. Primärmaterial ersetzt wird. Die Substitution eines Abfalls durch einen anderen ist nicht Gegenstand der Bilanzierung.

Die ermittelten Ergebnisse gelten für das Land Berlin. Für andere Städte und Bundesländer kann das spezifische Ergebnis nicht übertragen werden bzw. nur dann übertragen werden, wenn identische Randbedingungen vorliegen würden.

- Es gelten wie in der Vorläuferstudie folgende methodische Festlegungen:
 - Die Anrechnung erzeugter Energie erfolgt einheitlich nach der Durchschnittsbetrachtung. Innerhalb Berlins gelten die Emissionsfaktoren für Vattenfallstrom und Heizwärme in Berliner Haushalten, außerhalb Berlins die Emissionsfaktoren für den Bundesdurchschnitt.
 - Für die Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken wird die heizwertäquivalente Substitution von Regelbrennstoff (Kohle) angerechnet.
 - Es wird keine Annahme zu einer Holzschonung durch Papier- und Altholzrecycling angewendet, da hierfür keine belastbaren Daten vorliegen.

Im Detail sind die Festlegungen in der Vorläuferstudie beschrieben. Abweichend zur Vorläuferstudie wird auf die systematische nachrichtliche Ausweisung einer potenziellen C-Senke verzichtet.

1.4 Rahmenbedingungen für die Klimagas- und Umweltbilanz 2012

Gegenüber der Bilanz 2010 wurden für die Klimagas- und Umweltbilanzierung für das Bezugsjahr 2012 aktuelle Erkenntnisse wie nachfolgend beschrieben berücksichtigt. Zudem werden in Kapitel 2 geeignete Umweltindikatoren benannt.

Für die Emissionsfaktoren für Strom, Wärme und die Bereitstellung bzw. Substitution von fossilen Energieträgern wurden aktuelle Daten ausgewertet, da die Faktoren um die aus-

gewählten Indikatoren ergänzt werden mussten. Gegenüber den für 2010 verwendeten Emissionsfaktoren ergeben sich daraus jedoch nur geringe Veränderungen ohne nennenswerten Einfluss auf die Ergebnisse der Klimagasbilanz.

Des Weiteren war es ein Anliegen der Senatsumweltverwaltung eine enge Abstimmung mit neuen Erkenntnissen aus einem laufenden UBA-Vorhaben zu „stoffstromorientierten Lösungsansätzen für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen“ (UBA 2013/14) zu erreichen. Hierbei konnten zwei wesentliche Aspekte für die Bilanzierung aktualisiert und harmonisiert werden. Zum einen betrifft dies Emissionsfaktoren der stofflichen Verwertung trockener Wertstoffe, zum anderen erzielbare Reinheitsgrade von Metallen durch Sortierung und weitere Aufbereitung.

Bezüglich der Emissionsfaktoren für das Recycling trockener Wertstoffe konnte festgehalten werden, dass diese weitgehend weiterhin anwendbar sind. Eine Ausnahme bilden Kunststoffgemische nach der Sortierung. Hier mussten in der Vorläuferstudie Annahmen getroffen werden, die jetzt auf Basis der Erkenntnisse aus (UBA 2013/14) für die Verwertung von Kunststoffen aus der Sortierung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen angepasst wurden. Bedingt durch einen etwas höheren Reinheitsgrad bzw. eine höhere Ausbeute als angenommen, ergeben sich jetzt etwas höhere Entlastungseffekte für die Verwertung der aussortierten Kunststoffe.

Hinsichtlich der erzielbaren Ausbeuten bzw. Reinheitsgraden von Metallen aus der Sortierung von Abfallgemischen zeigten Untersuchungen an drei Sortieranlagen, dass im Mittel für Eisen eine Ausbeute bzw. ein anrechenbarer Reinheitsgrad von durchschnittlich 78% erreicht wird. Bisher war dieser Wert nur für gesammelten oder an die Recyclinghöfe verbrachten Eisenschrott angenommen worden sowie für die Sortierung in der Sperrmüllsortieranlage AAS (Tabelle 1-2). In dieser Studie wird aufgrund der Erkenntnisse aus (UBA 2013/14) neu generell von einer Ausbeute von 78% nach Sortierung ausgegangen.

Tabelle 1-2 Metallausbeuten Vorläuferstudie (IFEU/ICU 2012)

Abfallfraktionen	Fe-Metalle	NE-Metalle
M(B)An	62%	18%
AAS	78%	18%
Schrott	78%	-
Vorbehandlungsanlagen	62%	-

Für NE-Metalle ergab sich aus der oben genannten UBA-Studie an den drei Sortieranlagen ein mittlerer Reinheitsgrad von rd. 47%. Dieser bezieht sich allerdings auch auf Metallanhaftungen an FKN und sonstigen Verbundverpackungen. Für Aluminium lag der mittlere Reinheitsgrad bei rd. 34%. Für die vorliegende Untersuchung sind NE-Metallausbeuten nur für die AAS und die M(B)An gegeben (Tabelle 1-2). Diese beziehen sich im Wesentlichen auf Aluminium. Entsprechend wurde der ursprüngliche Wert von 18% auf 34% angepasst, um die Aluminiumausbeute realistischer abzubilden.

2 Indikatoren für die Klimagas- und Umweltbilanz

Die Abfallentsorgung der in Kapitel 1.2 beschriebenen Abfallarten wird hinsichtlich der Klimagasbilanz wie in der Vorläuferstudie über die Umweltwirkungskategorie Treibhauseffekt (Klimawandel) abgebildet. Für die Umweltbilanz wurden im Rahmen dieser Studie Indikatoren identifiziert, die geeignet sind, die wichtigsten Umweltauswirkungen aus der Entsorgung dieser Abfallarten aufzuzeigen. Da diese Indikatoren nicht nur einmalig, sondern dauerhaft für die Dokumentation und Fortschreibung der Bilanzierung der Abfallentsorgung im Land Berlin Anwendung finden sollen, sollte die Anzahl der Indikatoren beschränkt sein.

2.1.1 Klimagasbilanz

Zur Auswertung des Treibhauseffektes werden die einzelnen Treibhausgase der Sachbilanz entsprechend ihrer CO₂-äquivalenten Wirkung zusammengefasst. Die wichtigsten Treibhausgase und ihre aktuellen CO₂-Äquivalenzwerte nach IPCC (2007) für den 100-Jahreshorizont (GWP100) sind in Tabelle 2-1 aufgeführt. Darin unterschieden sind Methanemissionen nach ihrer Entstehung. Regeneratives Methan (aus der Umwandlung organischer Substanz) weist gegenüber fossilem Methan (aus der Umwandlung fossiler Energieträger) einen etwas geringeren Äquivalenzfaktor auf, da das im Laufe der Zeit aus dem Methan durch luftchemische Umsetzung (Oxidation) entstehende regenerative Kohlendioxid als klimaneutral bewertet wird.

Tabelle 2-1 Treibhauspotenzial der wichtigsten Treibhausgase

Treibhausgas	CO ₂ -Äquivalente (GWP _i) in kg CO ₂ -Äq/kg
Kohlendioxid (CO ₂), fossil	1
Methan (CH ₄), fossil	27,75
Methan (CH ₄), regenerativ	25
Distickstoffmonoxid (N ₂ O)	298

[IPCC 2007, WG I, Chapter 2, Table 2.14]

2.1.2 Ermittlung der Indikatoren zur Umweltbilanz

Die Ermittlung der Indikatoren für die Umweltbilanz erfolgte unter Berücksichtigung der folgenden beiden wesentlichen Aspekte:

1. Identifizierung der für eine Abfallart relevantesten Parameter
2. Identifizierung und Festlegung der übergeordneten Relevanz einer Umweltwirkung

Zum ersten Punkt wurden Ökobilanzen oder andere Studien, in denen eine Umweltbewertung zur Entsorgung von Abfallarten durchgeführt wurde, systematisch ausgewertet. Es wurden die Parameter herausgearbeitet, die die Umweltauswirkungen bei der Entsorgung einer Abfallart am besten beschreiben. Besonders hervorgehoben wurden gegenläufige Effekte wie sie beispielsweise bei der Mitverbrennung von Abfällen in Zement- und Kraft-

werken gegeben sind. Die Mitverbrennung zeigt sich gegenüber der energetischen Verwertung in Müllverbrennungsanlagen oder EBS-Kraftwerken in der Regel vorteilhaft im Hinblick auf den Klimaschutz, aber nachteilig hinsichtlich Schadstoffemissionen in die Atmosphäre. Des Weiteren wurde für die Auswahl von Indikatoren bei der Auswertung der Studien auch auf die Datenverfügbarkeit und mögliche Datenqualität geachtet.

Zum zweiten Punkt war das besondere Augenmerk auf die aktuelle gesellschaftspolitische Werterhaltung gerichtet. Neben dem Klimaschutz wird insbesondere der Ressourcenschonung zunehmend eine höhere Bedeutung beigemessen. Daher soll die Berliner Abfallwirtschaft unter Umwelt- und Ressourcenschutzaspekten bis 2020 optimiert werden.

Im Ergebnis dieser Betrachtungen wurden für die Umweltbilanz die folgenden Indikatoren ausgewählt:

- **Ressourcenschonung:** mineralische und metallische Rohstoffe (Natursteine, Phosphat und Rohmetalle), energetische Ressourcen (fossile Brennstoffe) und biogene Rohstoffe (Holz)
- **Luftemissionen:** Stickoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und Quecksilber (Hg)
- **Eintrag in Boden:** Cadmium (Cd)

Diese Parameter sind nicht nur für die 37 Abfallarten die relevantesten, sondern repräsentieren auch gut die drei Schutzgüter menschliche Gesundheit, ökologische Gesundheit und Ressourcen. Das Vorgehen zur Auswahl der Indikatoren wurde ausführlich im Zwischenbericht 2012 dokumentiert.

2.1.3 Auswertung der Indikatoren zur Umweltbilanz

Die im vorangehenden Kapitel beschriebenen, für die Umweltbilanz ausgewählten Indikatoren sind nicht für alle Abfallarten relevant. Um auch hier die jährliche Fortschreibung möglichst effizient zu gestalten, wird eine Datenerhebung und Auswertung der Indikatoren nur für die Abfallarten vorgenommen, für die die Indikatoren relevant sind.

So ist die **Ressourcenschonung** von Natursteinen vor allem für mineralische Abfälle bedeutend, die Schonung von Phosphat nur für organische Abfälle und die von Rohmetallen entsprechend nur für metallhaltige Abfallarten und wird auch jeweils nur für diese ausgewertet. Die Phosphatgehalte in Komposten und Klärschlämmen konnten über Abfragen bei den BSR und den BWB spezifisch für Berlin ermittelt werden.

Zur Darstellung der Ressourcenschonung von mineralischen Rohstoffen wird neben der reinen substituierten Masse auch ausgewertet, welche Flächeninanspruchnahme durch die Ressourcenschonung vermieden werden konnte. Hierfür werden Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) verwendet. Tabelle 2-2 zeigt die Ausbeuten beim Abbau verschiedener mineralischer Rohstoffe nach (BGR 2001). Durch die in Baumaßnahmen verwerteten Abfallarten Bodenaushub und Asphalt werden Bausand und Baukies ersetzt. Bei im Straßen- und Wegebau verwertetem Bauschutt und Beton werden gebrochene Natursteine substituiert.

Die mit dem Kiesabbau bedingte Flächeninanspruchnahme hängt von der Abbaumächtigkeit ab. Nach Angaben des Bundesverbands der deutschen Sand- und Kiesindustrie liegt bei durchschnittlicher flächenmäßiger Betrachtung für den Kiesabbau die Abbautiefe bei rd. acht Metern und damit umgekehrt die Ausbeute bei 15 Mg/m². Im Einzelfall können

jedoch bei einzelnen Abbaugebieten auch Abbautiefen von über 40 Metern erreicht werden. Durchschnittlich haben Kiestagebaue eine Flächenausdehnung von 50 bis 300 Meter. Die Kiesausbeute nach BGR von 27 Mg/m² entspricht einer Abbaumächtigkeit von 15 Metern. Für die Bewertung werden die offiziellen BGR Angaben verwendet, zumal diese auch aktuell in BGR Berichten zugrunde gelegt werden¹.

Tabelle 2-2 Ausbeute beim Abbau verschiedener mineralischer Rohstoffe (BGR 2001)

Rohstoff	Mg/m ²
Bausand, Baukies, Quarzsande	27
Gebrochene Natursteine, Kalk- und Dolomitsteine, Kalkstein für Zement	65
Tone, Rohkaolin	22
Gips- und Anhydritstein	20
Bims	4
Naturwerksteine	13

Beim Einsatz von mineralischen Abfällen auf Deponien, im Tagebau, bei Verfüllungen oder bei Altablagerungen kommt es nicht zu einer Substitution von Primärrohstoffen und es erfolgt entsprechend in der Umweltbilanz keine Anrechnung einer Ressourcenschonung für diese Anwendungen. Zwar dient der Einsatz auf Deponien als Deponieersatzstoff dem Ersatz von natürlichen Baustoffen, allerdings kommt ein Einsatz von mineralischen Primärbaustoffen in der Praxis nicht vor, da in ausreichendem Umfang mineralische Abfälle zur Verfügung stehen. Für die Verfüllung der ehemaligen Hausmüll- und Bauschuttdeponie Großziethen (Altablagerung) sind im Sanierungsfahrplan, der bis 2017 läuft, ausschließlich mineralische Bauabfälle vorgesehen (10 Mio. Mg). Der Einsatz für Verfüllungen dient nach Bundesberggesetz (BBergG) der allgemeinen Wiedernutzbarmachung nach der bergbaulichen Nutzung, verfüllt werden muss aber nicht in jedem Fall. Entscheidend ist das öffentliche Interesse (z.B. Gefahrenabwehr, Standsicherheit für Böschungen etc.), das in einem Betriebsplanverfahren mündet. In der Praxis erfolgt eine Verfüllung aus wirtschaftlichen Gründen ausschließlich mit mineralischen Abfällen.

Die weiteren betrachteten Rohstoffe, Rohmetalle, Phosphat und Holz, werden über ihre Masse angegeben. So die Schonung von Rohmetallen über die Masse der aussortierten Sekundärmetalle, wobei zusätzlich der Eisenmetallanteil daran ausgewiesen wird. Für die Phosphatschonung wird Phosphat als P₂O₅ angegeben. Für die Schonung von Holz wird die substituierte Holzmenge als Holz lutro ausgewiesen (= „lufttrocken“, Wassergehalt 20%).

Zur Beurteilung der Inanspruchnahme von ausschließlich energetischen Ressourcen bestehen zwei Ansätze: Zum einen allein auf den allgemeinen Nutzwert der Energieressourcen, den Heizwert (Hu in kJ) oder Brennwert (Ho), gestützt und zum anderen auf den Nutzwert (Energiegehalt) unter Berücksichtigung der "statischen Reichweiten" („Knapp-

¹ BGR Bericht „Rohstoffsituation 2011, S.30, Tabelle 3.2“

http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html#rohstoffsituation

heit“) der fossilen Energieträger². Die Reichweite von Rohstoffen lässt sich allerdings nicht belastbar bestimmen. Die dabei zugrunde gelegte „Weltreserve“ bezieht sich in der Regel auf „erschlossene“ Vorkommen, teils auch auf „nachgewiesene, aber nicht wirtschaftlich abbaubare“ Vorkommen. Daneben gibt es jedoch auch „nicht nachgewiesene, aber vermutete“ Vorkommen über die erst mit weiterer Erforschung Aussagen gemacht werden können. Beispielsweise für Rohöl führten immer wieder neue Erkenntnisse, durch die Reserven dann als „erschlossen“ oder „nachgewiesen“ eingestuft wurden, dazu, dass sich die Reichweite von Rohöl seit über 40 Jahren in der Größenordnung wenig verändert hat. Hinzu kommt, dass auch Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung des Verbrauchs nicht eindeutig sind. Aufgrund dieser bestehenden Schwierigkeiten wird die Inanspruchnahme fossiler Energieträger in dieser Studie über deren Energiegehalt erfasst. Danach werden sämtliche beanspruchten fossilen Rohstoffe über ihren Energiegehalt aufsummiert und als Summenwert – dem kumulierten Energieaufwand (KEA) fossil – angegeben.

Die Untersuchung und Auswertung der **Luftschadstoffe NO_x und Quecksilber** beschränkt sich weitgehend auf die direkten Emissionen aus thermischen Behandlungsverfahren. Darüber hinaus berücksichtigt sind entsprechende Emissionen aus der Abluftbehandlung über RTO sowie NO_x-Emissionen aus Transporten, auch wenn diese von untergeordneter Bedeutung sind. Des Weiteren werden Quecksilberemissionen berücksichtigt, wenn diese bei der Herstellung von Hilfs- oder Betriebsmitteln eine Rolle spielen, die für die Entsorgung eingesetzt werden.

Für die wesentlichen Verbrennungsanlagen, das MHKW und die KSVVA, konnten die Emissionsberichte ausgewertet werden und wurden weitere Informationen von den BSR und den BWB übermittelt. Die BSR stellte zudem Emissionsdaten für die RTO der MPS-Anlagen zur Verfügung. Des Weiteren konnten Informationen von Vattenfall erhalten werden, so zum Industriekraftwerk (IKW) Rüdersdorf und Informationen zur Ableitung von Emissionsfaktoren für NO_x und Quecksilber aus der Strom- und Fernwärmeerzeugung in Berlin.

Zur Ableitung weiterer entsprechender Emissionsdaten für Kraft- und Zementwerke wurde die IFEU Datenbank herangezogen. Für NO_x-Emissionen ergibt sich durch die Mitverbrennung von Abfällen in Zement- und Kraftwerken gegenüber dem heizwertäquivalenten Einsatz von Regelbrennstoffen keine Veränderung, da die NO_x-Emissionen im Wesentlichen verfahrensbedingt sind und nur wenig vom Brennstoff abhängen. In den Bilanzen sind die Emissionen trotzdem berücksichtigt, um die Relevanz im Vergleich zu anderen Emissionsquellen aufzeigen zu können.

Quecksilberemissionen ergeben sich durch den Gehalt an Quecksilber im Brennstoff, die Prozessführung und die jeweils installierte Abgasreinigungstechnik wie Entstaubung (E-Filter, Gewebefilter) sowie Adsorption (HOK, saurer Wäscher). Zur Abbildung von Quecksilberemissionen unterschiedlicher Brennstoffe wurden Quecksilbergehalte recherchiert. Hierzu liegen allerdings nur wenige Informationen vor. Für EBS aus den MPS-Anlagen konnten Quecksilbergehalte aus den Jahresberichten für 2012 entnommen werden, diese liegen umgerechnet auf die Frischmasse bei rd. 0,3 mg/kg. Typischerweise liegen die Gehalte in EBS aus Hausmüll zwischen 0,2 und 0,4 mg/kg TS (IFEU 2007b). Der mittlere

² Die „statische Reichweite“ (in Jahren) errechnet sich durch Division der aktuellen Weltreserven (in Tonnen) durch den aktuellen Verbrauch der jeweiligen Rohstoffe (in Tonnen pro Jahr).

Wert daraus entspricht etwa auch durchschnittlichen Werten wie sie von Vattenfall in EBS ermittelt wurden (0,29 mg/kg FS). In Ermangelung weitergehender genauer Messdaten zu den untersuchten Abfallarten in Berlin wurde als Durchschnittswert für Hausmüll sowie EBS aus Hausmüll und EBS aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen einheitlich in den Bilanzierungen ein Quecksilbergehalt von 0,3 mg/kg FS verwendet. Für Klärschlamm wurden entsprechende Werte von den BWB mitgeteilt. Diese liegen je nach Klärschlammart zwischen 0,46 (Rohschlamm) und 0,54 mg/kg TS (gefaulter Klärschlamm). Aus den ebenfalls vorliegenden Emissionsfrachten aus der KSVa (Emissionsbericht 2012) konnten hier anlagenspezifische Transferfaktoren abgeleitet werden.

Quecksilber ist ein leicht flüchtiges Metall und wird bei der Verbrennung weitgehend in den Abgasstrom überführt und dort in Abhängigkeit der Abgasreinigung abgeschieden oder freigesetzt. In (MUNLV 2005) wurden Transferfaktoren für Quecksilber bei der Verbrennung in Kraft- und Zementwerken abgeleitet. Diese wurden, ergänzt um IFEU eigene Daten, ausgewertet. Danach zeigen sich vor allem bei Kohlekraftwerken deutlichere Unterschiede in den Transferfaktoren, die von 0,065 (Wirbelschichtfeuerung mit Flugstromverfahren) bis 0,59 (Wirbelschichtfeuerung mit Trockenadditivverfahren) reichen (MUNLV 2005).

Im Rahmen dieser Studie wurde festgelegt, für die Bilanzierung einen einheitlichen Transferfaktor für die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken und in Zementwerken abzuleiten. Für die jährliche Fortschreibung müsste ansonsten jeweils die Abgasreinigungstechnik und Betriebsweise in den Kraftwerksanlagen und Zementwerken recherchiert und angepasst werden und es müsste in jedem Fall ermittelt werden in welche Kraft- oder Zementwerke EBS verbracht werden. Der Aufwand dafür wird gegenüber dem erzielbaren Nutzen als zu hoch angesehen. Im Rahmen dieser Studie werden folgende **Hg-Transferfaktoren** zugrunde gelegt:

- Mitverbrennung in Zementwerken = 0,4 (MUNLV 2005)
- Mitverbrennung in Kohlekraftwerken = 0,2 (durchschnittlicher Wert nach IFEU)

Ammoniakemissionen sind für die Entsorgung von Organikabfällen von Bedeutung. Für die Kompostierung und die Vergärung werden Emissionswerte aus (gewitra 2009) verwendet. Darüber hinaus spielen Ammoniakemissionen bei der Alttextilverwertung eine Rolle, durch die anteilig gegebene Substitution des Anbaus von Baumwolle.

Der **Cadmiumeintrag in Boden** beschränkt sich auf die Untersuchung der Entsorgung von Organikabfällen, insbesondere auf die Erzeugung und Anwendung von Komposten. Informationen zu Cadmiumgehalte in Komposten aus Laub wurden von den BSR zur Verfügung gestellt, zu Bioabfallkomposten von der Firma Bioplan.

3 Ergebnisse 2012 – abfallartenbezogene Steckbriefe

Die Ergebnisse der abfallartenbezogenen Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung sind nachfolgend in Kurzform dargestellt. Ausführliche Erläuterungen dazu enthält das anschließende Kapitel 4.

3.1 Boden und Steine

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 05 04 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
1.937.773 Mg	Keine	770.441 Mg Deponie/Altablagerung
	Keine	491.115 Mg Tagebau
	676.217 Mg Brech- und Klassieranlagen	621.414 Mg Baumaßnahmen
1.937.773 Mg		1.882.970 Mg

Differenz In-/Output: 54.803 Mg (3%)

41% Deponie/Altablagerung
33% Baumaßnahmen
26% Tagebau

Klimagasbilanz 2012

Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.2 Bauschutt

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 01 07 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
1.166.261 Mg	Keine	693.787 Mg Deponie/Altablagerung
	Keine	158.589 Mg Tagebau
	313.884 Mg Brech- und Klassieranlagen	122.048 Mg Straßenbau
1.166.261 Mg		974.425 Mg

Differenz In-/Output:
191.836 Mg (16%)

71% Deponie/Altablagerung
16% Tagebau
13% Straßenbau

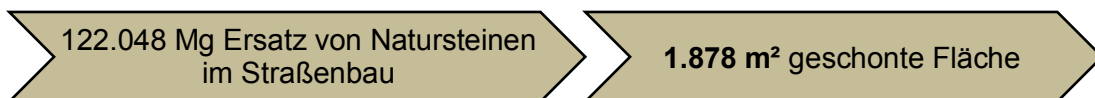
Klimagasbilanz 2012

Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.3 Beton

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 01 01 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
973.983 Mg	Keine	4.505 Mg Deponie/Altablagerung
	Keine	2.464 Mg Tagebau
	967.014 Mg Brech- und Klassieranlagen	1.332.299 Mg Straßenbau
973.983 Mg		1.339.268 Mg

Differenz In-/Output: -365.285 Mg

99% Straßenbau
0,3% Deponie/Altablagerung
0,2% Tagebau

Klimagasbilanz 2012

Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.4 Gipsabfälle

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 08 02 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
28.973 Mg	Keine	28.973 Mg Deponie/Altablagerung
28.973 Mg		28.973 Mg

100% Deponie/Altablagerung

Klimagasbilanz 2012

Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.5 Asphalt

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 03 02 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
162.571 Mg	Keine	59.000 Mg Asphaltmischwerke
	Keine	7.955 Mg Deponie/Altablagerung
	Keine	13 Mg Tagebau
	95.603 Mg Brech-, Klassieranlagen	1.900 Mg Straßenbau
162.571 Mg		68.868 Mg

Differenz In-/Output:
93.703 Mg (58%)

86% Asphaltmischwerk
12% Deponie/Altablagerung
3% Straßenbau
0,02% Tagebau

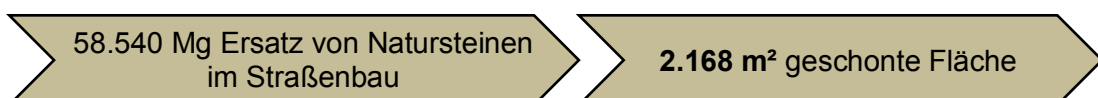
Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Deponie/Altablagerung	0	0	0	
Straßenbau	0	0	0	
Asphaltmischwerke	0	-13	-13	
Alle	0	-11	-11	-767

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Fossile Ressourcen

Behandlung	KEA fossil netto in MJ/Mg
Deponie/Altablagerung	0
Straßenbau	0
Asphaltmischwerk	-1.895
Alle	-1.669

- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -112 TJ**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.6 Baggergut

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 17 05 06 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
10.889 Mg	Keine	10.595 Mg Deponie/Altablagerung
	Keine	295 Mg Tagebau
10.889 Mg		10.889 Mg

97% Deponie/Altablagerung
3% Tagebau

Klimagasbilanz 2012

Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.7 Hausmüll inkl. Geschäftsmüll

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 01 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
822.119 Mg	450.715 Mg MHKW Ruhleben	93.954 Mg Schlacke (Deponie)
		8.528 Mg Metalle
	171.997 Mg MPS Pankow	112.480 Mg EBS
		5.380 Mg Metalle
		11.606 Mg Inert (Deponie)
	135.790 Mg MPS Reinickendorf	87.698 Mg EBS
		3.932 Mg Metalle
		9.407 Mg Inert (Deponie)
	32.132 Mg MA Grünauer Str.	29.329 Mg EBS
		728 Mg Metalle
1.094 Mg Rottefraktion		
17.474 Mg EBS-KW Großräschen	5.652 Mg Schlacke (Deponie)	
	38 Mg Metalle	
11.545 Mg EBS-KW Premnitz	3.529 Mg Schlacke (Deponie)	
822.119 Mg	819.653 Mg	
Differenz In-/Output: 2.466 Mg (Bunkerverluste)		

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
MHKW Ruhleben	317	-442	-125	
MPS Pankow	406	-931	-525	
MPS Reinickendorf	400	-931	-531	
MA Grünauer Str.	400	-721	-321	
EBS-KW Großräschen	326	-311	+15	
EBS-KW Premnitz	323	-490	-168	
Alle	353	-628	-275	-225.153

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
MHKW Ruhleben	18,9	-5.063
MPS Pankow	30,2	-7.214
MPS Reinickendorf	29,0	-7.211
MA Grünauer Str.	22,6	-6.602
EBS-KW Großräschen	2,2	-2.772
EBS-KW Premnitz	0	-5.171
Alle	22,5	-5.817

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 18.415 Mg**, davon Eisenmetalle 15.358 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -4.768 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
MHKW Ruhleben	20	0,0001
MPS Pankow	130	0,052
MPS Reinickendorf	102	0,076
MA Grünauer Str.	291	0,048
EBS-KW Großräschen	679	0,018
EBS-KW Premnitz	489	0,019
Alle	96	0,026

- Absolute Nettobelastung **NOx 78.867 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 21,5 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.8 Gewerbeabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 01 zuzuordnen.

3.8.1 Überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
16.922 Mg	10.096 Mg MHKW Ruhleben	Verteilung wie Hausmüll
	1.341 Mg AAS Gradestr.	Verteilung wie Sperrmüll
	4.781 Mg MPS Reinickendorf	Verteilung wie Hausmüll
	199 Mg MA Grünauer Str.	Verteilung wie Hausmüll
	299 Mg EBS-KW Großräschen	Verteilung wie Hausmüll
	198 Mg EBS-KW Premnitz	Verteilung wie Hausmüll
16.992 Mg	16.914 Mg	

Differenz In-/Output:
42 Mg (Bunkerverluste) und 36 Mg zu MPS Pankow, nicht betrachtet, <1%

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
MHKW Ruhleben	766	-724	42	
AAS Gradestr.	375	-780	-406	
MPS Reinickendorf	831	-1524	-694	
MA Grünauer Str.	769	-1084	-315	
EBS-KW Großräschen	775	-530	245	
EBS-KW Premnitz	772	-840	-68	
Alle	754	-957	-203	-3.436

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
MHKW Ruhleben	18,9	-8.460
AAS Gradestr.	37,5	-7.583
MPS Reinickendorf	29,0	-12.091
MA Grünauer Str.	22,6	-10.169
EBS-KW Großräschen	2,2	-4.991
EBS-KW Premnitz	0	-9.095
Alle	22,8	-9.383

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 385 Mg**, davon als Eisenmetalle 329 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -159 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
MHKW Ruhleben	-233	-0,0005
AAS Gradestr.	-43	0,005
MPS Reinickendorf	63	0,075
MA Grünauer Str.	140	0,049
EBS-KW Großräschen	387	0,012
EBS-KW Premnitz	75	0,015
Alle	-115	0,022

- Absolute Nettoentlastung **NOx -1.952 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,4 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.8.2 Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
15.525 Mg	13.567 Mg MHKW Ruhleben	Verteilung wie Hausmüll
	269 Mg AAS Gradestr.	Verteilung wie Sperrmüll
	243 Mg MPS Reinickendorf	Verteilung wie Hausmüll
	390 Mg MA Grünauer Str.	Verteilung wie Hausmüll
	586 Mg EBS-KW Großräschen	Verteilung wie Hausmüll
	387 Mg EBS-KW Premnitz	Verteilung wie Hausmüll
15.525 Mg	15.442 Mg	

Differenz In-/Output: 83 Mg (Bunkerverluste)

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
MHKW Ruhleben	723	-780	-32	
Die Darstellung der spezifischen Ergebnisse im Verfahrensvergleich ist hier, aufgrund der Unterschiedlichkeit zwischen den Krankenhausabfällen, die im MHKW behandelt werden, und den sonstigen Abfällen, die in den weiteren Anlagen behandelt werden, nicht sinnvoll.				
Alle	723	-769	-47	-720

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
MHKW Ruhleben	18,9	-8.828
Die Darstellung der spezifischen Ergebnisse im Verfahrenvergleich ist hier nicht sinnvoll (s.o.)		
Alle	22,8	-8.753

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 284 Mg**, davon als Eisenmetalle 242 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -135 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
MHKW Ruhleben	-259	-0,001
Die Darstellung der spezifischen Ergebnisse im Verfahrenvergleich ist hier nicht sinnvoll (s.o.)		
Alle	-207	0,003

- Absolute Nettoentlastung **NOx -3.195 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,04 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.8.3 Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
447.515 Mg	29.065 Mg	18.756 Mg EBS-Anlagen
davon:	MPS Reinickendorf	2.012 Mg Inertmaterial Altablagerung
194.771 Mg		1.472 Mg Metalle
gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	418.450 Mg zu rd. 30 Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen	24.327 Mg gem. Siedlungsabfall zur EBS-Behandlung
		25.850 Mg gem. Siedlungsabfall energ. Verw.
		74.265 Mg gem. Bauabfall Sortierung
		877 Mg gem. Bauabfall energ. Verw.
252.744 Mg gemischte Bau- und Abbruchabfälle		5.207 Mg Kunststoffe
		4.519 Mg PPK
		17.476 Mg Holz
		7.034 Mg Metalle
		48.169 Mg Mineralische Fraktion Deponie/Tagebau
		7.161 Mg weitere Wertstoffe
		66.946 Mg EBS-Anlagen
		6.722 Mg Sortierreste zur EBS-Behandlung
		82.601 Mg Sortierreste energ. Verw.
		23.240 Mg Mineralische Sortierreste Deponie/Tagebau
		26.046 Mg Mineralische Abfälle zur Deponie
447.515 Mg	449.505 Mg	
Differenz In-/Output: -1.989 Mg (aus Angaben Sonderabfrage -> Verbleib auf Inputmenge bezogen)		

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
MPS Reinickendorf	514	-1.042	-528	
Vorbehandlungsanlagen	300	-486	-186	
Alle	314	-522	-208	-92.982

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Rohmetalle, fossile und biogene Ressourcen (Holz)

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
MPS Reinickendorf	29,7	-8.245
Vorbehandlungsanlagen	13,0	-4.711
Alle	14,1	-4.941

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 6.323 Mg**, davon als Eisenmetalle 5.460 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -2.211 TJ**
- Absolute Einsparung **Holz (lutro) 7.929 Mg** (aus PPK-Verwertung)

Luftemissionen

Behandlung	NO _x netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
MPS Reinickendorf	69	0,075
Vorbehandlungsanlagen	108	0,020
Alle	106	0,024

- Absolute Nettobelastung **NO_x 47.301 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 11 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.9 Klärschlamm

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 19 08 05 zuzuordnen.

3.9.1 Ungefaulter Klärschlamm

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Trockenmasse	Verbleib
47.043 Mg TS ungefaulter Klärschlamm	47.043 Mg TS	KSVA Ruhleben
47.043 Mg TS (164.205 Mg FS)	47.043 Mg TS	

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
KSVA Ruhleben	525	-321	204	
Alle	525	-321	204	9.597

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Phosphat und fossile Ressourcen

Behandlung	Phosphat in kg/Mg TS	KEA fossil netto in MJ/Mg TS
KSVA Ruhleben	0	-2.912
Alle	0	-2.912

- Absolute Einsparung **Phosphat 0 Mg**
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -137 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
KSVA Ruhleben	234	0,03
Alle	234	0,03

- Absolute Nettobelastung **NOx 11.000 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 1,6 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.9.2 Gefaulter Klärschlamm

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Trockenmasse	Verbleib
33.462 Mg TS gefaulter Klärschlamm (132.024 Mg FS)	8.294 Mg TS	KSVA Ruhleben
	8.964 Mg TS	Kraftwerk A
	16.055 Mg TS	Kraftwerk B
12.998 Mg TS getrockneter Klärschlamm (13.740 Mg FS)	9.351 Mg TS	Zementwerk A
	3.647 Mg TS	Diverse Kraftwerke
46.460 Mg TS (145.764 Mg FS)	46.311 Mg TS	

Differenz In-/Output:
 149 Mg TS zu Kraftwerk C, nicht betrachtet, <1%

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg TS			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
KSVA Ruhleben	956	-362	594	
Kraftwerk A	119	-779	-660	
Kraftwerk B	128	-779	-651	
Zementwerk A	500	-1.507	-1.006	
Diverse Kraftwerke	522	-1.559	-1.037	
Alle	381	-913	-532	-24.629

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine



Phosphat und fossile Ressourcen

Behandlung	Phosphat in kg/Mg TS	KEA fossil netto in MJ/Mg TS
KSVA Ruhleben	0	2.566
Kraftwerk A	0	-5.651
Kraftwerk B	0	-5.536
Zementwerk A	0	-7.495
Diverse Kraftwerke	0	-7.910
Alle	0	-4.690

- Absolute Einsparung **Phosphat 0 Mg**
(nachrichtlich: rd. 100 Mg P₂O₅ aus MAP-Verfahren Kläranl. Waßmannsdorf)
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -217 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg TS	Hg netto in g/Mg TS
KSVA Ruhleben	616	0,04
Kraftwerk A	810	0,11
Kraftwerk B	891	0,11
Zementwerk A	502	0,21
Diverse Kraftwerke	697	0,10
Alle	733	0,11

- Absolute Nettobelastung **NOx 33.928 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 5,2 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.10 Sperrmüll

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 07 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
47.086 Mg	2.577 Mg Umschlag	2.577 Mg EBS-KW
	44.134 Mg AAS Gradestr.	38.009 Mg EBS-KW
		3.397 Mg Holz-HKW
		2.127 Mg Metalle
47.086 Mg		46.711 Mg

Differenz In-/Output:
 375 Mg zu verschiedenen Anlagen, nicht betrachtet, <1%

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Umschlag energ. Verw.	391	-696	-305	
AAS Gradestr.	383	-780	-398	
Alle	383	-776	-393	-18.345

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Umschlag energ. Verw.	0	-7.051
AAS Gradestr.	37,5	-7.484
Alle	35,4	-7.460

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 1.656 Mg**, davon als Eisenmetalle 1.653 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -348 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Umschlag energ. Verw.	238	0,012
AAS Gradestr.	11	0,005
Alle	24	0,005

- Absolute Nettobelastung **NOx 1.103 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,24 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.11 Straßenkehricht

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 03 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
55.748 Mg	55.179 gbav davon: 42.554 Mg Maschinenkehricht 11.332 Mg Handkehricht 1.293 Mg Altstreugut	42.203 Mg MBA Schöneiche
		6.921 Mg Umweltschutz Ost
		2.643 Mg MBS ZAB
		1.635 Mg Mineralien
		52 Mg Deponie Schöneiche
		14 Mg therm. Verw. Recon
55.748 Mg		53.468 Mg

Differenz In-/Output :
 1.711 Mg (Bunkerverluste) und
 569 Mg zu verschiedenen Anlagen, nicht betrachtet, <1%

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
gbav	152	-45	107	
Alle	152	-45	107	5.699

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
gbav	1,2	836
Alle	1,2	836

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 65 Mg**, davon als Eisenmetalle 62 Mg
- Absolute Belastung **fossile Ressourcen +45 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
gbav	154	0,002
Alle	154	0,002

- Absolute Nettobelastung **NOx 8.211 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,13 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.12 Altpapier und Altglas

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist Altpapier der AVV 20 01 01 zuzuordnen und Altglas der AVV 20 01 02.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen PPK	Vorbehandlung	Verbleib
178.986 Mg	Hultschiner Damm	Stoffliche Verwertung
178.986 Mg		

Aufkommen Altglas	Vorbehandlung	Verbleib
66.453 Mg	(ggf. Sortierung)	Stoffliche Verwertung
66.453 Mg		

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
PPK	231	-883	-652	-116.734
Altglas	45	-498	-453	-30.091

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Mineralische Ressourcen – Natursteine (aus Altglasverwertung)



Biogene Ressourcen (aus PPK-Verwertung)

- Absolute Einsparung **Holz (lutro) 315.539 Mg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.13 LVP – Wertstoffe

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 15 01 06 zuzuordnen.

3.13.1 Leichtverpackungen im Sammelsystem Gelbe Tonne

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
79.105 Mg	79.105 Mg Hultschiner Damm	56.785 Mg Kunststoffe
		9.860 Mg Weißblech
		2.097 Mg Aluminium
		5.301 Mg FKN
		1.047 Mg sonstige PPK
		3.661 Mg Sortierreste
79.105 Mg		78.750 Mg

Differenz In-/Output:
 355 Mg (0,4%) Nichtverpackungen

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	1.595	-2.119	-524	
Alle	1.595	-2.119	-524	-41.256

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle, fossile und biogene Ressourcen (Holz)

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Verwertung	112	-19.741
Alle	112	-19.741

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 8.800 Mg**, davon als Eisenmetalle 8.381 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -1.555 TJ**
- Absolute Einsparung **Holz (Iutro) 9.973 Mg**
(aus Verwertung FKN- und sonstige PPK-Verbunde)

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Verwertung	-721	0,052
Alle	-721	0,052

- Absolute Nettoentlastung **NOx -56.794 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 4,1 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.13.2 Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
4.500 Mg	4.500 Mg Hultschiner Damm	3.092 Mg Kunststoffe
		432 Mg Weißblech
		19 Mg Aluminium
		221 Mg FKN
		252 Mg sonstige PPK
		392 Mg Sortierreste
4.500 Mg		4.495 Mg
Differenz In-/Output: 5 Mg (0,1%) Elektrokleingeräte		

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	1.509	-2.010	-501	
Alle	1.509	-2.010	-501	-2.256

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle, fossile und biogene Ressourcen (Holz)

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Verwertung	100	-18.587
Alle	100	-18.587

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 451 Mg**, davon als Eisenmetalle 432 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -84 TJ**
- Absolute Einsparung **Holz (Iutro) 728 Mg**
(aus Verwertung FKN- und sonstige PPK-Verbunde)

Luftemissionen

Behandlung	NO _x netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Verwertung	-664	0,05
Alle	-664	0,05

- Absolute Nettoentlastung **NO_x -2.988 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,23 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.13.3 Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
14.345 Mg	14.315 Mg MA ORS Grünauer Str.	7.795 Mg EBS
		1.476 Mg Metalle
		1.409 Mg Holz energetisch
		1.025 Mg Holz stofflich
		1.306 Mg Mineralien
		961 Mg E-Schrott
		228 Mg Kunststoffe
		114 Mg PPK
14.345 Mg		14.315 Mg

Differenz In-/Output:
 30 Mg zur BRAL-Anlage Marzahn, nicht betrachtet, <1% und
 +95 Mg aus Bunker nach BSR-Entsorgungsbilanz, nicht berücksichtigt

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	927	-1.502	-576	
Alle	927	-1.502	-576	-8.240

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle, fossile und biogene Ressourcen (Holz)

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Verwertung	117	-13.413
Alle	117	-13.413

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 1.669 Mg**, davon als Eisenmetalle 1.436 Mg
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -192 TJ**
- Absolute Einsparung **Holz (lutro) 1.226 Mg**
(aus PPK-Verwertung und stofflicher Holzverwertung)

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Verwertung	-86	0,055
Alle	-86	0,055

- Absolute Nettoentlastung **NOx -1.231 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,8 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.14 Alttextilien

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 11 11 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
31.054 Mg	31.054 Mg Textil-Recycling Nord	18.632 Mg Wiederverwendung
		12.422 Mg Mitverbr. Steinkohle-KW
31.054 Mg		31.054 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	271	-4.468	-4.197	
Alle	271	-4.468	-4.197	-130.338

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Fossile Ressourcen

Behandlung	KEA fossil netto in MJ/Mg
Verwertung	-52.380
Alle	-52.380

- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -1.627 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg	NH ₃ netto in g/Mg
Verwertung	-6.120	-0,052	-4.024
Alle	-6.120	-0,052	-4.024

- Absolute Nettoentlastung **NOx -190.056 kg**
- Absolute Nettoentlastung **Quecksilber -1,6 kg**
- Absolute Nettoentlastung **Ammoniak -124.976 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.15 Alteppiche

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 99 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
2.224 Mg	2.224 Mg Veolia, EBS-Aufbereitung	2.224 Mg EBS-Kraftwerk
2.224 Mg		2.224 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	1.703	-1.365	339	
Alle	1.703	-1.365	339	753

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Fossile Ressourcen

Behandlung	KEA fossil netto in MJ/Mg
Verwertung	-13.852
Alle	-13.852

- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -31 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Verwertung	-575	-0,026
Alle	-575	-0,026

- Absolute Nettoentlastung **NOx -1.280 kg**
- Absolute Nettoentlastung **Quecksilber -0,06 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.16 Altreifen

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 16 01 03 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
16.719 Mg	Keine	7.457 Mg stoffliche Verwertung
		9.262 Mg Zementwerk
16.719 Mg		16.719 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Stoffliche Verwertung	901	-2.823	-1.922	
Zementwerk	1.993	-2.892	-898	
Alle	1.506	-2.861	-1.355	-22.657

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Stoffliche Verwertung	180	-49.528
Zementwerk	180	-24.202
Alle	180	-35.498

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 3.009 Mg**, davon 100% als Eisenmetalle
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -593 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg	Hg netto in g/Mg
Stoffliche Verwertung	-2.986	0,039
Zementwerk	-297	0,059
Alle	-1.496	0,050

- Absolute Nettoentlastung **NOx -25.012 kg**
- Absolute Nettobelastung **Quecksilber 0,84 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.17 E-Schrott

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 36 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
13.568 Mg	Recyclinghof	8.685 Mg Braune Ware (EAR Berlin)
		2.939 Mg Kühlgeräte (EAR Berlin)
		1.944 Mg Weiße Ware (TSR BRB)
13.568 Mg		13.568 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Braune Ware	636	-3.069	-2.433	
Weiße Ware	231	-2.158	-1.928	
Kühlgeräte	875	-3.803	-2.928	
Alle	629	-3.098	-2.468	-33.487

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle

Behandlung	Rohmetalle netto in kg/Mg
Braune Ware	440
Weiße Ware	870
Kühlegeräte	610
Alle	538

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 7.305 Mg**, davon als Eisenmetalle 4.013 Mg

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.18 Almetalle

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 40 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
8.738 Mg	Recyclinghof	8.738 Mg TSR Brandenburg
8.738 Mg		8.738 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	283	-1.001	-718	
Alle	283	-1.001	-718	-6.278

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle

Behandlung	Rohmetalle netto in kg/Mg
Verwertung	780
Alle	780

- Absolute Einsparung **Rohmetalle 6.816 Mg**, davon 100% als Eisenmetalle

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.19 Altholz

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 38 sowie der AVV 17 02 01 zuzuordnen.

3.19.1 Getrennt gesammeltes Altholz

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
139.156 Mg	9.936 Mg BSR	9.936 Mg MVV Biopower
	78.726 Mg Holzkontor Preußen	78.726 Mg energetisch
	50.493 Mg Interseroh	14.521 Mg stofflich 35.973 Mg energetisch
139.156 Mg		139.156 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Verwertung	94	-834	-740	
Alle	94	-834	-740	-102.939

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Biogene Ressourcen

- Absolute Einsparung **Holz (lutro) 14.521 Mg** (aus stofflicher Verwertung)

Luftemissionen

Behandlung	NO _x netto in g/Mg
Verwertung	72
Alle	72

- Absolute Nettobelastung **NO_x 10.009 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.19.2 Baum- und Strauchschnitt

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Herkunft	Verbleib
46.017 Mg	25.944 Mg Bezirke 18.712 Mg GaLaBau 1.361 Mg BSR	9.998 Mg stoffliche Verwertung 36.019 Mg energetische Verwertung
46.017 Mg		46.017 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Stoffliche Verwertung	4	0	4	
Energetische Verwertung	22	-672	-650	
Alle	18	-526	-508	-23.382

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Biogene Ressourcen

- Absolute Einsparung **Holz (lutro) 0 Mg** (keine Schonung durch Mulchen)

Luftemissionen

Behandlung	NO _x netto in g/Mg
Stoffliche Verwertung	3
Energetische Verwertung	276
Alle	217

- Absolute Nettobelastung **NO_x 9.970 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.19.3 Weihnachtsbäume

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
1.615 Mg	Keine	1.615 Mg HKW Reuter West
1.615 Mg		1.615 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Mitverbrennung	56	-1.160	-1.105	
Alle	56	-1.160	-1.105	-1.784

Umweltbilanz 2012

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg
Verwertung	51
Alle	51

- Absolute Nettobelastung **NOx 83 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.20 Organikabfälle aus Haushalten

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 01 zuzuordnen.

3.20.1 Bioabfall (BIOGUT)

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
62.230 Mg	Keine	57.355 Mg offene Kompostierung (5 Anl.)
		4.875 Mg Hennickendorfer Kompost
62.230 Mg		62.230 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	156	-151	5	
Alle	156	-151	5	290

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Rohmetalle, Phosphat und fossile Ressourcen

Behandlung	Rohmetalle in kg/Mg	Phosphat in kg/Mg	KEA fossil netto in MJ/Mg
Kompostierung	1,44	1,08	-248
Alle	1,44	1,08	-248

- Absolute Einsparung **Phosphat 67 Mg**
- Absolute Einsparung **Rohmetalle 90 Mg**, davon 100% als Eisenmetalle
- Absolute Einsparung **fossile Ressourcen -15 TJ**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Kompostierung	312
Alle	312

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 19.399 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	68	-96	-29
Alle	68	-96	-29

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -1,8 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.20.2 Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Herkunft	Verbleib
100.939 Mg	72.857 Mg aus Wohngebieten 28.082 Mg aus Kleingartenkolonien	100.939 Mg Eigenkompostierung
100.939 Mg		100.939 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Eigenkompostierung	120	-102	18	
Alle	120	-102	18	1.801

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Eigenkompostierung	keine Anrechnung wegen Überdüngung Gartenböden
Alle	0

- Absolute Einsparung **Phosphat 0 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Eigenkompostierung	785
Alle	785

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 79.203 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Eigenkompostierung	66	-46	20
Alle	66	-46	20

1) ohne Gutschrift Phosphatdünger

- Absolute Nettobelastung **Cadmiumeintrag in Boden 2,0 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.20.3 Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
10.020 Mg		5.405 Mg offene Kompostierung (2 Anl.)
		4.615 Mg Hennickendorfer Kompost
10.020 Mg		10.020 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	120	-135	-15	
Alle	120	-135	-15	-149

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Kompostierung	0,62
Alle	0,62

- Absolute Einsparung **Phosphat 6,2 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Eigenkompostierung	458
Alle	458

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 4.586 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	99	-96	3
Alle	99	-96	3

- Absolute Nettobelastung **Cadmiumeintrag in Boden 0,03 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.21 Laub und Straßenlaub

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 02 01 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Herkunft	Verbleib
70.018 Mg	45.876 Mg BSR 13.133 Mg Bezirke 11.009 Mg GaLaBau	24.536 Mg Hennickendorfer Kompost 45.482 Mg offene Kompostierung (5 Anlagen)
70.018 Mg		70.018 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	98	-111	-13	
Alle	98	-111	-13	-935

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Kompostierung	0,53
Alle	0,53

- Absolute Einsparung **Phosphat 37 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Kompostierung	420
Alle	420

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 29.428 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	84	-82	2
Alle	84	-82	2

- Absolute Nettobelastung **Cadmiumeintrag in Boden 0,17 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.22 Grasschnitt

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 02 01 zuzuordnen.

3.22.1 Straßenbegleitgrün

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
5.398 Mg	Keine	2.686 Mg offene Kompostierung (5 Anl.)
		2.712 Mg Hennickendorfer Kompost
5.398 Mg		5.398 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	98	-54	44	
Alle	98	-54	44	240

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Kompostierung	0,44
Alle	0,44

- Absolute Einsparung **Phosphat 2,4 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Kompostierung	571
Alle	571

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 3.081 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	27	-39	-12
Alle	27	-39	-12

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -0,06 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.22.2 Mähgut

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Herkunft	Verbleib
43.600 Mg	27.738 Mg Bezirke 15.862 Mg GaLaBau	43.600 Mg offene Kompostierung
43.600 Mg		43.600 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	68	-54	15	
Alle	68	-54	15	644

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Kompostierung	0,44
Alle	0,44

- Absolute Einsparung **Phosphat 19 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Kompostierung	289
Alle	289

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 12.615 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	27	-39	-12
Alle	27	-39	-12

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -0,5 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.23 Organikabfälle aus Gewerbe

3.23.1 Speisereste

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 08 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
35.980 Mg	Keine	3.780 Mg Anl. mit offenem Gärrestlager
		32.200 Mg Anlagen mit Nachgärer
35.980 Mg		35.980 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Vergärung	60	-141	-81	
Alle	60	-141	-81	-2.907

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Vergärung	2,27
Alle	2,27

- Absolute Einsparung **Phosphat 82 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Vergärung	15
Alle	15

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 551 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Vergärung	31	-110	-79
Alle	31	-110	-79

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -2,8 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.23.2 Überlagerte Lebensmittelabfälle

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 03 99 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
25.345 Mg	Keine	5.635 Mg Anl. mit offenem Gärrestlager
		19.710 Mg Anlagen mit Nachgärer
25.345 Mg		25.345 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Vergärung	68	-137	-69	
Alle	68	-137	-69	-1.756

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Vergärung	2,27
Alle	2,27

- Absolute Einsparung **Phosphat 57 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Vergärung	25
Alle	25

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 626 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Vergärung	31	-110	-79
Alle	31	-110	-79

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -2,0 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.23.3 Fettabscheiderinhalte

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 19 08 09 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
7.560 Mg	Keine	4.646 Mg Anl. mit offenem Gärrestlager
		2.914 Mg Mitbehandlung Kläranlage
7.560 Mg		7.560 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Vergärung	89	-261	-173	
Alle	89	-261	-173	-1.304

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Vergärung	1,18
Alle	1,18

Absolute Einsparung **Phosphat 9 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Vergärung	22
Alle	22

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 165 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Vergärung	15	-61	-46
Alle	15	-61	-46

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -0,34 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.24 Altfette

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 20 01 25 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
5.500 Mg	Keine	5.500 Mg Aufbereitung zu Fettmethylester
5.500 Mg		5.500 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Aufbereitung	466	-3.144	-2.678	
Alle	466	-3.144	-2.678	-14.728

Umweltbilanz 2012

Luftemissionen

Behandlung	NO _x netto in g/Mg	NH ₃ netto in g/Mg
Aufbereitung	8.664	30
Alle	8.664	30

- Absolute Nettobelastung **NO_x 47.651 kg**
- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 168 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.25 Pferdemist

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 02 01 06 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
9.282 Mg	Keine	9.282 Mg offene Kompostierung
9.282 Mg		9.282 Mg

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
Kompostierung	74	-92	-18	
Alle	74	-92	-18	-170

Umweltbilanz 2012

Ressourcenschonung

Phosphat

Behandlung	Phosphat in kg/Mg
Kompostierung	0,86
Alle	0,86

- Absolute Einsparung **Phosphat 8 Mg**

Luftemissionen

Behandlung	NH ₃ netto in g/Mg
Kompostierung	185
Alle	185

- Absolute Nettobelastung **Ammoniak 1.719 kg**

Cadmiumeintrag in Boden

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in mg Cd/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
Kompostierung	54	-107	-53
Alle	54	-107	-53

- Absolute Nettoentlastung **Cadmiumeintrag in Boden -0,5 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

3.26 Rechengut

Nach Abfallverzeichnis-Verordnung ist diese Abfallart der AVV 19 01 01 zuzuordnen.

Stoffstrombilanz 2012

Aufkommen	Vorbehandlung	Verbleib
5.944 Mg	5.944 Mg MBS ZAB Niederlehme	2.310 Mg EBS (Rest Verluste)
5.944 Mg	5.944 Mg	

Klimagasbilanz 2012

Behandlung	Spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg			Absolut in Mg CO ₂ -Äq
	Belastung	Gutschrift	Netto	
MBS ZAB Niederlehme	161	-563	-402	
Alle	161	-563	-402	-2.388

Umweltbilanz 2012

Luftemissionen

Behandlung	NOx netto in g/Mg
MBS ZAB Niederlehme	186
Alle	186

- Absolute Nettobelastung **NOx 1.106 kg**

Weitere Umwelt-Indikatoren sind nicht relevant für diese Abfallart.

4 Ergebnisse 2012 – Erläuterung der abfallartenspezifischen Steckbriefe

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz sind in diesem Kapitel beschrieben. Des Weiteren werden die Möglichkeiten der Erschließung weiterer Klimagas- und Umweltpotenziale bis 2020 diskutiert.

4.1 Mineralische Abfälle

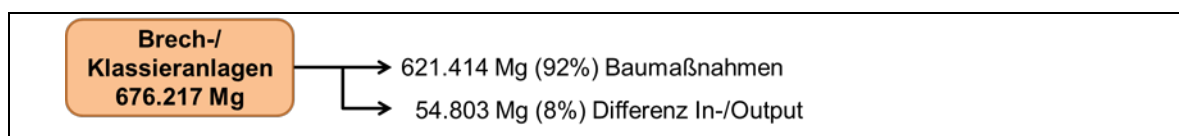
4.1.1 Boden und Steine

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurde abweichend zum Vorgehen in 2010 das Aufkommen ausschließlich auf Basis dokumentierter Daten ermittelt. Die Berechnung des Gesamtaufkommens über abfallspezifische Kenndaten wurde nicht mehr vorgenommen.

Kurzsteckbrief Boden und Steine		Quelle
Aufkommen:	1.937.773 Mg	Auswertung Abfallberichte Vorbehandlungsanlagen, Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg
Verbleib:	40% Deponien/Altablagerung	
	35% Brech-/Klassieranlagen (Input) 25% Tagebau	

Von den auf Deponien/Altablagerung entsorgten Mengen in Höhe von 770.441 Mg wurden 1.855 Mg Boden auf MEAB-Deponien beseitigt. Die weitere Menge wurde 2012 für die laufenden bautechnischen Maßnahmen, für die Sicherung und Sanierung der MEAB-Deponien 271.621 Mg, der ehemaligen BSR-Deponien 133.875 Mg, der ehemaligen Deponie der Firma Heim in Arkenberge 142.871 Mg sowie in der Altablagerung Großziethen 220.219 Mg verwertet.

Die Stoffstrombilanz der Brech- und Klassieranlagen zeigt nachfolgende Übersicht.



In Tagebauen wurden im Jahr 2012 ohne Vorbehandlung 491.115 Mg Bodenaushub verbracht. Dabei handelt es sich ausschließlich um Kies-, Sand- und Tongruben in Brandenburg sowie um eine Sandgrube in Berlin. Im Sanierungsbergbau der Braunkohle im Land Brandenburg wurde kein Boden aus Berlin eingebaut.

Insgesamt wurden 1.882.970 Mg Boden und Steine entsorgt. Bezogen auf diese Menge gingen 41% zu Deponien/Altablagerungen, 33% in Baumaßnahmen und 26% in den Tagebau.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Boden und Steine ist wie für 2010 mit „Null“ bewertet, da die Abfallbehandlung keine bzw. nur geringe Auswirkungen auf den Treibhauseffekt hat.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Boden und Steinen ausschließlich der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen Ressourcen relevant.

Angerechnet wird die in Baumaßnahmen eingesetzte Menge von 621.414 Mg durch die Bausand und Baukies eingespart wird.

Bei der Entsorgung von Boden und Steinen werden für die weiteren ausgewählten Indikatoren Rohmetalle, Energie und Phosphat keine weiteren Ressourcenschonungen bewirkt bzw. sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmiumeintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Boden und Steine sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.1 zusammengefasst.

Ausblick

Durch den hohen Anteil von 33% in Baumaßnahmen verwertetem Boden wurde eine relevante Ressourcenschonung bewirkt. Aufgrund des noch hohen Restpotenzials könnte eine weitere Steigerung erzielt werden. Hierzu bedarf es einer vertieften Untersuchung, ob und wie dieses Potenzial u.a. durch ein Stoffstrommanagement und Initiierung einer verstärkten Nachfrage perspektivisch erschlossen werden könnte.

4.1.2 Bauschutt

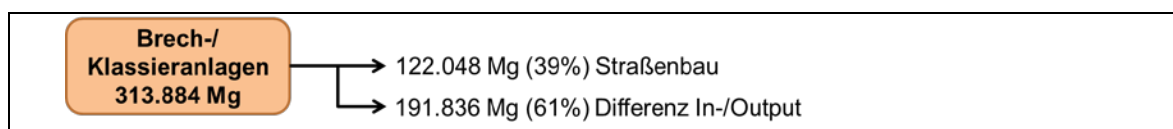
Die Abfallfraktion Bauschutt umfasst mineralische Stoffe mit einem Störstoffanteil < 5 Vol%. Zusammengefasst sind unter „Bauschutt“ üblicherweise die Einzelfractionen Beton, Ziegel, Gemische (aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik) sowie Baustoffe auf Gipsbasis. Beton und Gipsabfälle werden gesondert ausgewertet (Kap. 4.1.3 und 4.1.4).

Für die **Stoffstrombilanz 2012** sind Aufkommen und Erstverbleib nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief Bauschutt		Quelle
Aufkommen:	1.166.261 Mg	Auswertung Abfallberichte Vorbehandlungsanlagen, Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg
Verbleib:	59% Deponien/Altablagerung 27% Brech-/Klassieranlagen (Input) 14% Tagebau	

Von den auf Deponien/Altablagerung entsorgten Mengen in Höhe von 693.787 Mg wurden 7.128 Mg Bauschutt auf MEAB-Deponien beseitigt. Die weitere Menge wurde 2012 für die laufenden bautechnischen Maßnahmen, für die Sicherung und Sanierung der MEAB-Deponien 282.178 Mg, der ehemaligen BSR-Deponien 136.303 Mg, der ehemaligen Deponie der Firma Heim in Arkenberge 26.483 Mg sowie in der Altablagerung Großziethen 241.695 Mg verwertet.

Die Stoffstrombilanz der Brech- und Klassieranlagen zeigt nachfolgende Übersicht.



Die In-/Output Differenz ergibt sich – wie auch 2010 – durch die Verwertung u.a. von Ziegelanteilen im aufbereiteten Betonmaterial für den Straßen- und Wegebau (bis zu 30% Ziegelanteil in Berlin zulässig) sowie aus Lagerbeständen.

Im Jahr 2012 wurden 158.589 Mg Bauschuttmaterial ohne Vorbehandlung in Tagebauen verbracht. Dabei handelt es sich ausschließlich um Kies-, Sand- und Tongruben in Brandenburg sowie um eine Sandgrube in Berlin. Im Sanierungsbergbau der Braunkohle im Land Brandenburg wurde kein Bauschutt aus Berlin eingebaut.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Bauschutt ist wie für 2010 mit „Null“ bewertet, da die Abfallbehandlung keine bzw. nur geringe Auswirkungen auf den Treibhauseffekt hat.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Bauschutt ausschließlich der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen Ressourcen relevant. Angerechnet wird die im Straßenbau eingesetzte Menge von 122.048 Mg durch die gebrochene Natursteine eingespart werden.

Bei der Entsorgung von Bauschutt werden für die weiteren ausgewählten Indikatoren Rohmetalle, Energie und Phosphat keine weiteren Ressourcenschonungen bewirkt bzw. sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Bauschutt sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.2 zusammengefasst.

Ausblick

Die im Straßenbau eingesetzte Menge entspricht 13% der gesamt entsorgten Menge. Auf Grund des noch hohen Restpotenzials ist eine weitere Steigerung und damit eine relevante zusätzliche Ressourcenschonung anzustreben. Beispielsweise könnten zusätzliche Absatzwege für Bauschuttfraktionen erschlossen werden wie der Einsatz im RC-Beton - Gesteinskörnung 2, in hydraulisch gebundenen Tragschichten sowie ein verstärkter Einsatz von rezykliertem Ziegelmaterial. Dazu ist von der Senatsumweltverwaltung eine vertiefte Untersuchung geplant.

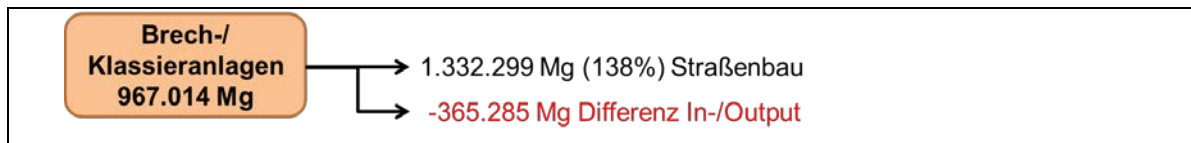
4.1.3 Beton

Beton wird hier gesondert von Bauschutt ausgewiesen, um das Potenzial für RC-Beton darzustellen. Beton wird aufgrund seiner hochwertigen Eigenschaften fast ausschließlich in Brech- und Klassieranlagen aufbereitet und als gütegesicherter Baustoff im Straßen- und Wegebau eingesetzt (insbesondere für Trag- und Frostschutzschichten).

Für die **Stoffstrombilanz 2012** sind Aufkommen und Erstverbleib nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief Beton		Quelle
Aufkommen:	973.983 Mg	Auswertung Abfallberichte Vorbehandlungsanlagen, Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg
Verbleib:	99% Brech-/Klassieranlagen (Input)	
	0,5% Deponien/Altablagerung 0,3% Tagebau	

Die Stoffstrombilanz der Brech- und Klassieranlagen zeigt nachfolgende Übersicht.



Die In-/Output Differenz bei Brech- und Klassieranlagen resultiert – wie auch für 2010 – vor allem daraus, dass durch die gemeinsame Behandlung mit anderen mineralischen Bauabfällen eine Betonfraktion mit definierten Bestandteilen hergestellt wird. Dieser Baustoff „Betonrecyclingmaterial“ darf einen bestimmten Anteil an anderen mineralischen Abfällen wie Ziegel (bis 30% zulässig) sowie Asphalt enthalten, um als Trag- und Frostschutzschichtmaterial im Straßen- und Wegebau eingesetzt werden zu können. Zum geringen Teil ergibt sich die In-/Output Differenz bei Brech- und Klassieranlagen auch aus Lagerbestandsänderungen.

Zudem werden auf Deponien/Altablagerung oder in Tagebauen 6.969 Mg ohne weitere Aufbereitung entsorgt.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Beton ist wie für 2010 mit „Null“ bewertet, da die Abfallbehandlung keine bzw. nur geringe Auswirkungen auf den Treibhauseffekt hat.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Beton ausschließlich der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen Rohstoffen relevant. Angerechnet wird die im Straßenbau eingesetzte Menge von 1.332.299 Mg durch die gebrochene Natursteine eingespart werden.

Bei der Entsorgung von Beton werden für die weiteren ausgewählten Indikatoren Rohmetalle, Energie und Phosphat keine weiteren Ressourcenschonungen bewirkt bzw. sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Beton sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.3 zusammengefasst.

Ausblick

Für Beton besteht das Optimierungspotenzial in einer sortenreinen Erfassung mit anschließender Aufbereitung zum Einsatz als Recyclingbeton (RC-Beton) im Hochbau. Dadurch würde nicht nur die Natursteingewinnung geschont werden, sondern es würden auch Absatzmöglichkeiten im Straßenbau für andere Bauschuttabfälle frei werden, die weniger für eine Aufbereitung und den Einsatz im Hochbau geeignet sind.

Um dies zu unterstützen wurde durch die Senatsumweltverwaltung mit fachlicher Unterstützung des Umweltbundesamtes ein Strategiepapier „zur Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine umweltverträgliche Beschaffung“ erarbeitet. Die Unterlage enthält neben grundsätzlichen Anmerkungen zur umweltverträglichen und ressourcenschonenden Beschaffung auch entsprechende Leistungsblätter mit ökologischen Mindestkriterien für den Einsatz von geeigneten und zugelassenen Recyclingbaustoffen im Hoch- und Tiefbau.

Dieser Aspekt wird im Rahmen dieser Studie vor allem kostenseitig (Kap. 8) für die Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen bis 2020 untersucht. Die Klimagas- und Umweltbilanz ändert sich durch eine künftige Anwendung von RC-Beton im Hochbau anstatt im Straßenbau nicht, da im gleichen Maße mineralische Rohstoffe substituiert werden.

4.1.4 Gipsabfälle

Gipsabfälle werden hier gesondert von Bauschutt ausgewiesen, da für Gipsabfälle grundsätzlich die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung besteht, sofern diese Abfälle sortenrein an der Anfallstelle eingesammelt werden.

Für die **Stoffstrombilanz 2012** sind Aufkommen und Erstverbleib nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief Gipsabfälle		
Aufkommen:	28.973 Mg	Auswertung Abfallberichte Vorbehandlungsanlagen, Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg
Verbleib:	100% Deponien/Altablagerung	

Im Jahr 2012 wurde die Gesamtmenge an Gipsabfällen ausschließlich auf Deponien/Altablagerung verbracht, davon 19.904 Mg auf der Altablagerung Großziethen.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Gipsabfall ist mit „Null“ bewertet, da die Deponierung/Ab Lagerung dieser Abfälle keine Auswirkungen auf den Treibhauseffekt hat.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Gipsabfällen ausschließlich der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen Rohstoffen relevant. Da Gipsabfälle bislang deponiert/abgelagert wurden, ist keine Substitution von mineralischen Rohstoffen gegeben.

Bei der Entsorgung von Gipsabfällen werden für die weiteren ausgewählten Indikatoren Rohmetalle, Energie und Phosphat keine Ressourcenschonungen bewirkt bzw. sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Gipsabfälle sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.4 zusammengefasst.

Ausblick

In der Vorläuferstudie für das Jahr 2010 (IFEU/ICU 2012) wurde bereits ausgeführt, dass Gipsabfälle bei einer sortenreinen Getrenntsammlung einer stofflichen Verwertung in Gipswerken zugeführt werden können. In der dazugehörigen Potenzialanalyse wurde auf Basis einer englischen Studie (WRAP 2007) für diese Optimierung ein Treibhausgasminderungspotenzial ermittelt, dass allerdings unter dem Vorbehalt stand, ob die Aussagen der englischen Studie auf die Randbedingungen für das Land Berlin übertragbar sind. Die Auswertung der englischen Studie ergab inzwischen, dass dies nicht möglich ist, da die englische Ökobilanz sich ausschließlich auf das Recycling von Gipsplatten im geschlos-

senen Betriebskreislauf bezieht und die Entlastungseffekte durch die Substitution von per Schiff aus Spanien importiertem Naturgips bedingt sind.

Auch in Gesprächen der Senatsumweltverwaltung mit dem Bundesverband der Gipsindustrie bestätigte sich, dass die Produktion in England nicht mit der deutschen vergleichbar ist und durch den Einsatz von Recyclinggips gegenüber Naturgips keine bzw. keine nennenswerte Treibhausgasreduzierung erreicht werden kann.

Allerdings besteht ein Potenzial zur Ressourcenschonung mineralischer Rohstoffe (Gipsbau), das durch eine stoffliche Verwertung von Gipsabfällen erschlossen werden kann. Die Gipsabfälle aus Berlin sind hierzu grundsätzlich geeignet, da es sich zum großen Teil um stofflich verwertbare Gipsplatten handelt. Die Umweltauswirkungen der vollständigen stofflichen Verwertung von Gipsabfällen anstelle einer Deponierung/Ablagerung werden in Kapitel 5.10 beschrieben, die kostenseitigen Auswirkungen in Kapitel 8.

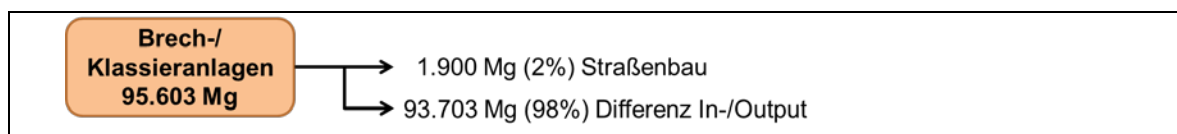
4.1.5 Asphalt

Asphalt (Bitumengemisch) ist im Gegensatz zu den anderen untersuchten mineralischen Abfällen nicht überwiegend inert, sondern besteht aus mineralischen Stoffen und zu einem kleineren Massenanteil aus Erdöl hergestelltem Bitumen.

Die **Stoffstrombilanz 2012** zum Aufkommen und Verbleib ist nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief Asphalt		Quelle
Aufkommen:	162.571 Mg	Auswertung Abfallberichte Vorbehandlungsanlagen, Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg und Auskunft Asphaltmischwerke
Verbleib:	59% Brech-/Klassieranlagen (Input) 36% Asphaltmischwerke (Input) 5% Deponien/Altablagerungen 0,01% Tagebau	

Die Stoffstrombilanz der Brech- und Klassieranlagen zeigt nachfolgende Übersicht.



Die In-/Output-Differenz resultiert insbesondere daraus, dass Bitumengemische im Output der Brech- und Klassieranlagen gemeinsam mit anderen Bauprodukten wie Beton oder Bauschutt u.a. für Tragwerk- und Frostschutzschichten im Straßen- und Wegebau verwendet werden (siehe Kapitel 3.2 und 3.3).

Zusätzlich werden 59.000 Mg an sortenreinem Asphalt in Asphaltmischwerken stofflich verwertet. Nur geringe Asphaltmengen von 7.968 Mg werden auf Deponien/Altablagerungen und in Tagebauen ohne weitere Aufbereitung entsorgt.

In der **Klimagasbilanz 2012** für Asphalt ist die Entsorgung der abgelagerten und im Tagebau eingesetzten Mengen wie bei den anderen mineralischen Abfällen mit „Null“ bewertet. Dagegen ist die Verwertung über Asphaltmischwerke für die Klimagasbilanz relevant,

da Bitumen aus Rohöl erzeugt wird und durch die Aufbereitung und Verwertung von RC-Asphalt Primärbitsumen ersetzt werden kann.

Nach Angaben in der Fachzeitschrift „Expert“ der Amman Gruppe (Okt 2009) verursacht die Produktion von neuem Bitumen etwa 13 kg CO₂ pro Tonne neuem Asphalt. Insgesamt berechnet sich – bezogen auf die gesamt im Jahr 2012 nach Sortierung entsorgte Asphaltmenge von 68.868 Mg – das spezifische Nettoergebnis zu -11 kg CO₂-Äq/Mg Asphalt. Gegenüber der Klimagasbilanz für 2010 liegt dieser Wert höher, da mit 59.000 Mg nun 86% der entsorgten Asphaltmenge statt 38% über Asphaltmischwerke verwertet wurden.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Asphalt der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen und fossilen Rohstoffen relevant. Hinsichtlich der mineralischen Rohstoffe wird die im Straßenbau eingesetzte Menge von 1.900 Mg angerechnet sowie die über Asphaltmischwerk verwertete Menge abzüglich des darin gebundenen Bitumens (4%), die sich zu 56.640 Mg berechnet. Ersetzt werden die mineralischen Rohstoffe Bausand und Baukies. Durch den recycelten Bitumenanteil in Höhe von 2.360 Mg wird Rohöl ersetzt, dessen Energiegehalt für die Schonung fossiler Rohstoffe angerechnet wird.

Bei der Entsorgung von Asphalt werden für die weiteren ausgewählten Indikatoren Rohmetalle und Phosphat keine Ressourcenschonungen bewirkt bzw. sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Asphalt sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.5 zusammengefasst.

Ausblick

Für die auf Deponien/Altanlagen sowie in Tagebauen verbrachte Menge besteht das Potenzial für eine weitere Steigerung der Schonung mineralischer Rohstoffe. Vor allem aber ist eine Optimierung für die über Brech- und Klassieranlagen behandelten Mengen zu sehen.

Gegenüber der herkömmlichen Praxis beim Straßenaufbruch von Asphaltstraßen könnte bei der großflächigen Sanierung von solchen Straßen durch die schichtenmäßige Fräsung der Deck-, Binder und Tragschicht eine hohe Qualität an Asphaltgranulat gewonnen werden. Dieses Granulat kann in Asphaltmischwerken eingesetzt und wieder als Material zur Herstellung von Deck- sowie Binderschichten verwendet werden. Somit könnte durch eine weitere Einsparung von Bitumen eine verbesserte Klimagasbilanz für das Land Berlin erzielt werden.

Um dies zu unterstützen wurde durch die Senatsumweltverwaltung mit fachlicher Unterstützung des Umweltbundesamtes ein Strategiepapier „zur Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine umweltverträgliche Beschaffung“ erarbeitet. Die Unterlage enthält neben grundsätzlichen Anmerkungen zur umweltverträglichen und ressourcenschonenden Beschaffung auch entsprechende Leistungsblätter mit ökologischen Mindestkriterien zur Verwertung und zum Einsatz von Asphalt im Rahmen von Straßenbaumaßnahmen.

Eine weitere Betrachtung des Potenzials erfolgt in dieser Studie nicht.

4.1.6 Baggergut

Bei Baggergut handelt es sich um Schlamm, der bei Aushubarbeiten von Gewässern anfällt. Baggergut wird nicht über Klassieranlagen behandelt.

Die **Stoffstrombilanz 2012** zum Aufkommen und Verbleib ist nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief Baggergut		
Aufkommen:	10.889 Mg	Abfrage Wasserbauämter Bund, Land und Auswertung Deponien, Altablagerung Großziethen sowie Auskunft LBGR Brandenburg
Verbleib:	97% Deponien/Altablagerungen 3% Tagebau	

Die gesamte Baggergutmenge wurde auf Deponien/Altablagerungen und in Tagebauen ohne weitere Aufbereitung entsorgt.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Baggergut ist mit „Null“ bewertet, da die Deponierung bzw. Ablagerung dieser Abfälle keine Auswirkungen auf den Treibhauseffekt hat.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist ausschließlich der Aspekt Ressourcenschonung von mineralischen Rohstoffen relevant. Durch die derzeitige Entsorgung auf Deponien/Altablagerungen und in Tagebauen ist keine Substitution von mineralischen Rohstoffen gegeben.

Weitere Ressourcen (Rohmetalle, Energie, Phosphat) spielen keine Rolle oder sind von untergeordneter Bedeutung und wurden nicht ausgewertet. Das Gleiche gilt für Luftemissionen und den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Baggergut sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.6 zusammengefasst.

Ausblick

Da Baggergut vollständig abgelagert wird, besteht ein Potenzial für eine Steigerung der Schonung mineralischer Ressourcen durch eine vollständige Bodenverwertung. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.2 Hausmüll inkl. Geschäftsmüll

Haus- und Geschäftsmüll wurde im Jahr 2012 wie 2010 durch die BSR eingesammelt. Für die Sammlung liegen weiterhin keine spezifischen Angaben vor, es wurde von einer durchschnittlichen Sammelstrecke für Deutschland ausgegangen.

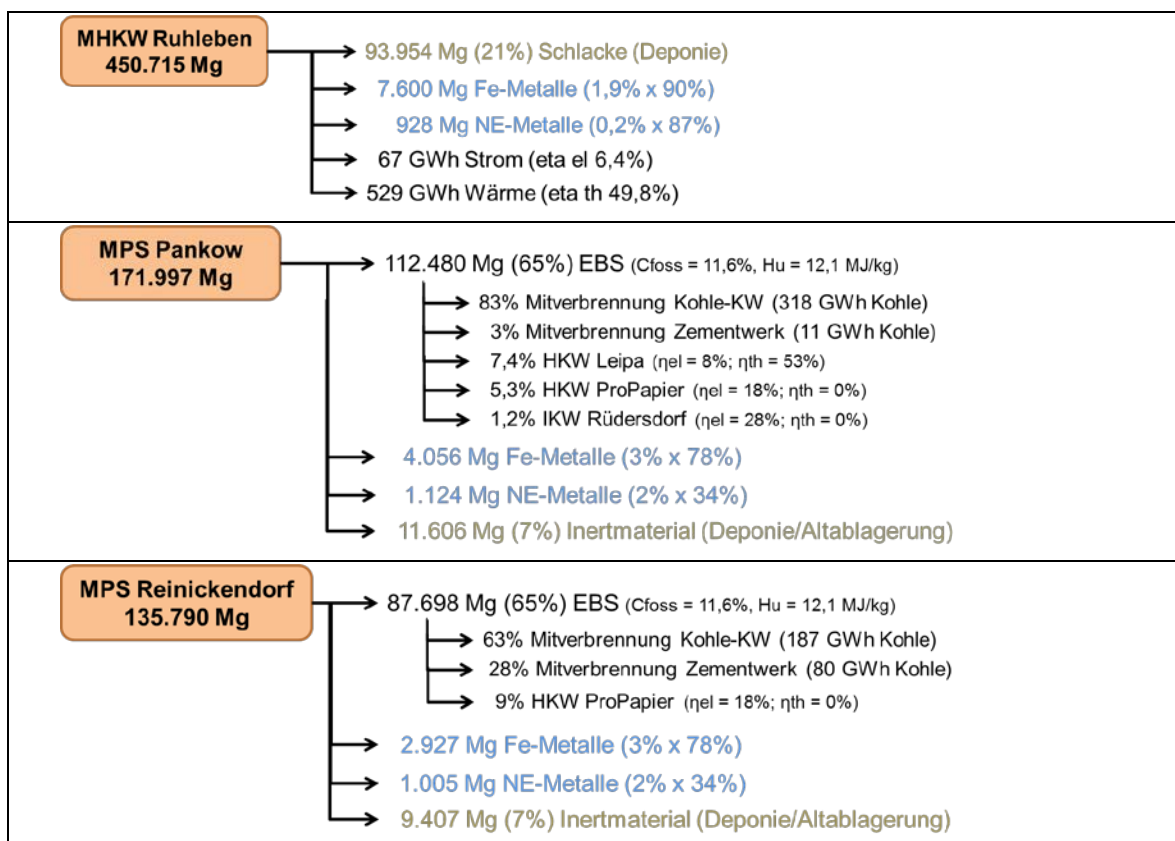
Stoffstrombilanz 2012

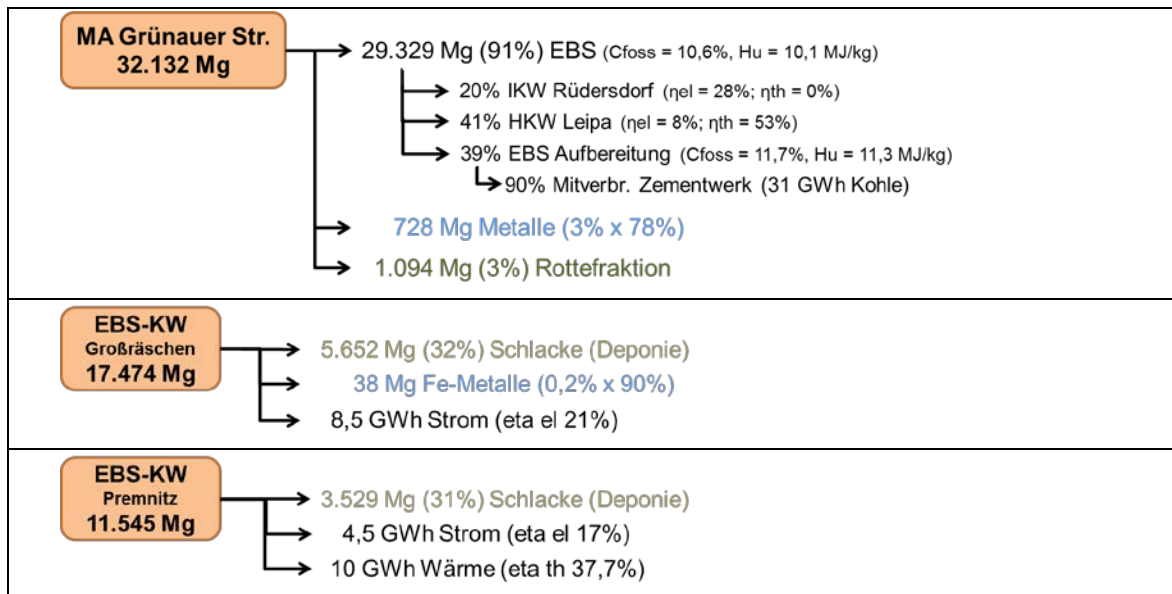
Für die Stoffstrombilanz 2012 wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle auf Basis der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) abgeleitet, die anlagenspezifisch die Summe der angelieferten Abfälle angibt. Die daran anteiligen Mengen nach Abfallart wurden mit den BSR abgestimmt. Das so ermittelte Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Haus- inkl. Geschäftsmüll		Quelle
Aufkommen:	822.119 Mg	nach (BSR 2013)
Verbleib:	55% MHKW Ruhleben 21% MPS Pankow 16,5% MPS Reinickendorf 4% MA Grünauer Str. 2% EBS-KW Großräschen 1,4% EBS-KW Premnitz 0,3% Bunkerverluste (nicht betrachtet)	abgeleitet aus (BSR 2013)
Kenndaten	Hu = 8,3 MJ/kg FS, C _{fossil} = 7,8% FS, Hg = 0,3 mg/kg FS	wie 2010 s. Kap. 2.1.3

Im Jahr 2012 wurde Haus- und Geschäftsmüll ähnlich entsorgt wie 2010. Der Hauptteil der Menge ging zum MHKW Ruhleben und auch die anteiligen Mengen zu den beiden MPS-Anlagen lagen in ähnlicher Größenordnung. Abweichend war 2012 die über die MA Grünauer Str. entsorgte Menge nur noch etwa halb so hoch und zudem erfolgte keine Entsorgung über die MBA Schöneiche (Vertrag ausgelaufen). Stattdessen wurden anteilig Mengen über die EBS-Kraftwerke Großräschen und Premnitz entsorgt.

Die Stoffstrombilanzen der einzelnen Behandlungsanlagen zeigt nachfolgende Übersicht. Datengrundlage dazu sind neben der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 auch die Jahresberichte der Entsorgungsanlagen (MHKW, MPS-Anlagen, MA).





Abweichend zum Jahr 2010 wurden in 2012 die über die MA Grünauer Str. separierten EBS nicht mehr anteilig über die Anlage der Firma ffk environment in Peitz zur anschließenden Mitverbrennung in das Kraftwerk Jänschwalde verbracht. Trotzdem nimmt die aussortierte Rottefraktion mit 3% bezogen auf die Inputmenge einen noch kleineren Anteil ein als 2010 (11%). Entsprechend müssen die zu den EBS-Kraftwerken und zur weiteren EBS-Aufbereitung verbrachten Mengen noch wesentliche Anteile an Organik enthalten bzw. eine ähnliche Charakteristik aufweisen wie unbehandelter Hausmüll, da in der MA Grünauer Str. ausschließlich eine mechanische Behandlung erfolgt. Dennoch wurden für die Bilanzierung 2012 die Kenndaten aus 2010 übernommen, da der Einfluss auf das Ergebnis der Klimagasbilanz aufgrund der Korrelation von Heizwert und fossilem C-Gehalt gering ist.

Klimagasbilanz 2012

Für die Klimagasbilanz 2012 sind die Kenndaten der Abfallströme bzw. Abfallfraktionen gegenüber der Klimagasbilanz für 2010 (IFEU/ICU 2012) unverändert. Auch die technischen Randbedingungen der Anlagen stimmen weitgehend überein. Eine Ausnahme bilden die erzielbaren Reinheitsgrade für Fe- und NE-Metalle, die nach aktuellen Erkenntnissen (UBA 2013/14) höher liegen als für 2010 angenommen (vgl. Kap. 1.4).

Ebenfalls abweichend zur Situation für das Jahr 2010 sind die technischen Randbedingungen für das MHKW Ruhleben zu nennen. Die Daten für das Jahr 2012 sind aufgrund der Inbetriebnahme der Linie A, dem Gesamtanlagenstillstand und der Revision der Turbine nur bedingt aussagekräftig für den Regelbetrieb. Auch führten die Umstände der Inbetriebnahme zu höheren Verbrauchswerten für die Zufeuerung für An- und Abfahrvorgänge und zu einem geringeren elektrischen Wirkungsgrad der Stromerzeugung.

Abbildung 4-1 zeigt das spezifische Ergebnis für die verschiedenen Behandlungsverfahren von Haus- und Geschäftsmüll im Jahr 2012. Wie bereits 2010 sind die Unterschiede wesentlich dadurch geprägt, in welchem Umfang aus den Behandlungsverfahren EBS zur Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken bereitgestellt werden. Die damit einhergehende heizwertäquivalente Substitution von Kohle führt zu den höchsten Entlastungseffekten.

fekten, entsprechend zeigt die Behandlung über die MPS-Anlagen das spezifisch beste Nettoergebnis.

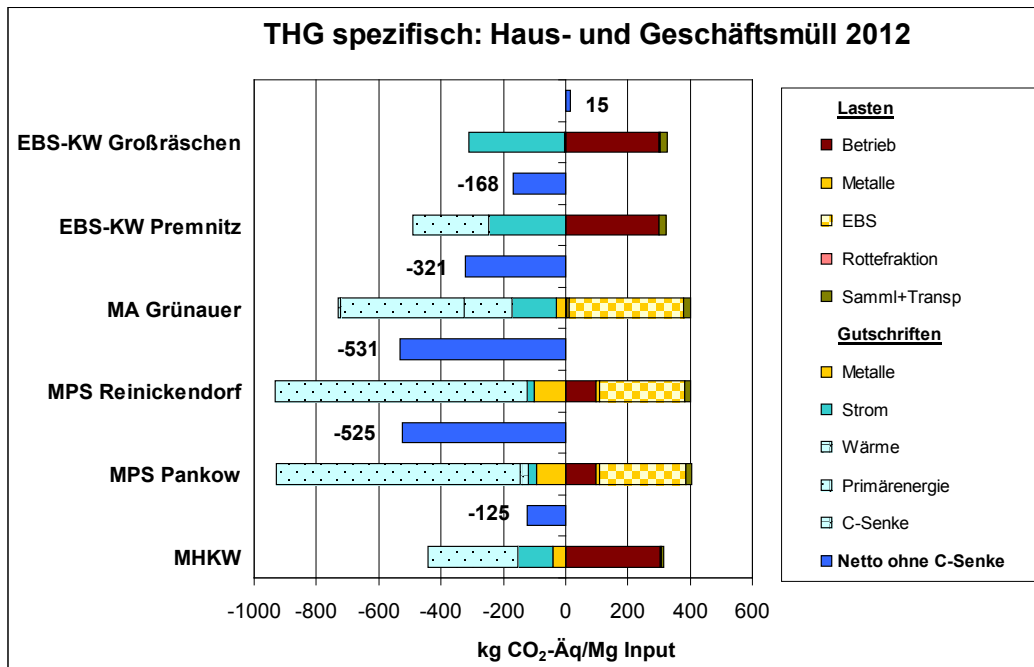


Abbildung 4-1 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll

Gegenüber den Ergebnissen für das Jahr 2010 liegt das spezifische Entlastungsergebnis für die Behandlung über das MHKW Ruhleben aus den oben genannten Gründen etwas niedriger. Ebenfalls geringer fällt die spezifische Nettoentlastung bei der Behandlung über die MA Grünauer Str. aus. Hier liegt zwar die EBS-Ausbeute höher gegenüber 2010 (91% statt 84%), allerdings der Anteil EBS zur Mitverbrennung viel geringer (35% statt 67%).

Dagegen zeigt die Behandlung über die beiden MPS-Anlagen jeweils ein etwas besseres spezifisches Nettoergebnis gegenüber der Bilanz für 2010. Auch hier liegt die EBS-Ausbeute bei beiden Anlagen höher als 2010 (65% statt 58% bzw. 59%) und der Anteil der Mitverbrennung niedriger (86% statt 91% bei der MPS Pankow und 91% statt 97% bei der MPS Reinickendorf), allerdings letzteres in deutlich geringerem Umfang als es bei der MA Grünauer Str. der Fall ist (nur fünf bzw. sechs Prozentpunkte weniger).

Die Behandlung über das EBS-KW Premnitz weist ein besseres spezifisches Nettoergebnis auf als die Behandlung über das MHKW Ruhleben aufgrund des deutlich höheren elektrischen Nettowirkungsgrades von 17% bei moderater Wärmenutzung (37,7%). Das EBS-KW Großräschen weist zwar mit 21% einen noch höheren elektrischen Nettowirkungsgrad auf, hat dafür aber keine Wärmenutzung. Die Gutschrift alleine für den Nettostrom reicht nicht aus, um die Belastungen aus der Hausmüllverbrennung (vor allem fossile CO₂-Emissionen, daneben Betriebsmittelbereitstellung) auszugleichen. Damit ist diese Behandlung als einzige mit Nettobelastungen verbunden.

Das gewichtete Mittel über alle Behandlungsverfahren führt zu einem spezifischen Emissionsfaktor von -275 kg CO₂-Äq/Mg Abfallinput und liegt damit fast gleich hoch wie 2010 (-273 kg CO₂-Äq/Mg Abfallinput). Die sich grundsätzlich positiv auswirkende Aufgabe der

Behandlung über die MBA Schöneiche wird fast vollständig durch die anteilige Behandlung über das EBS-KW Großräschen und die gegenüber 2010 geringeren spezifischen Nettoentlastungen bei der MA Grünauer Str. und dem MHKW Ruhleben aufgehoben.

Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2012 eine Nettoentlastung von -225.153 Mg CO₂-Äq. Absolut ist diese Entlastung niedriger als 2010, da im Jahr 2012 eine geringere Menge an Haus- und Geschäftsmüll angefallen ist (822.119 Mg gegenüber 858.366 Mg). Ob dies auf eine Steigerung der getrennten Erfassung zurückzuführen ist oder auf eine Abfallvermeidung kann nicht ausgesagt werden.

Umweltbilanz 2012

Hinsichtlich der Umweltbilanz sind bei der Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll mehrere der zu untersuchenden Indikatoren relevant (Ausnahme: Ressource Phosphat, Ammoniakemissionen, Eintrag Boden).

Ressourcenschonung

Da bei der Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll aussortierte Inertmaterialien und anfallende Schlacke bislang abgelagert werden, ist keine Substitution von mineralischen Rohstoffen gegeben.

Rohmetalle werden bei fast allen Behandlungsverfahren in mehr oder weniger hohem Umfang zurückgewonnen, sowohl aus der Vorbehandlung als auch aus der Schlackeverwertung. Einzige Ausnahme bildet die Behandlung über das EBS-KW Premnitz. Die Metallrückgewinnung aus der Schlacke bei der Behandlung über das EBS-KW Großräschen ist jedoch auch vergleichsweise gering (0,2% bezogen auf den Abfallinput). Spezifisch zeigen die MPS-Anlagen die höchste Ausbeute für Metalle.

Die Schonung fossiler Rohstoffe ist über den Indikator kumulierter fossiler Energieaufwand (KEA fossil) abgebildet. Beim KEA fossil wird der Energiegehalt eingesetzter fossiler Rohstoffe als Aufwand aufsummiert (Belastungen) und dem additiven Energiegehalt ersetzter fossiler Rohstoffe gegenübergestellt (Gutschrift).

Das in Abbildung 4-2 dargestellte spezifische Ergebnis für den KEA fossil ähnelt im Grundsatz dem spezifischen Ergebnis der Klimagasbilanz. Auch bei der Schonung fossiler Ressourcen sind vor allem die Behandlungsverfahren im Vorteil, bei denen es in höchstem Umfang gelingt, fossile Rohstoffe zu substituieren wie es bei der Mitverbrennung durch die heizwertäquivalente Substitution von Kohle der Fall ist. Im Unterschied zur Klimagasbilanz spielt die Verbrennung des Abfalls hier aber keine Rolle. Während die bei der Verbrennung freigesetzten fossilen CO₂-Emissionen im System betrachtet werden müssen, ist dies für die im Abfall gebundene Energie (Feedstock) nicht der Fall, da diese Eigenschaft mit der Systemgrenze Abfallanfall ohne Vorlasten dem System quasi „geschenkt“ wird. Entsprechend überwiegen in der Bilanz für den KEA fossil in allen Behandlungsverfahren die Entlastungseffekte.

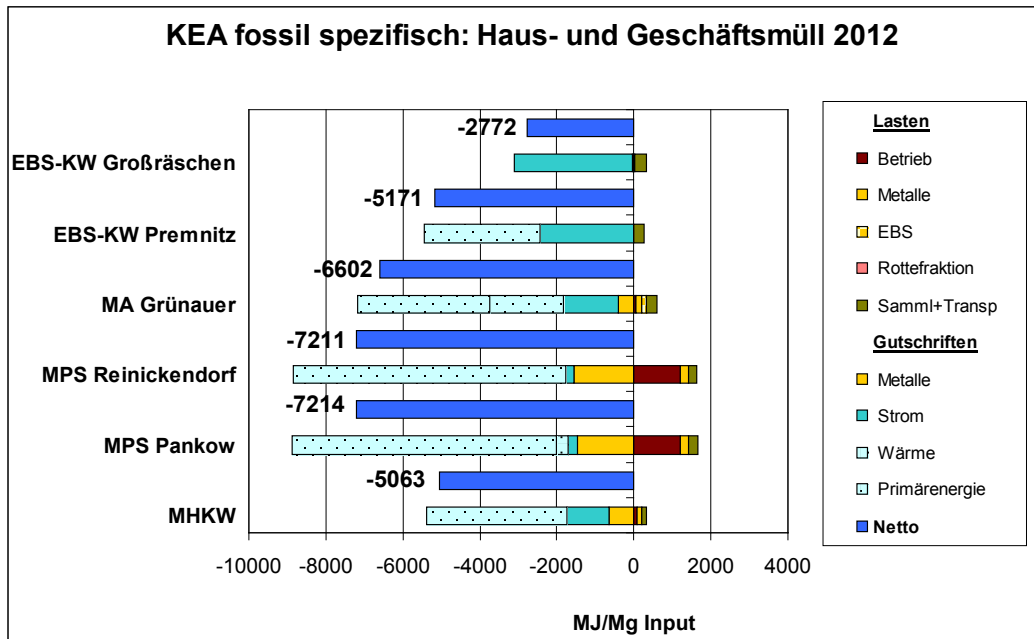


Abbildung 4-2 Spezifisches Ergebnis KEA fossil Haus- und Geschäftsmüll

Luftemissionen

Relevant im Zusammenhang mit den hier gegebenen thermischen Verfahren sind NO_x- und Hg-Emissionen aus der Verbrennung (inkl. RTO). Die Grundlagen für die Ermittlung der Emissionsfrachten für die verschiedenen Verfahren sind in Kapitel 2.1.3 erläutert.

Abbildung 4-3 zeigt die spezifischen Belastungen und Gutschriften aus der Bilanzierung der NO_x-Emissionen für die Behandlungsverfahren. Grundsätzlich gilt, dass die NO_x-Emissionen aus der Abfallmitverbrennung heizwertäquivalent den NO_x-Emissionen aus der Verbrennung der Regelbrennstoffe gleich sind, da NO_x-Emissionen im Wesentlichen verfahrensbedingt und nicht abfallspezifisch sind. Dass die Belastungen für „EBS“ in Abbildung 4-3 höherausfallen als die ebenfalls ausgewiesenen Gutschriften für „Primärenergie“ liegt an den jeweils darin ebenfalls enthaltenen NO_x-Emissionen aus der Abfallverbrennung in EBS-Kraftwerken. Diese werden über die jeweils erzeugte Endenergie berechnet, die bei konventionellen Kraftwerken aufgrund besserer Wirkungsgrade höher ausfällt als bei EBS-Kraftwerken, also zur Energieerzeugung entsprechend weniger Brennstoff eingesetzt werden muss und entsprechend weniger NO_x-Emissionen anfallen. Dies bedingt im Wesentlichen, dass sich im Nettoergebnis bei allen Behandlungsverfahren Nettobelastungen ergeben.

Bei der thermischen Behandlung über das MHKW Ruhleben sind die Nettobelastungen am niedrigsten, da das MHKW über eine sehr gute Abgasreinigung verfügt, so dass sich eine geringe abfallspezifische NO_x-Emissionsfracht („Lasten“) von rd. 0,4 kg/Mg Abfallinput ergibt (berechnet aus NO_x-Jahresfracht gemäß Emissionserklärung 2012 und Jahresdurchsatzmenge). Für die Verbrennung in EBS-Kraftwerken wurde die jährliche Emissionskonzentration auf Basis der Umwelterklärung 2011 für das IKW Rüdersdorf abgeleitet. Aus den Angaben für NO_x-Gesamtemissionen (in kg/MWh_{el}) und spezifischer Stromerzeugung (MWh_{el}/Mg EBS) berechnet sich die abfallspezifische NO_x-Emissionsfracht zu

rd. 0,9 kg/Mg EBS. Entsprechend erklärt sich die deutlich höhere NO_x-Belastung bei den EBS-Kraftwerken gegenüber dem MHKW Ruhleben. Abgesehen von den direkten NO_x-Emissionen aus der Verbrennung und den substituierten NO_x-Emissionen durch Ersatz von Primär- oder Endenergie ist hinsichtlich NO_x-Emissionen die Metallverwertung relevant. Die Primärerzeugung von Eisenmetallen und nochmals deutlicher Aluminium ist mit vergleichsweise hohen NO_x-Emissionen verbunden, die sich hier durch das Metallrecycling in sichtbaren Gutschriften bemerkbar machen.

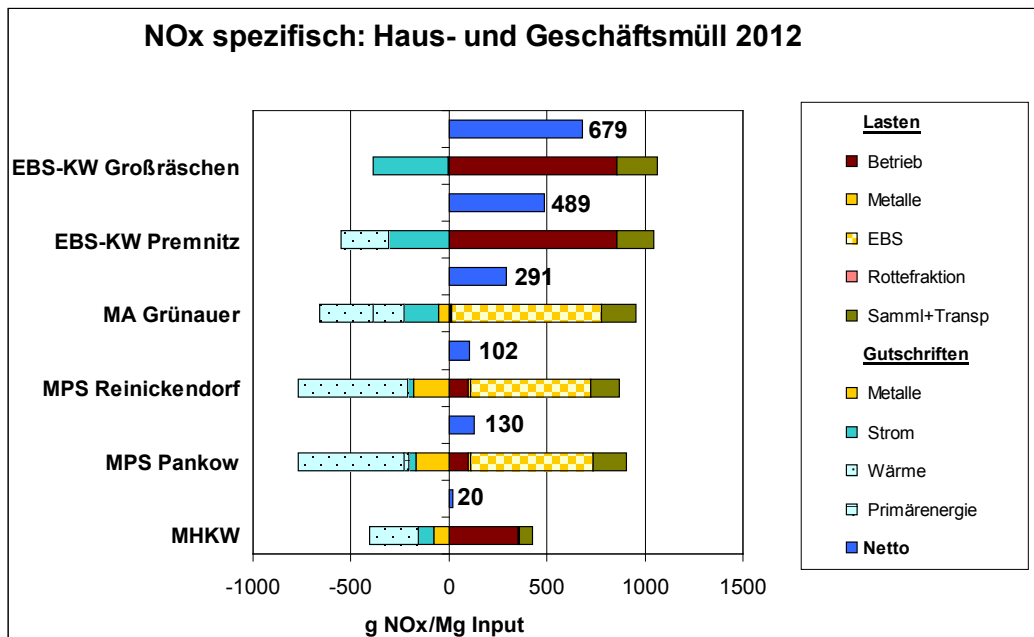


Abbildung 4-3 Spezifisches Ergebnis NO_x Haus- und Geschäftsmüll

Im Gegensatz zu NO_x-Emissionen sind Quecksilberemissionen in erster Linie durch den Gehalt an Quecksilber im Brennstoff bedingt und im Weiteren durch die installierte Abgasreinigungstechnik (vgl. Kap. 2.1.3). Der Quecksilbergehalt im Abfall wurde einheitlich mit 0,3 mg/kg angenommen, da nicht für alle verschiedenen Abfallfraktionen Daten vorliegen und die verfügbaren Daten in enger Bandbreite um diesen Wert lagen. Für das MHKW Ruhleben wurden die Werte aus der Emissionserklärung 2012 verwendet. Mit dem o.g. Quecksilbergehalt berechnet sich daraus ein Transferfaktor für das MHKW Ruhleben von 0,005, der nach Erfahrungswerten des IFEU für MVAn mit hohem Standard üblich ist.

Abbildung 4-4 zeigt die spezifischen Belastungen und Gutschriften aus der Bilanzierung der Hg-Emissionen für die Behandlungsverfahren. Aufgrund der vergleichsweise geringeren Hg-Gehalte in Kohlen ergeben sich nur geringe Gutschriften für die Substitution von Kohle bzw. konventionell erzeugter Energie. In den Belastungen weist die Behandlung über das MHKW Ruhleben das mit Abstand beste Ergebnis auf. Zweitbestes Ergebnis zeigt die thermische Behandlung über die EBS-Kraftwerke. Für diese wurde ein einheitlicher durchschnittlicher Transferfaktor von rund 0,09 ermittelt, der in der Größenordnung von MVAn mittleren Standards liegt. Demgegenüber deutlich höhere Belastungen sind mit der Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken gegeben wie sie für EBS aus den MPS-Anlagen und der MA Grünauer Str. überwiegend erfolgt. Bedingt sind die höheren Belastungen durch die deutlich höheren Transferfaktoren für diese Anlagen (0,4 für Zement-

werk und 0,2 für Kohlekraftwerke, vgl. Kap. 2.1.3). Bei der Behandlung über die MPS-Anlagen kommen die Hg-Emissionen aus der RTO hinzu, die auf Basis des Jahresdurchsatzes und den von den BSR mitgeteilten Hg-Jahresfrachten berechnet wurden. Auch bei Quecksilber ist die Substitution der Primärherstellung von Eisenmetallen und Aluminium im Ergebnis sichtbar. Die Gutschriften sind allerdings gegenüber den direkten Belastungen aus der thermischen Abfallbehandlung gering.

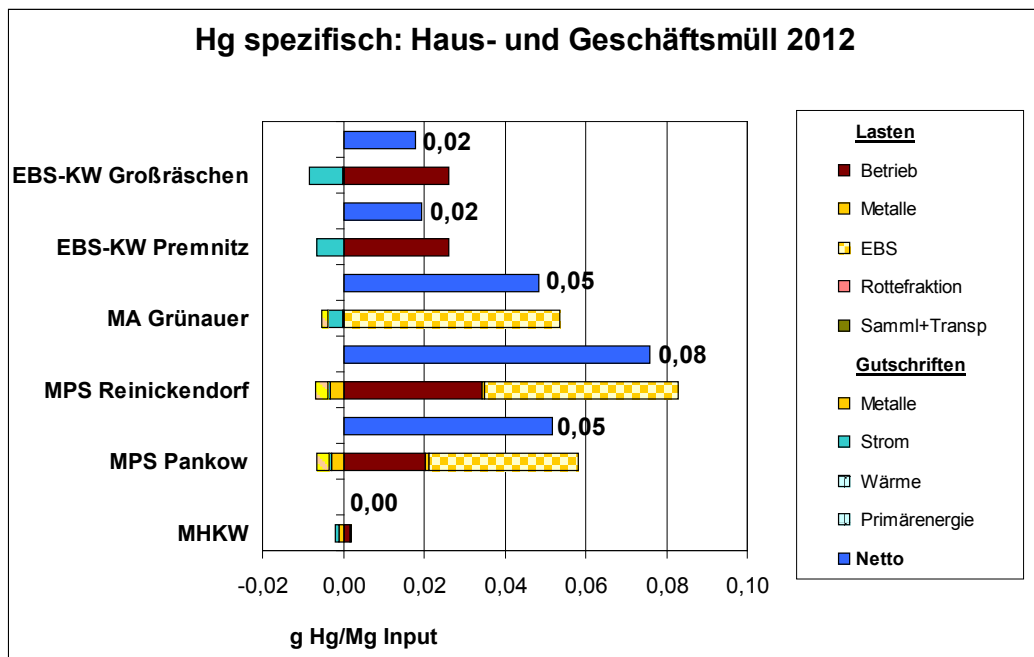


Abbildung 4-4 Spezifisches Ergebnis Quecksilber Haus- und Geschäftsmüll

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Hausmüll inkl. Geschäftsmüll sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.7 zusammengefasst.

Ausblick

In Bezug auf die Klimagasbilanz ist für die Zukunft davon auszugehen, dass die Behandlung über das MHKW Ruhleben wieder zu einem deutlich besseren spezifischen Nettoergebnis führen wird (Normalbetrieb der neuen Linie A). Die Behandlung über die MA Grünauer Str. sollte aus den in der Vorläuferstudie genannten Gründen nicht weiter verfolgt werden (keine 30. BImSchV-Anlage). Die Behandlung über das EBS-KW Großräschen sollte aus Klimaschutzsicht aufgegeben werden.

Für die bislang abgelagerte Inertmenge von etwa 20.000 Mg aus den beiden MPS-Anlagen wird kein Optimierungspotenzial in Richtung einer Verwertung im Straßenbau und damit einhergehender Schonung mineralischer Ressourcen gesehen. Anders ist dies für die beim MHKW Ruhleben anfallende Schlacke von rund 100.000 Mg. So wurde diese Schlacke vor 2005 weitestgehend im Straßen- und Wegebau eingesetzt und somit eine Substitution von mineralischen Rohstoffen erzielt. Nach der Abschlussprofilierung der BSR-Deponien sollte dieser ressourcenschonende Weg wieder erfolgen. Dieser Aspekt sollte in der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 geprüft werden. Für die o.g.

Menge könnte durch die entsprechende Substitution von gebrochenen Natursteinen die Inanspruchnahme einer Fläche von rd. 1.800 m² vermieden werden.

Das Potenzial der Metallrückgewinnung dürfte bei der Behandlung über die MPS-Anlagen weitgehend ausgeschöpft sein. Nach den Annahmen zur Abfallzusammensetzung in der Vorläuferstudie liegt der reine Metallgehalt in Haus- und Geschäftsmüll bei 4,5%. Bei der Behandlung über die weiteren Verfahren ist ein weiteres Potenzial gegeben, vor allem bei der Behandlung über die EBS-Kraftwerke (Premnitz und Großräschen).

Die absolute Einsparung fossiler Rohstoffe, ausgedrückt als kumulierter fossiler Energieaufwand, ließe sich durch eine Steigerung der Anteile zur Mitverbrennung weiter steigern. Dem gegenüber stehen die damit verbundenen höheren Belastungen vor allem durch Quecksilberemissionen, aber auch von höheren NO_x-Emissionen verglichen mit der thermischen Behandlung über das MHKW Ruhleben. Die Auswirkungen einer Umlenkung von EBS aus Hausmüll bzw. auch aus gewerblichen gemischten Siedlungsabfällen auf die Klimagas- und Umweltbilanz werden in Kapitel 5 dargelegt.

Für Haus- und Geschäftsmüll wird im Besonderen in Kapitel 5 die thermische Behandlung über das MHKW Ruhleben weitergehend für den Fall einer reinen Stromerzeugung anstelle der derzeitigen KWK-Nutzung untersucht. Hintergrund der Betrachtung ist die derzeit diskutierte Option im Rahmen der Berliner Stadtwerksgründung das MHKW Ruhleben aus dem Verbund mit Vattenfall (Betreiber Turbine) herauszulösen und die Anlage künftig mit reiner Stromerzeugung zu betreiben. Diese Variante wird auch in ihren Kosten in Kapitel 8 bewertet.

4.3 Gewerbeabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Gewerbeabfälle fielen auch im Jahr 2012 im Land Berlin sowohl als überlassungspflichtige als auch als nicht überlassungspflichtige Abfälle an. Zu den überlassungspflichtigen Abfällen zählen die über die BSR entsorgten hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle (gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle) und sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie. Die verschiedenen Abfalltypen sind in den folgenden Kapiteln getrennt beschrieben.

4.3.1 Überlassungspflichtige Gewerbeabfälle

Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG)

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle auf Basis der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) abgeleitet, die anlagenspezifisch die Summe der angelieferten Abfälle angibt. Die daran anteiligen Mengen nach Abfallart wurden mit den BSR abgestimmt. Das so ermittelte Aufkommen und der Verbleib zeigt der Kurzsteckbrief.

Die Stoffstrombilanzen der Behandlungsanlagen entsprechen prozentual denen für Haus- und Geschäftsmüll (s. Kap. 4.2). Auch die dort genannten Veränderungen für das Jahr 2012 gegenüber dem Jahr 2010 gelten analog. Die Kenndaten für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle entsprechen denen im Jahr 2010 abgeleiteten Kenndaten. Abweichend zu 2010 wurde im Jahr 2012 auch eine anteilige Menge hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle über die Sperrmüllsortieranlage AAS Gradestr. behandelt. Die Stoffstrombilanz für diese Anlage findet sich in Kapitel 4.5 zu Sperrmüll.

Kurzsteckbrief überlassungspflichtige HMG		Quelle
Aufkommen:	16.922 Mg	nach (BSR 2013)
Verbleib:	59,4% MHKW Ruhleben 28,1% MPS Reinickendorf 7,9% AAS Gradestr. 1,8% EBS-KW Großräschen 1,2% EBS-KW Premnitz 1,2% MA Grünauer Str. 0,2% MPS Pankow (nicht betrachtet) 0,2% Bunkerverluste (nicht betrachtet)	abgeleitet aus (BSR 2013)
Kenndaten	Hu = 14,2 MJ/kg FS, $C_{\text{fossil}} = 20,2\%$ FS, Hg = 0,3 mg/kg FS	wie 2010 s. Kap. 2.1.3

Die **Klimagasbilanz 2012** wird hier nicht weiter differenziert dargestellt. Im Grundsatz entspricht die sektorale Aufteilung der von Haus- und Geschäftsmüll. Im Nettoergebnis weist aber die Entsorgung über das MHKW hier eine leichte Belastung auf, während die Entsorgung über die MPS Reinickendorf eine etwas höhere Nettoentlastung zeigt als bei der Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll. Dies ist – wie auch schon für 2010 in der Vorläuferstudie beschrieben – einzig auf die andere Abfallcharakteristik (Heizwert, fossiler C-Gehalt) zurückzuführen, die technischen Daten für die Behandlungsanlagen sind unverändert. Hintergrund ist, dass der höhere fossile C-Gehalt im hausmüllähnlichen Gewerbeabfall sich trotz ebenfalls höherem Heizwert nachteilig für die Behandlung über das MHKW auswirkt, da die Gutschriften für erzeugten Strom und Wärme nicht linear höher ausfallen.

Im Vergleich zum Jahr 2010 ergibt sich auch für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle bei der Behandlung über das MHKW Ruhleben und die MA Grünauer Str. eine Verschlechterung im spezifischen Ergebnis bedingt durch den geringeren elektrischen Wirkungsgrad beim MHKW und dem deutlich geringeren EBS Anteil zur Mitverbrennung aus der MA. Umgekehrt fällt das spezifische Ergebnis der Behandlung über die MPS besser aus aufgrund der höheren EBS-Ausbeute. Genauere Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 4.2 zu Haus- und Geschäftsmüll. Für die Behandlung über die AAS Gradestr. ergibt sich für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle eine spezifische Nettoentlastung.

Das gewichtete Mittel über alle Behandlungsverfahren führt zu einem spezifischen Nettoergebnis von $-203 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/Mg Abfallinput}$ und liegt damit deutlich niedriger als 2010 ($-319 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/Mg Abfallinput}$). Ursache ist der höhere über das MHKW Ruhleben entsorgte Anteil, der für die Entsorgung im Jahr 2012 spezifisch eine leichte Nettobelastung aufweist (s.o.). Trotz der ebenfalls höheren über die MPS Reinickendorf entsorgten Menge führt dies im Gesamtblick zu einer geringeren Nettoentlastung gegenüber 2010. Auch die absolute Nettoentlastung liegt mit $-3.436 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq}$ deutlich niedriger als im Jahr 2010 ($7.379 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq}$), da hinzu kommt, dass im Jahr 2012 eine geringere Menge an hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen zur Entsorgung anfiel (16.922 Mg gegenüber 23.096 Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden – entsprechend der weitgehend analogen Entsorgungswege – die gleichen Indikatoren ausgewertet wie bei Haus- und Geschäfts-

müll. Die Ergebnisse hinsichtlich Ressourcenschonung erklären sich infolgedessen auch wie für Haus- und Geschäftsmüll beschrieben. Allerdings zeigt sich ein deutlicherer Unterschied zwischen dem Ergebnis für Haus- und Geschäftsmüll und dem für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle bei den NO_x-Emissionen. Im gewichteten Mittel über alle Behandlungsverfahren ergibt sich eine spezifische Nettoentlastung. Hier zeigt sich die überwiegende Behandlung über das MHKW Ruhleben von Vorteil.

In Tabelle 4-1 sind die spezifischen Ergebnisse für die Behandlungsverfahren nach ihren Belastungen, Gutschriften und Nettowerten aufgeführt. Die Behandlung über das MHKW Ruhleben zeigte sich bereits bei Haus- und Geschäftsmüll als deutlich vorteilhaft gegenüber den anderen Behandlungsverfahren. Dass es bei der Entsorgung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall zu einer Nettoentlastung kommt, erklärt sich durch den höheren Heizwert der HMG. Hierdurch ergibt sich eine höhere erzeugte Strom- und Wärmemenge, ohne dass dieser, wie bei der Klimagasbilanz, eine korrelierende direkte Emission (fossile CO₂) gegenübersteht. Auch ist vor allem die konventionelle Wärmeerzeugung mit höheren NO_x-Emissionen verbunden. Da das MHKW über einen vergleichsweise hohen Wärmenutzungsgrad verfügt, macht sich die höhere Wärmeerzeugung hier besonders in den Entlastungseffekten bemerkbar. Eine knappe Nettoentlastung zeigt auch die Behandlung über die Sperrmüllsortieranlage AAS. Der Unterschied zur MPS ist jedoch gering und erklärt sich unter anderem durch den geringeren Aufwand der Behandlung (keine RTO, geringerer Energiebedarf) und die höhere EBS-Ausbeute.

Tabelle 4-1 Spezifisches Ergebnis NO_x-Emissionen HMG

in g/Mg	Belastungen	Gutschrift	Netto
MHKW Ruhleben	406	-639	-233
AAS Gradestr.	928	-971	-43
MPS Reinickendorf	1252	-1190	63
MA Grünauer Str.	1115	-975	140
EBS-KW Großräschen	1046	-659	387
EBS-KW Premnitz	1023	-948	75

Bei Quecksilber zeigt sich der beschriebene Effekt tendenziell auch, allerdings in deutlich geringerem Maße, da Hg-Emissionen stärker durch die konventionelle Stromerzeugung geprägt sind und bei der konventionellen Wärmeerzeugung kaum eine Rolle spielen.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.8.1 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen bestehen, wie in der Vorläuferstudie benannt, in der gemeinsamen Behandlung der überlassungspflichtigen HMG mit den nicht überlassungspflichtigen Gewerbeabfällen. Eine weitere Betrachtung dazu erfolgt in dieser Studie nicht.

Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle auf Basis der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) abgeleitet und mit den BSR abgestimmt. Das ermittelte Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Sonstige Abfallarten Gewerbe und Industrie		Quelle
Aufkommen:	15.525 Mg	nach (BSR 2013)
Verbleib:	87,4% MHKW Ruhleben 3,8% EBS-KW Großräschen 2,5% EBS-KW Premnitz 2,5% MA Grünauer Str. 1,7% AAS Gradestr. 1,6% MPS Reinickendorf 0,5% Bunkerverluste (nicht betrachtet)	abgeleitet aus (BSR 2013)
Kenndaten	Hu = 14,9 MJ/kg FS, C _{fossil} = 19% FS, Hg = 0,3 mg/kg FS	wie 2010 s. Kap. 2.1.3

Für die Stoffstrombilanzen der Behandlungsanlagen gilt wie bei hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen (HMG), dass diese denen im Kapitel Haus- und Geschäftsmüll bzw. für die AAS im Kapitel Sperrmüll gezeigten in ihrer prozentualen Verteilung entsprechen. Auch Aussagen zu technischen Randbedingungen der Anlagen gelten analog. Die Kenndaten für sonstige Abfälle aus Gewerbe und Industrie entsprechen den im Jahr 2010 abgeleiteten Kenndaten.

Die **Klimagasbilanz 2012** wird hier nicht weiter differenziert dargestellt. Wie in der Vorläuferstudie beschrieben bestehen die sonstigen Abfälle aus Gewerbe und Industrie zu einem großen Anteil aus Krankenhausabfällen, die direkt ohne weitere Vorbehandlung thermisch entsorgt werden müssen. Für die Bilanzierung wurden deren abweichende Charakteristika bei der Behandlung über das MHKW Ruhleben berücksichtigt. Damit ist ein Verfahrensvergleich aufgrund der Unterschiedlichkeit der Abfälle nicht mehr möglich.

Auch für die **Umweltbilanz 2012** ist eine differenzierte Darstellung der Ergebnisse nach Behandlungsverfahren aufgrund der unterschiedlichen Abfallarten nicht möglich. Im Ergebnis für das MHKW Ruhleben zeigt sich allerdings der gleiche Effekt wie für die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle beschrieben. Hinsichtlich der NO_x-Emissionen führt die Behandlung über das MHKW Ruhleben aufgrund des höheren Heizwertes zu einer Nettoentlastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.8.2 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen werden, wie in der Vorläuferstudie, für die überwiegend aus Krankenhausabfällen bestehenden sonstigen Abfällen aus Gewerbe und Industrie nicht betrachtet.

4.3.2 Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Stoffstrombilanz 2012

Für die Stoffstrombilanz 2012 wurde wie in der Vorläuferstudie eine Sonderabfrage bei den Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen durchgeführt³. Für die Sonderabfrage wurde mittlerweile ein elektronischer Fragebogen entwickelt, wodurch sowohl die Abfrage als auch die Auswertung deutlich effizienter erfolgen kann. Es bleibt jedoch der zeitliche Aufwand, die Abfrage durchzuführen mit dem Ziel einen vollständigen Rücklauf zu erhalten. Auch im Jahr 2012 konnte die Beteiligung aller angefragten Anlagen erreicht werden. Für die Auswertung der ausgefüllten Fragebögen werden diese in die speziell dafür angelegte Auswertungsdatei überführt. Die Auswertung selbst erfolgt dann weitgehend automatisiert.

Typischerweise sind die angegebenen Input-Output-Bilanzen nicht immer geschlossen. So ergab sich für das Jahr 2010 in Summe eine geringere Menge im Output, deren Verbleib entsprechend nicht zugeordnet werden konnte. Im Jahr 2012 ergab sich der umgekehrte Fall. Hier wurde wie im Vorjahr dennoch die ermittelte Inputmenge zugrunde gelegt und der gemeldete Verbleib prozentual auf diese Menge bezogen. Das ermittelte Aufkommen ist nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle		Quelle
Aufkommen:	447.515 Mg davon: 194.771 Mg gemischte Siedlungsabfälle 252.744 Mg gemischte Bauabfälle	Auswertung Sonderabfrage bei Vorbehandlungsanlagen in Berlin und Brandenburg
Verbleib:	29.065 Mg MPS Reinickendorf 418.450 Mg Vorbehandlungsanlagen (siehe Abbildung 4-5)	
Kenndaten	Hu = 12,3 MJ/kg FS, C _{fossil} = 14,4% FS, Hg = 0,3 mg/kg FS	wie 2010 s. Kap. 2.1.3

Der über die MPS Reinickendorf behandelte Anteil wurde wie im Jahr 2010 gesondert bilanziert, da die technischen Daten für diese Anlage bekannt sind. Die Mengenströme der Anlage sind für Haus- und Geschäftsmüll und die ebenfalls behandelten gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle und gemischten Bau- und Abbruchabfälle gleich, da die Anlage keine getrennten Linien nach Abfallart hat. Die Stoffstrombilanz 2012 für die MPS Reinickendorf entspricht folglich der in Kapitel 4.2 zu Haus- und Geschäftsmüll gezeigten Stoffstrombilanz. Die Summe der Stoffstrombilanzen der Vorbehandlungsanlagen zeigt Abbildung 4-5.

³ Die betreffenden Anlagen sind in der Vorläuferstudie im Anhang C aufgeführt.

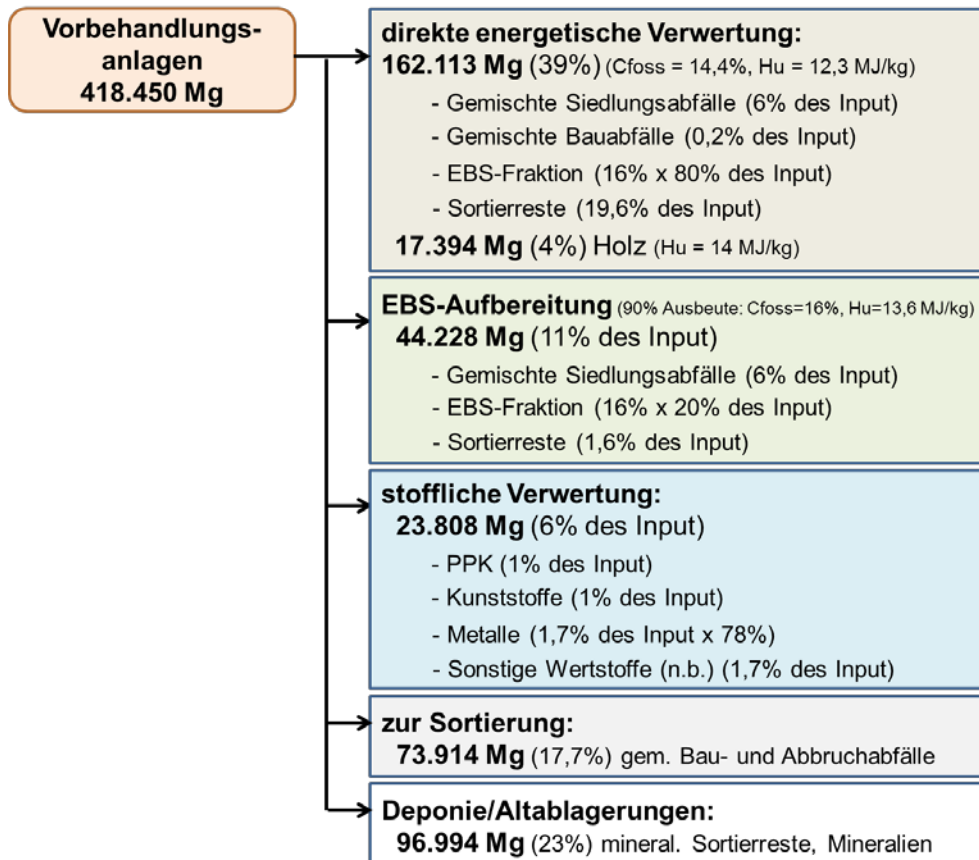


Abbildung 4-5 Verbleib Outputfraktionen aus den Vorbehandlungsanlagen

Die sich ergebende Verteilung im Jahr 2012 unterscheidet sich etwas von der im Jahr 2010. Der deutlichste Unterschied liegt darin, dass sich der Anteil der aussortierten Wertstofffraktionen Kunststoffe, PPK, Metalle und Holz an der Inputmenge im Jahr 2012 nur noch auf 8,2% beläuft statt 12,4% im Jahr 2010. Dies liegt vor allem an der um 2,5 Prozentpunkte niedrigeren aussortierten Holzfraktion. Bei den drei anderen Wertstoffen sind insgesamt etwas niedrigere aussortierte Anteile bezogen auf den Input gegeben. Ein weiterer Unterschied liegt darin, dass der Anteil an gemischten Bau- und Abbruchabfällen zur Sortierung mit 17,7% deutlich höher liegt als im Jahr 2010 (11%), während umgekehrt der direkt abgelagerte Anteil an Sortierresten und Mineralien von 27% auf 23% zurückgegangen ist. Für die Umweltbilanz ist dieser Umstand allerdings unerheblich, da auch für die gemischten Bau- und Abbruchabfälle zur Sortierung davon auszugehen ist, dass die daraus abgetrennte Mineralik aufgrund der Qualität nicht im Straßenbau eingesetzt werden kann, sondern ebenfalls zu Deponien und Altablagerungen verbracht wird. Damit ist auch hierfür keine Substitution von mineralischen Rohstoffen gegeben.

Der aussortierte Anteil, der zu einer energetischen Verwertung geht, ist gegenüber dem Jahr 2010 nahezu unverändert. In Summe mit dem zunächst über eine EBS-Aufbereitung weiter behandelten Anteil werden wie im Jahr 2010 insgesamt rd. 50% des Inputs (ohne Holz) einer energetischen Verwertung zugeführt.

Fach austausch zur UBA Studie für gemischte Siedlungsabfälle

Parallel zu diesem Vorhaben wurden in Berlin Untersuchungen an Vorbehandlungsanlagen im Rahmen einer UBA-Studie zur Optimierung der Verwertung gemischter gewerblicher Abfälle (UBA 2013/14, noch unveröffentlicht) durchgeführt. Die Studie beinhaltet sowohl messtechnische Versuche und die Untersuchung der technischen Machbarkeit als auch eine ökologische Beurteilung der Ist-Situation und der möglichen Optimierungen.

Um Synergien zu dem hier beschriebenen Vorhaben zu nutzen, wurde der Austausch mit dem Öko-Institut gesucht, zum einen mit der Bitte um Informationen zu den Erkenntnissen aus den messtechnischen Untersuchungen, zum anderen aber auch, um eine Harmonisierung in der ökologischen Beurteilung anzustreben. Mit dem Öko-Institut verbindet das IFEU eine langjährige, oft auch gemeinschaftliche Arbeit im Themenbereich der ökologischen Beurteilung, so dass ein offener Austausch zu Berechnungsweisen von beiden Instituten begrüßt wurde. Der Austausch umfasste insgesamt die folgenden Aspekte:

- Emissionsfaktoren Wertstoffe
- Metallausbeuten, -reinheitsgrade
- Abfall- bzw. EBS-Qualitäten

Zu dem Punkt Emissionsfaktoren für die Verwertung von Wertstoffen besteht Übereinstimmung bei Metallen und Glas. Textilien sind in der UBA-Untersuchung nicht relevant, da keine entsprechende Sortierfraktion aus gemischten Siedlungsabfällen anfällt. Für Kunststoffe wurde vereinbart, auch im Abgleich mit einem laufenden UBA-Projekt zu Klimaschutzpotenzialen in OECD-Ländern, eine Harmonisierung durch die Ableitung von drei Qualitätsstufen zu erreichen. Für deutsche Verhältnisse wird von einer hochwertigen Verwertung und damit hohen Qualitätsstufe ausgegangen. Die entsprechenden Faktoren wurden in diesem Vorhaben gegenüber denen im Jahr 2010 angepasst. Eine leichte Abweichung besteht bei der Verwertung der PPK-Fraktion. Hier wird – wie in der Vorläuferstudie – eine „Holzschonung“ aufgrund der unsicheren Datenlage nicht einbezogen. Im UBA-Projekt wird dies als Sensitivität ausgewiesen. Des Weiteren wurden die Emissionsfaktoren für die Strom- und Wärmebereitstellung abgeglichen. In der UBA-Studie werden hierzu Daten aus der EcoInvent-Datenbank verwendet. Für diese Studie werden für Berlin weiterhin die Werte von Vattenfall angesetzt und ansonsten die Daten der IFEU eigenen Datenbank zugrunde gelegt. Die Abweichung zwischen den Bundesdurchschnittswerten aus der IFEU Datenbank und der EcoInvent-Datenbank ist allerdings nicht signifikant.

Die Erkenntnisse zu Metallausbeuten und Reinheitsgraden aus den messtechnischen Untersuchungen im Rahmen der UBA-Studie an drei Anlagen in Berlin wurden für diese Studie zur Verfügung gestellt und übernommen (vgl. Kap. 1.4).

Hinsichtlich der Abfall- bzw. EBS-Qualitäten wurde in der Vorläuferstudie die Abfallzusammensetzung für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle nach (UBA 2011a) verwendet und daraus die Kenngrößen berechnet ($H_u = 12,3 \text{ MJ/kg FS}$, $C_{\text{fossil}} = 14,4\% \text{ FS}$, bei einem TS-Gehalt von rd. 70%). In Rücksprache mit dem Öko-Institut sind diese Werte in sich schlüssig und wurden hier weiter verwendet. Quecksilbergehalte wurden in der UBA-Studie nicht erhoben.

Klimagasbilanz 2012

Für die Klimagasbilanz 2012 sind die Kenndaten der Abfallströme bzw. -fraktionen gegenüber der Vorläuferstudie unverändert. Auch die grundsätzliche Vorgehensweise der Bilanzierung wurde, wie in der Vorläuferstudie beschrieben, beibehalten. Dies betrifft auch den anlagenspezifischen Verbleib der aussortierten Fraktionen, die einer direkten energetischen Verwertung zugeführt werden. Für diese war aus den anlagenspezifischen Angaben der Sonderabfrage 2010 folgender Verbleib abgeleitet worden:

- 6% Einsatz in Zementwerken
- 7% Einsatz in Braunkohlekraftwerken
- 87% Einsatz in verschiedenen EBS-Kraftwerken
(einheitlich als durchschnittliches EBS-Kraftwerk bewertet)

Dieser Verbleib wurde beibehalten, da eine Detailauswertung mit hohem Aufwand verbunden ist und eine überschlägige Einschätzung zeigte, dass auch im Jahr 2012 von einer ähnlichen Verteilung (überwiegender Verbleib EBS-Kraftwerke) ausgegangen werden kann. Auch für die Fortschreibung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz wird empfohlen, obige Verteilung aus Gründen der Effizienz zunächst beizubehalten und im 5-Jahresrhythmus neu zu überprüfen.

Abweichend zur Bilanzierung im Jahr 2010 wurden die erzielbaren Reinheitsgrade für Metalle angepasst und die Emissionsfaktoren für die Verwertung von aussortierten Kunststoffen (s.o.).

Abbildung 4-6 zeigt das spezifische Ergebnis der Klimagasbilanz für nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle. Gegenüber den Ergebnissen für das Jahr 2010 liegt die spezifische Nettoentlastung für die Behandlung über die MPS Reinickendorf etwas höher. Die Gründe sind in Kapitel 4.2 zu Haus- und Geschäftsmüll beschrieben (v.a. höhere EBS-Ausbeute).

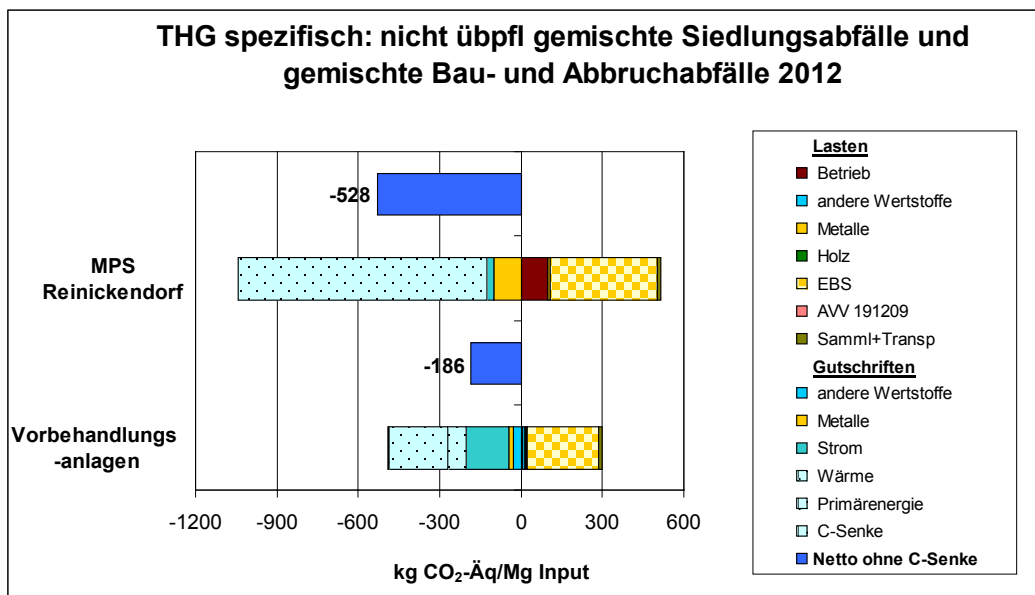


Abbildung 4-6 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Für die Behandlung über die Vorbehandlungsanlagen zeigt sich eine etwas geringere Nettoentlastung als im Jahr 2010. Zwar wird mit 50% die gleiche Menge einer energetischen Verwertung zugeführt, allerdings gingen davon im Jahr 2012 nur 21% nach weiterer Aufbereitung zum Zementwerk Rüdersdorf statt 32% im Jahr 2010. Dadurch fällt der Anteil zur Mitverbrennung niedriger aus als 2010. Hinzu kommt, dass in 2012 weniger Wertstoffe als in 2010 aussortiert und verwertet wurden (8,2% statt 12,4%, v.a. geringerer Anteil Holz zur energetischen Verwertung).

Das gewichtete Mittel führt zu einem spezifischen Emissionsfaktor von -208 kg CO₂-Äq/Mg Abfallinput und liegt damit auch insgesamt niedriger als im Jahr 2010 (-240 kg CO₂-Äq/Mg Abfallinput). Absolut ergibt sich für das Jahr 2012 aber eine höhere Nettoentlastung, da eine höhere Menge an überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfällen und gemischten Bau- und Abbruchabfällen zur Entsorgung anfiel (447.515 Mg gegenüber 347.276 Mg).

Umweltbilanz 2012

Hinsichtlich der Umweltbilanz wurden bei der Entsorgung die gleichen Indikatoren untersucht wie bereits bei Haus- und Geschäftsmüll und den überlassungspflichtigen Gewerbeabfällen.

Eine Schonung mineralischer Ressourcen über die in den Vorbehandlungsanlagen aussortierte Menge an Mineralik erfolgt nicht, da diese zu Deponien und Tagebauen verbraucht wird. Rohmetalle werden bei Behandlung über die MPS Reinickendorf in gleichem Maße aussortiert wie bei Haus- und Geschäftsmüll (keine separate Linie). Die über die Vorbehandlungsanlagen aussortierte Menge an Rohmetallen liegt mit 13 kg/Mg Abfallinput vergleichsweise niedrig. Dies kann teils dadurch bedingt sein, dass in den gemischten Bauabfällen, die mengenmäßig überwiegen, weniger Metalle enthalten sind. Das spezifische Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) korreliert mit dem Ergebnis für die Klimagasbilanz (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2 Spezifisches Ergebnis KEA fossil nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

in MJ/Mg	Belastungen	Gutschrift	Netto
MPS Reinickendorf	1590	-9.836	-8.245
Vorbehandlungsanlagen	443	-5.154	-4.711

NOx- und Quecksilberemissionen resultieren vor allem aus den Anteilen nach der Sortierung, die einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Da dies bei der Behandlung über die MPS Reinickendorf anteilig in höherem Maße gegeben ist, zeigen sich hier auch höhere spezifische Belastungen als bei der Behandlung über die Vorbehandlungsanlagen. Diese werden allerdings auch durch entsprechende höhere spezifische Entlastungen in etwa ausgeglichen. Das spezifische Nettoergebnis der beiden Behandlungswege liegt in ähnlicher Höhe (Tabelle 4-3).

Tabelle 4-3 Spezifisches Ergebnis NO_x- und Hg-Emissionen nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

in g/Mg	Belastungen	Gutschrift	Netto
NO_x			
MPS Reinickendorf	920	-851	69
Vorbehandlungsanlagen	579	-470	108
Quecksilber			
MPS Reinickendorf	0,083	-0,007	0,075
Vorbehandlungsanlagen	0,026	-0,005	0,020

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.8.3 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen bestehen, wie in der Vorläuferstudie für die Klimagasbilanz gezeigt, in einer Steigerung der Wertstoffausbeute auf 20% sowie einer Umlenkung der verbleibenden Sortierfraktionen zur vollständigen energetischen Verwertung durch Mitverbrennung z.B. im Zementwerk Rüdersdorf und des Weiteren einer Vorbehandlung eines Anteils der mineralischen Sortierreste, die hohe TOC-Werte aufweisen, über MBA.

In dieser Studie werden die genannten Maßnahmen erneut mit Bezug zum Basisjahr 2012 untersucht, um die Auswirkungen auf die Umweltbilanz zu prüfen (Kap. 5.1). Durch die gesteigerte Mitverbrennung sind Nachteile hinsichtlich der Quecksilberemissionen zu erwarten.

4.4 Klärschlamm

Klärschlamm muss wie in der Vorläuferstudie getrennt nach ungefaultem und gefaultem Klärschlamm ausgewertet werden, da es sich dabei um zwei verschiedene Abfallarten handelt.

4.4.1 Ungefaulter Klärschlamm

Die **Stoffstrombilanz 2012** zum Aufkommen und Verbleib für ungefaulten Klärschlamm ist nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief ungefaulten Klärschlamm		Quelle
Aufkommen:	47.043 Mg Trockensubstanz, 164.205 Mg Frischsubstanz	(BWB 2013)
Verbleib:	KSVA Ruhleben	
Kenndaten	Hu = 3,13 MJ/kg FS, TS = 28,65% FS, oTS = 77% TS, Hg = 0,46 mg/kg TS	

Ungefaulter Klärschlamm wurde wie in 2010 ausschließlich in der KSVA Ruhleben eingesetzt. Ebenfalls wie im Jahr 2010 wurde auch in 2012 an der KSVA Ruhleben zudem gefaulter Klärschlamm zur thermischen Behandlung angenommen (s. nächstes Kapitel).

Gegenüber dem Jahr 2010 konnte für den ungefaulenden Klärschlamm eine weitergehende Entwässerung erreicht werden. Hierdurch ergab sich eine Steigerung des TS-Gehaltes (28,65% statt 25,7%) und des Heizwertes (3,13 MJ/kg statt 2,5). Der oTS-Gehalt ist gegenüber 2010 mit 77% statt 76% nahezu unverändert.

Entscheidender Vorteil der weitergehenden Entwässerung ist, dass dadurch in 2012 deutlich weniger Heizöl zur Zufeuerung eingesetzt werden musste. Statt rund 5.400 m³ lag der gesamte Verbrauch in 2012 nur noch bei etwa 1.650 m³ Heizöl. Wie in der Vorläuferstudie ist der Heizölbedarf auf die beiden verschiedenen in der KSVA eingesetzten Klärschlammarten aufzuteilen. Die o.g. Menge entspricht einem spezifischen Heizölbedarf von 85,5 kWh/Mg Klärschlamminput. Mit den jeweiligen Heizwerten der beiden Klärschlammarten (nach BWB 1,73 MJ/kg für gefaulten Klärschlamm) ergibt sich der Heizölbedarf getrennt zu:

- Ungefaulter Klärschlamm rund 22 kWh/Mg Input
- Gefaulter Klärschlamm rund 409 kWh/Mg Input

Damit ist der spezifische Heizölbedarf für den gefaulten Klärschlamm gegenüber 2010 nahezu unverändert (413 kWh/Mg Input), jedoch der für den ungefaulenden Klärschlamm aufgrund des neu erreichten TS-Gehalts deutlich niedriger (2010: 255 kWh/Mg Input).

Für die **Klimagasbilanz 2012** für ungefaulenden Klärschlamm wurden die von den BWB neu übermittelten Kenndaten zugrunde gelegt. Der Nettostromwirkungsgrad wurde für das Jahr 2012 mit 13,9% angegeben. Im Jahr 2010 betrug er 15,2%. Dies wirkt sich für 2012 in geringeren Entlastungseffekten gegenüber 2010 aus. Eine Wärmenutzung ist am Standort weiterhin nicht möglich.

Die N₂O-Emissionen sind gegenüber dem Jahr 2010 gleich geblieben, da sich keine Veränderung in der Feuerungstechnik ergeben hat. Der spezifische Emissionsfaktor für die thermische Behandlung von ungefaultem Klärschlamm in der KSVA Ruhleben liegt weiterhin bei 1,68 kg N₂O/Mg TS Klärschlamminput (IFEU/ICU 2012).

Abbildung 4-7 zeigt das absolute Ergebnis für die thermische Behandlung von ungefaultem Klärschlamm in der KSVA Ruhleben. Die zugehörige spezifische Nettobelastung liegt bei +204 kg CO₂-Äq/Mg Klärschlamminput und damit niedriger als im Jahr 2010 (+392 kg CO₂-Äq/Mg Klärschlamminput). Ursächlich für diesen Effekt ist der geringere Heizölbedarf, der die niedrigere Stromerzeugung im Jahr 2012 überkompensiert.

Obwohl im Jahr 2012 etwas mehr ungefaulter Klärschlamm in der KSVA Ruhleben behandelt wurde (47.043 Mg TS statt 41.320 Mg TS) liegt die absolute Belastung im Jahr 2012 aufgrund des reduzierten Heizölverbrauchs niedriger als 2010 (9.597 Mg CO₂-Äq gegenüber 16.198 Mg CO₂-Äq).

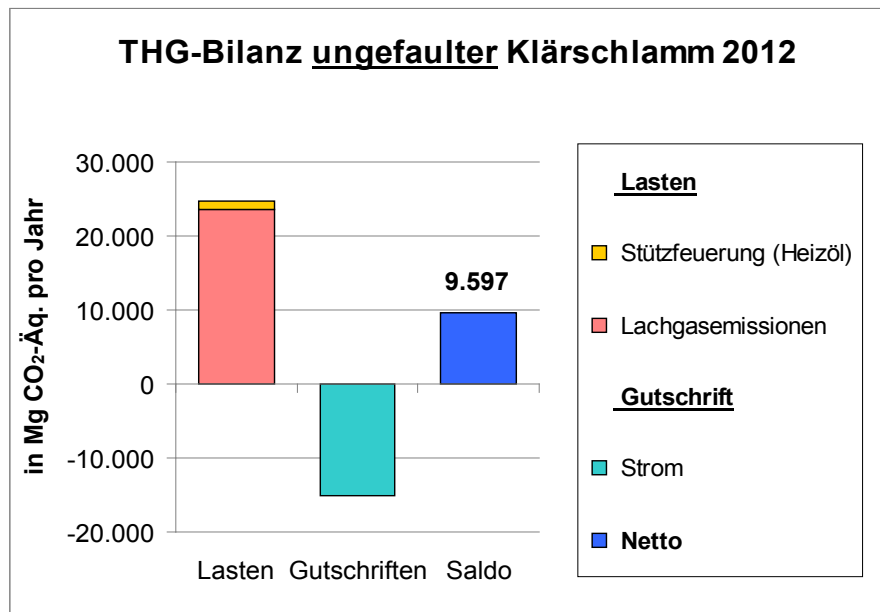


Abbildung 4-7 Absolutes Ergebnis Klimagasbilanz ungebrauchter Klärschlamm

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** sind bei der Entsorgung von Klärschlamm die Ressourcenschonung (v.a. Phosphat) und Luftemissionen (NO_x und Quecksilber) relevant. Nicht relevant sind die Schonung von Rohmetallen, Cadmiumeintrag in Boden und Ammoniakemissionen. Die beiden letzteren, da keine biologische Behandlung und keine Anwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft erfolgt.

Eine mineralische Ressourcenschonung findet derzeit nicht statt. Die bei der thermischen Behandlung anfallende Asche wird abgelagert. Entsprechend erfolgt keine Substitution von mineralischen Rohstoffen. Auch eine Phosphatrückgewinnung ist bislang nicht gegeben. Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen, ausgedrückt über den kumulierten fossilen Energieaufwand (KEA fossil), korreliert bis auf die N₂O-Emissionen mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Da N₂O-Emissionen für den KEA fossil keine Rolle spielen ergibt sich für die Schonung fossiler Ressourcen eine Nettoentlastung (Tabelle 4-4).

Tabelle 4-4 Spezifisches Ergebnis KEA fossil ungebrauchter Klärschlamm

KEA fossil	Belastungen	Gutschrift	Netto
in MJ/Mg TS	271	-3.183	-2.912

Das spezifische Ergebnis bezüglich NO_x- und Quecksilberemissionen zeigt Tabelle 4-5. Grundlage für die Berechnung ist der Emissionsbericht 2012 für die KSVa. Die darin berichtete NO_x-Jahresfracht gilt für die gesamte Anlage und wurde gleichermaßen bezogen auf die jeweilige Inputtrockenmasse für ungebrauchten und gebrauchten Klärschlamm angesetzt. Dagegen wurde die im Emissionsbericht angegebene Quecksilberjahresfracht auf ungebrauchten und gebrauchten Klärschlamm entsprechend dem jeweiligen, von der BWB mitgeteilten Quecksilbergehalt aufgeteilt. Der Transferfaktor für Quecksilber berechnet sich aus den Daten für die KSVa Ruhleben zu 0,08.

Tabelle 4-5 Spezifisches Ergebnis NO_x- und Hg-Emissionen ungefaulten Klärschlamm

	Belastungen	Gutschrift	Netto
NO _x in g/Mg TS	476	-243	234
Hg in g /Mg TS	0,037	-0,002	0,034

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für ungefaulten Klärschlamm sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.9.1 zusammengefasst.

Ausblick

In Bezug auf die Klimagasbilanz gelten weitgehend die in der Vorläuferstudie identifizierten Optimierungspotenziale. Eine Ausnahme bildet der Lösungsansatz zur Minderung der N₂O-Emissionen durch Erhöhung der Feuerraumtemperatur. Im Fachaustausch mit Vattenfall wurde deutlich, dass eine entsprechende Erhöhung (unabhängig von der Betttemperatur) unter anderem möglich ist, wenn der TS-Gehalt des eingesetzten Klärschlamm bei 40% liegt. Der durch Entwässerung erreichbare TS-Gehalt für den ungefaulten Klärschlamm dürfte mit den jetzigen knapp 29% weitgehend ausgeschöpft sein, so dass zur gebotenen N₂O-Minderung andere Lösungsmöglichkeiten zeitnah geprüft werden müssen. Ansonsten gilt als Empfehlung weiterhin, dass die aktuelle Emissionssituation an der KSVa erfasst und basierend darauf feuerungstechnische Möglichkeiten untersucht sowie perspektivisch geeignete Minderungsmaßnahmen angestrebt werden sollten.

Eine weitere Erläuterung sowie Aussagen zur Möglichkeit der Phosphatrückgewinnung aus der Asche, die bei der thermischen Behandlung in der KSVa Ruhleben anfällt, findet sich in Kapitel 5.4.2.

4.4.2 Gefaulter Klärschlamm

Die **Stoffstrombilanz 2012** zum Aufkommen und Verbleib für gefaulten Klärschlamm ist nachfolgender Übersicht zu entnehmen.

Kurzsteckbrief gefaulter Klärschlamm		Quelle
Aufkommen:	46.460 Mg Trockensubstanz, 145.764 Mg Frischsubstanz (Summe aus gefaultem und getrocknetem Klärschlamm)	(BWB 2013)
Verbleib (Bezug TS):	18% KSVa Ruhleben 35% Kraftwerk B 19% Kraftwerk A 20% Zementwerk A (getrockneter Schlamm) 8% verschiedene Kraftwerke (getrockneter Schlamm) 0,3% Kraftwerk C (nicht betrachtet, <1%)	
Kenndaten	gefaulten Schlamm: Hu 1,73 MJ/kg FS, TS = 25,4% FS, oTS = 65% TS, Hg = 0,54 mg/kg TS gefaulten und getrockneter Schlamm: Hu = 13,1 MJ/kg FS, TS = 94,6% FS, oTS = 65% TS, Hg = 0,52 mg/kg TS	

Aufkommen und Verbleib von gefaultem Klärschlamm haben sich gegenüber 2010 nur wenig geändert. Für das Jahr 2012 wurden die Kenndaten von den BWB zur Verfügung gestellt. Diese weichen ebenfalls nur wenig von denen für 2010 ab. Die technischen Randbedingungen der thermischen Behandlung für die Mitverbrennung von gefaultem und getrocknetem Klärschlamm stimmen mit denen für das Jahr 2010 überein.

Klimagasbilanz 2012

Für den anteilig in der KSVA Ruhleben eingesetzten gefaulten Klärschlamm gelten die Angaben und Randbedingungen, die zuvor für ungebrauchten Klärschlamm beschrieben wurden. Der ermittelte spezifische Heizölbedarf liegt mit 409 kWh/Mg Klärschlamminput (Kap. 4.4.1) nur wenig niedriger als 2010. Der spezifische N₂O-Emissionsfaktor entspricht dem für 2010 (1,42 kg N₂O/Mg TS).

Abbildung 4-8 zeigt das spezifische Ergebnis für die verschiedenen Behandlungsverfahren von gefaultem Klärschlamm im Jahr 2012 bezogen auf die Trockensubstanz. Das Ergebnis entspricht weitgehend dem Ergebnis der Klimagasbilanz für 2010. Die geringfügigen Abweichungen sind durch die etwas veränderten Kenndaten bedingt (v.a. etwas niedrigere Heizwerte).

Die thermische Behandlung von gefaultem Klärschlamm in der KSVA Ruhleben weist als einzige eine Nettobelastung auf. Wie auch bei ungebrauchten Klärschlamm liegt dies an den vergleichsweise hohen N₂O-Emissionen und der gegenüber dem Jahr 2010 geringeren Stromerzeugung. Hinzu kommt der spezifische Heizölbedarf für gefaulten Klärschlamm.

Für die sonstige Behandlung von gefaultem Klärschlamm, die Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken, gilt wie für 2010, dass das beste Nettoergebnis durch die Mitverbrennung von getrocknetem Klärschlamm erzielt wird, da die mit der Heizwertsteigerung erzielten Substitutionseffekte die zusätzlichen Belastungen aus der Trocknung überwiegen.

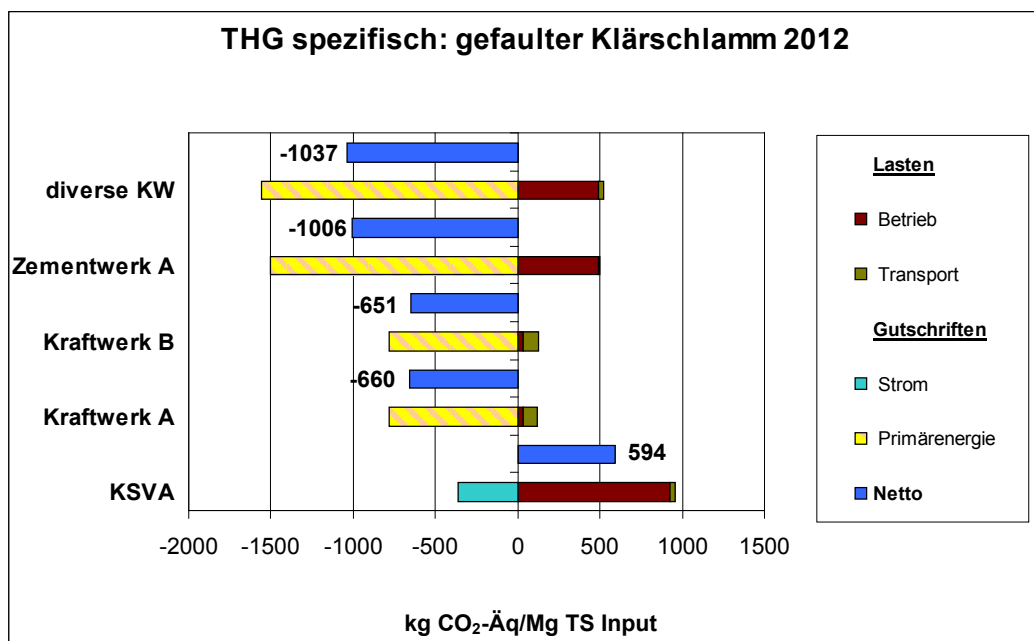


Abbildung 4-8 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz gefaulter Klärschlamm

Das gewichtete Mittel über alle Behandlungsverfahren führt zu einem spezifischen Emissionsfaktor von $-532 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/Mg TS Klärschlamminput}$ und liegt damit etwas niedriger als im Jahr 2010 ($-628 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/Mg TS Klärschlamminput}$), im Wesentlichen bedingt durch etwas niedrigere Heizwerte für gefaulten und getrockneten gefaulten Klärschlamm.

Umweltbilanz 2012

Hinsichtlich der Umweltbilanz sind bei der Entsorgung von gefaultem Klärschlamm die gleichen Indikatoren relevant wie für ungefaulten Klärschlamm: die Ressourcenschonung (v.a. Phosphat) und die Luftemissionen NO_x und Quecksilber.

Ressourcenschonung

Eine mineralische Ressourcenschonung findet derzeit nicht statt. Die bei der thermischen Behandlung anfallende Asche wird abgelagert. Entsprechend erfolgt keine Substitution von mineralischen Rohstoffen. Eine Phosphatrückgewinnung aus der Verbrennungsgasasche ist bei der KSVa bislang nicht gegeben und nach der Mitverbrennung nicht möglich.

In der Kläranlage Waßmannsdorf wird Phosphat aus dem Klärschlamm über das MAP-Verfahren vor der endgültigen Entsorgung zurückgewonnen. Diese Menge ist in dieser Studie nachrichtlich aufgenommen und belief sich im Jahr 2012 nach Angaben der BWB auf 368 Mg Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$). Umgerechnet auf Phosphat als P_2O_5 entspricht dies einer Menge von rd. 100 Mg P_2O_5 . Um die entsprechende Menge in die Umweltbilanz aufzunehmen müsste die Systemgrenze auf das MAP-Verfahren ausgedehnt werden. Dies war in dieser Studie nicht möglich.

Das in Abbildung 4-9 dargestellte spezifische Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen, ausgedrückt über den KEA fossil, entspricht hier dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Anders als bei ungefaultem Klärschlamm bleibt es für den über die KSVa Ruhleben behandelten gefaulten Klärschlamm bei einer Nettobelastung. Dies ist durch den deutlich höheren spezifischen Heizölbedarf für den gefaulten Klärschlamm bedingt, dessen Energiegehalt hier in die Belastungen eingeht.

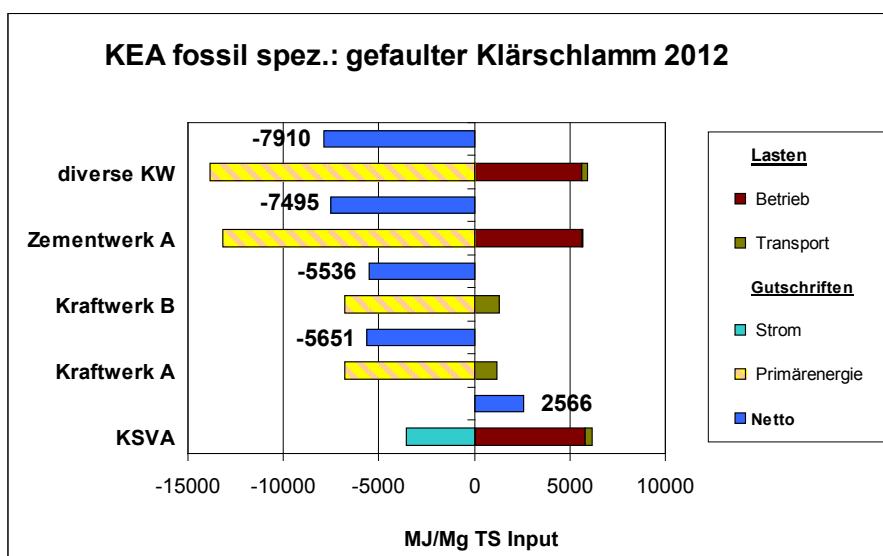


Abbildung 4-9 Spezifisches Ergebnis KEA fossil gefaulter Klärschlamm

Luftemissionen

Die Ergebnisse für die hier relevanten Luftemissionen NO_x und Quecksilber zeigen gegenüber der Klimagasbilanz und dem fossilen KEA ein anderes Bild. Für alle Behandlungsverfahren überwiegen die Belastungen die erzielbaren Entlastungseffekte.

In Abbildung 4-10 sind zunächst die spezifischen Ergebnisse aus der Bilanzierung der NO_x-Emissionen für die Behandlungsverfahren dargestellt. Wie bereits bei Hausmüll beschrieben gilt für die Mitverbrennung grundsätzlich, dass die NO_x-Emissionen sich im Wesentlichen nicht nach Brennstoffart unterscheiden. Dies gilt für alle in der Abbildung gezeigten Behandlungsarten, da es sich außer bei der Behandlung über die KSVa um eine Mitverbrennung handelt. Deutlich ist dies bei der Behandlung über die Kraftwerke A und B bei denen die Werte für „Betrieb“ und „Primärenergie“ gleich hoch sind. Bei der Mitverbrennung des getrockneten Klärschlammes in Kraft- und Zementwerken ist die höhere Belastung unter „Betrieb“ durch die zusätzlichen NO_x-Emissionen aus der Trocknung des Klärschlammes bedingt (Erdgas-, Strombedarf).

Die Mitverbrennung von gefaultem Klärschlamm in den Kraftwerken A und B ist allerdings insgesamt auch mit höheren NO_x-Belastungen verbunden als die thermische Behandlung von gefaultem Klärschlamm in der KSVa Ruhleben. Grund sind die NO_x-Emissionen aus dem Transport des gefaulten Klärschlammes. Gegenüber dem getrockneten Klärschlamm bedingen sich die höheren Belastungen durch den hohen Wassergehalt des gefaulten Klärschlammes. Der Unterschied in den Transportbelastungen zwischen der Mitverbrennung im Zementwerk und diversen Kraftwerken liegt an den Transportentfernungen. Für die thermische Behandlung des gefaulten Klärschlammes in der KSVa Ruhleben wurden, wie bei ungefaultem Klärschlamm erwähnt, die im Emissionsbericht 2012 berichteten Daten verwendet. Hinzu kommen NO_x-Emissionen aus der Heizölbereitstellung.

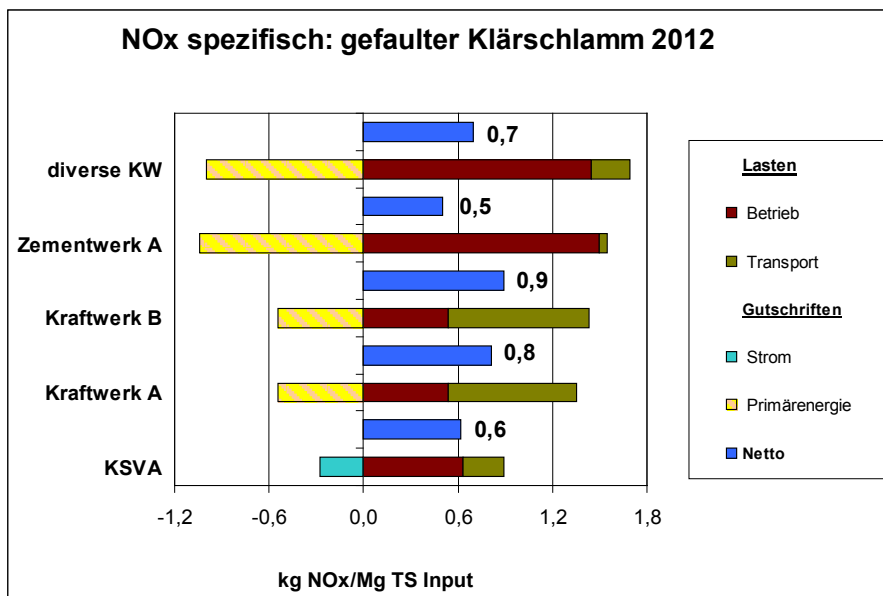


Abbildung 4-10 Spezifisches Ergebnis NO_x gefaulter Klärschlamm

In Abbildung 4-11 sind die spezifischen Ergebnisse aus der Bilanzierung der Hg-Emissionen für die Behandlungsverfahren dargestellt. Die Berechnung der Emissionen

basiert auf den Quecksilbergehalten für gefaulten und getrockneten gefaulten Klärschlamm. Bei der thermischen Behandlung über die KSV A Ruhleben wurden wiederum die Daten aus dem Emissionsbericht 2012 verwendet. Die berichtete Quecksilberjahresfracht wurde mit Hilfe des berechneten Transferfaktors von 0,08 auf den ungefaulten und gefaulten Klärschlamm entsprechend deren jeweiligem Quecksilbergehalt aufgeteilt.

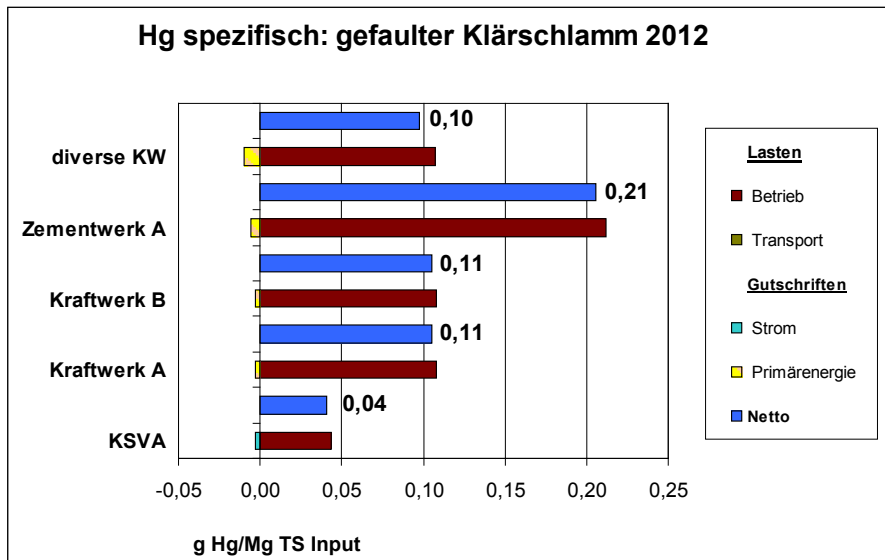


Abbildung 4-11 Spezifisches Ergebnis Quecksilber gefaulter Klärschlamm

Aufgrund der vergleichsweise geringeren Hg-Gehalte in Kohlen ergeben sich nur geringe Gutschriften für die Substitution von Kohle bzw. konventionell erzeugte Energie, so dass die Belastungen aus der Verbrennung deutlich überwiegen. Das beste Ergebnis zeigt hier wie auch bei den NO_x-Emissionen die Behandlung über die KSV A Ruhleben. Die Hg-Belastungen aus der Mitverbrennung von gefaultem und getrocknetem gefaultem Klärschlamm in Kraftwerken liegen fast gleich hoch, bedingt durch den einheitlich angesetzten Transferfaktor (0,2) und die nur wenig unterschiedlichen Quecksilbergehalte der gefaulten Klärschlämme. Die höchsten Belastungen ergeben sich bei der Mitverbrennung im Zementwerk aufgrund des doppelt so hohen Transferfaktors (0,4) für diese Verbrennungsart.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für gefaulten Klärschlamm sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.9.2 zusammengefasst.

Ausblick

Die derzeit überwiegende Mitverbrennung von gefaultem und getrocknetem Klärschlamm ist in der Regel aus Klimaschutzsicht vorteilhaft, weil hierdurch heizwertäquivalent Kohle ersetzt werden kann. Das Gleiche gilt für die Schonung fossiler Rohstoffe. Allerdings zeigt sich in den Ergebnissen, dass die Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken gegenüber der thermischen Behandlung in Monoverbrennungsanlagen mit höheren Luftschadstofffrachten verbunden ist. Zudem entgeht durch die Mitverbrennung die Möglichkeit Phosphat aus der Asche rückzugewinnen, dies ist nur bei einer Monoverbrennung möglich bzw. sinnvoll.

In Kapitel 5 zur Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen bis 2020 wird untersucht, wie sich die Klimagas- und Umweltbilanz darstellt, wenn gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm künftig in einer neu zu errichtenden Monoverbrennungsanlage in Berlin behandelt würde mit anschließender Phosphatrückgewinnung aus der Verbrennungsgasche.

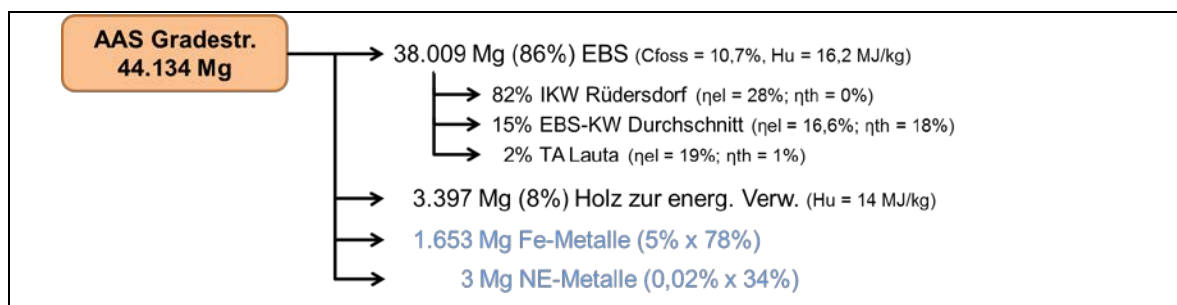
4.5 Sperrmüll

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurde wie für 2010 die Menge an häuslichem und gewerblichem Sperrmüll betrachtet, die nach (BSR 2013) ausschließlich einer Vorbehandlung zugeführt wurde. Das Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Sperrmüll		Quelle
Aufkommen:	47.086 Mg	nach (BSR 2013) und Abfallbericht
Verbleib:	93,7% AAS Gradestr. 5,5% Umschlag Veolia 0,8% verschiedene Einzelanlagen (nicht betrachtet)	
Kenndaten	Hu = 15,3 MJ/kg FS, C fossil = 10% FS, Hg = 0,3 mg/kg	

Im Unterschied zum Jahr 2010 wurde 2012 auch eine kleinere Menge Sperrmüll nicht über die Sperrmüllsortieranlage (AAS) entsorgt, sondern durch Umschlag als gemischter Sperrmüll direkt einer energetischen Verwertung zugeführt. Der genaue Verbleib konnte nicht ermittelt werden, für die Bilanzierung wurde daher ein durchschnittliches EBS-Kraftwerk angenommen.

Die Stoffstrombilanz für die Sperrmüllsortieranlage zeigt nachfolgende Übersicht. Datengrundlage ist neben der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 auch der Jahresbericht der AAS.



Gegenüber dem Jahr 2010 ist die Stoffstrombilanz der AAS weitgehend unverändert. Für 2012 lagen nunmehr allerdings genaue Angaben zum Verbleib der EBS vor (BSR 2013). Dadurch wurde 2012 eine deutlich höhere Menge über das IKW Rüdersdorf verwertet. Für das aussortierte Holz, das weiter über das Holzkontor Preußen verarbeitet wird, wurde der gleiche Endverbleib in Biomasse-HKW angenommen wie im Jahr 2010.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Sperrmüll ist gegenüber dem Jahr 2010 wenig verändert. Auch die energetische Verwertung in einem durchschnittlichen EBS-Kraftwerk nach Umschlag in einer Vorbehandlungsanlage der Firma Veolia führt zu einem ähnlichen spezifischen Ergebnis. Absolut liegt die Nettoentlastung im Jahr 2012 etwas höher als in 2010, da auch eine etwas höhere Sperrmüllmenge zur Entsorgung anfiel.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** sind bei der Entsorgung von Sperrmüll die Ressourcenschonung und Luftemissionen (thermische Behandlung) relevant. Schlacken aus der Verbrennung werden abgelagert, so dass keine Substitution von mineralischen Rohstoffen gegeben ist. Metalle werden bei der Aufbereitung über die AAS Gradestr. aussortiert. Gegenüber Hausmüll können aus dem Sperrmüll deutlich mehr Metalle zurückgewonnen werden bedingt durch die Charakteristik des Abfalls und die Anfallart.

Die thermische Behandlung der EBS führt zu Nettoentlastungen für fossile Ressourcen und zu Nettobelastungen hinsichtlich NO_x- und Quecksilberemissionen. Die Aufbereitung über die AAS ist dabei im Vorteil durch die Aussortierung und Verwertung von Metallen und Holz.

Weitere Indikatoren (Phosphat, Cadmumeintrag Boden, Ammoniakemissionen) spielen keine Rolle oder sind von untergeordneter Bedeutung und wurden daher nicht ausgewertet.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Sperrmüll sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.10 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen bestehen, wie in der Vorläuferstudie benannt, in einer Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken. Allerdings würde sich daraus eine Verschlechterung hinsichtlich der Quecksilberemissionen ergeben wie die Auswertung bei anderen Abfallarten zeigt. Eine weitere Betrachtung für Sperrmüll erfolgt in dieser Studie nicht.

4.6 Straßenkehrriech

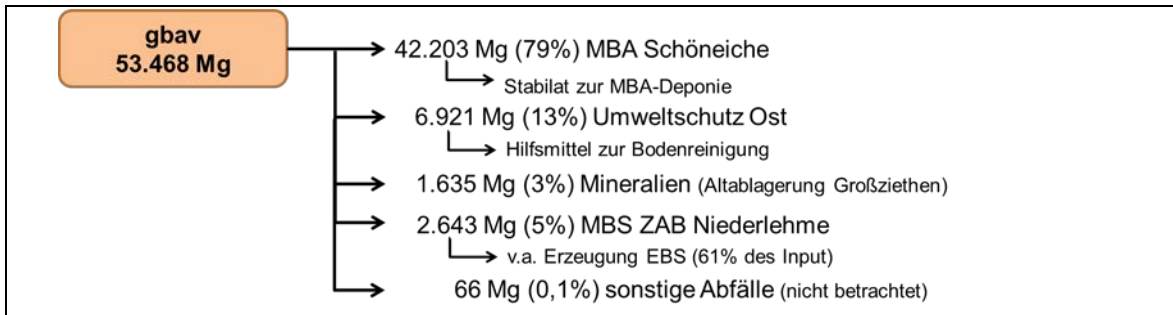
Im Unterschied zum Jahr 2010 fielen im Jahr 2012 zum einen witterungsbedingt deutlich weniger Mengen an Altstreugut an und zum anderen wurde 2012 die überwiegende Menge an Handkehrriech auch über die Bodenwaschanlage gbav entsorgt. Die Behandlung über die GAA Beeskow wurde aufgegeben.

Die **Stoffstrombilanz 2012** wurde infolgedessen nicht getrennt nach Handkehrriech und nach Maschinenkehrriech und Altstreugut betrachtet. Das Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Straßenkehrriech		Quelle
Aufkommen:	55.748 Mg	nach (BSR 2013)
Verbleib:	99% gbav 0,2% MHKW Ruhleben (nicht betrachtet) 0,02% MPS Pankow (nicht betrachtet) 0,7% MPS Reinickendorf (nicht betrachtet) 0,01% MA Grünaer Str. (nicht betrachtet) 0,02% EBS-Kraftwerke (nicht betrachtet)	abgeleitet aus (BSR 2013)

Die Stoffstrombilanz für die gbav zeigt nachfolgende Übersicht. Diese weicht zunächst deutlich von der im Jahr 2010 gegebenen Verteilung ab, da statt 79% nur noch 3% mineralische Fraktion zur Altablagerung Großziethen gingen. Grund ist die sehr viel geringere

Menge an Altstreugut, die im Jahr 2012 nur 2% der gesamten Menge Straßenkehrriecht einnahm. Den Hauptanteil an der Inputmenge bildet mit 77% Maschinenkehrriecht, der Anteil Handkehrriecht liegt bei 21%.



Die verbleibende Menge an behandeltem Straßenkehrriecht ging im Jahr 2012 vor allem zur MBA Schöneiche. Die Mengen zur Bodenreinigungsanlage Umweltschutz Ost sowie zur MBS ZAB Niederlehme liegen 2012 gegenüber 2010 absolut höher.

Die **Klimagasbilanz 2012** für Straßenkehrriecht zeigt sich entsprechend dem gänzlich anderen Aufkommen nach Abfallarten und dem Verbleib nach der Behandlung in der gbav mit deutlich anderem Ergebnis als im Jahr 2010.

Das spezifische Ergebnis in Abbildung 4-12 zeigt, dass die Behandlung im Jahr 2012 mit höheren Nettobelastungen verbunden ist. Die überwiegende Verbringung der behandelten Menge zur MBA Schöneiche ist, bezogen auf die gesamte Inputmenge, mit höheren spezifischen Belastungen verbunden, während umgekehrt die Entlastungen, die sich im Jahr 2010 durch die anteilige Behandlung und EBS-Erzeugung in der MBS ZAB ergaben, für das Jahr 2012 niedriger ausfallen. Dafür zeigt sich die spezifische Entlastung durch die C-Senke bei Deponierung des MBA-Rests aus der MBA-Behandlung spezifisch höher. Diese ist hier jedoch wie in der Vorläuferstudie nur nachrichtlich ausgewiesen und wird in der Klimagasbilanz nicht angerechnet.

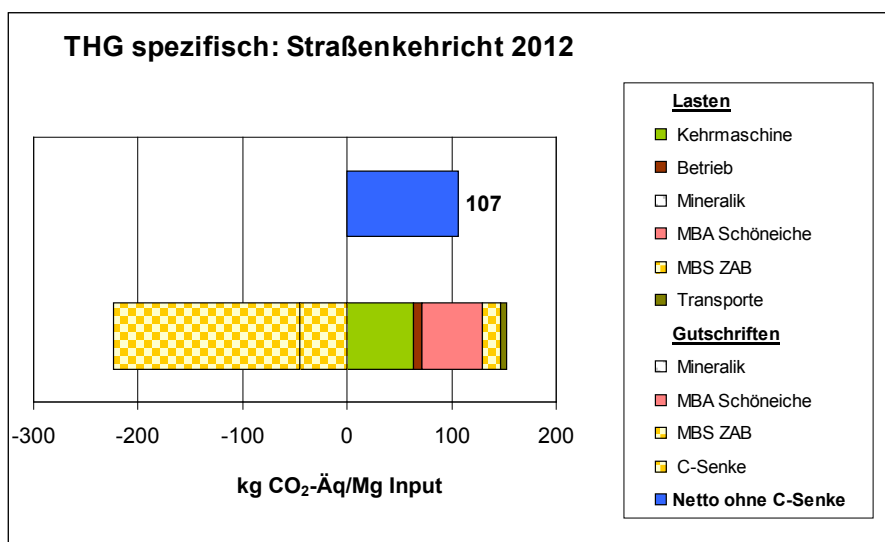


Abbildung 4-12 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Straßenkehrriecht

Analog zur Bilanzierung für das Jahr 2010 ist auch für 2012 weiterhin eine hohe anteilige THG-Belastung aus dem Einsatz der Kehrmaschine gegeben.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden für die Entsorgung von Straßenkehricht Indikatoren der Ressourcenschonung und Luftemissionen ausgewertet. Eine Schonung mineralischer Ressourcen erfolgt nicht, da die aussortierte mineralische Fraktion abgelagert wird, wodurch keine Substitution von Natursteinen gegeben ist. Metalle werden aus der über die MBS ZAB behandelten Grobfraction aussortiert, die nach inhaltlicher Zusammensetzung weitgehend Haus- und Geschäftsmüll entspricht.

Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) ähnelt im Grundsatz dem Ergebnis der Klimagasbilanz (Tabelle 4-6). Die Belastungen sind dabei zu 59% aus dem Einsatz der Kehrmaschine und dem damit verbundenen hohen Dieserverbrauch bedingt.

Tabelle 4-6 Spezifisches Ergebnis KEA fossil Straßenkehricht

KEA fossil	Belastungen	Gutschrift	Netto
in MJ/Mg	1.250	-414	836

Das spezifische Ergebnis für NO_x- und Quecksilberemissionen zeigt Tabelle 4-7. Die Belastungen ergeben sich aus der Behandlung über die mechanisch-biologischen Anlagen (Energiebedarf, RTO), aus der thermischen Nutzung der EBS aus der MBS ZAB und hinsichtlich NO_x-Emissionen auch aus dem Einsatz der Kehrmaschine. Für NO_x liegt deren Anteil an den Belastungen bei 22%. Entlastungen sind kaum gegeben, da anteilig nur geringe Mengen an EBS zur Energieerzeugung und damit Substitution konventionell erzeugter Energie eingesetzt werden.

Tabelle 4-7 Spezifisches Ergebnis NO_x- und Hg-Emissionen Straßenkehricht

	Belastungen	Gutschrift	Netto
NO _x in g/Mg	188	-35	154
Hg in g /Mg	0,003	-0,0002	0,002

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Straßenkehricht sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.11 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungsmöglichkeiten waren in der Vorläuferstudie beschrieben und untersucht worden. Dazu zählte, dass Handkehricht gemeinsam mit Maschinenkehricht und Altstreugut entsorgt werden sollte sowie die Entsorgung über die gbav oder eine vergleichbare Anlage. Für letzteres wurde allerdings von einer optimierten Behandlung in der gbav ausgegangen, bei der Anteile des Straßenkehrichts nach Siebung über die Waschanlage behandelt werden, mit dem Ziel, eine höhere Mittelfraktion auszukoppeln, die nach Aufbereitung zu EBS in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt werden kann. Eine entsprechende Behandlung erfolgte im Jahr 2012 nicht. Im Fachaustausch mit der gbav und den BSR wurde deutlich, dass dies im Wesentlichen durch die Qualität des Straßenkehrichts bedingt und weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll war.

Das Waschen erfolgt in einer eigenentwickelten, patentierten Waschanlage, deren Input maximal 70 mm stark sein darf. Durch die Waschung wird vor allem Mineralik von feinfractionierten, schadstoffhaltigen Bestandteilen getrennt. Angelieferter Straßenkehrriecht wird separat an der gbav angeliefert und zunächst über eine Siebtrommel fraktioniert, üblicherweise in die Fraktionen < 15 mm, 15 bis 50 mm und > 50 mm. Die abgetrennte Grobfraction entspricht weitgehend der Zusammensetzung von Hausmüll und wird an die MBS abgegeben⁴. Eine Trennung in Mittel- und Feinfraction war 2012 nicht möglich, da der Straßenkehrriecht nur einen geringen Altstreugutanteil, jedoch einen hohen Organikanteil (ca. 40%) und einen entsprechend hohen Feuchtegehalt aufwies. Die Waschung dieser Fraktion < 50 mm ist aus Kostengründen nicht sinnvoll. Zum einen wäre dies technisch nur bei deutlich reduziertem Durchsatz möglich und zum anderen würde sich nur eine geringe mineralische Fraktion auswaschen lassen, deren Erlös gering und keinesfalls kostendeckend ist. Entsprechend würden sich die Entsorgungskosten etwa verdoppeln. Ebenfalls aus Kostengründen kann die ungewaschene Organikfraktion nur an die MBA weitergegeben werden, die Entsorgungskosten über die MBS liegen zu hoch. Auch ist unklar, inwiefern die MBS Interesse hätte diese Organik-Mineralik-Mischung anzunehmen und zu verwerten.

Anzustreben wäre eine weitere Trennung der organischen und mineralischen Bestandteile. Dies wird seitens der BSR auch bereits bei der Erfassung möglichst weitgehend versucht. Aus diesem Grund wird der Organik-Kehricht separat aufgenommen (z.B. Entfernung von Wildwuchs auf Gehwegen) und es wird versucht, so viel Laub wie möglich separat von der Straße zu sammeln. Die Möglichkeiten werden allerdings durch die Witterungsbedingungen stark beeinflusst. Sobald Niederschläge das Laub oder andere Organikbestandteile vernässen oder längerfristig bedecken, sind die Qualität und die Möglichkeit zu einer höherwertigen Behandlung nicht mehr gegeben. Gelingt die separate Erfassung, kann der Organik-Kehricht biologisch und das Laub ggf. thermisch behandelt werden. Eine Optimierung der Behandlung über die gbav oder eine vergleichbare Anlage wird in dieser Studie nicht weiter untersucht, allerdings wird auf die mögliche energetische Nutzung von Laub eingegangen (s. Kap. 5).

4.7 Trockene Wertstoffe – Wertstofftonne

4.7.1 Altpapier und Altglas

Die **Stoffstrombilanz 2012** für Altpapier und Altglas entspricht weitgehend der Verwertung im Jahr 2010. Datenbasis für das Aufkommen ist der DSD-Mengenstromnachweis. Für Altpapier bzw. Papier/Pappe/Kartonagen (PPK) wurde der Wert auf Basis der Listen von verschiedenen Systembetreibern und Nachmeldungen angepasst.

Kurzsteckbrief Altpapier		Quelle
Aufkommen:	178.986 Mg	DSD Mengenstromnachweis, angepasst
Verbleib:	V.a. ALBA Sortieranlage Hultschiner Damm Letztverwertung in Papierfabriken	Abfallbericht Annahme

⁴ Die MBA Schöneiche nimmt Abfälle dieser Charakteristik nicht an.

Kurzsteckbrief Altglas		Quelle
Aufkommen:	66.453 Mg	DSD Mengenstromnachweis
Verbleib:	Sortierung ALBA Letztverwertung in Glashütten	Abfallbericht Annahme

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht für beide Wertstoffe weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung liegt bei beiden Wertstoffen ebenfalls etwas günstiger als im Jahr 2010 aufgrund einer Anpassung im Sammelaufwand.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von **PPK** ausschließlich der Aspekt der Ressourcenschonung von Holz von Interesse. Durch das Papierrecycling wird die Inanspruchnahme von Frischholz vermieden. Für den bei der Bilanzierung zugrunde gelegten substituierten Fasermix von rd. 57% Zellstoff und 43% Holzstoff ergeben sich unterschiedliche Substitutionspotenziale. Für Holzstoff werden pro Kilogramm etwa 1,77 kg erntefrisches Industrieholz eingesetzt, für Zellstoff dagegen rd. 5 kg. Erntefrisches Industrieholz ist hierbei mit einem Wassergehalt von 50% definiert. Für das Ergebnis wurde dieser Wert auf luftgetrocknetes Holz (Holz lutro) mit einem Wassergehalt von 20% umgerechnet.

Bei der Entsorgung von **Altglas** ist ausschließlich der Aspekt der Schonung mineralischer Ressourcen von Interesse. Durch das Glasrecycling wird die Inanspruchnahme von verschiedenen Mineralien wie vor allem Sand, Kalkstein und Dolomitstein vermieden. Die pro kg Altscherben vermiedene Flächeninanspruchnahme wurde anhand der in Tabelle 2-2 aufgeführten Ausbeuten für die verschiedenen Mineralien berechnet.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Altpapier und Altglas sind in entsprechenden Steckbriefen in Kapitel 3.12 zusammengefasst.

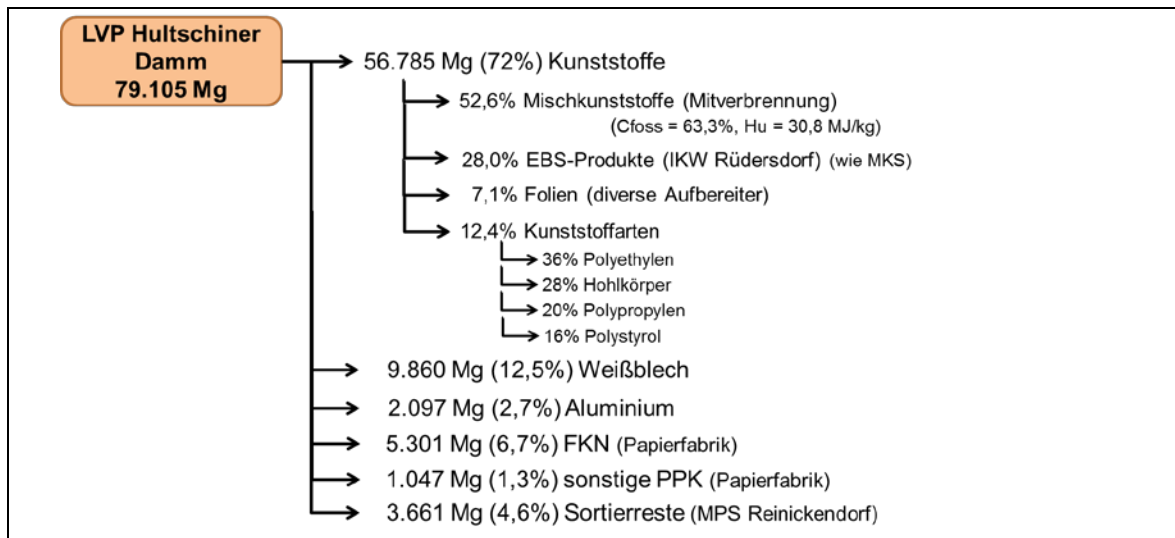
Ausblick

Optimierungen werden wie für 2010 weder für das Altpapier- noch das Altglasrecycling gesehen. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.7.2 Leichtverpackungen im Sammelsystem Gelbe Tonne

Die **Stoffstrombilanz 2012** wurde auf Basis des DSD-Mengenstromnachweises abgeleitet. Insgesamt wurden in Berlin 79.104,83 Mg LVP erfasst. Die Aufteilung dieser Menge auf die Wertstofffraktionen ist im DSD-Mengenstromnachweis etwa für die Hälfte der Menge angegeben (DSD Anteil) und wurde wie im Jahr 2010 auf die Gesamtmenge hochgerechnet. Die Sortierung erfolgte analog wie 2010 über die Anlage Hultschiner Damm.

Die Stoffstrombilanz für die Sortierung von Leichtverpackungen zeigt nachfolgende Übersicht. Datengrundlage ist neben dem DSD-Mengenstromnachweis 2012 auch die Abfallbilanz der Anlage Hultschiner Damm.



Die 2012 vorgenommene Aufteilung der Kunststoffe in Kunststoffarten entspricht der Aufteilung nach der Sortieranalyse in (u.e.c. 2011) für die Gelbe Tonne Standard. Die weitere Aufteilung der Kunststoffarten wurde aus der Abfallbilanz der Anlage Hultschiner Damm abgeleitet. Diese unterscheidet sich etwas von der Aufteilung im Jahr 2010. Die Anteile Polystyrol und Hohlkörper liegen höher, die Anteile Polyethylen und Polypropylen niedriger.

Für die **Klimagasbilanz 2012** entsprechen die technischen Randbedingungen und Verwertungswege für die aussortierten Wertstofffraktionen denen in der Vorläuferstudie beschriebenen. Das spezifische Ergebnis ist entsprechend gegenüber 2010 nur wenig verändert (Abbildung 4-13). Die leicht höhere Nettoentlastung ergibt sich durch die etwas veränderte Aufteilung der LVP.

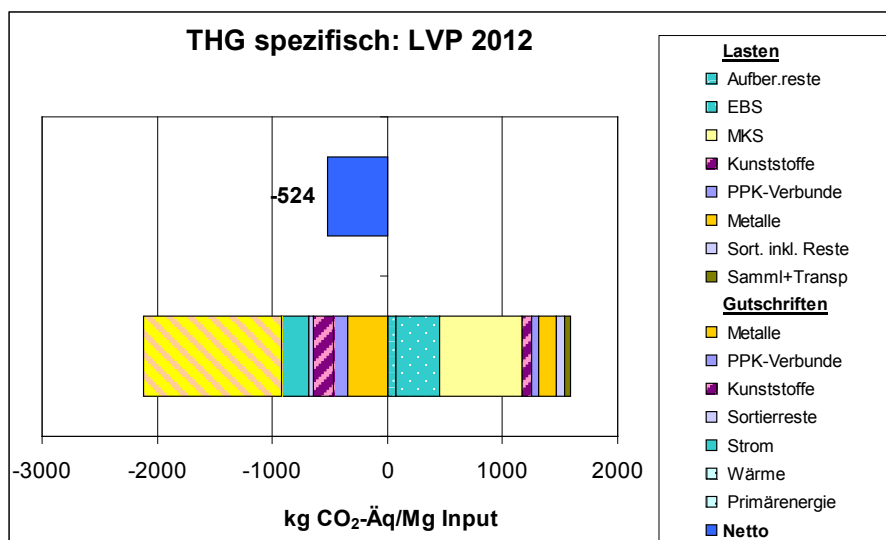


Abbildung 4-13 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz LVP Gelbe Tonne

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden bei der LVP-Entsorgung Indikatoren der Ressourcenschonung und Luftemissionen ausgewertet. Mineralische Wertstoffe spielen

keine Rolle, die Schonung von Rohmetallen ergibt sich aus der Aussortierung und Verwertung von Weißblech und Aluminium. Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) korreliert mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Durch die stoffliche Wertstoffverwertung wird eine vergleichsweise hohe Nettoentlastung erreicht.

Das spezifische Ergebnis für NO_x- und Quecksilberemissionen zeigt Tabelle 4-8. Im Gegensatz zu den meisten zuvor beschriebenen Abfallarten ergibt sich für die LVP-Verwertung eine deutliche Nettoentlastung hinsichtlich der NO_x-Emissionen. Grund ist die anteilige stoffliche Verwertung insbesondere der Metalle, der Kunststoffe und der Papierverbundfraktionen. Deren Primärherstellung ist mit höheren NO_x-Emissionen verbunden als die Aufbereitung und Verwertung der Verpackungsabfälle. Für die Hg-Emissionen zeigt sich bei der LVP-Verwertung eine Nettobelastung.

Tabelle 4-8 Spezifisches Ergebnis NO_x- und Hg-Emissionen LVP Gelbe Tonne

	Belastungen	Gutschrift	Netto
NO _x in g/Mg	1.761	-2.483	-721
Hg in g /Mg	0,069	-0,016	0,052

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für LVP im Sammelsystem Gelbe Tonne sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.13.1 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungsmöglichkeiten für LVP im Sammelsystem Gelbe Tonne werden wie in der Vorläuferstudie nicht betrachtet. Betrachtet wird jedoch das Optimierungsszenario einer gesteigerten getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen aus Haus- und Geschäftsmüll in einer einheitlichen Wertstofftonne (Kap. 5.3), die zum 01.01.2013 flächendeckend in Berlin eingeführt wurde. Bei der geplanten Fortschreibung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung im Jahr 2014 sollte diese abfallwirtschaftliche Maßnahme in ihren Wirkungen analysiert werden.

4.7.3 Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus

Die **Stoffstrombilanz 2012** wurde identisch aus der Bilanzierung für das Jahr 2010 übernommen. Aktuellere Informationen für die Gelbe Tonne Plus standen nicht zur Verfügung.

Kurzsteckbrief Wertstoffe im Sammelsystem GTP		Quelle
Aufkommen:	4.500 Mg	Senatsbericht 2010
Verbleib:	Hultschiner Damm der ALBA Recycling GmbH	Auskunft ALBA

Die **Klimagasbilanz 2012** ist entsprechend identisch mit dem Ergebnis für das Jahr 2010.

Die **Umweltbilanz 2012** zeigt analoge Ergebnisse wie die LVP-Verwertung aus dem Sammelsystem Gelbe Tonne. Auch hier zeigt sich eine vergleichsweise hohe spezifische

Nettoentlastung hinsichtlich der Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) und auch eine deutliche Nettoentlastung hinsichtlich der NO_x-Emissionen.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Wertstoffe im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.13.2 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungsmöglichkeiten für LVP im Sammelsystem Gelbe Tonne Plus werden wie in der Vorläuferstudie nicht betrachtet. Betrachtet wird jedoch das Optimierungsszenario einer gesteigerten getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen aus Haus- und Geschäftsmüll in einer einheitlichen Wertstofftonne (Kap. 5.3).

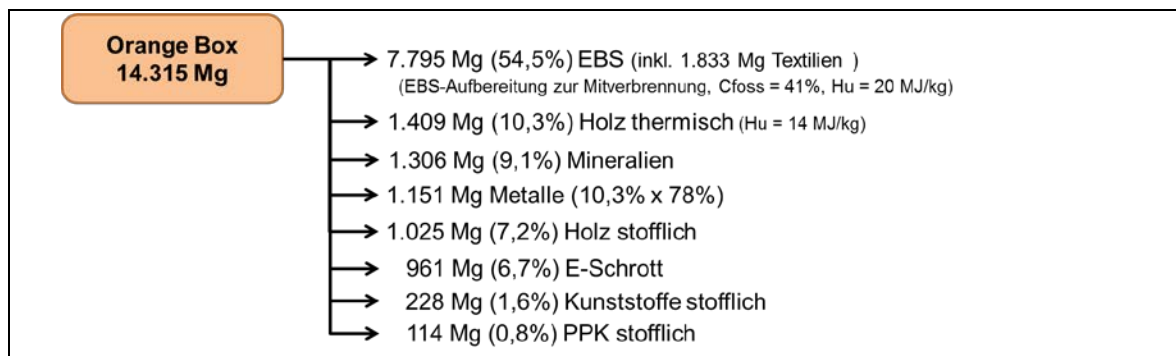
4.7.4 Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box

Die **Stoffstrombilanz 2012** wurde auf Basis der BSR-Entsorgungsbilanz abgeleitet. Das Aufkommen belief sich im Jahr 2012 danach auf 14.345 Mg. Davon gingen 30 Mg zur BRAL-Anlage Marzahn, die hier in der Bilanzierung wegen Geringfügigkeit nicht betrachtet wurden. Die verbleibende Hauptmenge wurde über Sortieranlagen der Firma ORS behandelt. Im Output sind dabei in der BSR-Entsorgungsbilanz Bunkerdifferenzen berücksichtigt (+95 Mg), die ebenfalls hier nicht in der Bilanzierung betrachtet wurden. Die Aufteilung nach der BSR-Entsorgungsbilanz wurde stattdessen analog zum Vorgehen für andere Abfallarten auf die Inputmenge von 14.315 Mg bezogen. Aufkommen und Verbleib für Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box zeigt nachfolgende Übersicht.

Kurzsteckbrief Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box		Quelle
Aufkommen:	14.345 Mg	nach (BSR 2013)
Verbleib:	58,7% MA Grünauer Straße 41,1% ORS Teschendorf 0,2% BRAL-Anlage Marzahn (nicht betrachtet)	abgeleitet aus (BSR 2013)

Der über die ORS-Anlage in Teschendorf behandelte Anteil in Höhe von 5.894 Mg wurde hinsichtlich der dafür zusätzlich anfallenden Transportaufwendungen berücksichtigt.

Die Stoffstrombilanz für die Sortierung in den ORS Anlagen zeigt nachfolgende Übersicht.



Im Vergleich zur Aufteilung der LVP im Sammelsystem Gelbe Tonne zeigt sich ein ähnlich hoher Anteil an Outputfraktionen, die zur energetischen Verwertung eingesetzt werden. Bei der Orange Box sind es insgesamt 64%, bei der Gelben Tonne 58%. Allerdings umfasst dies bei der Orange Box auch Textilien und EBS aus den ORS-Anlagen gehen ausschließlich zur Mitverbrennung.

Für die **Klimagasbilanz 2012** entsprechen die technischen Randbedingungen und Verwertungswege für die aussortierten Wertstofffraktionen denen in der Vorläuferstudie beschriebenen. Das spezifische Ergebnis ähnelt entsprechend dem für das Jahr 2010. Die etwas geringere spezifische Nettoentlastung von $-576 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq/Mg}$ (statt $-594 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq/Mg}$) ergibt sich durch die etwas veränderte Aufteilung der Wertstoffe. Die höhere Nettoentlastung gegenüber dem Sammelsystem Gelbe Tonne (Plus) ergibt sich aus den höheren Anteile EBS zur Mitverbrennung und den gesammelten Anteilen E-Schrott.

Die **Umweltbilanz 2012** für Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box zeigt im Gegensatz zur Klimagasbilanz deutlichere Abweichungen zu den Bilanzen für LVP. Im Gegensatz zur Gelben Tonne wurden in der Orange Box 9% Mineralien gesammelt. Diese bewirken allerdings keine mineralische Ressourcenschonung, da die Menge zur Altablagerung Großzithen verbracht wurde. Des Weiteren wurden in der Orange Box anstelle von Verpackungen aus Weißblech und Aluminium Eisenmetalle erfasst, dies allerdings spezifisch betrachtet in ähnlichem Umfang. Ein weiterer Unterschied liegt darin, dass in der Orange Box die aussortierten Wertstoffanteile an Kunststoffen und PPK zur stofflichen Verwertung viel geringer liegen. Die geringeren Wertstoffanteile und qualitativ unterschiedlichen Metallanteile sind mit Grund dafür, dass das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) eine, in Relation zu den LVP-Sammelsystemen, geringere Nettoentlastung erreicht. Das Gleiche gilt für das spezifische Ergebnis für NO_x-Emissionen, das eine deutlich geringere Nettoentlastung nahe Null aufweist. Die Quecksilberbelastungen liegen im spezifischen Ergebnis etwas höher als bei den LVP-Sammelsystemen.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.13.3 zusammengefasst.

Ausblick

Es ist davon auszugehen, dass mit Einführung der einheitlichen Wertstofftonne zu Beginn des Jahres 2013, die ausschließlich Leichtverpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen zulässt, sich die dann gesammelten Wertstoffe angleichen, unabhängig davon, ob sie in der Gelben Tonne oder der Orange Box eingesammelt werden. Zudem werden auch Wertstoffe aus der Orange Box mittlerweile über die Anlage Hultschiner Damm sortiert. Da es sich dabei um eine moderne Sortieranlage für Wertstoffe handelt, ist damit auch eine hohe Sortierqualität gewährleistet. Der Entsorgungsvertrag der BSR mit ALBA ist über eine Laufzeit von drei Jahren abgeschlossen. Danach sind Neuverhandlungen erforderlich, da dann auch eine neue DSD-Ausschreibung erfolgt und die Vergabe der Sortierung der Wertstoffe an ein anderes Unternehmen gehen könnte.

Optimierungsmöglichkeiten für Wertstoffe im Sammelsystem Orange Box werden wie in der Vorläuferstudie nicht betrachtet. Betrachtet wird jedoch das Optimierungsszenario

einer gesteigerten getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen aus Haus- und Geschäftsmüll in einer einheitlichen Wertstofftonne (Kap. 5.3).

4.8 Alttextilien

Die **Stoffstrombilanz 2012** für Alttextilien wurde analog dem Vorgehen in der Vorläuferstudie ermittelt. Das vom Fachverband Textilrecycling berichtete bundesweite Pro-Kopf-Aufkommen (9,2 kg/(E*a)) wurde auf die Einwohnerzahl in Berlin bezogen. Eine leichte Reduzierung im so berechneten Aufkommen ist durch die etwas geringere Einwohnerzahl zum Stand 31.12.2012 bedingt. Alle weiteren Randdaten, die Kenndaten und der Verbleib, wurden aus der Bilanzierung für 2010 übernommen.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung liegt ein wenig niedriger aufgrund der Aktualisierung der Emissionsfaktoren für die Wiederverwendung und die Steinkohlesubstitution.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde für die Entsorgung von Alttextilien die fossile Ressourcenschonung ausgewertet (weitere Indikatoren sind nicht relevant) und die Luftschadstoffe NO_x, Quecksilber und hier auch Ammoniak. Ammoniakemissionen spielen bei der Herstellung von Baumwolltextilien eine Rolle, die durch die Wiederverwendung von Alttextilien vermieden werden. Alle ausgewerteten Indikatoren zeigen wie die Klimagasbilanz vergleichsweise hohe Nettoentlastungseffekte. Es gibt kein gegenläufiges Ergebnis, auch nicht, wenn die Verwertungswege Wiederverwendung und Mitverbrennung getrennt betrachtet würden. Die deutlich höhere Nettoentlastung wird allerdings durch eine Wiederverwendung erreicht. Bei den Quecksilberemissionen ist die spezifische Nettoentlastung dadurch bedingt, dass für Alttextilien höchstens eine marginale Quecksilberbelastung anzunehmen ist. Der Hg-Gehalt wurde zu „Null“ gesetzt.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Alttextilien sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.14 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen werden wie für 2010 auch in dieser Studie nicht weiter betrachtet. Wie in der Vorläuferstudie beschrieben, kann über die Qualität der Alttextilien und ihre tatsächliche Eignung zur Wiederverwendung keine belastbare Aussage gemacht werden. Auch liegt die Wiederverwendung methodisch im Grenzbereich zwischen Abfallentsorgung und Abfallvermeidung, so dass auch deswegen die Bilanzierung im abfallwirtschaftlichen System eingeschränkt repräsentativ ist. Für die künftige Bewertung ist es ausreichend, einen der untersuchten Indikatoren fortzuschreiben, da die Ergebnisse für die Indikatoren nicht gegenläufig ausfallen.

4.9 Alteppiche

Für die **Stoffstrombilanz 2012** sind die Angaben zum Aufkommen und dem Verbleib der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) entnommen. Wie im Jahr 2010 wurden Alteppiche über die Anlage der Firma Veolia zu EBS aufbereitet und anschließend energetisch verwertet. Der genaue Verbleib ist auch für 2012 nicht bekannt, es wurde wie im Jahr 2010 für die Bilanzierung von einem durchschnittlichen EBS-Kraftwerk ausgegangen.

Kurzsteckbrief Altteppiche		Quelle
Aufkommen:	2.224 Mg	(BSR 2013)
Verbleib:	Aufbereitung zu EBS bei Veolia Neukölln, Verwertung in verschiedenen EBS-Kraftwerken	Veolia Neukölln
Kenndaten	Hu = 30 MJ/kg FS, C fossil = 45% FS*	wie 2010

*mit Annahme v.a. Polyamid

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettobelastung liegt etwas niedriger aufgrund der Aktualisierung der Emissionsfaktoren für die substituierte Strom- und Wärmeerzeugung.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden für die Entsorgung von Altteppichen die fossile Ressourcenschonung (weitere Indikatoren sind nicht relevant) sowie die Luftschadstoffe NO_x und Quecksilber ausgewertet. Für alle drei Indikatoren ergibt sich im Gegensatz zur Klimagasbilanz eine spezifische Nettoentlastung. Ursache ist der hohe Heizwert der Altteppiche (Hu = 30 MJ/kg, C fossil = 45%), der nur bei der Klimagasbilanz mit korrelierenden Belastungen durch fossile CO₂-Emissionen einhergeht. Bei der fossilen Ressourcenschonung wird der Energiegehalt im Abfall nicht angelastet und bei NO_x liegen die direkten Emissionen niedriger als bei der substituierten konventionellen Energieerzeugung. Hinsichtlich der Quecksilberemissionen ist einschränkend festzuhalten, dass die spezifische Nettoentlastung dadurch bedingt ist, dass kein Quecksilbergehalt ermittelt werden konnte, dieser wurde zu „Null“ gesetzt. Diese Annahme sollte perspektivisch durch entsprechende Stoffanalysen überprüft werden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Altteppiche sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.15 zusammengefasst.

Ausblick

In der Vorläuferstudie wurde in der Potenzialanalyse die Mitverbrennung statt der energetischen Verwertung in EBS-Kraftwerken untersucht. Im Ergebnis wird hierdurch für die Klimagasbilanz eine Nettoentlastung erreicht. Die Eignung der Altteppiche hierfür ist jedoch nicht bekannt. Für die Umweltbilanz ist zu vermuten, dass es bei den NO_x-Emissionen durch die Mitverbrennung zu einer Verringerung der Nettoentlastung kommt (bzw. Absinken auf Null), da die Mitverbrennung brennstoffunabhängig ist und sich die NO_x-Emissionen für Abfälle und für Regelbrennstoffe heizwertäquivalent ausgleichen. Eine weitere Untersuchung zu Altteppichen erfolgt in dieser Studie nicht.

4.10 Altreifen

Die **Stoffstrombilanz 2012** für Altreifen wurde analog dem Vorgehen in der Vorläuferstudie ermittelt. Ausgehend von dem von der Gesellschaft für Altgummi-Verwertungssysteme (GAVS) angegebenen bundesweiten Aufkommen für Altreifen im Jahr 2012 wurde das Aufkommen für das Land Berlin entsprechend der Einwohnerzahl zum Stand 31.12.2012 umgerechnet. Von diesem Gesamtaufkommen wurde nur der Anteil betrachtet, der einer stofflichen Verwertung über eine Granulierung zugeführt wird sowie der Anteil, der durch Mitverbrennung in Zementwerken energetisch verwertet wird. Die Auftei-

lung auf diese beiden Entsorgungswege ergibt sich wie im Jahr 2010 zu rund 45% stofflichem Recycling und 55% Mitverbrennung im Zementwerk. Die Kenndaten wurden aus der Bilanzierung für 2010 übernommen (Hu = 26 MJ/kg, C fossil = 51,6%). Der Quecksilbergehalt von Altreifen wurde mit 0,17 mg/kg nach (IFEU 1998) angesetzt.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung liegt etwas günstiger als im Jahr 2010 aufgrund einer Anpassung im Sammelaufwand.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden für die Entsorgung von Altreifen die Substitution von Rohmetallen und die fossile Ressourcenschonung (weitere Indikatoren sind nicht relevant) sowie die Luftschadstoffe NO_x und Quecksilber ausgewertet. Eine Substitution von Rohmetallen erfolgt durch die stoffliche Verwertung der Stahlkarkasse. Bei der stofflichen Verwertung von Altreifen wird hierbei das hochwertige Produkt Stahl ersetzt, bei der Mitverbrennung im Zementwerk wird dadurch lediglich Roheisen ersetzt. Nach substituierter Menge macht dies keinen Unterschied, die Hochwertigkeit der Substitution macht sich jedoch teilweise bei den anderen Indikatoren bemerkbar (höheres Entlastungspotenzial durch substituierte Stahlerzeugung). Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen ähnelt im Grundsatz dem Ergebnis für die Klimagasbilanz. Insgesamt wird eine vergleichsweise hohe Nettoentlastung erreicht, die für die stoffliche Verwertung höher ausfällt als für die Mitverbrennung. Grund sind vor allem etwa doppelt so hohe Gutschriften bei der stofflichen Verwertung. Bei den NO_x- und Quecksilberemissionen zeigt sich für die Verwertung von Altreifen ein gegensätzliches Ergebnis. Für NO_x-Emissionen werden Nettoentlastungen erreicht, für Quecksilberemissionen entstehen Nettobelastungen. Auch dies gilt wiederum gleichermaßen für beide Verwertungswege. Aber auch hier liegen die Nettoentlastungen für NO_x bei der stofflichen Verwertung deutlich höher bedingt durch geringere Belastungen und höhere Gutschriften. Die Nettobelastungen bei den Quecksilberemissionen liegen bei der stofflichen Verwertung nur etwa halb so hoch gegenüber der Mitverbrennung, hier vor allem bedingt durch deutlich geringere direkte Emissionen.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Altreifen sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.16 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen bestehen, wie bereits in der Vorläuferstudie benannt, in einer Steigerung der stofflichen Verwertung. Dieser Aspekt wird in dieser Studie für die Umweltbilanz aufgegriffen (Kap. 5.8).

Die stoffliche Verwertung wurde in der Vorläuferstudie als vorrangig anzustreben empfohlen unter der Bedingung, dass bestimmte Kriterien dabei erfüllt sind (Hochwertigkeit der Verwertung durch Substitution von synthetischem Gummi oder thermoplastischen Polymeren). Dies soll bei der Fortschreibung der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) im Jahr 2014 aufgegriffen und darin Mindestanforderungen an die stoffliche Verwertung formuliert werden.

Des Weiteren wurde durch das Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesumweltministeriums geprüft, inwiefern die vorrangige stoffliche Verwertung durch eine Verordnung sichergestellt werden müsste. In einem Fachgespräch mit Experten aller Interessensgrup-

pen am 28.06.2013 im UBA Berlin wurden die verschiedenen Aspekte erörtert. Eine offizielle Bekanntmachung zum Ergebnis der Prüfung ist bislang nicht bekannt.

4.11 E-Schrott und Almetalle

Die **Stoffstrombilanz 2012** für E-Schrott und Almetalle entspricht der Verwertung im Jahr 2010. Datenbasis ist die BSR-Entsorgungsbilanz 2012.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht für beide Wertstoffe der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung liegt bei der Verwertung von E-Schrott geringfügig höher aufgrund der etwas anderen Aufteilung auf die drei E-Schrottfractionen. Für Almetalle ist die spezifische Nettoentlastung identisch zum Jahr 2010.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde für beide Wertstoffe die Substitution von Rohmetallen ausgewertet. Die Metallgehalte der E-Schrottfractionen wurden aus der Vorläuferstudie übernommen. Für Almetalle ergibt sich der spezifische Einsparungsfaktor aus der Annahme, dass die Almetallfraction wie auch andere Fe-Metallfractionen einen Reinheitsgrad von 78% aufweist (s. Kap. 1.4). Weitere Indikatoren, wie z.B. Schonung fossiler Ressourcen, wurden nicht ausgewertet, da für diese eine analoge Ergebnisaussage wie für die Klimagasbilanz zu erwarten ist, wie auch die Ergebnisse für stoffliches Recycling der trockenen Wertstoffe zeigen.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für E-Schrott und Almetalle sind in entsprechenden Steckbriefen in den Kapiteln 3.17 und 3.18 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungsmöglichkeiten wurden in der Vorläuferstudie benannt. Diese werden in dieser Studie nicht weiter vertieft.

4.12 Altholz

4.12.1 Getrennt gesammeltes Altholz

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden die Angaben nach der BSR-Entsorgungsbilanz verwendet sowie die Abfallberichte der beiden Holzkontore in Berlin, INTERSEROH und Holzkontor Preußen, ausgewertet. In der Auswertung der Abfallberichte wurden im Output zunächst alle aufgeführten Holzfraktionen aufsummiert, auch die mit Stern gekennzeichneten Fraktionen (gefährliche Stoffe enthaltend). Von dieser Menge wurden dann die im Input als gefährliche Stoffe enthaltend gekennzeichneten Mengen abgezogen, um die Mengen zu ermitteln, die im Rahmen der Stoffstrombilanz zu untersuchen sind (Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten, werden nicht betrachtet). Da an den Holzkontoren auch Mengen angeliefert werden, die nicht im Land Berlin anfallen, wurde in einem weiteren Schritt dieser Anteil von außerhalb ermittelt und abgezogen. Dabei wurde wie in der Vorläuferstudie angenommen, dass naturbelassenes Holz zu 100% aus Berlin stammt. Für sonstiges Holz stammt nach Auskunft der Holzkontore bei Interseroh etwa 80% aus Berlin und bei Holzkontor Preußen etwa 60%.

Im Ergebnis wurden folgende Mengen ermittelt, die aus der Sortierung der Holzkontore resultieren:

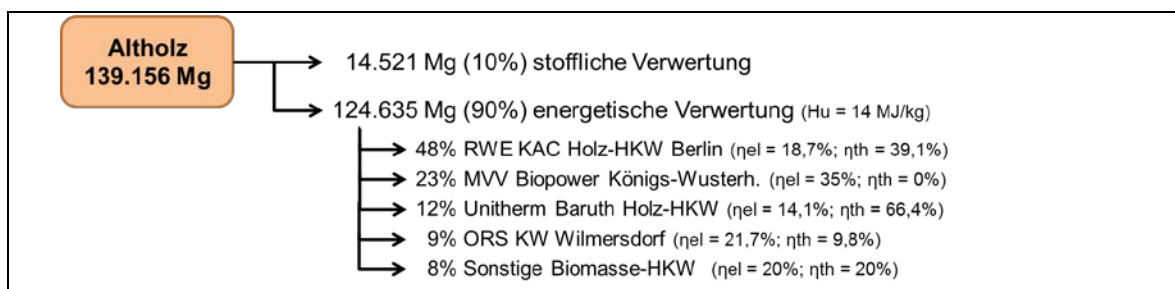
- 114.699 Mg zur energetischen Verwertung
- 14.521 Mg zur stofflichen Verwertung

Zu dieser Menge hinzu kommt eine Menge von 9.936 Mg, die nach der BSR-Entsorgungsbilanz direkt zur energetischen Verwertung zur MVV Biopower nach Königs-Wusterhausen ging. Die weiteren in der BSR-Entsorgungsbilanz angegebenen Mengen gingen zu den Holzkontoren und sind in obigen Mengen berücksichtigt. Das Aufkommen und den Verbleib zeigt nachfolgende Übersicht.

Kurzsteckbrief Altholz		Quelle
Aufkommen:	139.156 Mg	Abfallberichte Holzkontore, BSR-Entsorgungsbilanz
Verbleib:	10% stoffliche Verwertung 90% energetische Verwertung	
Kenndaten	Hu = 14 MJ/kg FS, C fossil = 1% FS	wie 2010

Die Verteilung des ermittelten Aufkommens zur energetischen Verwertung auf die Biomasse-Heizkraftwerke (HKW) in Berlin und Umgebung wurde analog dem Verteilschlüssel aus der Vorläuferstudie übernommen. Hier ist davon auszugehen, dass Entsorgungsstrukturen sich von Jahr zu Jahr nicht deutlich ändern. Für die Fortschreibung der Stoffstrombilanz wird empfohlen, alle fünf Jahre eine neue Abfrage bei den Biomasse-HKW durchzuführen, um den Verteilschlüssel zu aktualisieren.

Die Stoffstrombilanz für die Verteilung der Altholzmengen, insbesondere den Verbleib zur energetischen Verwertung, zeigt nachfolgende Übersicht.



Gegenüber der Stoffstrombilanz für 2010 ergeben sich Abweichungen in der prozentualen Aufteilung dahingehend, dass der Verteilschlüssel sich ausschließlich auf den Verbleib der Mengen aus den Holzkontoren bezieht. Die von den BSR gemeldeten Mengen sind darin nicht enthalten. Damit variiert die Aufteilung entsprechend dieser von den BSR jeweils gemeldeten Altholzmenge (hier 9.936 Mg, enthalten in den 23% zur MVV Biopower; gegenüber 21.250 Mg im Jahr 2010).

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung liegt etwas höher aufgrund der oben beschriebenen geringeren Menge zur MVV Biopower, wodurch sich anteilig eine Verschiebung hin zum Holz-HKW der RWE KAC ergibt, das eine hohe energetische Effizienz aufweist (siehe Übersicht oben).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde die Holzschonung ausgewertet, die sich aus dem Anteil Altholz zur stofflichen Verwertung ergibt. Bei den Luftemissionen wurde NO_x betrachtet, Quecksilber- und Ammoniakemissionen spielen hier keine Rolle.

Für die NO_x-Emissionen zeigt sich, wie häufig auch bei anderen Abfällen zur thermischen Verwertung, eine Nettobelastung. Bei der Verbrennung in Biomasse-HKW korreliert die Gutschrift, wie auch in anderen Monoabfallverbrennungsanlagen, mit dem Heizwert, während dieser keine Auswirkung auf die direkten Emissionen hat. Diese sind nur abhängig von der jeweils installierten Abgasreinigung. Für die Altholzverbrennung wurde vereinfacht von dem gleichen durchschnittlichen Wert ausgegangen wie für EBS-Kraftwerke.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für getrennt gesammeltes Altholz sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.19.1 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen sind wie in der Vorläuferstudie beschrieben nur in geringem Umfang möglich, da Altholz bereits weitgehend in Biomasse-HKW verwertet wird, die eine hohe energetische Effizienz aufweisen. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt daher nicht.

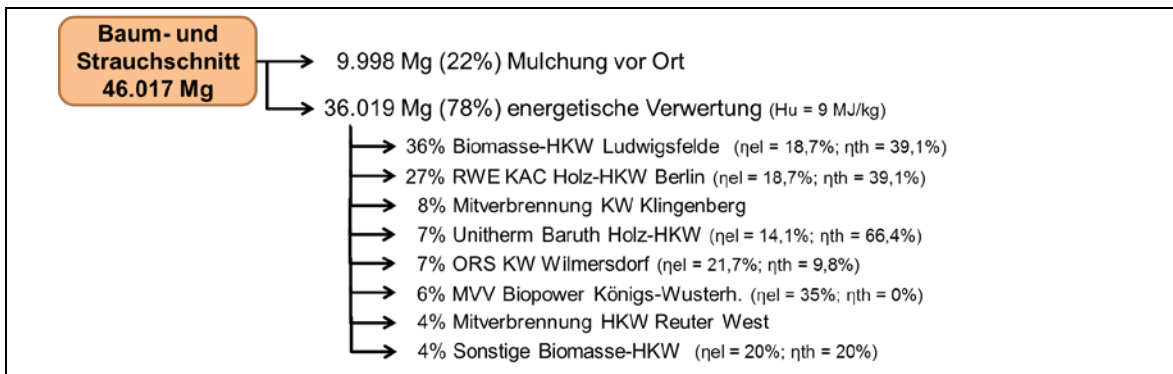
4.12.2 Baum- und Strauchschnitt

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden die Erhebungsdaten aus den Garten- und Landschaftsbaubetrieben (GaLaBau) und den Bezirken aus dem Jahr 2010 übernommen. Es ist nicht davon auszugehen, dass die Aufkommensmengen signifikanten jährlichen Schwankungen unterliegen, so dass empfohlen wird, die aufwendige Neuerhebung im Turnus von fünf Jahren durchzuführen. Auch für den Verbleib der Mengen wurde die gleiche Aufteilung wie im Jahr 2010 angenommen. Das entsprechende Aufkommen und den Verbleib zeigt nachfolgende Übersicht.

Kurzsteckbrief Baum- und Strauchschnitt		Quelle
Aufkommen:	46.017 Mg	wie 2010 Mengen BSR aktualisiert
Verbleib:	22% Mulchung 78% energetische Verwertung	
Kenndaten	Hu = 14 MJ/kg FS, C fossil = 1% FS	wie 2010

Die Verteilung zur energetischen Verwertung auf die Biomasse-HKW in Berlin und Umgebung wurde ebenfalls analog dem Verteilschlüssel aus der Vorläuferstudie übernommen. Hier ist wie für Altholz davon auszugehen, dass Entsorgungsstrukturen sich von Jahr zu Jahr nicht deutlich ändern. Für die Fortschreibung der Stoffstrombilanz wird analog empfohlen, alle fünf Jahre eine neue Abfrage bei den Biomasse-HKW durchzuführen, um den Verteilschlüssel zu aktualisieren.

Die Stoffstrombilanz für die Verteilung von Baum- und Strauchschnitt, insbesondere den Verteilschlüssel zur energetischen Verwertung, zeigt nachfolgende Übersicht.



Gegenüber der Stoffstrombilanz für 2010 ergibt sich die einzige Veränderung über die aktualisierten Mengen der BSR, die für das Jahr 2012 mit 1.361 Mg ausgewiesen sind (gegenüber 1.236 Mg im Jahr 2010).

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung unterliegt einer minimalen Abweichung aufgrund der leicht veränderten Mengen der BSR.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ergibt sich keine Schonung von Holz, da für die Mulchung im Normalfall kein Frischholz eingesetzt wird. Steht kein Mulchmaterial zur Verfügung unterbleibt die Mulchung in der Regel. Als weiterer Indikator wurden wie für Altholz NO_x-Emissionen ausgewertet. Für diese zeigt sich für die energetische Verwertung ein analoges Ergebnis wie bei Altholz, es ergibt sich eine Nettobelastung, die allerdings im spezifischen Wert höher ausfällt als bei Altholz. Grund ist der niedrigere Heizwert von Baum- und Strauchschnitt, wodurch spezifisch weniger Energie substituiert wird und die Gutschrift geringer ausfällt.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Baum- und Strauchschnitt sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.19.2 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen sind wie in der Vorläuferstudie beschrieben nur in geringem Umfang möglich und werden in dieser Studie daher nicht weiter betrachtet.

4.12.3 Weihnachtsbäume

Datenbasis für die **Stoffstrombilanz 2012** ist die BSR-Entsorgungsbilanz 2012. Wie im Jahr 2010 wurden Weihnachtsbäume auch 2012 im HKW Reuter West mitverbrannt. Die Kenndaten für Weihnachtsbäume wurden aus der Bilanzierung für 2010 übernommen.

Kurzsteckbrief Weihnachtsbäume		Quelle
Aufkommen:	1.615 Mg	(BSR 2013)
Verbleib:	Mitverbrennung KW Reuter West	
Kenndaten	Hu = 10,5 MJ/kg FS, C fossil = 1% FS	wie 2010

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettoentlastung ist identisch mit dem Ergebnis für 2010.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ist bei der Entsorgung von Weihnachtsbäumen keine Ressourcenschonung gegeben. Ausgewertet wurden wie bei Altholz und Baum- und Strauchschnitt die NO_x-Emissionen. Auch hier ergibt sich eine Nettobelastung, die aufgrund des Heizwertes spezifisch höher ausfällt als bei Altholz, aber niedriger als bei Baum- und Strauchschnitt.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Weihnachtsbäume sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.19.3 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen werden wie in der Vorläuferstudie nicht gesehen, eine weitere Betrachtung erfolgt auch in dieser Studie nicht.

4.13 Organikabfälle aus Haushalten

In dieser Studie und für die Fortschreibung werden als Organikabfälle aus Haushalten die sortenrein erfassten Fraktionen Bioabfall, eigenkompostierte Mengen und Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack betrachtet. Eine separate Betrachtung des Organikanteils im Hausmüll erfolgt nicht, da dieser über das Ergebnis für Haus- und Geschäftsmüll (Kap. 4.2) bewertet ist.

4.13.1 Bioabfall (BIOGUT)

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) entnommen. Das so ermittelte Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Bioabfall		Quelle
Aufkommen:	62.230 Mg/a	(BSR 2013)
Verbleib:	8% Hennickendorfer Kompost 92% sonstige offene Kompostierung (5 Anlagen)	
Kenndaten	Störstoffanteil = 3,6% 80% Fertigungskompost, 20% Frischkompost Inhaltsstoffe: Cd = 0,27 mg/kg TS, P ₂ O ₅ = 0,43% TS	wie 2010 (Bioplan 2013)

Insgesamt wurde der über die Biotonne eingesammelte Bioabfall im Jahr 2012 zu sechs verschiedenen Anlagen verbracht. Dabei handelt es sich durchweg um offene Kompostierungsanlagen. Eine Besonderheit stellt die Anlage Hennickendorfer Kompost dar, die deswegen in der Stoffstrombilanz separat ausgewiesen ist. In der Vorläuferstudie wurde für diese Anlage ermittelt, dass dort mit höheren Methan- und Lachgasemissionen zu rechnen ist. Überwiegend wird dort Laub – vermischt mit Bioabfall – zu meterhohen Haufen aufgesetzt und erst nach acht Wochen umgeschichtet. Durch diese Kompostierungspraxis ist insbesondere bei Vernässung mit der Ausbildung anaerober Zonen zu rechnen, die die Methan- und Lachgasbildung verstärken.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Im Jahr 2012 sind die ungünstigen Bedingungen an der Anlage Hennickendorfer Kompost berücksichtigt. Wie in der Vorläuferstudie wurden für diese Anlage entsprechend Emissionsfaktoren herangezogen, welche die verstärkte Methan- und Lachgasbildungsproblematik abbilden. Im Fazit dieser Bewertung ergibt sich für das Jahr 2012 eine etwas höhere spezifische Nettobelastung (5 kg CO₂-Äq/Mg Bioabfall statt 1 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden für die Bioabfallbehandlung die Schonung von Phosphat und hier auch Rohmetallen berücksichtigt. Rohmetalle sind in den Störstoffen enthalten, die durch Fehlwürfe in die Biotonne gelangen und an den Kompostierungsanlagen vor der eigentlichen Kompostierung abgetrennt werden. Für die Störstoffe wurde wie in der Vorläuferstudie angenommen, dass diese in einer MVA behandelt werden. Der fossile Kohlenstoffgehalt und der Metallgehalt entsprechen den Angaben der BSR für das Jahr 2010. Des Weiteren ausgewertet wurde für die Bioabfallbehandlung die Schonung fossiler Ressourcen, Ammoniakemissionen und Cadmиеinträge in Boden durch die Kompostverwertung. Zur Einsparung fossiler Ressourcen kommt es bei der Bioabfallverwertung durch die Substitution von Energie aus der thermischen Behandlung der Störstoffe (u. a. Kunststoffe) sowie durch die Kompostanwendung, wobei die Belastungen aus der Behandlung überwiegen. Je nach Einsatzfeld (Gartenbau, Landwirtschaft, Substraterden) werden hierdurch Mineraldünger, Rindenumus, Torf sowie Zwischenfruchtanbau und Strohverbleib auf dem Feld substituiert. Eine genaue Beschreibung des Substitutionspotenzials findet sich in (IFEU 2012). Ammoniakemissionen entstehen bei der Kompostierung selbst und im Weiteren bei der Kompostanwendung. Für die Kompostierung wurden wie für Methan- und Lachgas die Emissionsfaktoren nach (gewitra 2009) verwendet. Für die Kompostanwendung wurde in (IFEU 2012) festgelegt, dass hierbei 1% des ausgebrachten Stickstoffs zu Ammoniak umgewandelt und freigesetzt wird. Das spezifische Ergebnis zeigt Tabelle 4-9. Die Gutschriften resultieren aus der substituierten Anwendung von Rindenumus und Stickstoffdünger.

Tabelle 4-9 Spezifisches Ergebnis Ammoniakemissionen Bioabfall

	Belastungen	Gutschrift	Netto
NH ₃ in g/Mg	513	-201	312

Ein Cadmиеintrag in Boden ist bei jeglicher Kompostanwendung gegeben. Bedingt ist er durch den Gehalt an Cadmium im Bioabfall. Für Komposte im Land Brandenburg wurde von der Firma Bioplan eine aktualisierte Bewertung der Qualitäten in Brandenburg für die Senatsumweltverwaltung zusammengestellt (Bioplan 2013). Die Gutschrift resultiert aus der Substitution von Rindenumus und Phosphatdünger, die beide ebenfalls mit Cadmium belastet sind. Die Einträge daraus wurden aus (IFEU 2012) übernommen. Für Bioabfallkompost ergibt sich eine Nettoentlastung für den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Bioabfall sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.20.1 zusammengefasst.

Ausblick

Seit 2013 ist die Vergärungsanlage der BSR im Probetrieb und wird voraussichtlich Ende des Jahres an die BSR übergeben. Die Behandlung über diese Anlage wurde in der Vorläuferstudie auf Basis von Planungswerten und Annahmen untersucht. Für die im Jahr 2014 geplante Bilanzierung sollten an der Anlage sowie für den Verwertungsweg der flüssigen und festen Gärreste konkrete Messungen vorgenommen werden, um die Bewertung zu plausibilisieren und fortführen zu können.

4.13.2 Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurde die Menge zur Eigenkompostierung unverändert aus der Bilanzierung für 2010 übernommen. Die gegenüber 2010 höhere im Jahr 2012 getrennt erfasste Bioabfallmenge (62.230 Mg anstatt 58.155 Mg), ist nicht auf eine Umlenkung von Teilmengen aus der Eigenkompostierung zurückzuführen, sondern vielmehr auf die Verdichtung der Biotonne im Innenstadtbereich. Die Kenndaten der eigenkompostierten Menge wurden aus der Bilanzierung für 2010 übernommen (wie Laubsackinhalt gewertet).

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die Emissionsfaktoren für die Eigenkompostierung liegen danach aufgrund der in der Regel ungünstigeren Randbedingungen (Vernässung, unregelmäßiges Belüften) höher als bei einer zentralen Kompostierung. Das spezifische Ergebnis ist mit dem für das Jahr 2010 identisch und zeigt weiterhin eine Nettobelastung.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde für die Eigenkompostierung keine Schonung für Phosphat angerechnet. In der Vorläuferstudie wurde beschrieben, dass in der Regel die Gartenböden in Berlin mit Phosphat überdüngt sind, so dass für die Kompostanwendung kein Bedarf besteht. Ammoniakemissionen liegen für die Eigenkompostierung ähnlich hoch wie für die schlechte fachliche Praxis bei der Laubkompostierung. Die Gutschriften sind demgegenüber deutlich geringer. Als Cadmiumgehalt für den erzeugten Kompost wurde der gleiche Gehalt angenommen wie für Bioabfallkompost. Die Gutschrift wurde allerdings um den Anteil für substituierten Phosphatdünger vermindert. Im Ergebnis resultiert dadurch eine Nettobelastung für den Cadmиеintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Eigenkompostierung sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.20.2 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen für die Eigenkompostierung wurden in der Vorläuferstudie benannt und untersucht. Eine Umlenkung zu alternativen Verwertungsformen würde sich sowohl hinsichtlich der Schonung der Ressource Phosphat als auch für Ammoniakemissionen vorteilhaft zeigen. Eine weitere Betrachtung sollte im Rahmen der Bilanzierung 2014 erfolgen, wenn sich die BSR-Vergärungsanlage im Regelbetrieb befindet.

4.13.3 Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) entnommen. Das so ermittelte Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Organikabfall im Sammelsystem Laubsack		Quelle
Aufkommen:	10.020 Mg/a	(BSR 2013)
Verbleib:	46% Hennickendorfer Kompost 54% sonstige offene Kompostierung (2 Anlagen)	
Kenndaten	Störstoffanteil = 0,4% 100% Fertigungskompost Inhaltsstoffe: Cd = < 0,4 mg/kg TS, P ₂ O ₅ = 0,25% TS	wie 2010 (Analyse 28.9.12)

Gegenüber dem Jahr 2010 liegt die Sammelmenge um knapp 6.000 Mg deutlich niedriger. Insgesamt wurde die über Laubsäcke eingesammelte Menge im Jahr 2012 zu drei Kompostierungsanlagen verbracht, darunter auch zur Anlage Hennickendorfer Kompost. Die dortige Kompostierung wurde – wie in Kapitel 4.13.1 zu Bioabfall beschrieben – bewertet. Der abgetrennte Störstoffanteil wurde wie für 2010 mit den von den BSR angegebenen Kenndaten berücksichtigt.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Im Unterschied zu 2010 wurde im Jahr 2012 allerdings nur ein Teil der Laubmenge über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelt, der größere Teil über durchschnittliche Kompostierungsanlagen. Entsprechend ergibt sich für 2012 ein besseres Ergebnis. Es wird eine Nettoentlastung erreicht (-15 kg CO₂-Äq/Mg Bioabfall statt 17 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde die Schonung von Phosphat berücksichtigt. Eine Substitution von Rohmetallen ergibt sich nicht. Nach Angaben der BSR sind in den abgetrennten und thermisch behandelten Störstoffen keine Metalle enthalten. Des Weiteren ausgewertet wurden Ammoniakemissionen und Cadmиеinträge in Boden. Auf die Auswertung der fossilen Ressourcenschonung wurde verzichtet, da die Beiträge vergleichsweise gering sind. Für die Ammoniakemissionen ergibt sich aus der Kompostierung der Laubsackinhalte eine spezifische Nettobelastung. Diese fällt gegenüber der Bioabfallkompostierung höher aus wegen des höheren über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelten Anteils (46% gegenüber 8% bei Bioabfall).

Zur Bewertung des Cadmиеintrags in Boden wurde von den BSR eine Kompostanalyse von der Anlage Hennickendorfer Kompost zur Verfügung gestellt. Aus dieser konnte der Cadmium- und der Phosphatgehalt der Komposte aus Laub entnommen werden. Für die Ergebnisse ist zu beachten, dass sich diese nicht allein auf das Material Laub beziehen, eine reine Laubkompostierung ist aus verfahrenstechnischen Gründen nicht möglich. Dem Kompostmaterial werden etwa 20% andere kompostierbare Abfälle zugemischt. Dennoch wurden die Analysewerte hier verwendet. Gegenüber den Werten für Bioabfallkompost liegt der Cadmiumgehalt höher (der angegebene Wert ist als Obergrenze angegeben, wurde aber dennoch als Rechenwert verwendet) und der Phosphatgehalt niedriger. Insgesamt gleichen sich der daraus berechnete Cadmиеintrag in Boden und die Gutschrift

für substituierten Mineraldünger und Rindenumus etwa aus, es ergibt sich eine leichte Nettobelastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.20.3 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen wurden in der Vorläuferstudie wie für die Eigenkompostierung in einer Umlenkung zu alternativen Verwertungsformen gesehen. Für Laub und Straßenlaub wird in dieser Studie die Möglichkeit der direkten Mitverbrennung im IKW Rüdersdorf beschrieben (Kap. 5.5.1). Bei positiven Versuchsergebnissen könnte diese Möglichkeit auch auf Organikabfälle im Sammelsystem Laubsack ausgeweitet werden. Durch die energetische Nutzung würden sich Vorteile hinsichtlich der Klimagasbilanz und der Schonung fossiler Ressourcen ergeben. Statt Ammoniakemissionen wären NO_x-Emissionen relevant, die ebenfalls versauernd wirken. Ein Cadmиеintrag in Boden wäre nicht gegeben, dafür aber umgekehrt auch keine Phosphatschonung.

4.14 Laub und Straßenlaub

Datengrundlage für die **Stoffstrombilanz 2012** ist zunächst die BSR-Entsorgungsbilanz 2012. Daraus wurden Aufkommen und Verbleib der über die BSR eingesammelten Mengen entnommen. Im Gegensatz zur Menge an Organikabfall aus Laubsäcken liegt die Menge an Straßenlaub für das Jahr 2012 deutlich höher als im Jahr 2010 (45.876 Mg statt 32.253 Mg). Hinzu kommen Mengen, die bei den Grünflächenämtern der Bezirke und über die GaLaBau-Betriebe erfasst werden. Die Erhebungsdaten für die letzteren beiden wurden aus dem Jahr 2010 übernommen, da angenommen wird, dass die Aufkommensmengen keinen signifikanten jährlichen Schwankungen unterliegen. Für die aufwendige Neuerhebung wird ein Turnus von fünf Jahren empfohlen. Das gesammelte Straßenlaub wird insgesamt zu sechs Kompostierungsanlagen verbracht, darunter zur Anlage Hennickendorfer Kompost. Die dort erfolgende Kompostierung wurde – wie bei Bioabfall beschrieben – bewertet.

Kurzsteckbrief Laub und Straßenlaub		Quelle
Aufkommen:	70.018 Mg/a	(BSR 2013), GaLaBau-Betriebe, Bezirke wie 2010
Verbleib:	35% Hennickendorfer Kompost 65% sonstige offene Kompostierung (5 Anlagen)	
Kenndaten	keine Störstoffe, 100% Fertigkompost Inhaltsstoffe: Cd = < 0,4 mg/kg TS, P ₂ O ₅ = 0,25% TS	wie 2010 (Analyse 28.9.12)

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010 mit dem Unterschied, dass 2012 rund 35% über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelt wurden statt 33% im Jahr 2010. Entsprechend ergibt sich für 2012 eine leicht geringere spezifische Nettoentlastung (-13 kg CO₂-Äq/Mg Bioabfall statt -15 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde die Schonung von Phosphat berücksichtigt. Des Weiteren ausgewertet wurden Ammoniakemissionen und Cadmиеinträge in Bo-

den. Für die Phosphatschonung wurde wie bei Organikabfall aus Laubsäcken der Phosphatgehalt aus der Kompostanalyse der Anlage Hennickendorfer Kompost zugrunde gelegt. Die spezifische Phosphatschonung liegt etwas geringer als bei Organikabfall aus Laubsäcken bedingt durch die etwas geringere spezifische Kompostausbeute. Für die Ammoniakemissionen ergibt sich auch aus der Laubkompostierung eine spezifische Nettobelastung. Diese fällt etwas niedriger aus als bei den Organikabfällen aus Laubsäcken aufgrund des geringeren Anteils, der über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelt wurde. Zur Bewertung des Cadmumeintrags in Boden wurde ebenfalls das Ergebnis der o.g. Kompostanalyse verwendet. Auch hier ergibt sich eine leichte Nettobelastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Laub und Straßenlaub sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.21 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen wurden in der Vorläuferstudie in der energetischen Verwertung nach einer Trocknung oder einer Behandlung nach dem HTC-Verfahren gesehen. Diese Möglichkeiten haben sich bislang als nicht umsetzbar erwiesen. Allerdings wird derzeit die Möglichkeit der direkten energetischen Nutzung im IKW Rüdersdorf geprüft. Dieser Aspekt wird in Kapitel 5.5.1 beschrieben.

4.15 Grasschnitt

4.15.1 Straßenbegleitgrün

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Angaben zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle der BSR-Entsorgungsbilanz 2012 (BSR 2013) entnommen. Das so ermittelte Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Straßenbegleitgrün		Quelle
Aufkommen:	5.398 Mg/a	(BSR 2013)
Verbleib:	50% Hennickendorfer Kompost 50% sonstige offene Kompostierung (5 Anlagen)	
Kenndaten	100% Fertigkompost Inhaltsstoffe: Cd = 0,27 mg/kg TS, P ₂ O ₅ = 0,43% TS	wie 2010 (Bioplan 2013)

Gegenüber dem Jahr 2010 liegt die Sammelmenge um 640 Mg höher. Insgesamt wurde Straßenbegleitgrün im Jahr 2012 zu sechs Anlagen verbracht, darunter auch zur Anlage Hennickendorfer Kompost. Die dort erfolgende Kompostierung wurde – wie bei Bioabfall beschrieben – bewertet.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010. Im Jahr 2012 sind zudem die ungünstigen Bedingungen an der Anlage Hennickendorfer Kompost berücksichtigt. Bedingt durch die höheren Emissionsfaktoren für die Behandlung über diese Anlage ergibt sich für das Jahr 2012 gegenüber 2010 eine höhere spezifische Nettobelastung (44 kg CO₂-Äq/Mg Abfall statt 15 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde die Schonung von Phosphat berücksichtigt. Des Weiteren ausgewertet wurden Ammoniakemissionen und Cadmiumeinträge in Boden. Als Kenndaten für den erzeugten Kompost wurden die Kenndaten für Bioabfallkompost nach (Bioplan 2013) verwendet. Die spezifische Phosphatschonung liegt geringer als bei Bioabfall bedingt durch die geringere spezifische Kompostausbeute. Für die Ammoniakemissionen ergibt sich aus der Kompostierung eine spezifische Nettobelastung. Diese fällt gegenüber den bisher betrachteten organischen Abfällen am höchsten aus (bedingt durch den höchsten über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelten Mengenananteil von 50%). Beim Cadmiumeintrag in Boden ergibt sich wie bei Bioabfall eine Nettoentlastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Straßenbegleitgrün sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.22.1 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen wurden wie in der Vorläuferstudie auch hier in einer Umlenkung zu alternativen Verwertungsformen gesehen. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.15.2 Mähgut

Die **Stoffstrombilanz 2012** für Mähgut wurde unverändert aus der Bilanzierung für das Jahr 2010 übernommen. Mähgut fällt ausschließlich bei den Bezirken und über die GaLa-Bau-Betriebe an. Eine Neuerhebung des Aufkommens wurde nicht vorgenommen, da angenommen wird, dass die Aufkommensmengen keinen signifikanten jährlichen Schwankungen unterliegen. Für die aufwendige Neuerhebung wird ein Turnus von fünf Jahren empfohlen. Als Verbleib wurde für Mähgut wie für 2010 eine durchschnittliche offene Kompostierung angenommen. Das entsprechende Aufkommen und der Verbleib sind nachfolgend aufgeführt.

Kurzsteckbrief Mähgut		Quelle
Aufkommen:	43.600 Mg/a	wie 2010
Verbleib:	100% offene Kompostierung	
Kenndaten	100% Fertigkompost Inhaltsstoffe: Cd = 0,27 mg/kg TS, P ₂ O ₅ = 0,43% TS	wie 2010 (Bioplan 2013)

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010. Die spezifische Nettobelastung ist entsprechend identisch mit der für das Jahr 2010 ermittelten.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde die Schonung von Phosphat berücksichtigt. Des Weiteren ausgewertet wurden Ammoniakemissionen und Cadmiumeinträge in Boden. Als Kenndaten für den erzeugten Kompost wurden die Kenndaten für Bioabfallkompost nach (Bioplan 2013) verwendet. Die spezifische Phosphatschonung entspricht der für Straßenbegleitgrün ermittelten, da für Mähgut wie in der Vorläuferstudie die gleichen Kenndaten (Kompostausbeute, Inhaltsstoffe) verwendet wurden. Für die Ammoniakemissionen ergibt sich aus der Kompostierung eine spezifische Nettobelastung. Gegenüber

den anderen kompostierten Abfällen fällt diese hier am niedrigsten aus, da für Mähgut keine über die Anlage Hennickendorfer Kompost behandelten Mengen angenommen wurden. Beim Cadmiumeintrag in Boden ergibt sich wie bei Bioabfall und Straßenbegleitgrün eine spezifische Nettoentlastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Mähgut sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.22.2 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen wurden wie in der Vorläuferstudie auch hier in einer Umlenkung zu alternativen Verwertungsformen gesehen. Eine qualitative Einschätzung zur Erschließung weiterer Entlastungspotenziale erfolgt in Kapitel 5.5.2.

4.16 Organikabfälle aus Gewerbe

4.16.1 Speisereste

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurde wie in der Vorläuferstudie eine Abfrage bei Entsorgern und Betreibern von Vergärungsanlagen im Großraum Berlin durchgeführt. Das so ermittelte Aufkommen und den Verbleib der Speisereste zeigt nachfolgende Übersicht.

Kurzsteckbrief Speisereste		Quelle
Aufkommen:	35.980 Mg	Betreiber-Auskunft 2013
Verbleib:	89,5% Vergärung mit Nachgärer u. offenem Gärrestlager 10,5% Vergärung mit offenem Gärrestlager	
Kenndaten	TS = 18% FS, oTS = 87% TS, Biogasertrag = 106 m ³ /Mg FS, Methangehalt = 60 Vol%; Gärrest: Cd = 0,25 mg/kg TS Gärrest: P ₂ O ₅ = 1,8% TS	(Archea 2011) Betreiberangaben (IFEU 2001)

Gegenüber dem Jahr 2010 liegt das Aufkommen etwas niedriger (37.325 Mg in 2010) und es gingen anteilig etwas mehr Mengen zu Anlagen mit offenem Gärrestlager (2010: 8%). Die Kenndaten für Speisereste wurden aus der Bilanzierung für 2010 übernommen. Neu ermittelt wurden Cadmiumgehalte in den Gärresten. Nach Betreiberangaben liegt der mittlere Belastungswert bei 0,25 mg Cd/kg TS. Dieser Wert konnte nicht nach Abfallart unterschieden werden und wurde einheitlich für alle Organikabfälle aus Gewerbe angesetzt. Der Phosphatgehalt (berechnet als P₂O₅) von zwei Vergärungsanlagen lag im Mittel mit 7,9% TS gegenüber Vergleichswerten nach IFEU Kenntnissen relativ hoch und ist wahrscheinlich durch einen höheren Anteil an Fettabscheiderinhalten im Ausgangsmaterial geprägt. Dieser Wert wurde daher nicht verwendet, anstatt dessen wurden Werte aus (IFEU 2001) herangezogen.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010 mit dem Unterschied, dass im Jahr 2012 etwas höhere Mengen zu Anlagen mit offenem Gärrestlager verbraucht wurden. Entsprechend ergeben sich spezifisch höhere Belastungen

durch Methanemissionen aus dem offenen Gärrestlager und das spezifische Nettoergebnis liegt im Jahr 2012 etwas niedriger als im Jahr 2010 (-81 kg CO₂-Äq/Mg statt -92).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** sind für die Vergärung die analogen Indikatoren relevant wie bei der biologischen Behandlung der zuvor beschriebenen Organikabfälle. Ausgewertet wurde die Schonung der Ressource Phosphat, Ammoniakemissionen und Cadmiumeintrag in Boden. Aufgrund des gegenüber den zuvor betrachteten Organikabfällen deutlich höheren Phosphatgehalts der Speisereste ergibt sich auch eine deutlich höhere spezifische Schonung der Ressource Phosphat (etwa doppelt so hoch wie bei Bioabfall).

Ammoniakemissionen entstehen, wie bei der Kompostierung, bei der Anwendung der Gärreste, die nach der Vergärung ausschließlich in die Landwirtschaft gehen. Analog zur Kompostanwendung wurde in (IFEU 2012) festgelegt, dass hierbei 1% des ausgebrachten Stickstoffs zu Ammoniak umgewandelt und freigesetzt wird. Zudem sind direkte Ammoniakemissionen aus der Bioabfallvergärung bekannt. Nach (gewitra 2009) liegen Emissionsfaktoren für die fest-flüssig-Trennung der Gärreste vor. Inwiefern die Gärreste aus der Speiserestevergärung diesem Behandlungsschritt unterzogen werden, ist nicht bekannt. Generell kommt es aber durch den Gärprozess zur Umwandlung von organisch gebundenem Stickstoff zu Ammonium und es entstehen N-Verluste. Eine anteilige Freisetzung in Form von Ammoniak ist anzunehmen. Als Näherung wurde der Emissionsfaktor der fest-flüssig-Trennung nach (gewitra 2009) mit 50% angelastet. Weitere Ammoniakemissionen entstehen bei der offenen Lagerung von Gärresten. Hier wurde der Emissionsfaktor nach (gewitra 2009) übernommen. Diesen Belastungen stehen durch die Energieerzeugung höhere Gutschriften als bei der Kompostierung gegenüber. Im Ergebnis ergibt sich entsprechend eine geringere spezifische Nettobelastung (Tabelle 4-10). Die Gutschriften resultieren abgesehen von der Gutschrift für erzeugte Energie aus der substituierten Anwendung von Stickstoffdünger.

Tabelle 4-10 Spezifisches Ergebnis Ammoniakemissionen Speisereste

	Belastungen	Gutschrift	Netto
NH ₃ in g/Mg	80	-64	15

Ein Cadmiumeintrag in Boden ist durch die Gärrestanwendung in Höhe des enthaltenen Cadmiums gegeben (s.o.). Die Gutschrift resultiert aus der Substitution von Mineraldünger (v.a. Phosphatdünger). Die Einträge daraus wurden aus (IFEU 2012) übernommen. Aufgrund der hohen Nährstoffgehalte des Gärrests aus Speiseresten ergibt sich eine vergleichsweise hohe Nettoentlastung für den Cadmiumeintrag in Boden.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Speisereste sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.23.1 zusammengefasst.

Ausblick

Als Optimierung wurde in der Vorläuferstudie eine vollständige Nutzung in Anlagen untersucht, die über eine gasdichte Lagerung der Gärreste verfügen und bei denen zumindest eine Abfackelung der darin anfallenden Methanmengen erfolgt. Hinsichtlich der Ammoniakemissionen hätte diese Maßnahme eine Minderung der Nettobelastung und ggf. eine Ergebnisumkehr zur Folge, da die o.g. Emissionen aus der Vergärung vermieden würden.

Damit würde sich auch für diesen Indikator eine Verbesserung ergeben. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.16.2 Überlagerte Lebensmittelabfälle

Die **Stoffstrombilanz 2012** basiert, wie bei Speiseresten beschrieben, auf Angaben von Entsorgern und Betreibern. Gegenüber dem Jahr 2010 liegt das Aufkommen etwas höher (25.345 Mg statt 24.106 Mg in 2010) und es gingen anteilig weniger Mengen zu Anlagen mit offenem Gärrestlager (22% statt 35%). Die verbleibenden 78% Lebensmittelabfälle wurden im Jahr 2012 allerdings ausschließlich in Anlagen behandelt, die nur mit Nachgärer ausgestattet sind. Im Jahr 2010 wurden dagegen etwa 50% der Menge in Anlagen mit gasdichtem Gärrestlager behandelt. Bei den Anlagen mit Nachgärer werden die Gärreste im Anschluss an diesen ebenfalls offen gelagert. Die Berechnung der Methanemissionen aus der Lagerung entspricht der Berechnung in der Vorläuferstudie. Bei der direkten offenen Lagerung werden 2,5% der produzierten Methanmenge freigesetzt, bei Anlagen mit Nachgärer und anschließender offener Lagerung nur 1,5%. Die Kenndaten für überlagerte Lebensmittelabfälle entsprechen denen von Speiseresten.

Kurzsteckbrief überlagerte Lebensmittelabfälle		Quelle
Aufkommen:	25.345 Mg	Betreiber-Auskunft 2013
Verbleib:	78% Vergärung mit Nachgärer u. offenem Gärrestlager 22% Vergärung mit offenem Gärrestlager	
Kenndaten	wie Speisereste	

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010 mit dem o.g. Unterschied, dass im Jahr 2012 keine Behandlung über Anlagen mit gasdichtem Gärrestlager erfolgte. Entsprechend ergeben sich spezifisch höhere Belastungen durch Methanemissionen aus den offenen Gärrestlagern und das spezifische Nettoergebnis liegt im Jahr 2012 niedriger als im Jahr 2010 (-69 kg CO₂-Äq/Mg statt -87 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden wie bei Speiseresten die Schonung der Ressource Phosphat, Ammoniakemissionen sowie Cadmiumeintrag in Boden ausgewertet. Aufgrund der identischen Kenndaten wie bei Speiseresten ergibt sich für die Phosphatschonung die gleiche spezifische Einsparung. Bei den Ammoniakemissionen ergibt sich aus diesem Grund ebenfalls das fast gleiche Ergebnis. Ein leichter Unterschied ist durch den etwas höheren Anteil der offenen Lagerung gegeben. Für den Cadmiumeintrag in Boden ergibt sich eine Nettoentlastung, die aufgrund der geringeren angefallenen Gesamtabfallmenge absolut etwas niedriger als bei Speiseresten liegt.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für überlagerte Lebensmittelabfälle sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.23.2 zusammengefasst.

Ausblick

Für überlagerte Lebensmittelabfälle wurde in der Vorläuferstudie die gleiche Optimierung untersucht wie für Speisereste. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.16.3 Fettabscheiderinhalte

Die **Stoffstrombilanz 2012** basiert, wie bei Speiseresten beschrieben, auf Angaben von Entsorgern und Betreibern. Das so ermittelte Aufkommen und den Verbleib der Fettabscheiderinhalte zeigt nachfolgende Übersicht.

Kurzsteckbrief Fettabscheiderinhalte		Quelle
Aufkommen:	7.560 Mg	Betreiber-Auskunft 2012, Menge Co-Vergärung nach Auskunft BWB
Verbleib:	61,5% Vergärung mit offenem Gärrestlager 38,5% Co-Vergärung im Faulturm Kläranlage Waßmannsdorf ohne stoffliche Nutzung	
Kenndaten	TS = 20% FS, oTS = 90% TS, C fossil = 0%, Biogasertrag = 180 m ³ /Mg FS, Methan-Anteil = 68 Vol% Gärrest: Cd = 0,255 mg/kg TS Gärrest: P ₂ O ₅ = 2,0% TS	aufgearbeitet nach (Archea 2011) Betreiberangaben (IFEU 2001)

Gegenüber dem Jahr 2010 liegt das Aufkommen niedriger (7.560 Mg statt 12.873 Mg in 2010). Ebenfalls abweichend zum Jahr 2010 ging 2012 ein höherer Anteil der Gesamtmenge zu Anlagen mit offenem Gärrestlager (51% in 2010). Zu Anlagen mit Nachgärer wurden in 2012 keine Mengen verbraucht (2% in 2010).

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht weitgehend der Bilanzierung für das Jahr 2010 mit dem o.g. Unterschied, dass mehr Mengen über Anlagen mit offenem Gärrestlager behandelt wurden. Dadurch, dass damit mehr Mengen auch in die stoffliche Nutzung gegangen sind, steht der Mehrbelastung durch Freisetzen von Methan auch eine höhere Gutschrift für die stoffliche Anwendung gegenüber⁵. Im spezifischen Nettoergebnis zeigt sich in der Konsequenz dieser gegenläufigen Effekte eine etwas geringere Nettoentlastung als im Jahr 2010 (-173 kg CO₂-Äq/Mg statt -179 kg CO₂-Äq/Mg).

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden hier wie bei Speiseresten und überlagerten Lebensmittelabfällen die Schonung der Ressource Phosphat, Ammoniakemissionen und Cadmumeintrag in Boden ausgewertet. Fettabscheiderinhalte weisen einen deutlich höheren Biogasertrag auf als Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle und unterliegen entsprechend einem höheren biologischen Abbau. In der Konsequenz fällt der TS-Gehalt im Gärrest deutlich geringer aus und entsprechend auch die spezifische Schonung der Ressource Phosphat, obwohl der Phosphatgehalt im Gärrest aus Fettabscheiderinhalten mit 2% gegenüber 1,8% bei Speiseresten etwas höher liegt. Für Ammoniakemissionen ergibt sich auch hier eine leichte spezifische Nettobelastung. Im Unterschied zu Speiseresten und überlagerten Lebensmittelabfällen haben Fettabscheiderinhalte einen deutlich höheren Stickstoffgehalt, der sich entsprechend auch für den Gärrest ergibt. Zudem erfolgt zu hohen Anteilen eine offene Gärrestlagerung. Dies bedingt höhere Belastungen durch Ammoniakfreisetzungen, aber umgekehrt auch eine höhere Entlastung durch die Substitution von mineralischem Stickstoffdünger, so dass das spezifische Nettoergebnis ähnlich ausfällt wie bei Speiseresten und überlagerten Lebensmittelabfällen. Beim Cad-

⁵ Die Klärschlammverbrennung aus der Behandlung in der Kläranlage Waßmannsdorf ist der Klärschlamm-entsorgung zugeordnet und hier zur Vermeidung einer Doppelbilanzierung nicht betrachtet.

miumeintrag in Boden ergibt sich aus den analogen Gründen – wie für die Schonung von Phosphat beschrieben – sowie bedingt durch die geringere absolute entsorgte Menge eine deutlich geringere absolute Nettoentlastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Fettabscheiderinhalte sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.23.3 zusammengefasst.

Ausblick

Für Fettabscheiderinhalte wurde in der Vorläuferstudie die gleiche Optimierung untersucht wie für Speisereste. Eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.17 Altfette

Für die **Stoffstrombilanz 2012** kann für Altfett nach Aussagen von Entsorgern von der gleichen Menge ausgegangen werden wie im Jahr 2010. Wie in der Vorläuferstudie werden Altfette zu Fettmethylester (FME) aufbereitet, wodurch heizwertäquivalent fossiler Diesel zum Einsatz in Fahrzeugen ersetzt wird.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010, es ergibt sich die gleiche spezifische Nettoentlastung.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurden für die Altfettverwertung die Indikatoren NO_x- und Ammoniakemissionen betrachtet. Die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) korreliert mit der Klimagasbilanz und wurde nicht zusätzlich ausgewertet. Die NO_x-Emissionen weisen eine hohe spezifische Nettobelastung auf. Dies ist fast ausschließlich auf die deutlich höheren NO_x-Emissionen aus der Nutzungsphase zurückzuführen, die beim Einsatz von FME heizwertäquivalent um etwa das 4-fache höher liegen als beim Einsatz von fossilem Diesel. Auch bei Ammoniakemissionen ergibt sich eine spezifische Nettobelastung, da bei Einsatz von FME Ammoniakemissionen – wenn auch in relativ geringem Umfang – gegeben sind, während dies beim Einsatz von Diesel nicht der Fall ist.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Altfette sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.24 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen für Altfette wurden in der Vorläuferstudie nicht gesehen. Unter Einbeziehung der Umweltbilanz zeigt sich, dass die vergleichsweise sehr hohe spezifische Nettoentlastung in der Klimagasbilanz einer ebenfalls vergleichsweise sehr hohen spezifischen Belastung hinsichtlich der NO_x-Emissionen gegenüber steht.

4.18 Pferdemist

Die **Stoffstrombilanz 2012** wurde für Pferdemist aus dem Jahr 2010 unverändert übernommen. Von einer Neuerhebung des Aufkommens wurde abgesehen, da angenommen wird, dass die Aufkommensmengen keinen signifikanten jährlichen Schwankungen unterliegen. Für die aufwendige Neuerhebung wird ein Turnus von fünf Jahren empfohlen. Als Verbleib wurde für Pferdemist wie für 2010 eine durchschnittliche offene Kompostierung angenommen.

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010, es ergibt sich die gleiche spezifische Nettoentlastung.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** wurde für Pferdemist wie bei anderen kompostierten organischen Abfällen die Schonung der Ressource Phosphat, Ammoniakemissionen und Cadmumeintrag in Boden ausgewertet. Die Kenndaten entsprechen denen der Vorläuferstudie. Für den Phosphat- und Cadmiumgehalt im Kompost wurden vereinfacht die Werte für Bioabfallkompost angesetzt. Die spezifische Phosphatschonung liegt etwas geringer als bei Bioabfall – bedingt durch die etwas geringere spezifische Kompostausbeute. Für die Ammoniakemissionen ergibt sich aus der Kompostierung eine spezifische Nettobelastung, die nochmals niedriger liegt als bei Mähgut. Grund ist die höhere spezifische Gutschrift bei der Anwendung des Komposts aus Pferdemist, bedingt durch die höhere Kompostausbeute gegenüber Mähgut. Beim Cadmumeintrag in Boden ergibt sich eine Nettoentlastung.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Pferdemist sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.25 zusammengefasst.

Ausblick

Als Optimierung wurde in der Vorläuferstudie eine Vergärung von Pferdemist untersucht. Gegenüber der offenen Kompostierung dürfte es hierbei auch hinsichtlich der Ammoniakemissionen wie bei der Klimagasbilanz durch die kombinierte stoffliche und energetische Nutzung zu einer Verbesserung kommen. Eine weitere Betrachtung erfolgt in dieser Studie nicht.

4.19 Rechengut

Für die **Stoffstrombilanz 2012** wurden Aufkommen und Verbleib von Rechengut von den BWB mitgeteilt. Wie im Jahr 2010 wurde Rechengut auch im Jahr 2012 über die MBS ZAB Niederlehme behandelt. Die Kenndaten für Rechengut wurden aus der Vorläuferstudie übernommen.

Kurzsteckbrief Rechengut		Quelle
Aufkommen:	5.944 Mg	(BWB 2013)
Verbleib:	MBS ZAB Niederlehme	
Kenndaten	TS = 34% FS, oTS = 95,2% TS, C fossil = 6,2%	wie 2010

Die **Klimagasbilanz 2012** entspricht der Bilanzierung für das Jahr 2010, es ergibt sich die gleiche spezifische Nettoentlastung.

Hinsichtlich der **Umweltbilanz 2012** ergibt sich aus der Behandlung über die MBS keine Schonung von mineralischen Rohstoffen, da zum einen Rechengut keine nennenswerten Inertanteile enthält und zum anderen diese abgelagert werden, wodurch keine Substitution von Natursteinen erfolgt. Auf die Auswertung der fossilen Ressourcenschonung wurde verzichtet, da das spezifische Ergebnis mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz korreliert. Ausgewertet wurden wiederum NOx-Emissionen als relevanter Indikator hinsichtlich der

thermischen EBS Behandlung. EBS wird dabei zu 90% in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt und zu 10% in EBS-Kraftwerken. Wie mehrheitlich bei der EBS-Verbrennung der Fall, ergibt sich eine spezifische Nettobelastung. Quecksilberemissionen wurden nicht betrachtet, da für Rechengut kein Quecksilbergehalt angenommen wird.

Die Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für Rechengut sind in einem entsprechenden Steckbrief in Kapitel 3.26 zusammengefasst.

Ausblick

Optimierungen wurden in der Vorläuferstudie nicht gesehen, eine weitere Betrachtung in dieser Studie erfolgt nicht.

4.20 Zusammenführung der Ergebnisse für alle Abfallarten

Insgesamt wurde mit den 37 differenziert untersuchten Abfallarten für das Land Berlin im Jahr 2012 eine Abfallmenge von rund 7 Mio. Tonnen gesammelt und entsorgt (2010: 6,7 Mio. Mg). Den größten Anteil an dieser Abfallmenge haben die mineralischen Abfälle mit insgesamt etwa 4,3 Mio. Tonnen. Weitere mengenrelevante Abfallfraktionen mit einem Aufkommen > 300.000 Mg/a sind Haus- und Geschäftsmüll, gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle, die Summe der trockenen Wertstoffe PPK, LVP und Glas sowie Klärschlamm (Mischung aus ungefaultem Klärschlamm, gefaultem sowie gefaultem und getrocknetem Klärschlamm). Die Verteilung der Mengenströme zeigt Abbildung 4-14. Unter den weiteren nicht biogenen Wertstoffen sind Alttextilien, Altteppiche, Altmetalle, Altreifen und E-Schrott zusammengefasst, unter den „überwiegend kommunalen organischen Abfällen“ sind Organikabfälle aus Haushalten, Laub/Straßenlaub, Grasschnitt und Rechengut subsummiert. Die „nicht kommunalen organischen Abfälle“ umfassen Organikabfälle aus Gewerbe, Altfette und Pferdemit.

Stoffstrombilanz 2012

Die Abweichung zwischen Input- und Outputmenge ergibt sich vor allem aus den ermittelten Input-Output-Mengen für mineralische Abfälle der Brech- und Klassieranlagen.

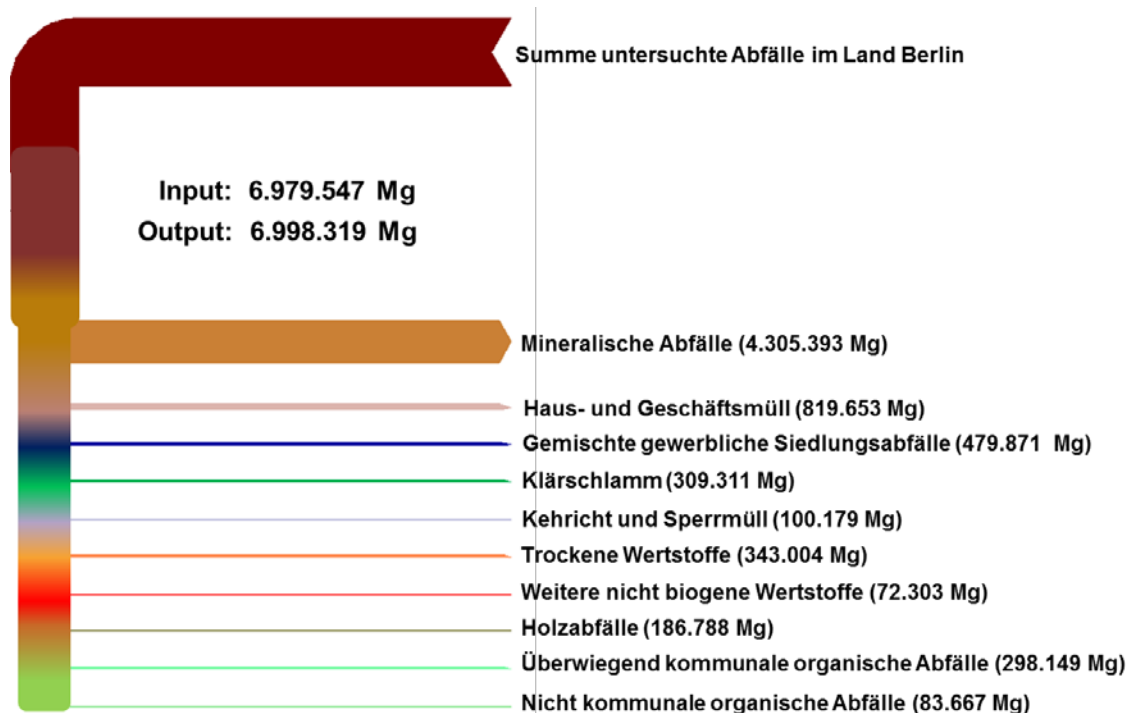


Abbildung 4-14 Sankeydiagramm Mengenströme 2012

In Abbildung 4-15 sind die entsorgten (verwerteten und beseitigten) Einzelmengen nach den Abfallarten dargestellt. Für Klärschlamm ist die ungefaulte und die gefaulte Menge getrennt ausgewiesen, aufgrund der unterschiedlichen Charakteristik.

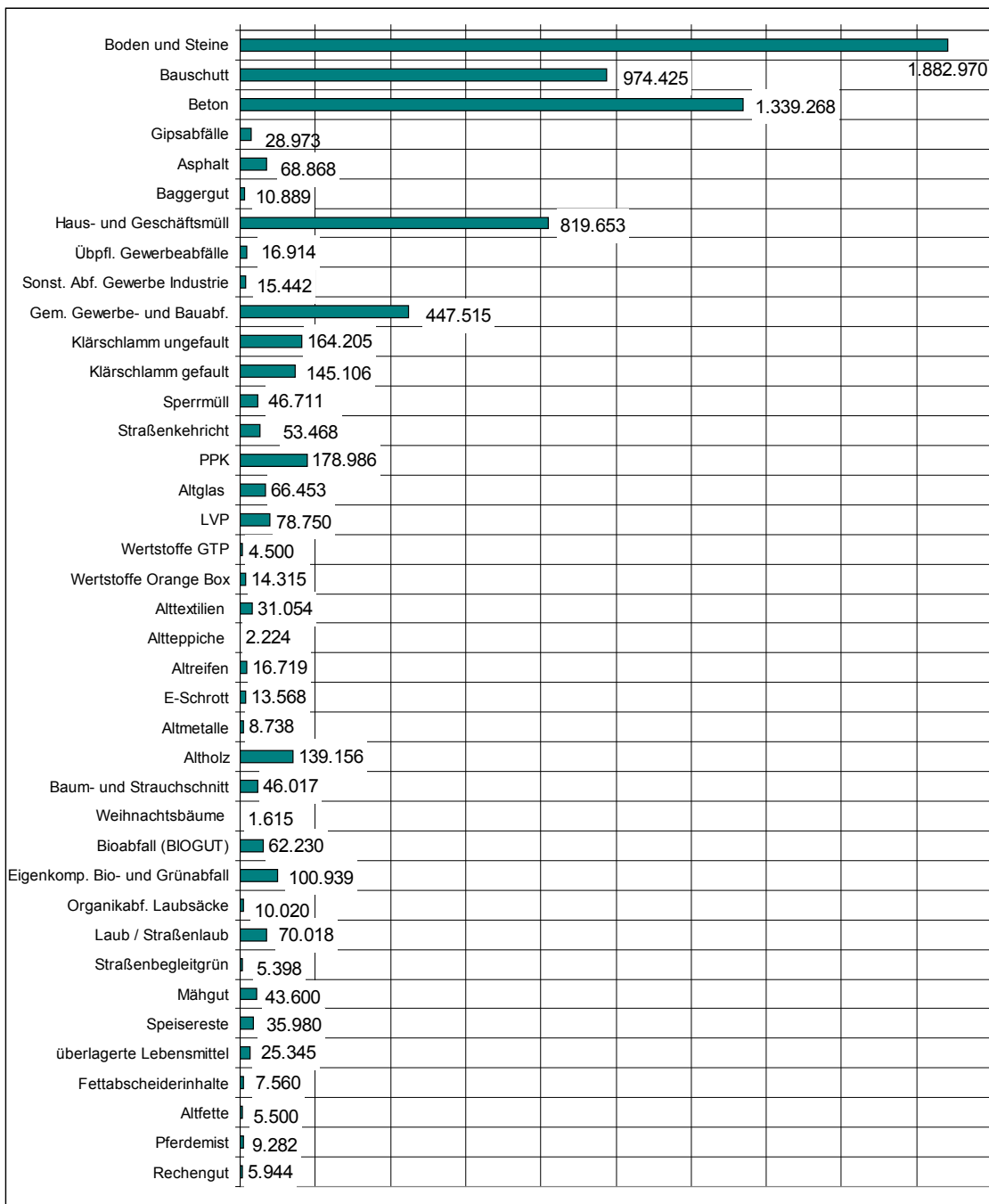


Abbildung 4-15 Entsorgte Mengen der Abfallarten 2012 (Mengenangabe in Tonnen)

Klimagasbilanz 2012

Tabelle 4-11 zeigt die Ergebnisübersicht der Stoffstrombilanz (entsorgte Menge und Verbleib) sowie die absoluten Nettoergebnisse der Klimagasbilanz für die untersuchten 37 Abfallarten. Insgesamt wurde im Land Berlin durch die Entsorgung von 6.998.319 Mg Abfällen eine Nettoentlastung in Höhe von -890.784 Mg CO₂-Äq erreicht. In der Tabelle farblich markiert sind diejenigen Abfallarten, bei denen es sich größtenteils bzw. vollständig

um kommunale Abfälle handelt (inkl. überlassungspflichtige Abfälle an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger im Land Berlin).

Tabelle 4-11 Ergebnisse Stoffstrom- und Klimagasbilanz 2012

Abfallart	Menge	Verbleib	Klimagasbilanz netto
	Mg/a		Mg CO₂-Äq/a
Boden und Steine	1.882.970	41% Deponie/Altablagerung, 33% Baumaßnahmen 26% Tagebau,	0
Bauschutt	974.425	71% Deponie/Altablagerung, 16% Tagebau, 13% Straßenbau	0
Beton	1.339.268	99% Straßenbau, 0,3% Deponie/Altablagerung, 0,2% Tagebau	0
Gipsabfälle	28.973	100% Deponie/Altablagerung	0
Asphalt	68.868	86% Asphaltmischwerk, 12% Deponie/Altablagerung, 3% Straßenbau	-767
Baggergut	10.889	97% Deponie/Altablagerung, 3% Tagebau	0
Haus- und Geschäftsmüll	819.653	55% MHKW, 37,6% MPS, 4% MA, 3,5% EBS-Kraftwerke	-225.153
Überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	16.914	60% MHKW, 28% MPS, 8% AAS, 3% EBS-Kraftwerke, 1% MA	-3.436
Sonstige überlassungspflichtige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	15.442	88% MHKW, 6% EBS-Kraftwerke, 2,5% MA, 1,7% AAS, 1,6% MPS	-720
Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Bau- und Abbruchabfälle	447.515	93,5% Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen, 6,5% MPS	-92.982
Klärschlamm (30% TS)	309.311 ¹⁾		
davon Rohschlamm (28,65% TS)	164.205 (TS: 47.043)	KSVA Ruhleben	+9.597
davon gefaulter und getrockneter Schlamm (25,3% und 94,6% TS)	145.106 (TS: 46.311)	Bezug TS: 18% KSVA, 54% Mitverbrennung Kraftwerke, 28% Trocknung, Mitverbrennung Kraft-, Zementwerke	-24.629
Sperrmüll	46.711	94% AAS, 6% Umschlag Veolia	-18.345
Straßenkehrriecht	53.468	100% gbav	+5.699
PPK	178.986	Verwertung Papierfabrik	-116.734
Altglas	66.453	Verwertung Glashütte	-30.091
LVP	78.750	Verwertung Fraktionen	-41.256
Wertstoffe in GTP	4.500	Verwertung Fraktionen	-2.256

Abfallart	Menge	Verbleib	Klimagasbilanz netto
	Mg/a		Mg CO ₂ -Äq/a
Wertstoffe in Orange Box	14.315	Verwertung Fraktionen	-8.240
Alttextilien	31.054	60% Wiederverwendung, 40% energetische Verw. Kohle-KW	-130.338
Altteppiche	2.224	energetische Verw. EBS-KW	+753
Altreifen	16.719	45% stoffliche Verwertung, 55% Zementwerk	-22.657
E-Schrott	13.568	Verwertung Fraktionen	-33.487
Altmetalle	8.738	Verwertung Metallhütten	-6.278
Getrennt gesammeltes Altholz	139.156	90% energ. Verw. Biomasse-HKW, 10% stoffliche Verwertung	-102.939
Baum-, Strauchschnitt	46.017	22% Kompostierung, 78% energetische Verw. Biomasse-HKW	-23.382
Weihnachtsbäume	1.615	energetische Verw. HKW Reuter	-1.784
Bioabfall (BIOGUT)	62.230	Offene Kompostierung	+290
Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle	100.939	Eigenkompostierung	+1.801
Organikabfälle in Laubsäcken	10.020	Offene Kompostierung	-149
Laub, Straßenlaub	70.018	Offene Kompostierung	-935
Straßenbegleitgrün	5.398	Offene Kompostierung	+240
Mähgut	43.600	Offene Kompostierung	+644
Speisereste	35.980	Vergärung	-2.907
Überlagerte Lebensmittel	25.345	Vergärung	-1.756
Fettabscheiderinhalte	7.560	Vergärung	-1.304
Altfette	5.500	Altfettmethylester-Biodiesel	-14.728
Pferdemist	9.282	Offene Kompostierung	-170
Rechengut	5.944	MBS ZAB	-2.388
Summe	6.998.319		-890.784

1) Summe der Frischmassen aus Rohschlamm (TS 28,65%), gefaultem Schlamm (TS im Mittel 25,3%) und getrocknetem Schlamm (TS im Mittel 94,6%)

In den Nettoergebnissen der Klimagasbilanz sind die Werte mit einem Pluszeichen versehen, bei denen die Entsorgung der Abfälle im Netto zu einer Belastung an Klimagasen führt. Insgesamt ist dies bei sieben Abfallarten der Fall.

Abbildung 4-16 zeigt die absoluten Nettoergebnisse der Klimagasbilanz in grafischer Form. Negative Zahlen weisen Nettoentlastungen aus, positive Zahlen Nettobelastungen.

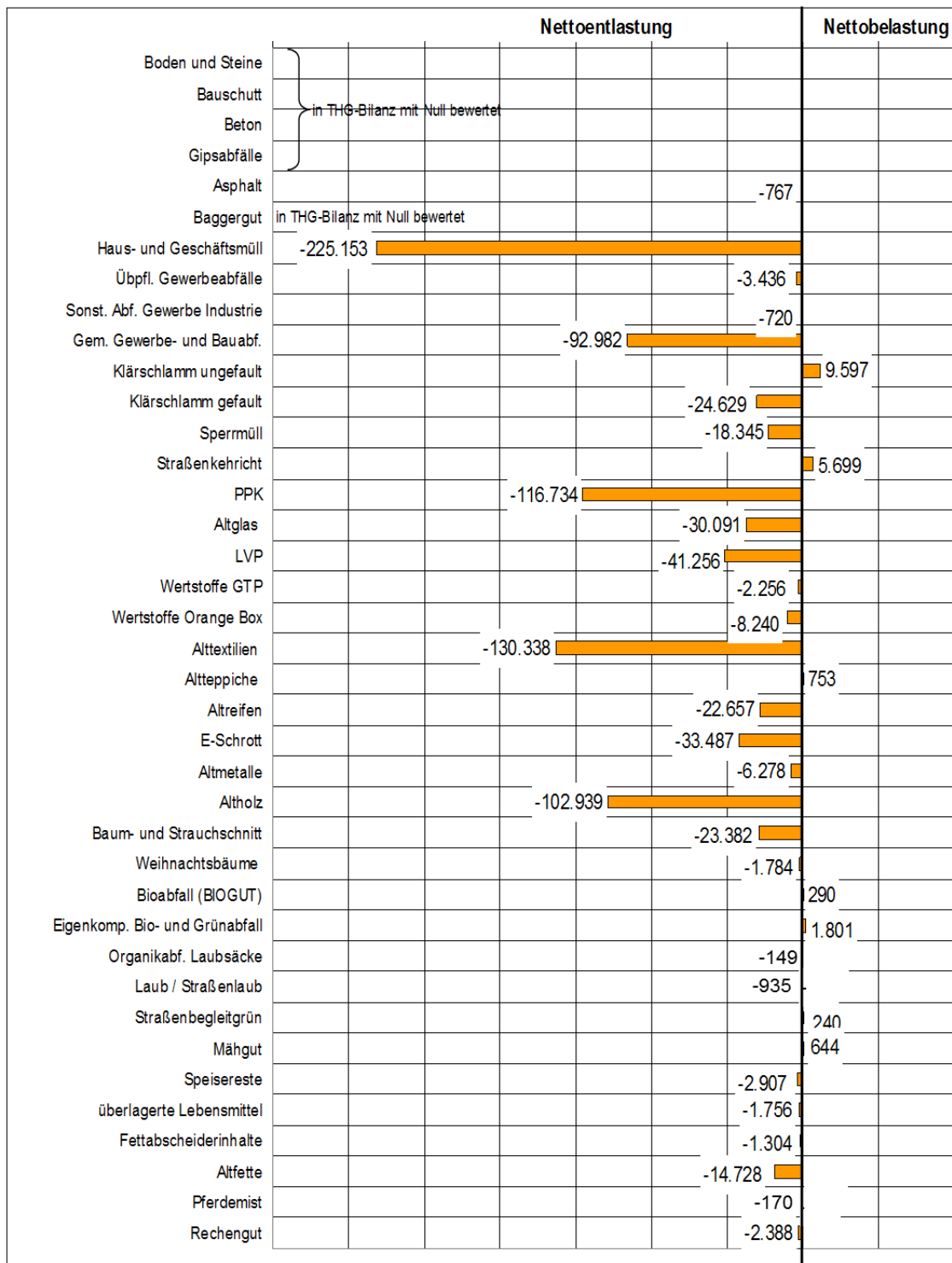


Abbildung 4-16 Absolute Nettoergebnisse der Klimagasbilanz 2012

Ein direkter Vergleich der absoluten Ergebnisse mit den Ergebnissen für 2010 ist nicht sinnvoll, da sich die entsorgte Menge geändert hat (u.a. höhere Menge mineralische Abfälle, die keinen Einfluss auf die Klimagasbilanz haben) (vgl. Kap. 1.3). Zur Einschätzung der Entwicklung kann das spezifische Ergebnis orientierend herangezogen werden:

	Vergleich spezifisches Ergebnis in kg CO ₂ -Äq/Mg		
	Belastung	Gutschrift	Netto
2010	121	-254	-134
2012	117	-244	-127

Es zeigt sich eine weitgehend unveränderte Entwicklung. Das spezifische Nettoergebnis der Jahre 2012 und 2010 fällt nahezu gleich aus. Gründe für die leichte Differenz liegen in einer Vielzahl an gegenläufigen Aspekten bei der Entsorgung der einzelnen Abfallarten. Diese sind im Einzelnen den jeweiligen Kapiteln zu den Abfallarten zu entnehmen.

Umweltbilanz 2012

Tabelle 4-12 zeigt die absoluten Ergebnisse für die Indikatoren zur **Ressourcenschonung**. Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) ist als Nettoergebnis angegeben. Für diesen Indikator wurde keine Summe gebildet, da der KEA fossil nicht bei allen Abfallarten ausgewertet wurde, sondern nur bei den Abfallarten, bei denen zu prüfen war, ob sich gegenüber der Klimagasbilanz ein gegenläufiges Ergebnis zeigt. Hinsichtlich der Schonung mineralischer Rohstoffe wurden rund 50% der mineralischen Abfälle (v.a. Beton, Boden und Steine) ressourcenschonend verwertet. Dennoch besteht ein hohes Optimierungspotenzial. Für die anderen untersuchten Rohstoff-Indikatoren (metallische und biogene) kann das Potenzial bzw. die Potenzialausschöpfung nicht ohne vertiefte Untersuchungen eingeschätzt werden.

Tabelle 4-12 Ergebnisse Ressourcenschonung 2012

Abfallart	Natursteine	Rohmetalle	Holz (lutro)	Phosphat	KEA fossil
	Mg/a	Mg/a	Mg/a	Mg/a	netto in TJ/a
Boden und Steine	621.414	-	-	-	-
Bauschutt	122.048	-	-	-	-
Beton	1.332.299	-	-	-	-
Gipsabfälle	0	-	-	-	-
Asphalt	58.540	-	-	-	-112
Baggergut	0	-	-	-	-
Haus- und Geschäftsmüll	0	18.415	-	-	-4.768
Überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	0	385	-	-	-159
Sonstige überlassungspflichtige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	0	284	-	-	-135
Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und	0	6.323	7.929 (für PPK)	-	-2.211

Abfallart	Natursteine	Rohmetalle	Holz (Iutro)	Phosphat	KEA fossil
	<i>Mg/a</i>	<i>Mg/a</i>	<i>Mg/a</i>	<i>Mg/a</i>	<i>netto in TJ/a</i>
Bau- und Abbruchabfälle					
Ungefaulter Klärschlamm	0	-	-	0	-137
Gefaulter und getrockneter Klärschlamm	0	-	-	0	-217
Spermmüll	0	1.656	0	-	-348
Straßenkehrricht	0	65	-	-	45
PPK	-	-	315.539	-	-
Altglas	77.473	-	-	-	-
LVP	-	8.800	9.973	-	-1.555
Wertstoffe in GTP	-	451	728	-	-84
Wertstoffe in Orange Box	-	1.669	1.226	-	-192
Alttextilien	-	-	-	-	-1.627
Altteppiche	-	-	-	-	-31
Altreifen	-	3.009	-	-	-593
E-Schrott	-	7.305	-	-	-
Altmetalle	-	6.816	-	-	-
Getrennt gesammeltes Altholz	-	-	14.521	-	-
Baum-, Strauchschnitt	-	-	0	-	-
Weihnachtsbäume	-	-	0	-	-
Bioabfall (BIOGUT)	-	90	-	67	-15
Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle	-	-	-	0	-
Organikabfälle in Laubsäcken	-	-	-	6	-
Laub, Straßenlaub	-	-	-	37	-
Straßenbegleitgrün	-	-	-	2	-
Mähgut	-	-	-	19	-
Speisereste	-	-	-	82	-
Überlagerte Lebensmittel	-	-	-	57	-
Fettabscheiderinhalte	-	-	-	9	-
Altfette	-	-	-	-	-
Pferdemist	-	-	-	8	-
Rechengut	0	-	-	-	-
Summe	2.211.774	55.267	349.915	288	-

Das Zeichen „-“ drückt aus, dass der betreffende Indikator für die Abfallart nicht relevant ist

Tabelle 4-13 zeigt die absoluten Nettoergebnisse für die **Luftschadstoffemissionen** (Quecksilber, NO_x, Ammoniak) sowie **Eintrag in Boden** (Cadmium). In der Summe über die untersuchten Abfallarten führt deren Entsorgung im Jahr 2012 hinsichtlich Quecksilber- und Ammoniakemissionen zu einer Nettobelastung und hinsichtlich NO_x-Emissionen und dem Cadmиеintrag in Boden zu Nettoentlastungen. Dies verdeutlicht, dass die Umweltbilanzierung immer für alle relevanten Umweltindikatoren erfolgen muss, um gegenläufige Ergebnisse erkennen zu können und basierend darauf Entscheidungen zu treffen und Maßnahmen umzusetzen.

Tabelle 4-13 Nettoergebnisse Luftemissionen und Cadmиеintrag in Boden 2012

Abfallart	Quecksilber (Luft)	NO _x (Luft)	Ammoniak (Luft)	Cadmиеintrag in Boden
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Boden und Steine	-	-	-	-
Bauschutt	-	-	-	-
Beton	-	-	-	-
Gipsabfälle	-	-	-	-
Asphalt	-	-	-	-
Baggergut	-	-	-	-
Haus- und Geschäftsmüll	21,47	78.867	-	-
Überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	0,38	-1.952	-	-
Sonstige überlassungspflichtige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	0,04	-3.195	-	-
Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Bau- und Abbruchabfälle	10,72	47.301	-	-
Ungefaulter Klärschlamm	1,62	11.000	-	-
Gefaulter und getr. Klärschlamm	5,25	33.928	-	-
Spermüll	0,24	1.103	-	-
Straßenkehrsicht	0,13	8.211	-	-
PPK	-	-	-	-
Altglas	-	-	-	-
LVP	4,12	-56.794	-	-
Wertstoffe in GTP	0,23	-2.988	-	-
Wertstoffe in Orange Box	0,79	-1.231	-	-
Alttextilien	-1,61	-190.056	-124.976	-
Altteppiche	-0,06	-1.280	-	-
Altreifen	0,84	-25.012	-	-
E-Schrott	-	-	-	-

Abfallart	Quecksilber (Luft)	NO _x (Luft)	Ammoniak (Luft)	Cadmiumeintrag in Boden
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Altmetalle	-	-	-	-
Getrennt gesammeltes Altholz	-	10.009	-	-
Baum-, Strauchschnitt	-	9.970	-	-
Weihnachtsbäume	-	83	-	-
Bioabfall (BIOGUT)	-	-	19.399	-1,8
Eigenkomp. Bio- und Grünabfälle	-	-	79.203	2,0
Organikabfälle in Laubsäcken	-	-	4.586	0,03
Laub, Straßenlaub	-	-	29.428	0,17
Straßenbegleitgrün	-	-	3.081	-0,06
Mähgut	-	-	12.615	-0,5
Speisereste	-	-	551	-2,8
Überlagerte Lebensmittel	-	-	626	-2,0
Fettabscheiderinhalte	-	-	165	-0,3
Altfette	-	47.651	168	-
Pferdemist	-	-	1.719	-0,5
Rechengut	-	1.106	-	-
Summe	44,15	-33.278	26.564	-5,8

Das Minuszeichen „-“ drückt aus, dass der betreffende Indikator für die Abfallart nicht relevant ist

Basierend auf der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung für 2012 wurden relevante Maßnahmen herausgegriffen, die hinsichtlich einer Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen vertieft untersucht wurden. Diese finden sich in Kapitel 5 beschrieben.

5 Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen bis 2020

Auf Basis der Ergebnisse der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung 2012 werden relevante Maßnahmen betrachtet, die hinsichtlich einer Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen untersucht werden. Teilweise werden dabei auch Aspekte, die in der Vorläuferstudie als relevant erkannt wurden, hier aufgegriffen. So beispielsweise die in der Vorläuferstudie untersuchte Maßnahme zur Optimierung der Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Bau- und Abbruchabfällen. Ein wesentlicher Aspekt der Vorläuferstudie war auch, dass die aus Klimaschutzsicht gegebene Vorteilhaftigkeit einer Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken kritisch zu sehen ist, so lange weitere Umweltaspekte, wie vor allem Luftschadstoffemissionen, nicht betrachtet werden. Dieser Aspekt wird hier in verschiedener Hinsicht aufgegriffen und untersucht. Unter anderem werden die Umlenkung von bislang mitverbrannten EBS aus den MPS-Anlagen hin zu einer Nutzung in einem energieeffizienten, emissionsarmen EBS-Heizkraftwerk sowie die Umlenkung von bislang mitverbrannten gefaulten Klärschlämmen hin zu einer emissionsoptimierten Monoverbrennung – wobei zudem die dadurch mögliche Rückgewinnung von Phosphat betrachtet wird – untersucht.

5.1 Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Für nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle wurde in der Vorläuferstudie ein relevantes Optimierungspotenzial für die Klimagasbilanz ermittelt (Potenzialanalyse 2020). Diese Optimierung wird hier für 2012 aktualisiert und es werden zusätzlich die wesentlichen Indikatoren der Umweltbilanz ausgewertet.

Für die Potenzialanalyse 2020 der Vorläuferstudie wurden folgende Maßnahmen angenommen:

- die Wertstoffausbeute von sortenreinen Wertstoffen wird auf 20% gesteigert,
- die verbleibenden Sortierfraktionen zur energetischen Verwertung gehen vollständig nach einer EBS-Aufbereitung zur Mitverbrennung ins Zementwerk Rüdersdorf und
- die mineralischen Sortierreste (191209), die nicht-mineralische Anteile mit hohen TOC-Werten aufweisen, werden über eine MBA behandelt.

Gegenüber dem Jahr 2010 stellt die Steigerung der Wertstoffausbeute auf 20% eine größere Herausforderung dar, da der aussortierte Anteil 2012 nur bei 8,2% gegenüber 12,4% in 2010 lag. Es gilt jedoch weiterhin, wie in der Vorläuferstudie beschrieben, dass durch geeignete technische Einrichtungen eine Steigerung der Wertstoffausbeute auf 20% erfolgen kann. Die entsprechenden Stoffgutmenngen werden wie in der Vorläuferstudie der Sortierfraktion 191212 entnommen, zudem wurde die Aufteilung auf die Abfallfraktionen, Kunststoffe, PPK, Metalle und Holz übernommen.

Für die Umweltbilanz wird zudem als Optimierung angenommen, dass im Jahr 2020 generell Zementwerke über Einrichtungen bzw. eine Betriebsweise verfügen, die mit einer deutlichen Minderung der anfallenden Quecksilberemissionen einhergehen. Dies ist nach

betreiberseitiger Mitteilung bereits heute beim Zementwerk Rüdersdorf der Fall, dort wird ein Transferfaktor im Bereich 0,15 bis 0,2 erreicht (vgl. Kap. 6.2). Für die Bilanzierung wird der Transferfaktor mit 0,2 angenommen und damit halb so hoch wie in der bilanzierten Ist-Situation 2012 (vgl. Kap. 2.1.3).

Klimagas- und Umweltbilanz

In Tabelle 5-1 ist das spezifische Ergebnis ausschließlich für die über Vorbehandlungsanlagen behandelte Menge aufgeführt. Die anteilige Behandlung über die MPS Reinickendorf bleibt von der untersuchten Optimierung weitgehend unberührt, da bis auf Metalle keine Wertstoffseparierung erfolgt. Allerdings wurde der optimierte Transferfaktor für Quecksilber auch für EBS aus der MPS-Anlage angesetzt. Entsprechend wird dieses Ergebnis hier auch gezeigt (Tabelle 5-2). Alle anderen Werte für die Behandlung über die MPS-Anlage sind gegenüber dem Ist-Zustand unverändert (vgl. Kap. 4.3.2) und werden hier nicht zusätzlich aufgeführt.

Für die über Vorbehandlungsanlagen behandelte Menge zeigt sich wie in der Vorläuferstudie, dass durch die Maßnahmen und die damit einhergehenden Substitutionspotenziale und resultierenden Gutschriften für Wertstoffe sowie für die heizwertäquivalente Substitution von Braunkohle, sich eine deutlich höhere Nettoentlastung ergibt. Gegenüber der Potenzialanalyse aus der Vorläuferstudie zeigt sich hier im spezifischen Ergebnis der Klimagasbilanz eine noch etwas höhere Nettoentlastung bedingt durch die etwas abweichende Verteilung der aussortierten Abfallfraktionen und auch bedingt durch die teils angepassten Emissionsfaktoren und Reinheitsgrade für Metalle. Analog zum Ergebnis für die Klimagasbilanz steigt auch die Nettoentlastung hinsichtlich der Inanspruchnahme fossiler Ressourcen.

Tabelle 5-1 Spezifisches Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 für die Verwertung über Vorbehandlungsanlagen – THG, KEA fossil und NOx

Optimierung 2020	Belastungen	Gutschrift	Netto
THG-Emissionen in kg CO ₂ -Äq/Mg	276	-703	-428
KEA fossil in MJ/Mg	911	-7.746	-6.836
NOx in g/Mg	541	-566	-25

Tabelle 5-2 Spezifisches Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 - Hg-Emissionen

in g/Mg	Belastungen	Gutschrift	Netto
Quecksilber			
MPS Reinickendorf	0,072	-0,007	0,064
Vorbehandlungsanlagen	0,021	-0,003	0,018

Bei den Luftschadstoffemissionen zeigt sich bei den NOx-Emissionen für die über Vorbehandlungsanlagen behandelte Menge im spezifischen Ergebnis eine Reduzierung der Belastung. Hier kommt, wie im Kapitel zu Haus- und Geschäftsmüll gezeigt, der Umstand

zum Tragen, dass bei der Mitverbrennung die NO_x-Emissionen aus der Abfallmitverbrennung heizwertäquivalent den NO_x-Emissionen aus der Verbrennung der Regelbrennstoffe in etwa gleich sind und sich im netto in etwa aufheben. Dagegen ist die konventionelle Energieerzeugung bedingt durch höhere Wirkungsgrade bei der Verbrennung von Regelbrennstoffen mit geringeren NO_x-Emissionen verbunden, da für die gleiche Menge Energie weniger Brennstoffe eingesetzt werden müssen. Daraus ist jedoch nicht zu folgern, dass die Mitverbrennung hinsichtlich NO_x-Emissionen gegenüber einer Monoverbrennung im Vorteil ist, wie das Ergebnis für Haus- und Geschäftsmüll bei Behandlung über das MHKW Ruhleben zeigt. Auch EBS-Kraftwerke erzielen ein analog gutes Ergebnis hinsichtlich NO_x-Emissionen durch eine weitergehende Abgasreinigung.

Für das spezifische Ergebnis der Quecksilberemissionen kommen hier überlagernde Effekte zum Tragen. Grundsätzlich würde sich durch die Umlenkung hin zur Mitverbrennung der EBS im Zementwerk statt der überwiegenden thermischen Behandlung in EBS-Kraftwerken eine Erhöhung der Belastung mit Quecksilberemissionen ergeben. Dies wird hier jedoch durch die Annahme überlagert, dass emissionsmindernde Maßnahmen bei der Mitverbrennung im Zementwerk den Hg-Transferfaktor halbieren. Im spezifischen Ergebnis kommt es dadurch bei der Behandlung über die MPS-Anlage zu einer Verbesserung (keine Veränderung für EBS-Verbleib angenommen), die spezifische Nettobelastung wird von 0,075 auf 0,064 g Hg/Mg Abfall reduziert (Tabelle 5-2). Bei der Behandlung über die Vorbehandlungsanlagen ist dies auch der Fall, allerdings in geringerem Ausmaß. Die spezifische Nettobelastung reduziert sich von 0,020 auf 0,018 g Hg/Mg Abfall.

Tabelle 5-3 Absolutes Ergebnis für die Optimierungsmaßnahmen 2020 im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

Indikatoren	2012	Optimierung 2020
THG-Emissionen in Mg CO₂-Äq		
Lasten	140.666	130.344
Gutschrift	-233.648	-324.655
Netto	-92.982	-194.312
KEA fossil in TJ		
Lasten	232	427
Gutschrift	-2.443	-3.527
Netto	-2.211	-3.100
NO_x in kg		
Lasten	268.819	253.275
Gutschrift	-221.518	-261.678
Netto	47.301	-8.403
Hg in kg		
Lasten	13,1	11,0
Gutschrift	-2,4	-1,6
Netto	10,7	9,5

Absolut ergeben sich die in Tabelle 5-3 gezeigten Unterschiede im Ergebnis durch die Optimierung der Verwertung von nicht überlassungspflichtigen Siedlungsabfällen und ge-

gemischten Bau- und Abbruchabfällen über Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen. Das absolute Ergebnis bezieht sich auf die gesamt im Jahr 2012 entsorgte Menge (inkl. über MPS-Anlage behandelte Menge). Im Gesamtbild ergeben sich durchgängig Verbesserungen hinsichtlich der Klimagas- und Umweltbilanz. Das Ergebnis zeigt, dass eine Umlenkung hin zur Mitverbrennung im Zementwerk auch hinsichtlich Quecksilberemissionen vorteilhaft sein kann, wenn entsprechende emissionsmindernde Maßnahmen ergriffen werden. Der ansonsten eintretende Effekt gegenläufiger Ergebnisse kann vermieden werden. Eine vertiefende Ausführung zu dieser Thematik erfolgt im Kapitel 6.

Als weitere Aspekte der hier untersuchten Optimierungsmaßnahme ergeben sich auch Verbesserungen hinsichtlich der Ressourcenschonung. Durch eine gesteigerte Aussortierung von Papier zur Verwertung von 1,1% auf 6% erhöht sich die Schonung von Holz deutlich. Es würden rund 36.000 Mg Holz (lutro) zusätzlich eingespart werden. Durch die gesteigerte Aussortierung von Metallen von 1,7% auf 3% würden zusätzlich 3.469 Mg an Rohmetallen substituiert.

5.2 Bioabfall aus Haushalten

Für Bioabfall aus Haushalten wurde in der Vorläuferstudie als ein Optimierungspotenzial für die Klimagasbilanz die damals noch im Bau befindliche Bioabfallvergärungsanlage (BGA) mit einer weitergehenden Minimierung der Klimagasemissionen aus der Gärrestbehandlung betrachtet (Potenzialanalyse 2020). Diese Optimierung wird hier für 2012 aktualisiert und es werden zusätzlich die wesentlichen Indikatoren der Umweltbilanz ausgewertet.

Für die Potenzialanalyse 2020 der Vorläuferstudie wurden folgende weitergehende Maßnahmen angenommen:

- die Lagerung des Gärprodukts flüssig kann gasdicht erfolgen mit Gasbehandlung über Schwachgasfackel und
- die Nachrotte des festen Gärrestes kann durch verbesserte Betriebsführung optimiert werden.

Klimagas- und Umweltbilanz

Für die Klimagasbilanz zeigt sich wie in der Vorläuferstudie, dass durch die Maßnahme Bioabfallvergärung statt Kompostierung sich das Ergebnis von einer knappen Nettobelastung in eine Nettoentlastung umkehrt, die durch die weitergehende optimierte Gärrestbehandlung nochmals deutlich höher ausfällt.

Im direkten Vergleich mit der Ist-Situation der offenen Kompostierung (Abbildung 5-1) sind die Be- und Entlastungen für die Störstoffabtrennung und deren Verbrennung in einer MVA in den beiden Varianten „2012“ und „BGA opt“ identisch. Die Sammlungs- und Transportaufwendungen fallen bei der Vergärung etwas geringer aus, da die Bioabfallvergärungsanlage ihren Standort in Berlin Ruhleben hat.

Die Emissionen aus dem Betrieb umfassen bei der Vergärung die Emissionen aus dem Strom- und Erdgasbedarf (Vergärung, Aufbereitung zu Biomethan, Transport im Erdgasnetz Komprimierung auf Tankstellendruck) sowie die direkten Methanemissionen (v.a. fest-flüssig-Trennung und Aerobisierung). Gegenüber den Klimagasemissionen aus dem

Kompostierungsbetrieb liegen sie fast doppelt so hoch. Dagegen liegen die Entlastungen für die Anwendung des Komposts bzw. kompostierten Gärrests (kGR) wieder ähnlich hoch, da bei gleichem Ausgangsmaterial eine ähnliche Stoffcharakteristik vorliegt. Der Vorteil der Vergärung, die überwiegende Entlastung, ergibt sich aus der zusätzlichen energetischen Nutzung des erzeugten Biomethans wodurch Dieselkraftstoff in Fahrzeugen ersetzt wird.

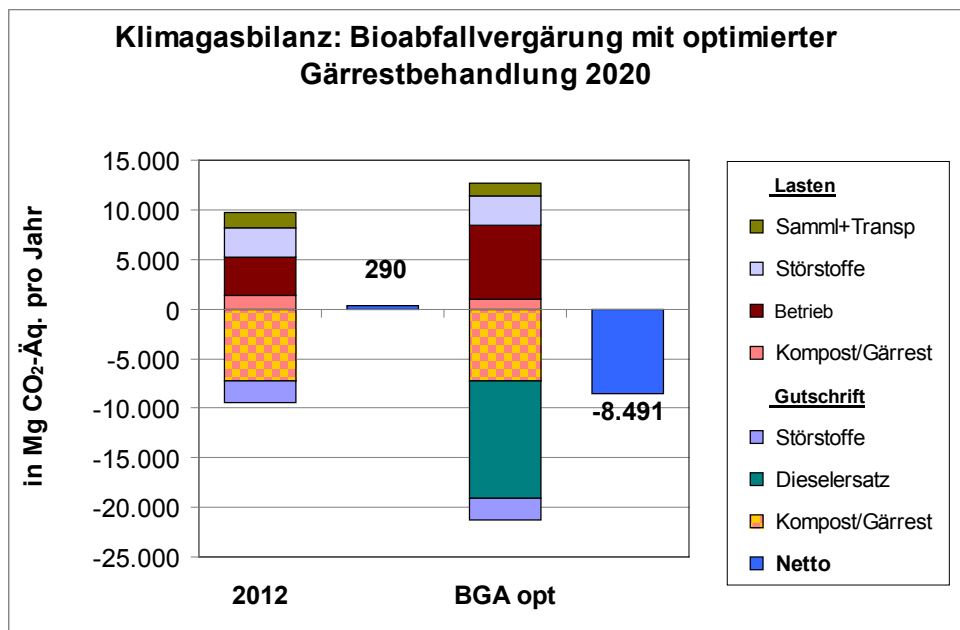


Abbildung 5-1 Ergebnis Klimagasbilanz Bioabfallvergärung mit weitergehender optimierter Gärrestbehandlung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

Hinsichtlich der Umweltbilanz wurden die Indikatoren fossile Ressourcenschonung (KEA fossil) und Ammoniakemissionen vergleichend gegenübergestellt (Tabelle 5-4). Das Ergebnis für den KEA fossil korreliert mit der Klimagasbilanz. Auch hier wird durch die Vergärung, bedingt durch die zusätzliche energetische Nutzung, eine deutlich höhere Nettoentlastung erreicht. Für die Ammoniakemissionen ergeben sich durch die Vergärung Nettoentlastungen. Wesentlich bedingt ist dies durch deutlich geringere direkte Emissionen aus der biologischen Behandlung, da durch das geschlossene System der Vergärung entsprechende Emissionen in deutlich geringerem Umfang freigesetzt werden. Verwendet wurden auch hier Emissionsfaktoren nach (gewitra 2009). Die Ammoniakemissionen der Lagerung wurden aufgrund des gasdichten Lagers mit Fackel mit Null angenommen. Für die Ammoniakemissionen aus der optimierten Nachrotte wurde wie für die Methan- und Lachgasemissionen davon ausgegangen, dass diese durch die optimierte Betriebsführung halbiert werden können. Die Gutschriften für die Vergärung fallen etwas höher aus als für die Kompostierung, bedingt durch etwas höhere gesamtanrechenbare Nährstoffanteile (v.a. N-Dünger), da auch der Flüssigdünger in der Landwirtschaft angewendet wird.

Im Gesamtbild ergibt sich für die kombinierte stoffliche und energetische Verwertung in der optimierten BGA eine deutliche Verbesserung gegenüber der Kompostierung.

Tabelle 5-4 Ergebnis KEA fossil und NH₃-Emissionen Bioabfallvergärung mit weitergehender optimierter Gärrestbehandlung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

Indikatoren	2012	BGA opt
KEA fossil in TJ		
Lasten	29	81
Gutschrift	-44	-185
Netto	-15	-104
NH₃ in kg		
Lasten	31.936	9.000
Gutschrift	-12.538	-15.264
Netto	19.399	-6.264

Ausblick

Die Vergärungsanlage der BSR ist seit 2013 im Probebetrieb und wird voraussichtlich Ende des Jahres an die BSR übergeben. Sowohl die Berechnungen in der Vorläuferstudie als auch die in dieser Studie durchgeführten Berechnungen basieren auf Planungswerten und Annahmen. Nach dieser Datenbasis wurde davon ausgegangen, dass auf der Anlage selbst nur Emissionen aus der Anlieferung, der Entwässerung und der Aerobisierung anfallen. Verwendet wurden die entsprechenden Emissionsfaktoren nach (gewitra 2009), die allerdings nur auf wenigen Messwerten basieren. Im Einzelfall können die Werte deutlich nach oben oder unten abweichen. Um hier eine bessere Aussagesicherheit zu erreichen, wird empfohlen, entsprechende Messungen an der Anlage in den genannten Bereichen vorzunehmen und mit den gewitra-Faktoren abzugleichen. Dies würde auch einen wichtigen wissenschaftlichen Beitrag leisten, da bislang kaum vergleichbare Anlagen mit einer Aerobisierung betrieben werden.

Für die weitergehenden Emissionen, die außerhalb der Anlage anfallen, aus der Lagerung und Nachrotte des flüssigen und festen Gärrestes, wurden für die Berechnungen als Ausgangsbasis ebenfalls die Emissionsfaktoren nach (gewitra 2009) verwendet. In der oben gezeigten optimierten Variante sind diese Emissionen durch Maßnahmen deutlich gemindert. Allerdings gilt auch hier, dass die gewitra-Faktoren für die Lagerung von flüssigem Gärrest aufgrund des geringen Messumfangs ggf. die Situation für Berlin nicht repräsentativ abbilden. Die gewitra-Faktoren für Methan für diesen Bereich bedingen über 50% der gesamten Methanemissionen und haben damit einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis. Hier wird empfohlen entsprechende Messungen am Flüssiggärrestlager vorzunehmen. Sollten die Emissionen deutlich niedriger liegen, erübrigt sich ggf. die oben beschriebene Optimierungsmaßnahme zur externen gasdichten Lagerung mit Fackel. Ähnliches gilt für die Nachrotte. Diese ist nach (gewitra 2009) ebenfalls noch mit vergleichsweise hohen Klimagasemissionen verbunden. Für die Situation in Berlin erwartet die BSR allerdings, dass der aerobisierte feste Gärrest nur noch ein geringfügiges Methanbildungspotenzial aufweist. Auch hier wird empfohlen, entsprechende Messungen zum Restgasbildungspotenzial durchzuführen.

Entsprechende Messungen bieten sich im Rahmen der für die Biogasanlage der BSR nach einem Betriebsjahr geplanten Evaluierung an. Insgesamt sind mindestens folgende repräsentative Messungen zu empfehlen:

- Methan- und Lachgasemissionen der Entwässerung
- Methan-, Lachgas-, Ammoniakemissionen der Aerobisierung
- Methan-, Lachgas-, Ammoniakemissionen vor und nach Biofilter
- Restgaspotenzial des flüssigen Gärproduktes
- Restgaspotenzial des festen Gärproduktes

Für die geplante Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 wären Messdaten zur Qualität der erzeugten Gärreste hilfreich. Die Gärreste bestimmen über ihren Nährstoff- und Organikgehalt über das Entlastungspotenzial für die Bilanzierung, was insbesondere hinsichtlich Ammoniakemissionen von wesentlicher Bedeutung ist. In der vorliegenden Berechnung mussten hier Modellrechnungen vorgenommen werden.

5.3 Trockene Wertstoffe aus Haushalten

Als Optimierungsszenarien wurden in der Vorläuferstudie verschiedene Szenarien mit einer gesteigerten Getrennterfassung von Wertstoffen betrachtet. Als Beispiel wird hier die gesteigerte getrennte Erfassung von trockenen Wertstoffen für 2012 aktualisiert. Die Mengen einer gesteigerten getrennten Erfassung werden aus der Vorläuferstudie übernommen, da das Aufkommen an Haus- und Geschäftsmüll im Jahr 2012 nur wenig niedriger lag als im Jahr 2010. Aus der Potenzialanalyse der Vorläuferstudie zeigte sich, dass durch die Einführung einer einheitlichen Wertstofftonne und die Einführung von Müllschleusen bzw. Abfallmanagement in Großwohnanlagen und teils in Blockbebauung eine Menge von 69.394 Mg Wertstoffe künftig aus dem Restmüll zusätzlich entnommen, getrennt erfasst und verwertet werden kann.

Im Optimierungsszenario wird sowohl diese Menge als auch die bereits im Jahr 2012 getrennt erfasste Menge an LVP und stoffgleichen Nichtverpackungen (StNVP) für die Erfassung in einer einheitlichen Wertstofftonne betrachtet. Abbildung 5-2 zeigt schematisch die Umlenkung und Zusammenführung der Wertstofffraktionen. Ebenfalls dargestellt ist die sich ergebende Veränderung des Haus- und Geschäftsmülls durch die Entnahme der Wertstoffe, die in der Bilanzierung berücksichtigt werden muss. Wie in der Vorläuferstudie wurden die in der Orange Box gesammelten Mengen nicht betrachtet, auch wenn diese im Jahr 2012 deutlich höher ausfielen als im Jahr 2010. Es gilt aber weiterhin, dass in der Orange Box hohe Anteile an Holz, E-Schrott und Mineralien erfasst wurden (gesamt 33%), für deren Betrachtung eine aufwendige Systemraumerweiterung (Bilanzrahmen) erforderlich werden würde. Der Anteil der in der Orange Box getrennt erfassten Wertstoffe Papier, Kunststoffe und Metalle ist dagegen mit knapp 13% sehr gering, den Hauptanteil bilden EBS.

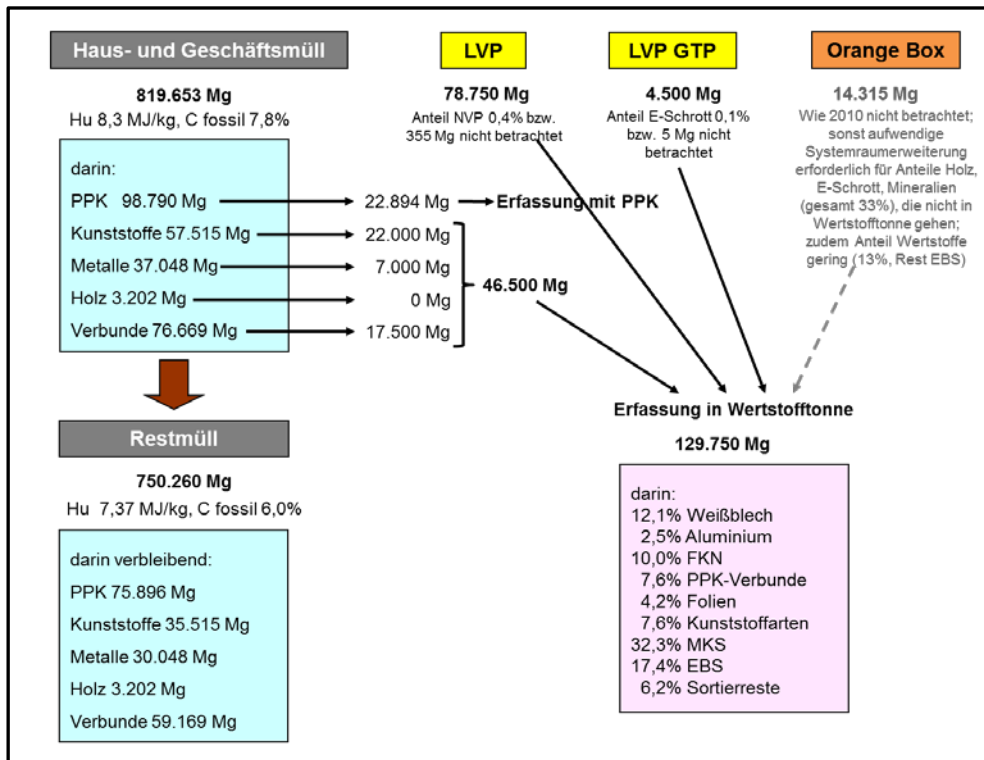


Abbildung 5-2 Schematische Darstellung Entnahme trockener Wertstoffe aus Haus- und Geschäftsmüll

Klimagas- und Umweltbilanz

Für die Klimagasbilanz zeigt sich wie in der Vorläuferstudie, dass durch die Maßnahme eine höhere Nettoentlastung erzielt wird (Abbildung 5-3). Die Steigerung der Entlastung fällt dabei insgesamt etwas höher aus als in der Vorläuferstudie. Grund ist das etwas ungünstigere Abschneiden im Basisjahr 2012 gegenüber dem Basisjahr der Vorläuferstudie 2010 bei der Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll, bedingt durch die etwas geringere spezifische Nettoentlastung.

Bedingt ist die zusätzliche Nettoentlastung etwa gleichermaßen durch insgesamt geringere Belastungen und höhere Gutschriften im Optimierungsszenario. Bezogen auf die einzelnen Abfallfraktionen steigen die Belastungen für die Verwertung der Wertstoffe aufgrund der zunehmenden Menge, während die Gutschriften überproportional ansteigen. Für Haus- und Geschäftsmüll sinken umgekehrt die Belastungen mit sinkender Menge und durch den geringeren fossilen Kohlenstoffgehalt, während die Gutschriften ebenfalls wegen geringerer Menge und geringerem Heizwert sinken.

Für die Umweltbilanz folgt das Ergebnis hinsichtlich der Schonung fossiler Rohstoffe (KEA fossil) dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Die Ausbeute und Verwertung an Rohmetallen steigt im Optimierungsszenario um 13%, da mehr Metalle mit höherem Reinheitsgrad getrennt erfasst werden. Die Schonung mineralischer Rohstoffe bleibt von der Maßnahme unberührt.

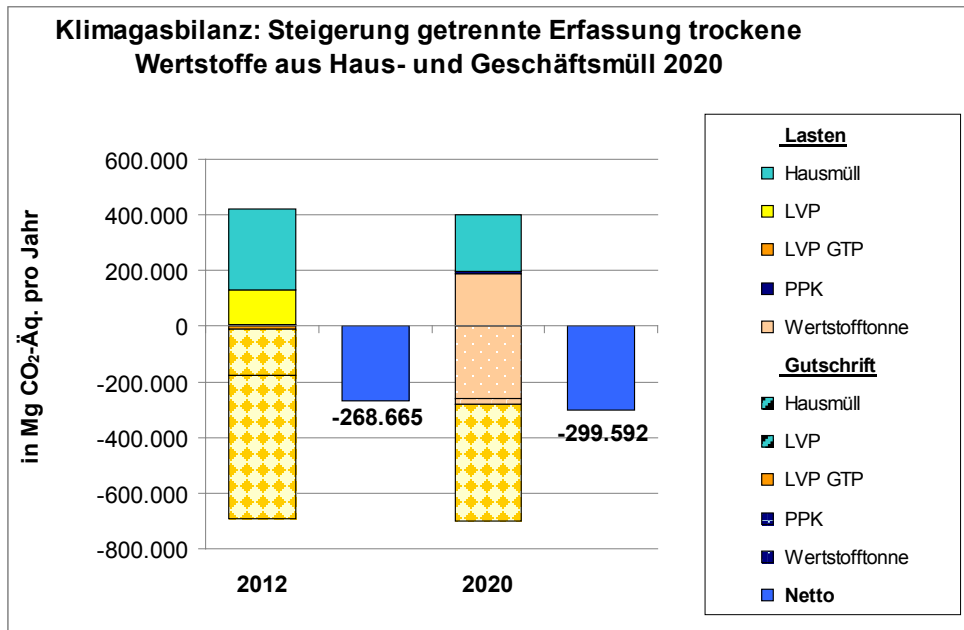


Abbildung 5-3 Ergebnis Klimagasbilanz 2020 gegenüber Ist-Situation 2012

Die Veränderung von NO_x-Emissionen kann für die Maßnahme nicht vollständig ausgewertet werden, da für PPK NO_x-Emissionen nicht erhoben wurden (nicht relevant, vgl. Kap. 4.7.1). In der Tendenz zeigt sich aber durch die gesteigerte getrennte Erfassung auch hinsichtlich der NO_x-Emissionen eine Verbesserung, da durch die anteilig höhere stoffliche Verwertung höhere Vermeidungseffekte erzielt werden (siehe Ergebnisse für trockene Wertstoffe in Kapitel 4.7).

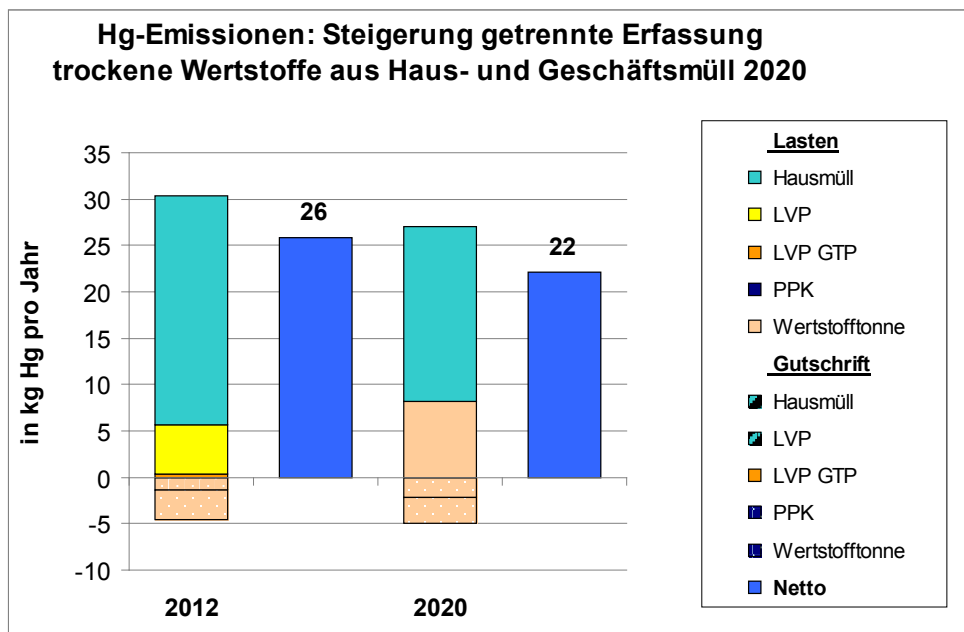


Abbildung 5-4 Ergebnis Quecksilberemissionen 2020 gegenüber Ist-Situation 2012

Für Quecksilberemissionen wurde zwar ebenfalls keine Erhebung für die PPK-Verwertung vorgenommen, hier kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese weder mit nennenswerten Be- noch Entlastungen hinsichtlich Hg-Emissionen verbunden ist. Sie werden hier mit Null angenommen. Damit ergibt sich für Quecksilberemissionen das in Abbildung 5-4 gezeigte absolute Ergebnis für den Szenarienvergleich. Auch hier zeigt sich eine Verbesserung durch die gesteigerte getrennte Erfassung gegenüber der Ist-Situation. Die höhere anteilige stoffliche Verwertung ist – wie bei NO_x-Emissionen – mit geringeren Belastungen verbunden als eine überwiegende thermische Behandlung.

Ausblick

Die hier vorgenommene Aktualisierung bestätigt die Vorteilhaftigkeit der Steigerung der getrennten Erfassung und Verwertung von trockenen Wertstoffen durch Entnahme aus dem Haus- und Geschäftsmüll. Es gilt wie in der Vorläuferstudie beschrieben, dass hierfür für die Praxis sicherzustellen wäre, dass die Sortierung der Wertstoffe nach dem Stand der Technik erfolgt, die thermische Behandlung des verbleibenden Restmülls ohne zusätzliche Stützfeuerung möglich ist und sich keine Nachteile für die Behandlung des Restmülls in den MPS-Anlagen ergeben (z.B. durch höheren Wassergehalt, Verschlechterung der Sortiereigenschaften).

5.4 Klärschlamm

5.4.1 Gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm

Gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm wird, wie in Kapitel 4.4.2 beschrieben, v.a. in Kraftwerken und im Zementwerk mitverbrannt. Die Mitverbrennung ist aus Klimaschutzsicht in der Regel vorteilhaft, weil hierdurch heizwertäquivalent Kohle ersetzt werden kann. Allerdings ist die Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken gegenüber der thermischen Behandlung in Monoverbrennungsanlagen üblicherweise mit höheren Luftschadstofffrachten verbunden. Zudem entgeht durch die Mitverbrennung die Möglichkeit Phosphat aus der Asche rückzugewinnen, dies ist nur bei einer Monoverbrennung möglich bzw. sinnvoll.

In diesem Kapitel wird untersucht wie sich die Klimagas- und Umweltbilanz darstellt, wenn gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm statt zur Mitverbrennung in einem neu zu errichtenden modernen Heizkraftwerk (Monoverbrennung) mit effizienter Energieauskopplung sowie entsprechend moderner Abluftreinigung (17. BImSchV-Bedingungen) eingesetzt würde.

Nach derzeitigem Stand der Technik kommt als Verfahren für eine Klärschlammverbrennung nur eine Wirbelschichtfeuerung (WSF) in Frage⁶. In den hier betrachteten Szenarien wird von einer Klärschlamm-Monoverbrennung in einer neu zu errichtenden Anlage ausgegangen. Für eine solche Neuanlage ist es sinnvoll, sie als KWK-Anlage zu betreiben. Voraussetzung dafür ist ein Standort mit entsprechendem Wärmebedarf. Zudem sollte eine solche Anlage, um Klärschlamm als Sekundärrohstoff für das Land Berlin zu nutzen, möglichst in Berlin errichtet werden. Ein entsprechender Standort lässt sich nicht ohne

⁶ Eine Rostfeuerung ist nicht geeignet; Alternative zur WSF wäre die für die Sonderabfallverbrennung erprobte Drehrohrtechnik, die allerdings mit hohen Kosten und hohen betrieblichen Aufwendungen verbunden ist.

vertiefte Analyse ermitteln. Für die Bilanzierung wurde deswegen vereinfacht der Standort Ruhleben angenommen, obwohl an diesem Standort derzeit keine Wärmesenke gegeben ist.

Die ökonomische Betrachtung für die im Weiteren beschriebenen Szenarien findet sich in Kapitel 8.

Für die konzeptionellen Rahmenbedingungen der Szenarien wurden wertvolle Informationen von Vattenfall auf Basis deren Erfahrungswerte als Betreiber der Klärschlammverbrennungsanlage VERA Hamburg zur Verfügung gestellt.

Danach sollte der einzusetzende Klärschlamm, damit er ohne eine Zufeuerung mit Erdgas oder Heizöl verbrannt werden kann, bestimmten Anforderungen genügen. Eine autonome Verbrennung des Klärschlammes kann in Abhängigkeit der Kessellast und der Klärschlammqualität bei einem unteren Heizwert über 4 MJ/kg ohne vorherige Trocknung stattfinden. Zudem weisen Erfahrungen bei Vattenfall darauf hin, dass der TS-Gehalt des eingesetzten Klärschlammes bei einer Monoverbrennung zwischen 40-42% liegen sollte.

Für den in Berlin im Jahr 2012 anfallenden gefaulten und getrockneten gefaulten Klärschlamm wurden die entsprechenden Kenndaten ermittelt. Für eine Monoverbrennung werden ausschließlich die bislang in Kraft- und Zementwerken mitverbrannten Mengen betrachtet. Die in der KSWA Ruhleben eingesetzte Menge an gefaultem Klärschlamm (8.294 Mg TS) wird für die konzeptionelle Betrachtung nicht einbezogen. Für diese Menge wird in den Szenarien unverändert die energetische Nutzung in der KSWA Ruhleben beibehalten.

Tabelle 5-5 zeigt die Kenndaten für den bislang mitverbrannten gefaulten und getrockneten gefaulten Klärschlamm. Es zeigt sich, dass in Summe der Heizwert von 4 MJ/kg nicht erreicht wird. Auch der TS-Gehalt des Gemischs liegt nur bei 33,8%.

Tabelle 5-5 Ermittelte Kenndaten für bislang mitverbrannten Klärschlamm

	TS-Menge in Mg/a	FS-Menge in Mg/a	Heizwert in MJ/kg
Gefaulteter Klärschlamm Kraftwerk A	8.964	35.367	1,73
Gefaulteter Klärschlamm Kraftwerk B	16.055	63.345	1,73
Getrockneter Klärschlamm Zementwerk A	9.351	9.885	13,1
Getrockneter Klärschlamm verschiedene Kraftwerke	3.647	3.855	13,1
Summe	38.017	112.452	3,12

Um eine autonome Verbrennung des Klärschlammes – d.h. einen unteren Heizwert von mindestens 4 MJ/kg und einen TS-Gehalt von mindestens 40% – zu erreichen, werden die folgenden beiden Szenarien untersucht:

Szenario 1: der Anteil an nicht getrocknetem, gefaultem Klärschlamm wird reduziert

Szenario 2: ein Teil des nicht getrockneten gefaulten Klärschlammes wird zusätzlich getrocknet

Zur Erreichung der erforderlichen Kenndaten im Szenario 1 muss der Anteil an nur gefaultem Klärschlamm um 12.000 Mg TS reduziert werden. Für diese Menge wird in der Bilanzierung angesetzt, dass sie weiterhin im Kraftwerk B mitverbrannt wird. Für die verbleibende zu betrachtende Menge berechnet sich der TS-Gehalt dann zu 40%. Die Massen und Heizwerte für dieses Szenario zeigt Tabelle 5-6.

Tabelle 5-6 Kenndaten für Szenario 1

	TS-Menge in Mg/a	FS-Menge in Mg/a	Heizwert in MJ/kg
Gefaulter Klärschlamm Kraftwerk A	8.964	35.367	1,73
Gefaulter Klärschlamm Kraftwerk B	4.055	15.999	1,73
Getrockneter Klärschlamm Zementwerk A	9.351	9.885	13,1
Getrockneter Klärschlamm verschiedene Kraftwerke	3.647	3.855	13,1
Summe	26.017	65.106	4,13

Zur Erreichung der erforderlichen Kenndaten im Szenario 2 muss zusätzlich eine Menge von 6.000 Mg TS gefaulter Klärschlamm (23.673 Mg FS) getrocknet werden, damit für die gesamte bislang mitverbrannte Menge ein TS-Gehalt von 40% erreicht wird. Die Massen und Heizwerte für dieses Szenario zeigt Tabelle 5-7.

Tabelle 5-7 Kenndaten für Szenario 2

	TS-Menge in Mg/a	FS-Menge in Mg/a	Heizwert in MJ/kg
Gefaulter Klärschlamm Kraftwerk A	8.964	35.367	1,73
Gefaulter Klärschlamm Kraftwerk B	10.055	39.672	1,73
Zusätzlich getrockneter Klärschlamm	6.000	6.342	13,1
Getrockneter Klärschlamm Zementwerk A	9.351	9.885	13,1
Getrockneter Klärschlamm verschiedene Kraftwerke	3.647	3.855	13,1
Summe	38.017	95.122	4,13

Im Szenario 1 – bei dem keine zusätzliche Klärschlamm-trocknung erforderlich ist – kann eine neu zu errichtende Anlage sämtliche aus der Klärschlammverbrennung erzeugte Energie zur externen Nutzung abgeben. Grundsätzlich ist es wie erwähnt sinnvoll eine neu zu errichtende Anlage an einem Standort zu positionieren an dem sie in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden kann, wozu eine entsprechende Wärmesenke vorhanden sein muss. Um aufzuzeigen, wie sich die Situation darstellt, wenn dies nicht möglich ist, wird neben dem KWK-Betrieb (Fall A) im Szenario 1 auch der Fall einer reinen Stromerzeugung (Fall B) untersucht.

Die zur Bilanzierung erforderlichen Informationen über erzielbare Wirkungsgrade einer solchen neu zu errichtenden Anlage wurden auf Basis entsprechender Informationen von Vattenfall (Wärmekreislaufrechnungen) für 2012 berechnet. Im Szenario 1 ergibt sich auf Basis des Heizwerts (4,13 MJ/kg), dem Jahresdurchsatz von 65.106 Mg FS und 7.800

Jahresbetriebsstunden die Feuerungswärmeleistung zu rd. 9,7 MW. Der elektrische Eigenbedarf der Anlage wurde mit 1 MWel angegeben. In Anlehnung an das von Vattenfall übermittelte Wärmekreislaufschema ergeben sich daraus folgende Nettowirkungsgrade, die für die Bilanzierung des Szenario 1 verwendet wurden:

- Fall A: Nettostromwirkungsgrad = 7,8%
 Wärmenutzungsgrad = 56,8% (extern nutzbar)
- Fall B: Nettostromwirkungsgrad = 14,7%

Im Szenario 2 wird für die zusätzliche Klärschlamm-trocknung Energie benötigt. Hierzu ist es zielführend, dass die für die Trocknung der zusätzlichen Menge Klärschlamm notwendige Energie aus der Anlage zur Verbrennung des Klärschlamm bzw. durch Auskoppelung von Wärme aus dem Turbinenprozess gewonnen wird. In Abgrenzung zum Szenario 1 wird im Szenario 2 der Fall angenommen, dass keine vollständige Wärmeauskoppelung erfolgt, sondern Wärme nur in dem Umfang ausgekoppelt wird in dem sie zur Klärschlamm-trocknung benötigt wird. Abbildung 5-5 zeigt das für diesen Fall von Vattenfall übermittelte Wärmekreislaufschema.

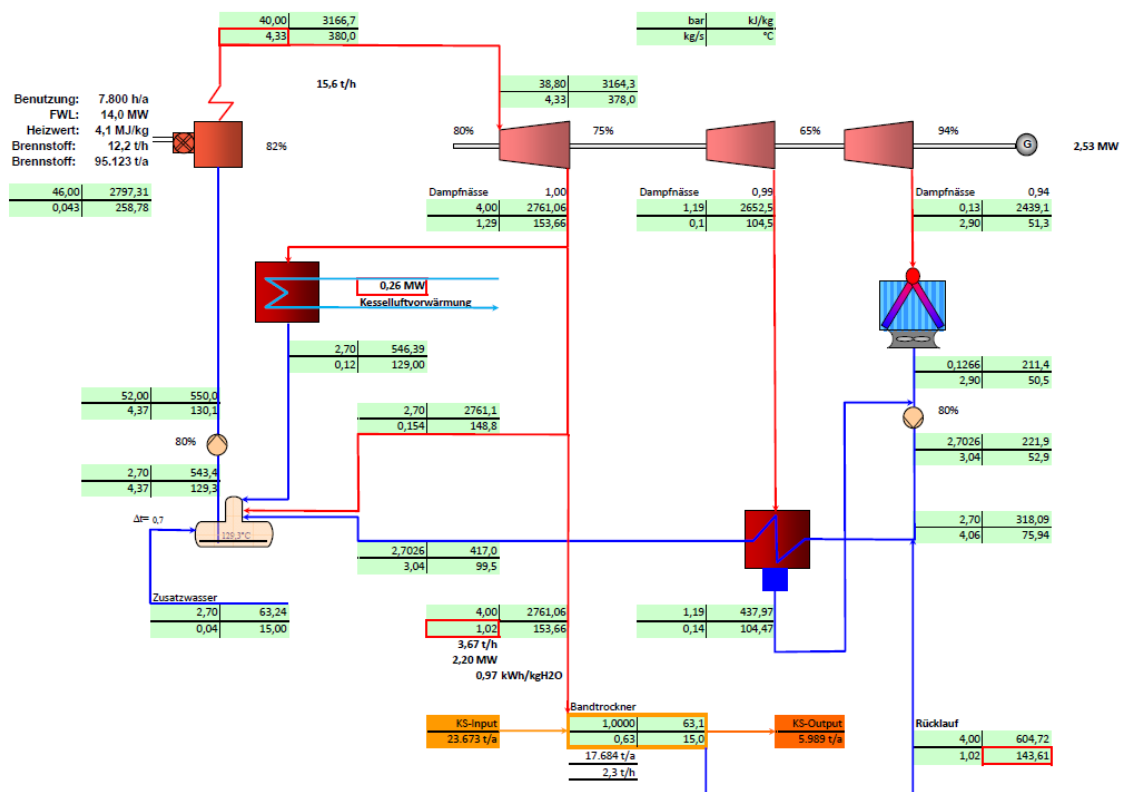


Abbildung 5-5 Kreislaufschema mit Auskoppelung von Wärme zur Trocknung von Klärschlamm (Quelle: Vattenfall 2013)

Danach ist für die zusätzliche Trocknung der 23.673 Mg FS mit einem TS-Gehalt von 25,3% eine Wärmeauskoppelung von 2,2 MWth erforderlich. Die verbleibende elektrische Bruttoleistung ergibt sich zu 2,53 MWel. Der elektrische Eigenbedarf wird weiterhin mit 1 MWel angenommen (s.o.). Damit ergeben sich mit der für Szenario 2 ermittelten Feuer-

nungswärmeleistung (FWL) von 14,0 MW folgende Nettowirkungsgrade, die für die Bilanzierung zugrunde gelegt werden:

- Nettostromwirkungsgrad: $(2,53-1)/14 = 11\%$
- Wärmenutzungsgrad: $2,2/14 = 15,7\%$ (für Klärschlamm-trocknung)

Neben den Massenströmen und der Energieerzeugung sind für die Betrachtung einer Monoverbrennung anstelle einer Mitverbrennung des Weiteren die jeweils gegebenen Luftschadstoffemissionen – Quecksilber, NO_x und N₂O – sowie die Möglichkeit der Phosphatrückgewinnung in den Szenarien 1 und 2 zu berücksichtigen. Insbesondere die N₂O-Emissionen stellen eine besondere Herausforderung dar, da die Monoverbrennung in einer Wirbelschichtfeuerung erfolgt.

N₂O-Problematik Wirbelschichtfeuerung

Bereits in der Vorläuferstudie (IFEU/ICU 2012) wurde detailliert auf die Problematik von N₂O-Emissionen aus der Klärschlammverbrennung in einer Wirbelschichtfeuerung eingegangen (Klärschlammverbrennung in der KSVa). N₂O-Emissionen entstehen temperaturabhängig anteilig bei der Oxidation stickstoffhaltiger Brennstoffe. Bei hohen Feuerraumtemperaturen > 1000°C, wie sie in Prozessen der Mitverbrennung vorliegen, ist die Bildungsrate von N₂O sehr gering. Bei der Monoverbrennung in Wirbelschichtfeuerung überwiegen dagegen Feuerraumtemperaturen unter 900°C. Für die Verbrennung in der KSVa wurde in (IFEU/ICU 2012) anhand von im Jahr 1996 gemessenen Abgaswerten (bei 870°C) für die Verbrennung von gefaultem Klärschlamm eine Emissionsfracht von 1,42 kg N₂O/Mg TS ermittelt (entspricht einem Konzentrationswert von 130 mg/m³). Für die Mitverbrennung wurde nach (KZWB 2011) dagegen mit einem Wert von 0,1 kg N₂O/Mg TS gerechnet. Ohne weitere technische Maßnahmen müssten die beiden Szenarien 1 und 2 mit diesen Emissionswerten bewertet werden.

In der Vorläuferstudie wurde in der Potenzialanalyse davon ausgegangen, dass eine Erhöhung der Feuerraumtemperatur auf rd. 950°C in der Wirbelschichtfeuerung möglich ist und es wurde auf Basis vorliegender Messwerte angenommen, dass dadurch die Abgaskonzentration von 150 mg/Nm³ (für Rohschlamm) auf 25 mg N₂O/Nm³ sinkt.

Im Fachaustausch mit Vattenfall wurde hierbei deutlich, dass eine entsprechende Erhöhung der Feuerraumtemperatur (unabhängig von der Betttemperatur) unter anderem möglich ist, wenn der TS-Gehalt des eingesetzten Klärschlammes bei 40% liegt. Für die Verbrennung in der KSVa Berlin ist damit rückblickend festzuhalten, dass aufgrund des geringeren TS-Gehaltes im Klärschlammgemisch (vgl. Kap. 4.4.1) weitergehende Maßnahmen erforderlich wären. Für die hier betrachteten Szenarien wären die Randbedingungen jedoch theoretisch gegeben.

Die Erkenntnisse von Vattenfall, die für dieses Projekt zur Verfügung gestellt wurden, basieren auf um die Jahrhundertwende durchgeführten Untersuchungen an der Klärschlammverbrennungsanlage VERA in Hamburg. Untersucht wurden das Verhalten einer stationären Wirbelschicht beim Verbrennen von Klärschlamm sowie die Auswirkungen betriebstechnischer Optimierungen auf die Emissionen bei der Verbrennung von Klärschlamm (Mineur, Roschek, o.J.), (Mineur, Letzel, o.J.).

Die Ergebnisse zeigen, dass für einen ungestörten Verbrennungsprozess die Betttemperatur möglichst nicht über 840°C ansteigen sollte. Zum einen steigen ab dieser Temperatur die NO_x-Emissionen an (120-140 mg/Nm³ ohne selektive nicht-katalytische Reduktion, SNCR), zum anderen kam es verstärkt zu Verklumpungen von Asche im Bett, die im ungünstigen Fall zu der Bildung großer Brocken führte und das Wirbelbett zusammenbrach, so dass die Anlage abgefahren und von Hand ausgeräumt werden musste.

Nach Einschätzung der Experten von Vattenfall erscheint eine stabile Fahrweise bei Betttemperaturen zwischen 820° und 845°C zwar regelungstechnisch schwierig aber zumindest grundsätzlich möglich. Nach den Untersuchungsergebnissen an der VERA Hamburg stellt sich dabei eine Freiraumtemperatur von etwa 935°C ein. Für diesen Bereich wurden N₂O-Konzentrationen in Höhe von etwa 60 mg/m³ gemessen. Entscheidend hierfür ist eine möglichst homogene Brennstoffzufuhr bei einem möglichst gleichbleibenden optimalen Feuchtegehalt im Brenngut. Nach (Mineur, Roschek, o.J.) konnte das Problem zu sehr ansteigender Betttemperaturen durch veränderte Fahrweise und Einbau einer Wassereindüsung behoben werden.

Die Homogenität des Brennstoffs kann über die Form der Trocknung optimiert werden. Bei der Bandtrocknung wird ein homogener Brennstoff mit fester, nicht verklebender Oberfläche (fließfähiges Schüttgut) und guten Verteileigenschaften in der Wirbelschicht erreicht.

Die ermittelte Abhängigkeit der NO_x- und N₂O-Emissionen von der Freiraum- und der Betttemperatur zeigt Abbildung 5-6. Wie zuvor beschrieben, ergeben sich bei einer Freiraumtemperatur von 935°C und einer Betttemperatur zwischen 820 und 845°C ohne SNCR NO_x-Emissionen in Höhe von etwa 140 mg/m³, während die N₂O-Emissionen bei etwa 60 mg/m³ liegen. Der N₂O-Wert wird als Rechenwert für die Bilanzierung verwendet. Ausgehend von einem Abgasvolumen von 10.500 m³/Mg TS Klärschlamm berechnet sich daraus für N₂O die verbrennungstechnisch optimierte Emissionsfracht zu 0,63 kg N₂O/Mg TS und damit zu einer um 60% reduzierten Fracht gegenüber der Klärschlammverbrennung in der KSVa Ruhleben.

Für die ohne SNCR bei diesen Temperaturverhältnissen gemessene NO_x-Konzentration ist rechtlich keine weitere Reduzierung nötig. Die 140 mg/m³ halten den neuen 17. BImSchV Grenzwert von 150 mg/m³ ein. Dennoch wird hier die weitergehende Optimierung durch Einsatz der SNCR einbezogen, auch wenn sich nach den Untersuchungen an der VERA Hamburg nur ein vergleichsweise geringer Einfluss der SNCR zeigte. Danach sanken die NO_x-Emissionen bei hohen Freiraumtemperaturen von 915-935°C bei voller SNCR-Menge von ca. 110 mg/m³ auf 80 mg/m³ ab. Für die Bilanzierung wird davon ausgegangen, dass der Reingaswert von 80 mg/m³ erreicht werden kann, die dafür erforderliche Einsatzmenge an Ammoniaklösung wurde zu 1,4 kg/Mg TS abgeschätzt.

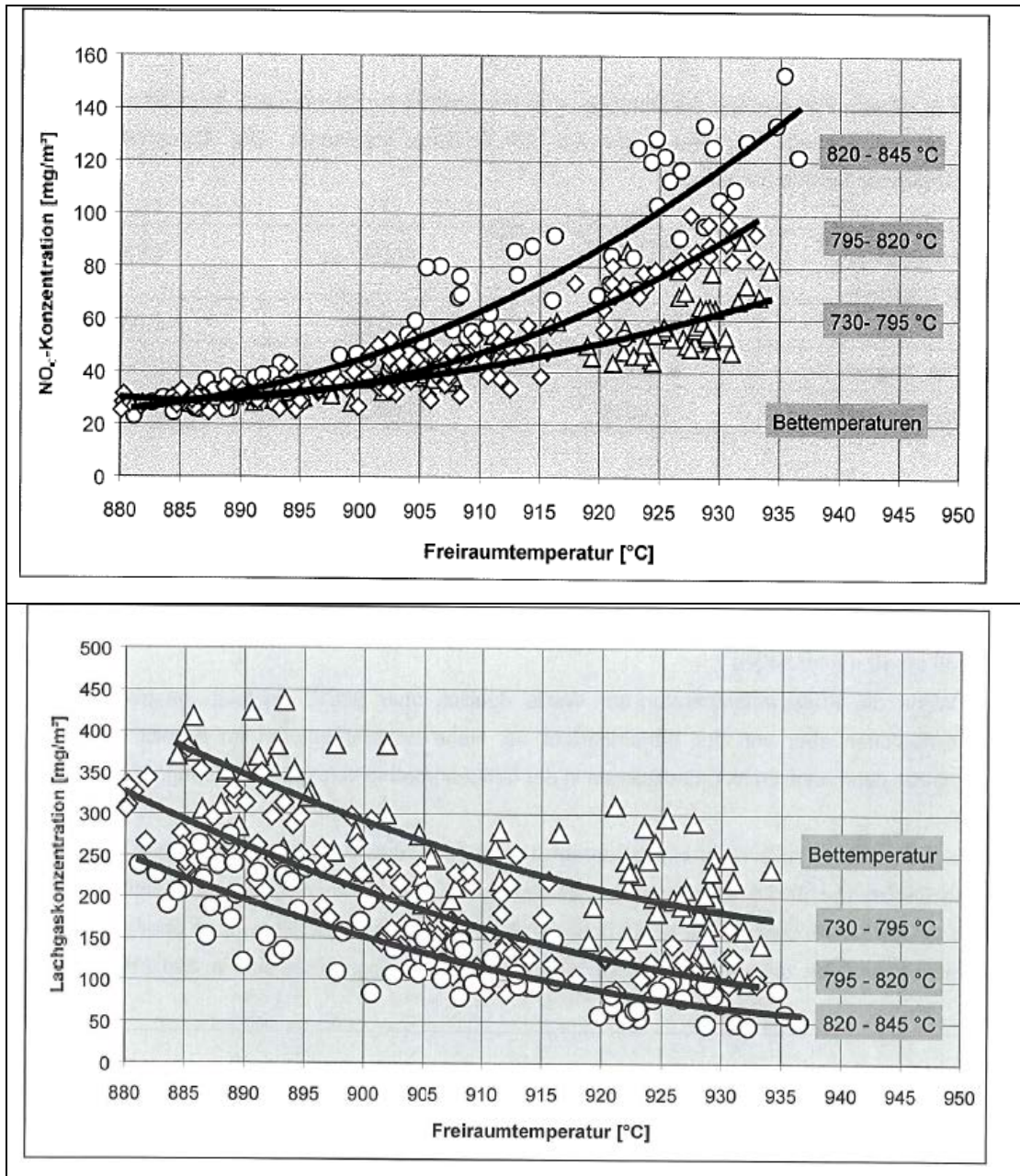


Abbildung 5-6 NO_x- und N₂O-Emissionen in Abhängigkeit von Freiraum- und Betttemperatur (Mineur, Letzel, o.J.)

Verfahren zur Phosphatrückgewinnung

In Tabelle 5-8 sind im labor- oder halbertechnischen Maßstab erprobte Verfahren zur Phosphatrückgewinnung nach Angriffspunkt in der Abwasserreinigung und Verfahrensart untergliedert dargestellt. Nasschemische Verfahren gewinnen Phosphat aus dem Schlammwasser durch Adsorption und Fällung, aus dem Klärschlamm ebenso durch Adsorption und Fällung oder über hintereinandergeschaltete Säurebehandlungs- und Laugungsprozesse und aus der Asche ebenfalls über hintereinandergeschaltete Säurebehandlungs- und Laugungsprozesse. Die Rückgewinnung aus Klärschlamm und aus der

Asche kann auch mit thermischen Verfahren erfolgen. Die in der Tabelle grün markierten Verfahren wurden in (Pinnekamp et al. 2011) auch unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten untersucht.

Tabelle 5-8 Phosphatrückgewinnungsverfahren aus Abwasser, Klärschlamm und Klärschlammverbrennungasche

Abwasser	Klärschlamm		Klärschlamm-asche	
	Nasschemisch	Thermochemisch	Nasschemisch	Thermochemisch
MAP-Fällung	MAP-Fällung	Mephrec	BioCon	Mephrec
DHV-Crystalactor	Seaborne	ATZ-Verfahren	Sephos	ATZ-Verfahren
Phostrip	Aqua-Reci		PASCH	Ash-Dec/ SUSAN-Verf.
P-RoC	Peco		Sesal-Phos	Thermphos*
PRISA	Phosnix			
Rephos	KREPRO			
RIM NUT	CAMBI			
PHOSIEDI	PHOXNAN			
	Fix-Phos			

*am 21.11.2012 für insolvent erklärt

In den hier untersuchten Szenarien wird die Rückgewinnung von Phosphat aus der Asche nach der Klärschlammmonoverbrennung betrachtet. Moderne Verfahren weisen hohe Phosphat-Rückgewinnungsraten von bis zu 95% bezogen auf den Asche-Input und etwa 82% bezogen auf den Klärschlamm-Input auf.

Die Verfahren zur Phosphatrückgewinnung aus der Asche unterscheiden sich in nasschemische und thermochemische. In Deutschland bereits in Demo-Anlagen getestet sind die thermochemischen Verfahren Ash-Dec und Mephrec. Für diese beiden Verfahren sind großtechnische Anlagen in Planung⁷. Die nasschemischen Verfahren PASCH und Sesal-Phos wurden bislang im größeren Labormaßstab erprobt. Beide Verfahren wurden wie erwähnt in (Pinnekamp et al. 2011) ökonomisch und ökologisch untersucht wobei sich im Ergebnis eine tendenzielle Vorteilhaftigkeit für das PASCH-Verfahren ergab. Die drei Verfahren Ash Dec, Mephrec und PASCH werden nachfolgend kurz skizziert.

Bei Ash-Dec wird die Asche mit Säure und chlorhaltigen Verbindungen versetzt und dann bei 950°C gebrannt, wodurch die Schwermetalle chloriert in der Gasphase vorliegen und das gebrannte Produkt zum Düngemittel aufbereitet werden kann.

Mephrec bedient sich einer Einschmelzung der Aschebestandteile bei 2.000°C in einem Kupolofen, wobei die Phosphatfraktion bei 1.450°C getrennt von den Metallen abgestochen werden kann und nach Erstarrung im Wasserbad in einer gut pflanzenverfügbaren Form vorliegt. Das Mephrec-Verfahren ist eigentlich auf den Einsatz von brikettiertem Klärschlamm ausgelegt (metallurgische Klärschlamm-schmelze), welcher

⁷ Mephrec in Nürnberg, Ash Dec in Königs Wusterhausen (Quelle: „Übersicht der Umsetzung von Verfahren in Europa – Erfahrungen aus P-Rex – Dr. C. Remy“, Präsentation zur Tagung „Phosphorrückgewinnung“ des BMU und UBA am 09.10.2013)

vergast wird, so dass die im Klärschlamm enthaltene Energie durch das Verfahren direkt erschlossen wird. Klärschlamm-Asche kann jedoch ebenfalls mitbehandelt werden.

Beim PASCH-Verfahren wird das Phosphat in der Klärschlamm-Asche zunächst mit Salzsäure und Wasser aufgeschlossen, die Lauge dann über eine Extraktion gereinigt und daraus unter Zugabe von Calciumcarbonat das Phosphat-Produkt als Calciumhydrogenphosphat gefällt. Durch den Einsatz von Salzsäure ergeben sich für das PASCH-Verfahren zu beachtende Quecksilberbelastungen, da die Herstellung von Salzsäure bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse nach dem Amalgam-Verfahren mit luftseitigen Quecksilberemissionen verbunden ist. Eine weitere Besonderheit beim PASCH-Verfahren ist die Freisetzung von mineralischem CO_2 durch den Einsatz des Calciumcarbonats.

Im Rahmen dieser Studie wird zur Bilanzierung der Phosphatrückgewinnung das PASCH-Verfahren zugrunde gelegt. Dies begründet sich vor allem darauf, dass dem IFEU für dieses Verfahren durch die Beteiligung am Projekt Phobe (Pinnekamp et al. 2011) und durch Veröffentlichungen (ISA 2010) belastbare Daten vorliegen, was für die thermochemischen Verfahren nicht gegeben ist. Eine ausführliche Recherche und Befragung zur Erlangung entsprechender Grundlagendaten war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich.

Das mit dem PASCH-Verfahren rückgewinnbare Phosphat entspricht dem im Klärschlamm gebundenen Phosphat unter Anrechnung einer Rückgewinnungsrate von 95%. Bei gegebenem oTS-Gehalt von 65% bleiben nach der Monoverbrennung 35% der Trockensubstanz als Asche zurück. Das im Produkt des PASCH-Verfahrens enthaltene Phosphat wird als Substitut für eine entsprechende Menge herkömmlichen Phosphat-Mineraldüngers angerechnet.

Klimagas- und Umweltbilanz

Für die Klimagasbilanz wurden die zuvor abgeleiteten Daten wie Heizwert des Klärschlammgemischs, energetische Wirkungsgrade, N_2O -Emissionen und Einsatz von Betriebsmitteln (Ammoniaklösung für SNCR) zugrunde gelegt.

Als erstes wird der Fall betrachtet, in welchem ursprünglich mitverbrannter gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm in einem solchen Mengenverhältnis zur Monoverbrennung eingesetzt wird, dass ein TS-Gehalt von 40% resultiert und keine Zusatzfeuerung erforderlich ist (Szenario 1). In diesem Fall wird ein Teil des gefaulten mitverbrannten Klärschlammes weiterhin wie bisher im Kraftwerk B mitverbrannt.

Für den Fall, dass eine neu zu errichtende Klärschlammverbrennungsanlage (KVA) in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden kann (Szenario 1A), resultiert für das darüber behandelte Klärschlammgemisch aus gefaultem und getrocknetem gefaulten Klärschlamm mit der Phosphatrückgewinnung eine leichte Nettobelastung (Abbildung 5-7). Die spezifischen Ergebnisse für die Mitverbrennung im Kraftwerk B sind gegenüber dem Ist-Stand unverändert (vgl. Kap. 4.4.2). Dies gilt ebenfalls für die Behandlung von gefaultem Klärschlamm in der KSVa Ruhleben. Die Lasten aufgrund von Lachgasemissionen in der Wirbelschichtfeuerung fallen mit der neuen KVA im Vergleich zur KSVa Ruhleben aufgrund der Reduktionsmaßnahmen deutlich geringer aus (Teilbelastung im dargestellten Sektor „Betrieb“).

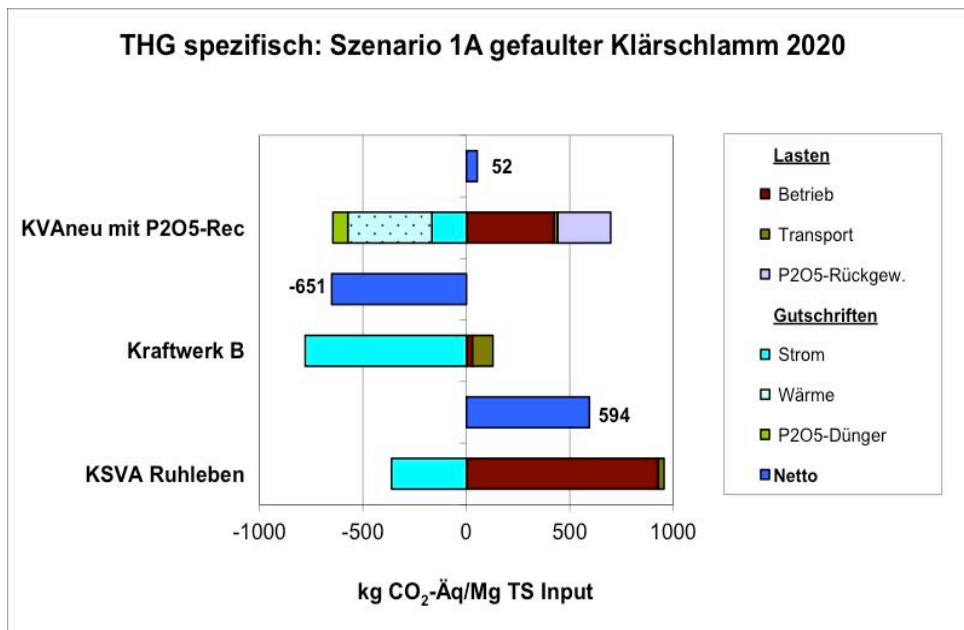


Abbildung 5-7 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 1A (vollständiger KWK-Betrieb der neuen KVA)

Für den Fall, dass in der neu zu errichtenden KVA ausschließlich eine Stromerzeugung erfolgt (Szenario 1B), zeigen die spezifischen Ergebnisse für den Klärschlamm, der in der neuen KVA behandelt wird, geringere Gutschriften als im KWK-Betrieb (Abbildung 5-8), so dass sich die leichte Nettobelastung verstärkt, jedoch weiterhin unterhalb der Nettobelastung der Verbrennung in der KSWA Ruhleben liegt.

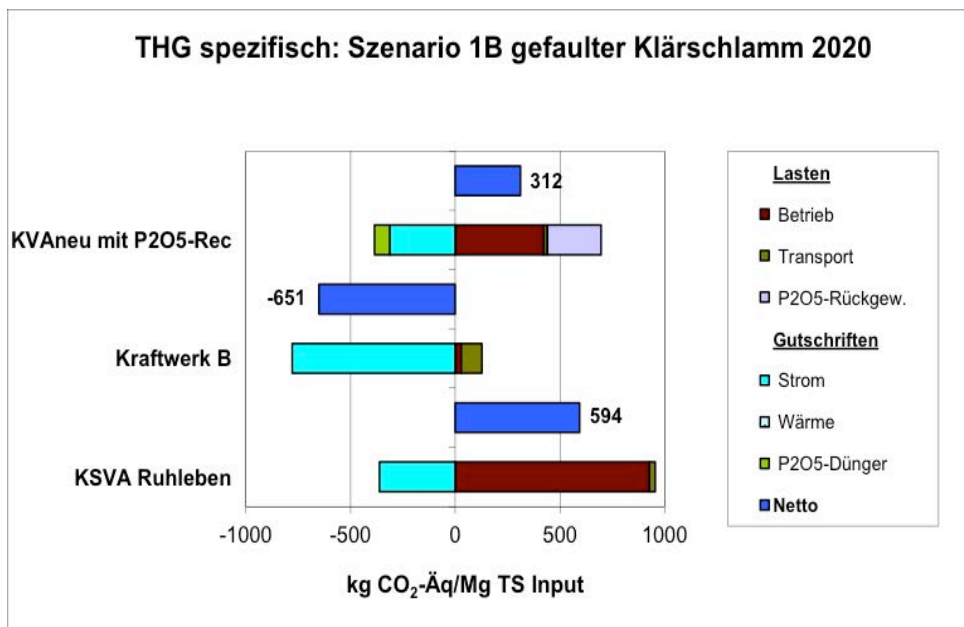


Abbildung 5-8 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 1B (reine Stromerzeugung in der neuen KVA)

Im Szenario 2 wird die gesamte bislang mitverbrannte Klärschlammmenge in einer neu zu errichtenden KVA eingesetzt, wobei der TS-Gehalt von 40% durch eine zusätzliche

Teiltrocknung des gefaulten Klärschlamm erreicht wird, wofür ein Teil der in der KVA erzeugten Energie genutzt wird. Im Grundsatz entspricht diese Variante dem Beispiel der reinen Stromerzeugung, allerdings mit gegenüber Szenario 1B vermindertem Nettostromwirkungsgrad bedingt durch die Teilnutzung der erzeugten Energie zur zusätzlichen Klärschlamm-trocknung. Es zeigt sich im spezifischen Nettoergebnis für Szenario 2 gegenüber Szenario 1B eine leichte Verschlechterung (Szenario 2, Abbildung 5-9).

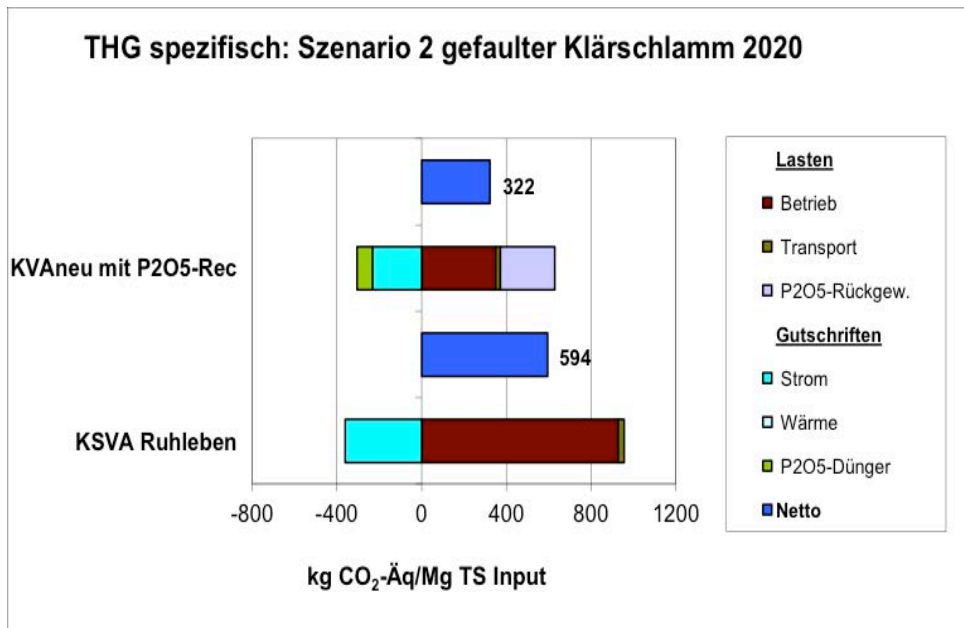


Abbildung 5-9 Spezifisches Ergebnis Klimagasbilanz Szenario 2 (KWK-Betrieb zur weiteren Trocknung eines Klärschlammteils)

Die Belastungen aus der Verbrennung und aus der Phosphatrückgewinnung sowie die Gutschrift für substituierten, aus Rohphosphat erzeugten Mineraldünger unterscheiden sich im spezifischen Ergebnis für die drei untersuchten Varianten nicht. Die Belastungen aus der Trocknung des eingesetzten getrockneten gefaulten Klärschlamm verteilen sich hingegen im spezifischen Ergebnis auf die in den Szenarien 1 und 2 jeweils unterschiedlichen gesamt in der neuen KVA behandelten Mengen.

Die Gegenüberstellung der absoluten Ergebnisse für die Ist-Situation und die drei untersuchten Varianten zeigt Abbildung 5-10. Der derzeitigen Behandlungspraxis des Klärschlamm mit einer jährlichen Nettoentlastung von -24.629 Mg CO₂-Äq steht eine Nettoentlastung von -1.521 Mg CO₂-Äq im Szenario 1A gegenüber. Mit Szenario 1B und Szenario 2 resultiert eine Nettobelastung von 5.241 bzw. 17.182 Mg CO₂-Äq.

Die integrierten Lasten aus der Phosphatrückgewinnung sind bei Szenario 2 am höchsten, weil hier die Asche aus dem gesamten ursprünglich mitverbrannten Klärschlamm nach der Monoverbrennung der Phosphatrückgewinnung unterzogen wird. Umgekehrt sind dadurch auch die Gutschriften für ersetzten Mineraldünger aus Rohphosphat am höchsten. Allerdings ist diese Gutschrift gegenüber der Gutschrift für die Energieerzeugung gering (24% der Gesamtgutschrift im Szenario 2). Bestimmt wird das Ergebnis durch die jeweilige Energieerzeugung. Die Szenarien 1B und 2 sind deshalb trotz der Maßnahme zur Verminderung der Lachgasemissionen aus der Wirbelschichtverbrennung aus Klimaschutzsicht nicht vorteilhaft.

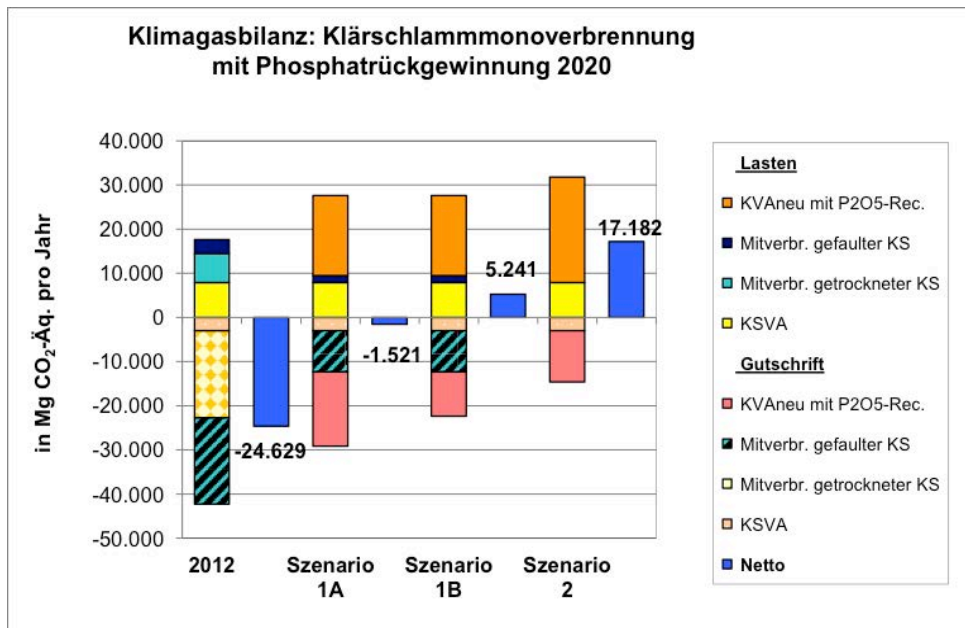


Abbildung 5-10 Klimagasbilanz für den bis dato mitverbrannten Klärschlamm im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer neuen KVA

Die **Schonung fossiler Ressourcen** (KEA fossil) liegt bei der derzeitigen Praxis der Klärschlammbehandlung bei einer jährlichen Nettoentlastung von -217 TJ. Mit dem Szenario 1A wird eine Nettoentlastung von -101 TJ und mit Szenario 1B von -6 TJ erreicht. Der Abstand ergibt sich durch die unterschiedlichen energetischen Nutzungsgrade (KWK vs. nur Strom). Im Szenario 2 ergibt sich wegen der Trocknung und dem damit geringeren Wirkungsgrad eine Nettobelastung von 77 TJ. Grund für das gegenüber der Klimagasbilanz relativ gute Abschneiden der Szenarien mit der neuen KVA sind die im Vergleich zur Mitverbrennung unterstellten geringeren Transportentfernungen und vor allem der Umstand, dass die Belastungen in der Klimagasbilanz wesentlich durch die Lachgasemissionen der Wirbelschichtverbrennung bestimmt sind, die für den fossilen kumulierten Energieaufwand keine Rolle spielen.

Hinsichtlich der **Schonung von Phosphat** lassen sich mit Szenario 2 entsprechend der angesetzten Rückgewinnungsrate 95% der 3.280 Mg P₂O₅ im bislang mitverbrannten Klärschlamm zurückgewinnen. Da in den Szenarien 1A und 1B ein Teil des Klärschlammes weiterhin im Kraftwerk B mitverbrannt wird, können in der entsprechenden Konstellation nur 65% von oben genanntem Phosphatpotenzial aufgeschlossen und zurückgewonnen werden.

Die **NO_x-Emissionen** fallen im spezifischen Nettoergebnis im Szenario 1A geringfügig geringer und im Szenario 1B höher aus als bei einer Mitverbrennung im Kraftwerk (Abbildung 5-11 und Abbildung 5-12), liegen jedoch in beiden Fällen oberhalb der Nettobelastung der Verbrennung in der KVA Ruhleben.

Gegenüber der KVA Ruhleben fallen bei der neuen KVA als Verlagerungseffekt der N₂O-Minderungsmaßnahme trotz SNCR höhere direkte NO_x-Emissionen an (80 mg/m³ statt 45,3 mg/m³ bei der KVA gemäß Emissionsbericht 2012). Hinzu kommen Belastungen aus der Trocknung des eingesetzten getrockneten gefaulten Klärschlammes sowie Belastungen aus der Phosphatrückgewinnung.

Diese Mehrlasten können in keinem der beiden Szenarien 1A und 1B durch die Gutschriften für die Energieerzeugung und die Substitution von mineralischem Phosphatdünger ausgeglichen werden.

Im Vergleich zur Mitverbrennung im Kraftwerk B liegen die gesamten Belastungen bei der neuen KVA im Szenario 1 (gleich für A und B) nur wenig höher. Dies ergibt sich durch die deutlich geringeren NOx-Emissionen aus dem Transport. Für die neue KVA wurde vereinfacht angenommen sie würde am Standort Ruhleben errichtet, wodurch die Transportaufwendungen geringer ausfallen.

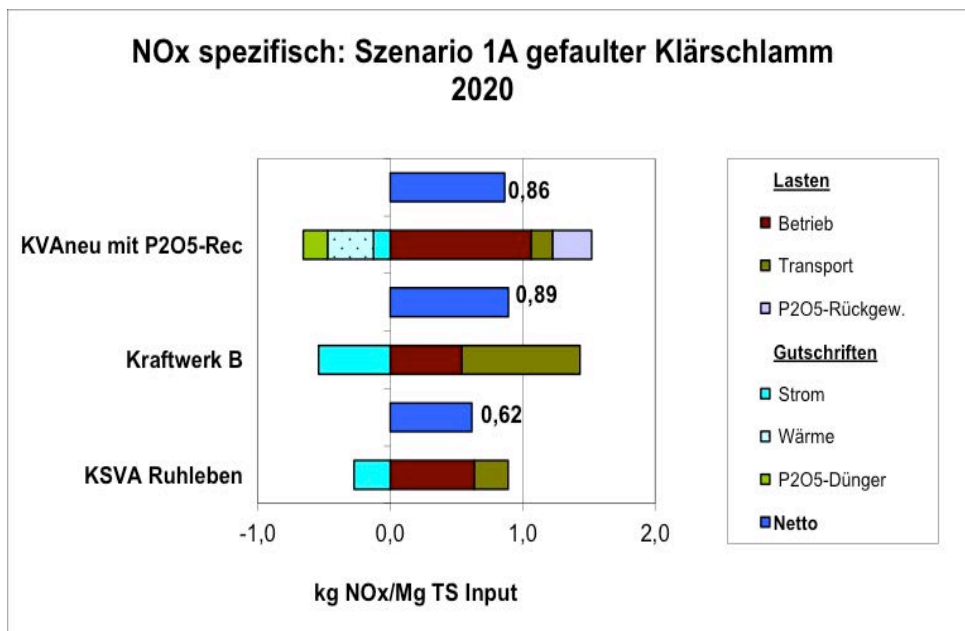


Abbildung 5-11 Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 1A (vollständiger KWK-Betrieb der neuen KVA)

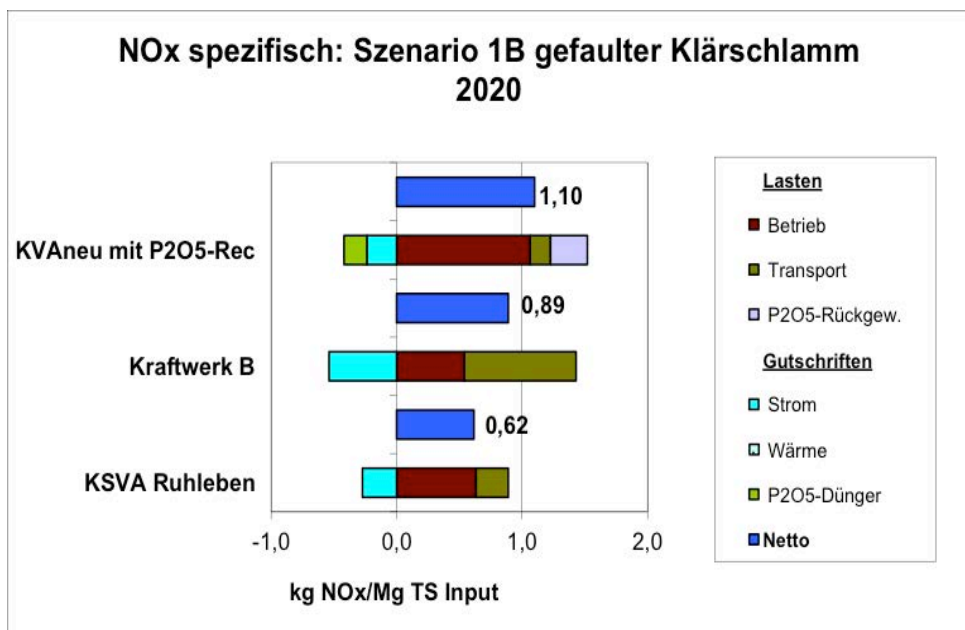


Abbildung 5-12 Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 1B (reine Stromerzeugung in der neuen KVA)

Im Szenario 2 ergibt sich gegenüber beiden Varianten im Szenario 1 eine geringere Energiegutschrift durch die zusätzliche Vortrocknung und ansonsten reine Stromerzeugung und damit eine höhere Nettobelastung (Abbildung 5-13).

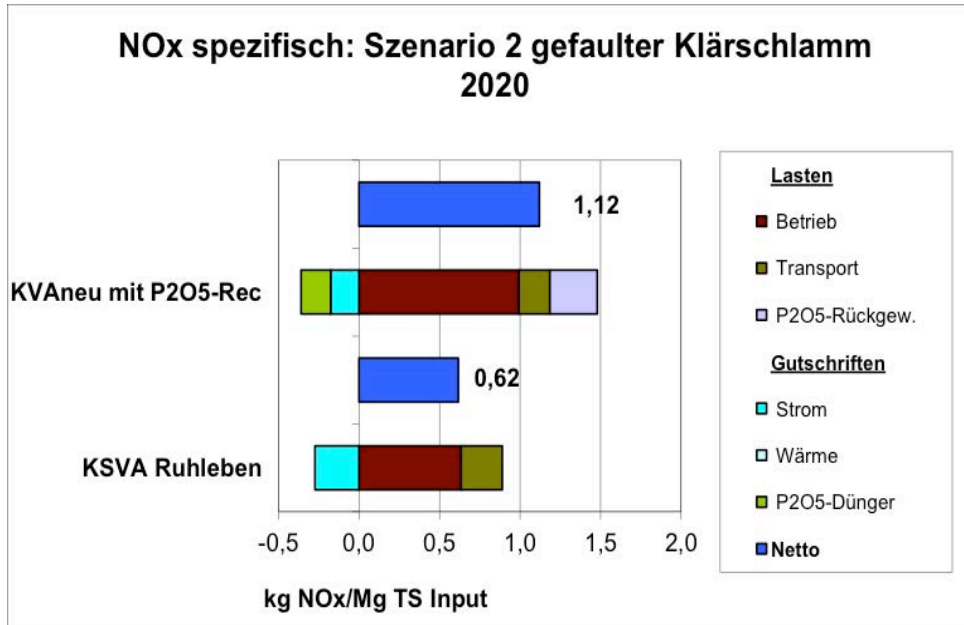


Abbildung 5-13 Spezifisches Ergebnis NOx-Emissionen Szenario 2 (KWK-Betrieb zur weiteren Trocknung eines Klärschlammteils)

Der Ist-Stand der Klärschlammbehandlung im Jahr 2012 ist mit einer Nettobelastung von rund 34 Mg NOx verbunden. Im Szenario 1A steigt die Nettobelastung auf 38 Mg NOx und im Szenario 1B auf 44 Mg NOx. Im Szenario 2 kommt es aufgrund der geringeren Energiegutschriften zu einer nochmals höheren Nettobelastung von 48 Mg NOx.

Hinsichtlich **Quecksilberemissionen** wurden für die neue KVA die Daten der bestehenden KVA Ruhleben verwendet. Entsprechend zeigt sich die neue KVA in allen Szenarien durch die höheren Abscheidegrade gegenüber der Mitverbrennung im Vorteil. Gutschriften sind hier von untergeordneter Bedeutung, weil im Regelbrennstoff Kohle (sowie in anderen Regelbrennstoffen) weniger Quecksilber enthalten ist als im Klärschlamm und das Ergebnis von den Lasten dominiert wird (Abbildung 5-14). Hier gilt es zu beachten, dass das PASCH-Verfahren zur Rückgewinnung des Phosphats aus der Asche relevante Quecksilberemissionen aufweist. Grund dafür ist die Herstellung der im Verfahren benötigten Salzsäure.

Der Ist-Stand der Klärschlammbehandlung im Jahr 2012 ist mit einer Nettobelastung von 5,2 kg Hg verbunden. Wegen der besseren Abgasreinigung in der neuen KVA sinkt die Nettobelastung auf 3,4 bzw. 3,3 kg Hg in den Szenarien 1A und 1B. Mit dem vollständigen Wegfall der Mitverbrennung im Kraftwerk B in Szenario 2 sinkt die Nettobelastung weiter auf 2,9 kg Hg, obwohl die Quecksilberemissionen aus der Herstellung der im Phosphat-Recycling benötigten Salzsäure die Minderung deutlich abschwächen. In Szenario 2 wird die größte Aschemenge dem Recyclingverfahren zugeführt, so dass die benötigte Salzsäuremenge und die mit deren Herstellung einhergehenden Quecksilberemissionen entsprechend steigen.

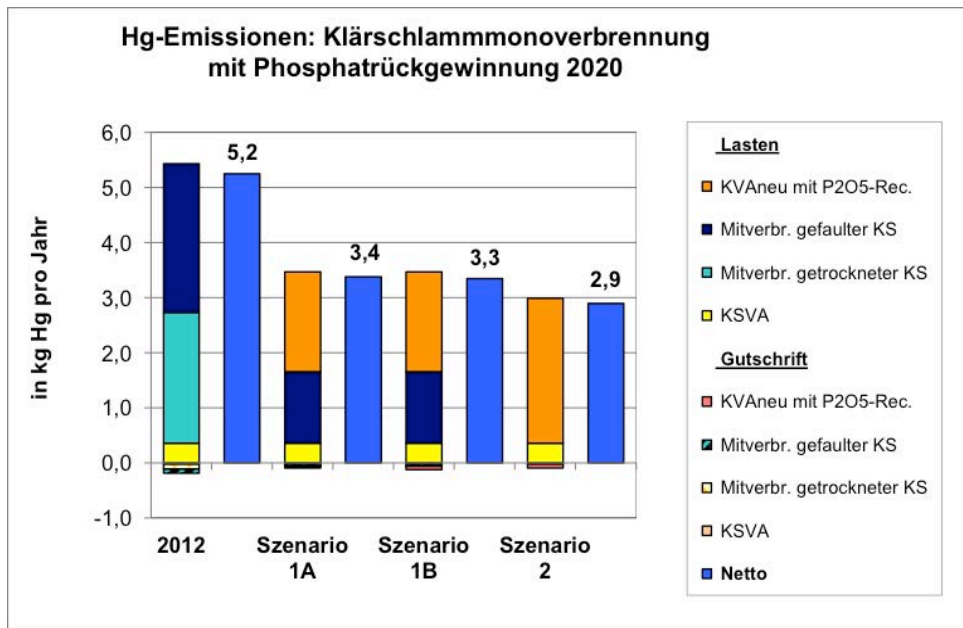


Abbildung 5-14 Quecksilberemissionen für den bis dato mitverbrannten Klärschlamm im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer neuen KVA

Fazit

Die Monoverbrennung von gefaultem und getrocknetem gefaultem Klärschlamm mit Phosphatrückgewinnung anstelle der bisher erfolgenden Mitverbrennung bewirkt bei allen betrachteten Szenarien eine Verschlechterung der Klimagasbilanz im Bereich von etwa 23.000 bis rd. 42.000 Mg CO₂-Äq zusätzlichen Klimagasbelastungen. Die entgangenen Entlastungseffekte sind im Szenario 1A mit KWK-Betrieb am geringsten. Die Inanspruchnahme fossiler Ressourcen ausgedrückt über den KEA fossil korreliert im Grundsatz mit der Klimagasbilanz, die Verschlechterung in den Szenarien fällt im Vergleich dazu aber relativ gering aus. Das Gleiche gilt für NO_x-Emissionen. Die Phosphatrückgewinnung ist im Szenario 2 am höchsten, da hier der gesamte bislang mitverbrannte gefaulte und ge-trocknete gefaulte Klärschlamm einbezogen wird, während im Szenario 1 ein Teil weiterhin im Kraftwerk B mitverbrannt wird. Die Belastung mit Quecksilberemissionen ist generell bei der Monoverbrennung aufgrund der besseren Abgasreinigung geringer als bei der Mitverbrennung. Der Minderungseffekt im Ergebnis wäre noch deutlicher, wenn für die Phosphatrückgewinnung keine Salzsäure eingesetzt werden müsste, was bei anderen Verfahren als dem PASCH-Verfahren gegeben wäre (s.u.).

Insgesamt zeichnen sich gegenläufige Effekte bei den verschiedenen Indikatoren ab. Über alle betrachteten Indikatoren hinweg könnte Szenario 1A als Mittelweg erachtet werden, womit zumindest 65% des Phosphats im bisher mitverbrannten Klärschlamm erschlossen werden und eine Verbesserung hinsichtlich Quecksilberemissionen gegenüber dem Ist-Stand erreicht wird und gleichzeitig die Verschlechterung in der Klimagasbilanz, dem KEA fossil und den NO_x-Emissionen gemäßigt ausfällt. Szenario 1A setzt allerdings voraus, dass die im KWK-Betrieb erzeugte Wärme tatsächlich genutzt werden kann. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist keine Wärmenutzung am Standort Ruhleben möglich. Für eine reine Stromerzeugung sind die resultierenden Gutschriften zu gering. Gegenüber der Ist-Situation käme es nur für die Phosphat-Schonung und bei den Quecksilberemissionen zu einer Verbesserung, bei allen anderen untersuchten Indikatoren zu einer deutlicheren Verschlechterung. Die Möglichkeit gegenläufige Ergebnisse abzuwägen sowie zu weiteren Optimierungen bei der Mitverbrennung in Bezug auf Quecksilberemissionen sind in Kapitel 6 thematisiert.

In der hier durchgeführten Bilanzierung wurde als Verfahren zur Phosphatrückgewinnung das PASCH-Verfahren zugrunde gelegt, da hierfür eine gute Datenbasis verfügbar ist. Im Rahmen der geplanten Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 sollten jedoch vor allem die thermochemischen Verfahren zur Phosphatrückgewinnung Ash Dec und Mephrec bilanziert werden. Bis zu diesem Zeitpunkt dürften entsprechende Daten und Ergebnisse aus dem EU-Förderprojekt P-Rex⁸ öffentlich zur Verfügung stehen. Aufgrund der Randbedingungen dieser Verfahren wird sich der Vorteil der Monoverbrennung hinsichtlich Quecksilberemissionen weiter erhöhen, da bei diesen Verfahren weder Salzsäure noch ein anderes Betriebsmittel eingesetzt wird mit dessen Herstellung nennenswerte Quecksilberemissionen verbunden wären.

Für eine Untersuchung mit dem Mephrec-Verfahren bietet sich zudem eine Gegenüberstellung der derzeitigen Klärschlammbehandlung in der KSVa mit einer Behandlung von Klärschlamm (statt Asche) nach dem Mephrec-Verfahren an, da dieses auf den Einsatz von brikettiertem Klärschlamm ausgelegt ist. Zu prüfen wäre lediglich, ob sich auch der Rohschlamm für einen entsprechenden Einsatz eignet. Ein Vorteil des Mephrec-Verfahrens gegenüber der Klärschlammverbrennung in der KSVa bzw. in Wirbelschichtfeuerung liegt in der Vermeidung von Lachgasemissionen aufgrund der hohen Temperaturen im Kupolofen.

5.4.2 Klärschlämme in der KSVa Ruhleben

Für den in der KSVa Ruhleben thermisch behandelten gefaulten und unefaulten Klärschlamm wurden in der Vorläuferstudie verschiedene Optimierungspotenziale identifiziert. Für diese zeigt sich für das Jahr 2012 ein Erfolg durch die weitergehende Entwässerung des unefaulten Klärschlammes auf einen TS-Gehalt von knapp 29%. Dadurch konnte der Heizöleinsatz deutlich reduziert werden, was sich günstig auf die Klimagas- und Umweltbilanz auswirkt. Allerdings bleibt weiterhin die Problematik hoher N₂O-Emissionen aus der Wirbelschichtfeuerung, die für 2012 zu 95% die Treibhausgasbelastung aus der Verbrennung bedingen.

⁸ Laufzeit 2012-2015, WA4 – Umweltwirkungen und Kosten von P-Rückgewinnungsverfahren, www.p-rex.eu

Aus dem Fachaustausch mit Vattenfall wurde deutlich, dass eine Erhöhung der Freiraumtemperatur (unabhängig von der Betttemperatur), wie in der Optimierung der Vorläuferstudie vorgesehen, unter anderem möglich ist, wenn der TS-Gehalt des eingesetzten Klärschlammes bei 40% liegt. Ohne weitergehende Maßnahmen kann ein solcher TS-Gehalt für den ungefaulten Klärschlamm nicht erreicht werden. Mit den o.g. 29% dürften die Möglichkeiten einer reinen Entwässerung weitgehend ausgeschöpft sein. Um eine N_2O -Minderung zu erreichen wären andere Lösungsmöglichkeiten zu prüfen.

Eine Phosphatrückgewinnung aus der Asche der Monoverbrennung in der KSVA wurde in der Vorläuferstudie nicht betrachtet. Grundsätzlich wäre dies aus Ressourcenschutzsicht zu begrüßen. Das Potenzial für die Phosphatrückgewinnung entspricht maximal dem Phosphatgehalt im eingesetzten Klärschlamm, der sich zum Stand 2012 auf 3.394 Mg P_2O_5 beläuft. Es gilt jedoch zu bedenken, dass die Rückgewinnung ggf. eine Mehrbelastung in der Klimagas- und Umweltbilanz auslöst wie im Fall des PASCH-Verfahrens (vgl. Kap. 5.4.1). Bei Einsatz dieses Verfahrens werden zudem die durch die Aufbereitung zusätzlich ausgelösten NO_x -Emissionen nicht über die Gutschrift für den durch die Phosphatrückgewinnung substituierten mineralischen Phosphatdünger ausgeglichen. Auch steigt die Quecksilberbelastung bedingt durch Hg-Emissionen aus der Herstellung der benötigten Salzsäure. Eine Monoverbrennung mit Phosphatrückgewinnung lässt sich bei Einsatz des PASCH-Verfahrens am ehesten rechtfertigen, wenn die Monoverbrennungsanlage in vollständiger Kraft-Wärme-Kopplung betrieben wird und die erzeugte Wärme auch tatsächlich genutzt werden kann. Am Standort Ruhleben ist dies nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich.

Andere Phosphatrückgewinnungsverfahren stellen sich ggf. günstiger dar. Dies wird in der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für 2014 untersucht, wenn öffentliche Daten aus dem laufenden P-Rex-Vorhaben zur Verfügung stehen. In Anbetracht der möglichen Verschlechterung der Klimagas- und Umweltbilanz durch eine Phosphatrückgewinnung aus der Asche der KSVA Ruhleben, bei der nur eine reine Stromerzeugung mit zudem niedrigen Wirkungsgrad gegeben ist, sollten Überlegungen zur Optimierung an der Anlage sich zunächst auf Minderungsmöglichkeiten für N_2O -Emissionen konzentrieren sowie auf Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Energieerzeugung und -nutzung aus der Klärschlammverbrennung.

Grundsätzlich wird weiterhin empfohlen zunächst die aktuelle Emissionssituation an der KSVA Ruhleben zu erfassen und analog den Untersuchungen an der VERA Hamburg die Auswirkungen von betriebstechnischen Variationen auf die Emissionen bei der Klärschlammverbrennung für die KSVA Ruhleben zu untersuchen sowie im Weiteren perspektivisch geeignete Minderungsmaßnahmen umzusetzen.

Darüber hinaus sollte bei der Bilanzierung für 2014 die Möglichkeit untersucht werden, den Rohschlamm alternativ im Meprec-Verfahren zu behandeln. Zu klären wäre die Eignung des Rohschlammes für eine Brikettierung. Durch das Meprec-Verfahren kann Phosphat zurückgewonnen werden und die Verbrennung im Kupolofen bei Temperaturen deutlich oberhalb $1000^\circ C$ verursacht keine nennenswerten N_2O -Emissionen.

5.5 Laub und Grasschnitt

5.5.1 Laub und Straßenlaub

In der Vorläuferstudie wurde die Möglichkeit untersucht, Straßenlaub energetisch zu nutzen anstatt wie bisher über eine offene und in der Regel mit vergleichsweise hohen Methan- und Lachgasemissionen verbundene Kompostierung zu behandeln.

Die **Trocknung von Laub** zum Zweck der Mitverbrennung im Kraftwerk Reuter C wurde im Rahmen einer Kooperation mit den BSR in den Jahren 2009 bis 2011 intensiv untersucht. Im Fazit der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Trocknung zwar technisch machbar ist, aber die Energieeffizienz relativ schlecht ausfällt (schlechter energetischer Wirkungsgrad) und insbesondere die Kosten der Trocknung inklusive der erforderlichen Logistikkosten keine ausreichende Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Auch wurde der enorme Aufwand für die Lagerung und Logistik aufgrund des kumulierten Laubabfalls im Herbst kritisch bewertet. Entsprechend wurde die Realisierung der Trocknung und anschließenden Mitverbrennung im Kraftwerk Reuter C aufgegeben, zumal auch die Stilllegung des Kraftwerks ansteht.

Die Herstellung von **HTC-Kohle aus Laub** wird von Vattenfall als technisch noch nicht abschließend erprobt bewertet und ist derzeit zudem mit hohen Kosten und Investitionsrisiken verbunden. Im Fazit kommt Vattenfall zu dem Ergebnis, dass eine HTC-Kohle aus Laub wegen der zu erwartenden niedrigen Ascheerweichung in den Berliner Kraftwerken und aus emissionsschutzrechtlichen Gründen für die Mitverbrennung nicht geeignet ist.

Denkbar ist allerdings eine thermische Behandlung von **Laub im Industriekraftwerk (IKW) Rüdersdorf ohne vorherige Trocknung**. Diese Möglichkeit wurde mit Vattenfall diskutiert und wurde für praktische Versuche im Jahr 2014 vorbereitet. Für einen späteren Dauerbetrieb ist die Ballierung des saisonal anfallenden Laubs zu Lager- und Konservierungszwecken sinnvoll. Nach bisherigen Erkenntnissen bewirkt die Ballierung eine Silierung des organischen Materials und weder Massenverluste noch eine Veränderung der Abfalleigenschaften treten auf. Die Ballierung von Laub wurde durch die BSR getestet. Es wurden 20 Ballen gepackt, gelagert und wieder geöffnet. Nach ersten Eindrücken war das ballierte Material „unverändert“, d.h. ohne sichtbaren biologischen Zerfall oder Abbau. Die abschließende Ergebnisauswertung war zum Stand der Berichtslegung noch nicht verfügbar. Sofern Laubabfälle zukünftig balliert und gelagert werden, ist die Annahme von balliertem Material im IKW Rüdersdorf problemlos logistisch lösbar, da am Standort eine mobile Deballierung bereits verfügbar ist, die bei Bedarf auch um eine zweite mobile Einheit ergänzt werden könnte.

Um kurzfristig die technische Machbarkeit der Laubverbrennung zu testen, wurden seitens Vattenfall entsprechende Schritte eingeleitet. Das IKW Rüdersdorf ist als Abfallverbrennungsanlage genehmigt, derzeit für 36 Abfallarten mit einem Heizwert zwischen 11 und 18 MJ/kg. Die Anlage hat bereits zuvor eine Änderungsgenehmigung angestrengt, unter anderem für eine Ausweitung der Heizwertbandbreite auf niedrigere Heizwerte. Speziell für die Möglichkeit eine Laubverbrennung zu testen, wurde ein entsprechender Ergänzungsantrag bei der zuständigen Genehmigungsbehörde in Potsdam für die testweise zusätzliche Annahme von Laub unter dem Abfallschlüssel 200201 („biologisch abbaubare Garten- und Parkabfälle“) gestellt und inzwischen bewilligt.

Gemäß dem Versuchsplan ist für den Test seitens Vattenfall die Untersuchung der folgenden Parameter vorgesehen:

- Gerüche und Greifbarkeit mit dem Müllgreifer
- Feststellung des tatsächlichen Heizwerts
- Mischbarkeit mit anderen Abfällen (zur Erreichung eines geeigneten Mischheizwerts)
- Änderung der Emissionen bzw. Verbrennungsbedingungen
- Ausbrand, Änderung der Rostschlacke
- Änderungen des Betriebsmitteleinsatzes (für die Abgasreinigung und Heizöl)
- Änderung im Anfall betriebsbedingter Abfälle

Zur Umsetzung des Laubversuchs wurde Kontakt mit den BSR aufgenommen. Für einen repräsentativen Test wurde eine Menge von rund 100 Mg vereinbart, die idealerweise verteilt über zwei Tage am IKW Rüdersdorf angeliefert werden können (100 Mg entsprechen etwa zehn Lkw-Lieferungen Laub⁹). Die BSR hat sich bereit erklärt die entsprechende Menge kostenfrei anzuliefern. Als Versuchszeitraum wurde zunächst Anfang Dezember vereinbart zur Lieferung von fünf Zügen mit losem Laub und drei Zügen mit Laubsäcken. Der ursprünglich geplante Termin musste jedoch im Weiteren aufgrund technischer Störungen verschoben werden. Da für die Herbstsaison 2013 entsprechende Qualitäten und Mengen nicht mehr anfallen und geliefert werden können, wurde der Versuch auf das Frühjahr 2014 (voraussichtlich Ende April/Anfang Mai) bzw. den Herbst 2014 verschoben.

Entsprechend stehen für diese Studie keine Auswertungsdaten zur Beurteilung der geplanten Maßnahme zur Verfügung. Zu erwarten ist eine Verbesserung hinsichtlich der Klimagasbilanz und der Schonung fossiler Ressourcen, bedingt durch die Energieerzeugung. Des Weiteren würden durch die thermische statt stoffliche Behandlung keine Ammoniakbelastungen entstehen. Dafür stehen umgekehrt NO_x-Emissionen an und in Anbetracht des niedrigen Heizwerts von Straßenlaub ist hier mit einer Nettobelastung zu rechnen. In Bezug auf Quecksilberemissionen sind Stoffanalysen für Straßenlaub abzuwarten, je nach Quecksilbergehalt kann es zu einer Verbesserung oder auch Verschlechterung kommen. Ein Cadmiumeintrag in Boden wäre nicht gegeben, dafür umgekehrt aber auch keine Schonung der Ressource Phosphat.

Im Rahmen der für 2014 geplanten Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung sollte dieser Verwertungsweg über das IKW Rüdersdorf untersucht werden.

5.5.2 Mähgut

Für Mähgut wurde in der Vorläuferstudie die Möglichkeit einer alternativen Verwertung durch Vergärung und durch Hydrothermale Karbonisierung (HTC) in TA Luft-konformen Behandlungsanlagen untersucht. Voraussetzung für eine konstante Monatskapazität wäre eine Ballierung und Zwischenlagerung des Materials. In der Klimagasbilanz zeigte sich für beide Verfahren eine Nettoentlastung, die für das HTC-Verfahren höher ausfiel.

Das HTC-Verfahren ist grundsätzlich gut für den Aufschluss von überwiegend kohlehydrathaltigen Materialien wie Grasschnitt geeignet. Allerdings gilt hier wie für Laub beschrieben, dass das Verfahren derzeit mit hohen Kosten verbunden ist, die sich erlösseitig

⁹ Ausgehend von einer voraussichtlichen Dichte des Laubs von 0,1 bis 0,15 kg/m³ können 100 Mg auf 10 Containerlader mit zwei Container á 40 m³ verladen werden.

durch den Verkauf der HTC-Kohle nicht abbilden lassen. Auch ist der Erlös am Markt nur umsetzbar soweit für HTC-Kohle die Abfalleigenschaft enden würde. Rechtlich ist dies derzeit noch unklar, auch wenn, wie in der Vorläuferstudie beschrieben, die Kriterien der allgemeinen Produkthanforderungen nach § 5 KrWG für den Einsatz der HTC-Kohle erfüllt sind, sofern sie nachweislich nach technischen und qualitativen Aspekten die Eigenschaften von ansonsten eingesetzten Kohlen aufweist. Da zudem für die Bilanzierung des HTC-Verfahrens bislang nur wenige Messdaten vorliegen, wird es in dieser Studie nicht weiter betrachtet¹⁰.

Eine Vergärung ist ebenfalls gut geeignet zur Verarbeitung des stark wasserhaltigen Materials (75% Wassergehalt). Denkbar ist, wie in der Vorläuferstudie dargelegt, eine dafür neu zu errichtende TA Luft-konforme Monovergärungsanlage, die entsprechenden Mengen stehen grundsätzlich dafür zur Verfügung. Mit der künftig zu erwartenden Schwerpunktsetzung in der EEG Novelle auf die Förderung von Abfällen und Reststoffen, könnte diese Option lukrativer werden. Voraussetzung für privatwirtschaftliche Initiativen wäre allerdings eine Investitionssicherheit bezüglich der mittelfristigen Verfügbarkeit der Materialien. Die üblicherweise von den Bezirksämtern nur über ein Jahr abgeschlossenen Entsorgungsverträge müssten mindestens auf 3-Jahresverträge ausgeweitet werden.

Im Dialog mit Marktakteuren wird diese Verwertungsoption vertieft untersucht und bei der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 ausgewertet werden.

5.6 EBS aus MPS-Anlagen

Ersatzbrennstoffe (EBS) aus den MPS-Anlagen werden derzeit überwiegend in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt. Im Jahr 2012 wurden gemäß den Abfallberichten durch die MPS Pankow 117.171 Mg EBS bereitgestellt und durch die MPS Reinickendorf 109.213 Mg, davon 80% aus überlassungspflichtigen Abfällen. Zu etwa 88% gingen die genannten EBS-Mengen aus den beiden Anlagen zur Mitverbrennung, davon rund 83% in Kohlekraftwerke, die restlichen Mengen in Zementwerke. Hier gilt wie für Klärschlamm in Kapitel 5.2 beschrieben, dass die Mitverbrennung aus Klimaschutzsicht in der Regel vorteilhaft ist, weil dadurch heizwertäquivalent Kohle ersetzt werden kann. Allerdings ist die Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken gegenüber der thermischen Behandlung in Monoverbrennungsanlagen üblicherweise mit höheren Luftschadstofffrachten verbunden. In diesem Kapitel wird untersucht wie sich die Klimagas- und Umweltbilanz darstellt, wenn EBS aus den MPS-Anlagen statt zur Mitverbrennung in einer hochwertigen effizienten Anlage gemäß den Anforderungen nach der 17. BImSchV eingesetzt wird.

Die Errichtung einer entsprechenden Neuanlage mit Standort in Berlin ist unter den gegebenen marktwirtschaftlichen Randbedingungen nicht wirtschaftlich darstellbar. Auch die Überlegung, eine Klärschlamm-Monoverbrennung mit einer EBS-Verbrennung zu kombinieren, wurde nicht weiter verfolgt. Zwar besteht theoretisch die Möglichkeit eine Anlage mit zwei Linien gemeinsam mit Klärschlamm zu errichten, allerdings würde dies zwei unterschiedliche Verfahren erfordern (WSF für Klärschlamm, Rostfeuerung für EBS). Ein solches Konzept gibt es bislang nicht, ebenso wenig einen Anlagenbauer, der eine solche

¹⁰ In der Vorläuferstudie wurde angenommen, dass keine Methan- oder Lachgasemissionen aus dem Verfahren entstehen bzw. diese aufgrund geringen Umfangs und der geringen zu erwartenden Abluftmenge (25 m³/Mg Input) vernachlässigbar sind. Zur Verifizierung wurden Emissionsmessungen an den HTC-Anlagen empfohlen sowie eine Prüfung von Umweltauswirkungen aus dem belasteten Abwasser.

Konzeption aus einer Hand anbietet. Zudem wäre nach Einschätzung von Vattenfall eine solche kombinierte Anlage mit hohen spezifischen Investitionen verbunden. Grundsätzlich besteht jedoch die Möglichkeit, EBS aus den MPS-Anlagen mittelfristig im bestehenden IKW Rüdersdorf einzusetzen. Denkbar ist eine Einsatzmenge von 100.000 Mg/a, die für die Szenarienbetrachtung hier zugrunde gelegt wird.

Bei dem IKW Rüdersdorf handelt es sich um eine hocheffiziente Abfallbehandlungsanlage, die durch Zwischenüberhitzung (ohne Zusatzfeuerung) hohe Dampfparameter und damit hohe energetische Wirkungsgrade erreicht. Derzeit erfolgt an der Anlage eine reine Stromerzeugung, da eine Wärmesenke bislang nicht gegeben war. Der Bruttostromwirkungsgrad liegt bei ca. 30% und damit europaweit im Spitzenbereich. Aktuell bestehen Planungen zur teilweisen Wärmeauskopplung und Versorgung eines nahegelegenen Wohngebiets in Rüdersdorf über Fernwärmeleitung. Grundsätzlich besteht das Interesse zu einer darüber hinausgehenden Steigerung des KWK-Betriebs. Dieser Fall des vollständigen KWK-Betriebs wird hier als theoretisches Szenario ebenfalls betrachtet. Entsprechend werden insgesamt drei verschiedene Szenarien vergleichend untersucht.

Für die Ist-Situation 2012 („Mitverbrennung 2012“) wird die EBS-Menge betrachtet, die derzeit in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt wird. Entsprechend der realen Situation wird angesetzt, dass von der mitverbrannten Menge etwa 83% der EBS zur Mitverbrennung in Kraftwerke gehen und der Rest in Zementwerke. Vergleichend hierzu wird der Einsatz der EBS im IKW Rüdersdorf betrachtet bzw. in einer vergleichbaren hocheffizienten Anlage, die die Abgaswerte der 17. BImSchV erfüllt.

Es werden die folgenden drei Fälle unterschieden:

- Szenario 1: reine Stromerzeugung im EBS-Kraftwerk
Nettostromwirkungsgrad = 27,4%
- Szenario 2: teilweise Wärmeauskopplung gemäß Planungsstand
Nettostromwirkungsgrad = 26,9%
Wärmenutzungsgrad = 2,1% (extern nutzbare Wärme)
- Szenario 3: vollständiger KWK-Betrieb
Nettostromwirkungsgrad = 19%
Wärmenutzungsgrad = 40% (extern nutzbare Wärme)¹¹

Die Kenndaten für die hier betrachteten EBS entsprechen denen in der Bilanzierung der Ist-Situation 2012.

Klimagas- und Umweltbilanz

In der Klimagasbilanz zeigt der Vergleich der Szenarien mit der Ist-Situation der Mitverbrennung erwartungsgemäß eine Verringerung des Entlastungspotenzials. In allen Fällen der Behandlung in einer 17. BImSchV-Anlage wird zwar eine Nettoentlastung erreicht, die aber in jedem Fall geringer ausfällt als bei der Mitverbrennung. Das beste Ergebnis unter den drei Szenarien zeigt der vollständige KWK-Betrieb.

¹¹ Die gesetzten Nettowirkungsgrade wurden in Anlehnung an die Situation am EBS-HKW Premnitz gewählt, wobei davon auszugehen ist, dass diese Wirkungsgrade mindestens auch am hocheffizienten IKW Rüdersdorf realisiert werden können.

Das Ergebnis für die Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) korreliert mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz und wird hier nicht dargestellt.

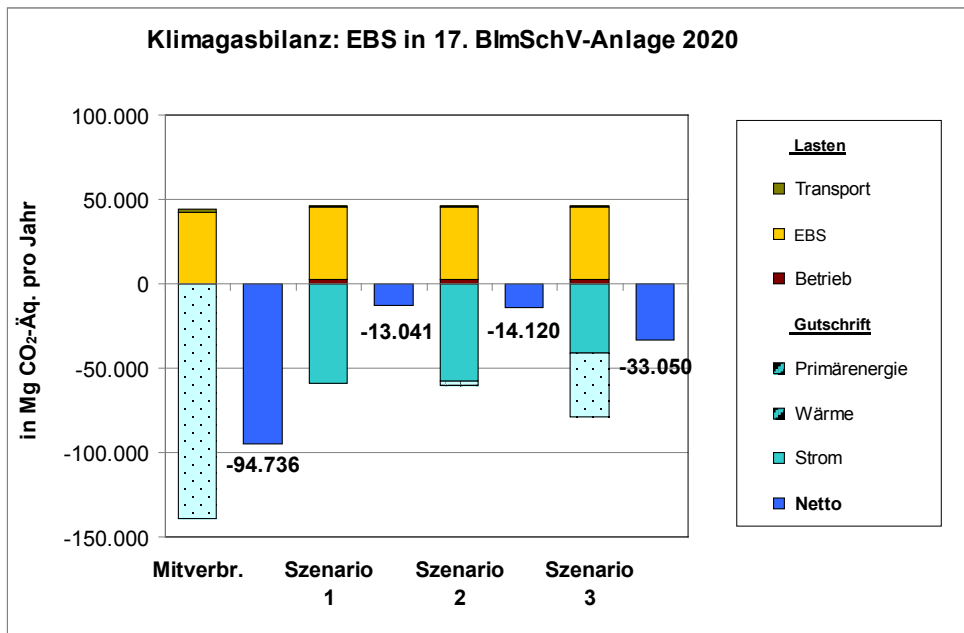


Abbildung 5-15 Klimagasbilanz für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage

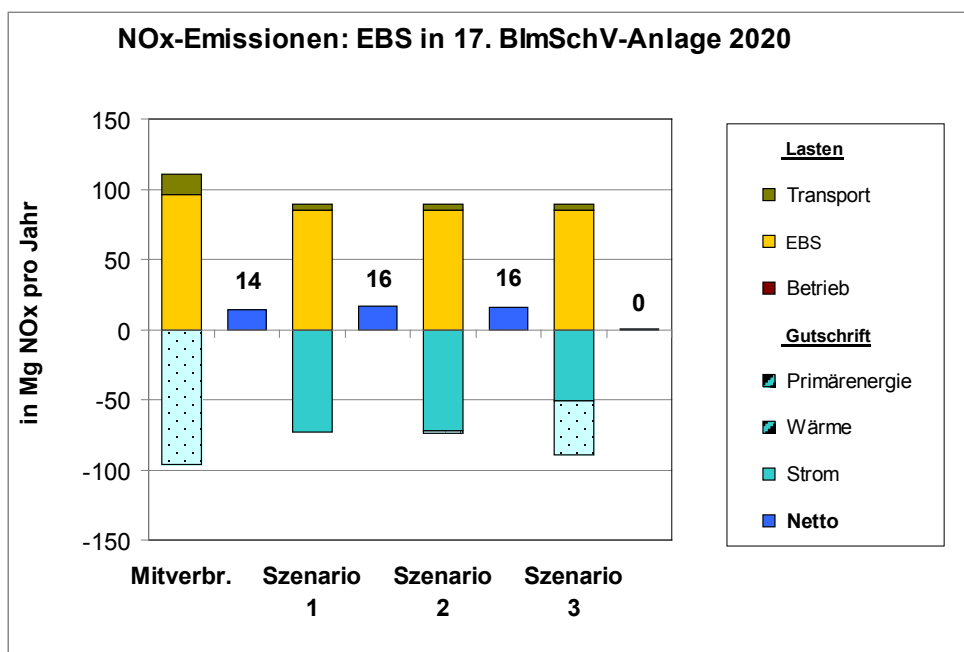


Abbildung 5-16 NOx-Emissionen für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage

Bei den NOx-Emissionen zeigt sich zwischen der Ist-Situation und den Varianten eine gegenläufige Situation. Beim vollständigen KWK-Betrieb ergibt sich eine Reduzierung der

Nettobelastungen (Szenario 3). Bei den beiden Varianten ohne oder mit anteiliger Wärmeauskopplung (Szenario 1 und 2) zeigt sich eine leichte Verschlechterung gegenüber der Mitverbrennung. Hintergrund ist wiederum, dass die NO_x-Emissionen verfahrensbedingt sind und bei der Mitverbrennung sich heizwertäquivalent gleichen. Bei der Behandlung im EBS-Kraftwerk hängt das Ergebnis bei gegebener Abgasreinigungstechnik zum einen vom energetischen Nutzungsgrad ab (ideal vollständiger KWK-Betrieb) und zum anderen vom Heizwert des mitverbrannten Abfalls. Umso höher dieser ist, desto höher fallen die Gutschriften für die Behandlung im EBS-Kraftwerk aus.

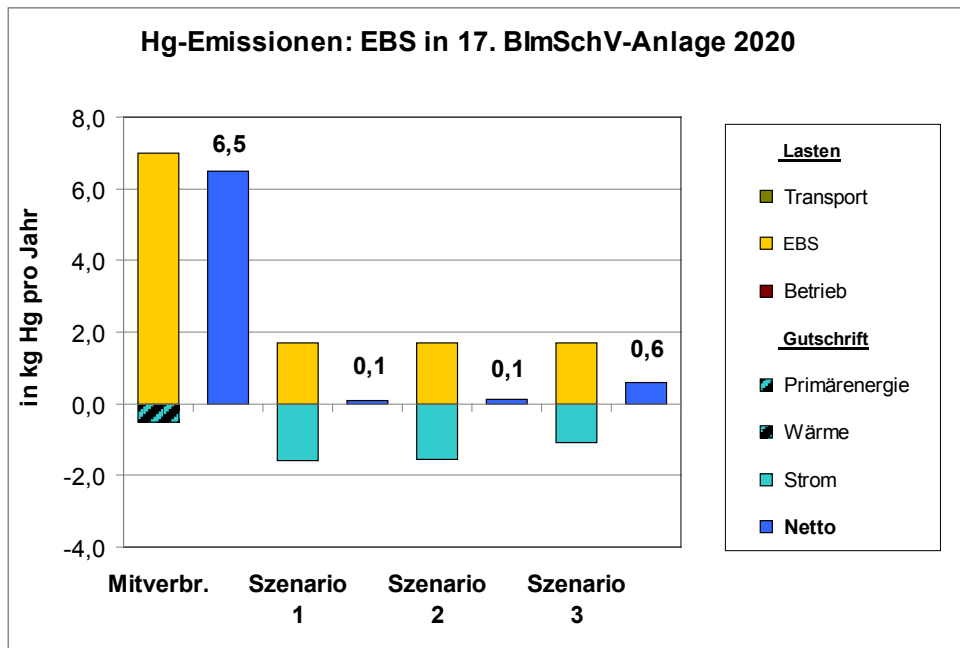


Abbildung 5-17 Quecksilberemissionen für bis dato mitverbrannte EBS im Vergleich zu Varianten mit Behandlung in einer effizienten 17. BImSchV-Anlage

Das Ergebnis der Quecksilberemissionen zeigt in allen Varianten gegenüber der Mitverbrennung eine erhebliche Reduzierung der Nettobelastung. Zwischen den Varianten zeigt sich das beste Ergebnis bei vorrangiger Stromerzeugung, da konventionell erzeugter Strom mit spezifisch deutlich höheren Quecksilberemissionen verbunden ist als dies bei konventionell erzeugter Wärme der Fall ist.

Fazit

Auch hier zeigen sich, wie bei der Untersuchung für Klärschlamm, gegenläufige Effekte bei den verschiedenen Indikatoren. Über alle betrachteten Indikatoren hinweg wäre Szenario 3 am ehesten geeignet, die Mitverbrennung abzulösen, da sich für den vollständigen KWK-Betrieb das günstigste Ergebnis für die Klimagasbilanz und die Schonung fossiler Ressourcen ergibt. Allerdings ist der Abstand bei diesen beiden Indikatoren zwischen Szenario 3 und der Mitverbrennung deutlich höher als der Abstand zwischen den Monoverbrennungsvarianten. Letztendlich ist für diese Fragestellung abzuwägen, welche Wirkungen bevorzugt reduziert werden sollten. Hinweise dazu sowie zu weiteren Optimierungsmöglichkeiten bei der Mitverbrennung in Bezug auf Quecksilberemissionen finden sich in Kapitel 6.

5.7 Haus- und Geschäftsmüllbehandlung im MHKW Ruhleben

Für die thermische Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll über das MHKW Ruhleben wird der Fall einer reinen Stromerzeugung anstelle der derzeitigen KWK-Nutzung untersucht. Hintergrund der Betrachtung ist die derzeit diskutierte Option, im Rahmen der Berliner Stadtwerksgründung, das MHKW Ruhleben aus dem Verbund mit Vattenfall (Betreiber Turbine) herauszulösen und die Anlage künftig mit reiner Stromerzeugung zu betreiben.

Der für diesen Fall erreichbare Bruttostromwirkungsgrad wurde von Vattenfall übermittelt. Das entsprechende Kreislaufschema mit reinem Kondensationsbetrieb zeigt Abbildung 5-18. Auf Basis der ermittelten Daten – einer Feuerungswärmeleistung von 163,9 MW und einer elektrischen Bruttostromleistung von 38,66 MW – ergibt sich der elektrische Bruttostromwirkungsgrad zu 23,6%.

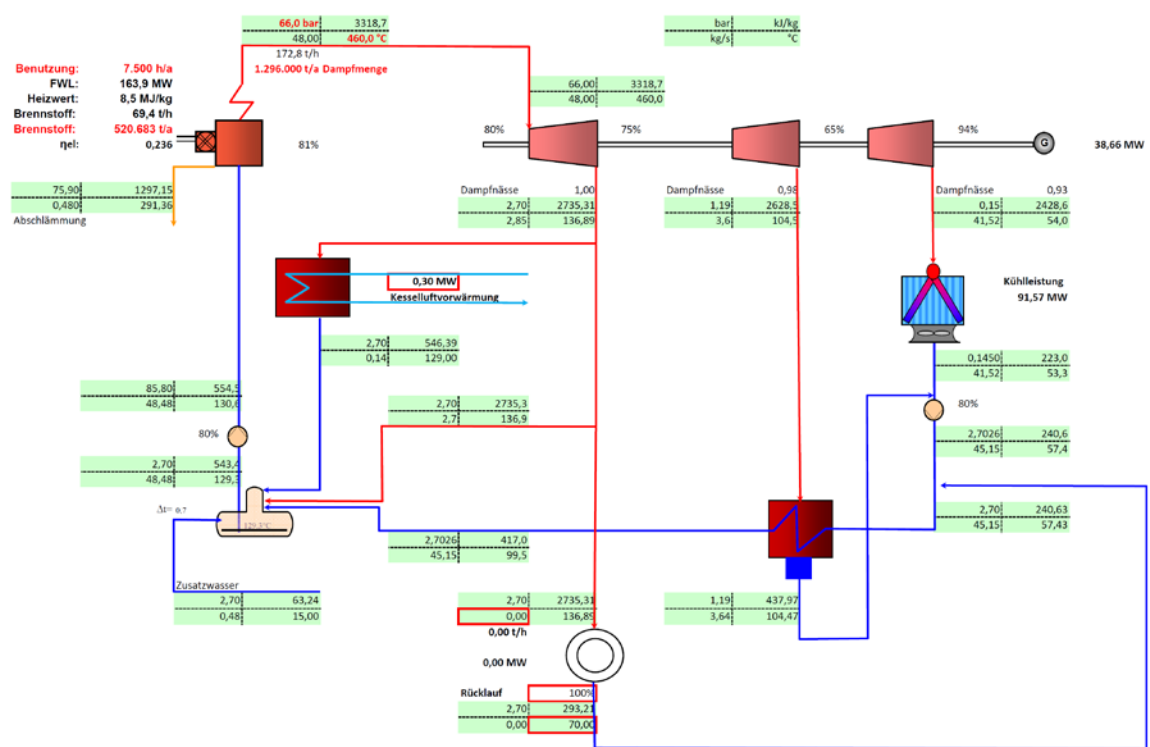


Abbildung 5-18 Kreislaufschema mit reinem Kondensationsbetrieb am MHKW Ruhleben (Quelle: Vattenfall 2013)

Die bei einer reinen Stromerzeugung abzuführende thermische Leistung (Kühlleistung) beläuft sich auf 91,57 MWth (Abbildung 5-18). Hierfür müsste ein Luftkühlturm errichtet werden, der mit erheblichen Kosten (vgl. Kap. 8) und erheblichem Platzbedarf sowie Aufwendungen für die Verrohrung verbunden wäre. Der zusätzliche Strombedarf für den Luftkühler wird mit ca. 360 kW_{el} angenommen. Als weiterer wesentlicher Aspekt kommt hinzu, dass die derzeitige Anlage nicht für eine reine Stromerzeugung geeignet ist, es müsste eine neue Turbine errichtet werden.

Für den Vergleich wird die Situation für das in dieser Studie betrachtete Jahr 2012 herangezogen. Im Jahr 2012 belief sich die Bruttostromerzeugung aus dem an das Kraftwerk

Reuter abgegebenen Frischdampf zu 99.671,7 MWh. Die relativ niedrige Menge erklärt sich aus der Inbetriebsetzungsphase und Umschluss der Linie A im MHKW Ruhleben und den relativ geringen Betriebsstunden der Turbine im KW Reuter (4.337 h).

Ausgehend von den Betriebsstunden 2012 berechnet sich der jährliche elektrische Energiebedarf für die erforderliche Kühlung zu rd. 1.561 MWh, der zum Stromeigenbedarf zu addieren ist. Damit steigt der Stromeigenbedarf von 2,6% auf 4,2% und der Nettostromwirkungsgrad für eine reine Stromerzeugung ergibt sich zu 19,4%. Im Jahr 2012 wurde nach Mitteilung der BSR ein Nettostromwirkungsgrad von 6,4% erreicht und ein Wärmeeinsatzgrad von 49,8%.

Klimagas- und Umweltbilanz

Für die Bilanzierung ergibt sich aus dem Vergleich der Ist-Situation mit einem künftigen reinen Kondensationsbetrieb der Unterschied ausschließlich aus den jeweils damit erzielbaren Substitutionseffekten. Die direkten Emissionen am MHKW bleiben davon unberührt.

Abbildung 5-19 zeigt das absolute Ergebnis für die Klimagasbilanz. Gegenüber dem bestehenden KWK-Betrieb werden bei einer reinen Stromerzeugung geringere Entlastungserfolge erzielt. In der Differenz würden durch die reine Verstromung jährlich 28.557 Mg CO₂-Äq weniger vermieden.

Des Weiteren wurde die Inanspruchnahme von fossilen Ressourcen (KEA fossil) ausgewertet. Dieses Ergebnis korreliert mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Auch hier wäre eine Verschlechterung durch die reine Stromerzeugung gegeben. In der Differenz würden durch die reine Verstromung jährlich 638 TJ weniger an fossilen Brennstoffen ersetzt.

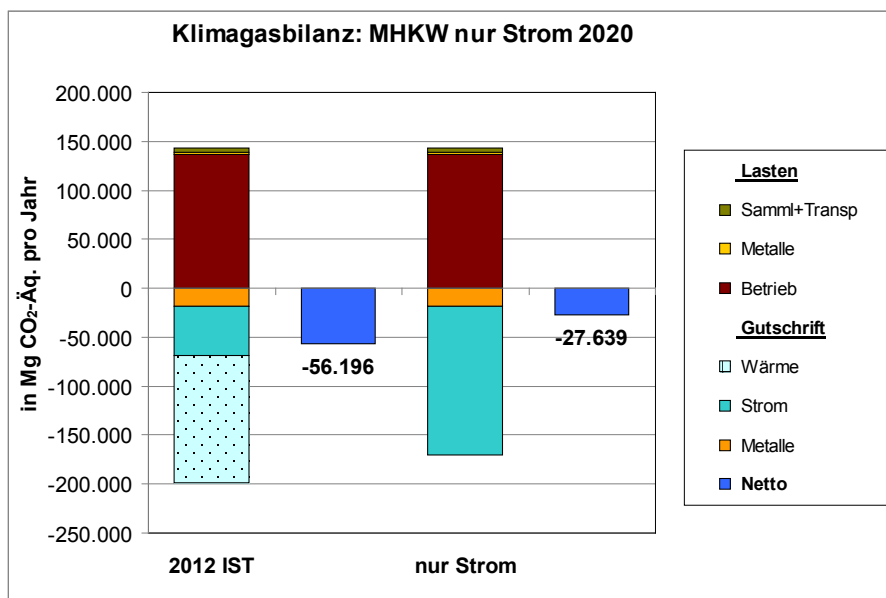


Abbildung 5-19 Ergebnis Klimagasbilanz MHKW Ruhleben reine Stromerzeugung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

Tabelle 5-9 zeigt das absolute Ergebnis des Vergleichs für die NO_x- und Quecksilberemissionen. Es zeigt sich, dass auch für die NO_x-Belastung durch eine reine Stromerzeugung eine Verschlechterung eintreten würde. Auch hier ist das verminderte Substitutionspotenzial die Ursache. Dagegen würde sich hinsichtlich der Quecksilberemissionen eine Verbesserung ergeben, da die konventionelle Stromerzeugung mit vergleichsweise höheren Quecksilberemissionen verbunden ist als die konventionelle Wärmeerzeugung.

Tabelle 5-9 Ergebnis NO_x- und Hg-Emissionen MHKW Ruhleben reine Stromerzeugung im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

	2012 IST	nur Strom
NO_x in kg		
Lasten	192.075	192.075
Gutschrift	-183.094	-148.795
Netto	8.981	43.280
Hg in kg		
Lasten	0,87	0,87
Gutschrift	-0,83	-1,62
Netto	0,04	-0,75

Im Gesamtbild überwiegen die Verschlechterungen hinsichtlich der Klimagas- und Umweltbilanz. Trotz der Verbesserung bei den Quecksilberemissionen ist aus Klimaschutz- und Umweltschutzsicht unter den gegebenen Randbedingungen von einer Umstellung des derzeitigen KWK-Betriebs auf einen reinen Kondensationsbetrieb abzuraten.

5.8 Altreifen

Für Altreifen wurde in der Vorläuferstudie ein Optimierungspotenzial für die Klimagasbilanz ermittelt (Potenzialanalyse 2020). Diese Optimierung wird hier für 2012 aktualisiert. Zusätzlich werden die wesentlichen Indikatoren der Umweltbilanz ausgewertet.

Für die Potenzialanalyse 2020 der Vorläuferstudie wurde eine Steigerung des stofflich verwerten Anteils von 45% auf 80% angenommen.

Für die Klimagasbilanz zeigt sich, wie in der Vorläuferstudie, dass sich durch die Maßnahme der Steigerung der stofflichen Verwertung eine höhere Nettoentlastung ergibt (Tabelle 5-10). Auch hinsichtlich der Umweltbilanz zeigt sich durch die Maßnahme über alle untersuchten Indikatoren hinweg eine mehr oder weniger deutliche Verbesserung im Nettoergebnis. Dies war aus der Auswertung der Ist-Situation bereits anzunehmen, da die stoffliche Verwertung hinsichtlich der Schonung fossiler Ressourcen, NO_x- und Quecksilberemissionen das bessere Nettoergebnis aufwies. Durch die Steigerung der stofflichen Verwertung kommt es zu einer höheren Entlastung bezüglich dem KEA fossil und NO_x-Emissionen und zu einer reduzierten Nettobelastung hinsichtlich Quecksilberemissionen. Die Substitution von Rohmetallen bleibt von der Maßnahme unberührt, da sowohl bei der stofflichen Verwertung als auch bei der Mitverbrennung im Zementwerk die im Altreifen enthaltene Stahlkarkasse stofflich genutzt wird.

Tabelle 5-10 Absolutes Nettoergebnis Optimierung der Verwertung von Altreifen im Vergleich zur Ist-Situation im Jahr 2012

	2012 IST	Optimierung 2020
THG-Emissionen in Mg CO ₂ -Äq	-22.657	-28.717
KEA fossil in TJ	-593	-743
NO _x in kg	-25.012	-40.927
Hg in kg	0,84	0,72

Das Ergebnis der aktuellen Klimagasbilanz und der durchgeführten Umweltbilanz bestätigt die Vorteilhaftigkeit der Maßnahme. Über alle Indikatoren hinweg ergibt sich eine Verbesserung durch die Steigerung der stofflichen Verwertung. Auch hier gilt, wie in der Vorläuferstudie beschrieben, dass dies nur dann Gültigkeit hat, wenn die stoffliche Verwertung hochwertig erfolgt und an bestimmte Mindestkriterien geknüpft ist (Hochwertigkeit der Verwertung durch Substitution von synthetischem Gummi oder thermoplastischen Polymeren). Dies soll in der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) im Jahr 2014 aufgegriffen und darin Mindestanforderungen an die stoffliche Verwertung formuliert werden. Für die durch das Umweltbundesamt im Auftrag des Umweltministeriums durchgeführte Prüfung, inwiefern die vorrangige stoffliche Verwertung durch eine Verordnung sichergestellt werden müsste, ist bislang keine offizielle Stellungnahme zum Ergebnis bekannt.

5.9 Verwertung RC-Beton im Hochbau

Für Beton besteht das Optimierungspotenzial in einer sortenreinen Erfassung mit anschließender Aufbereitung zum Einsatz als Recyclingbeton (RC-Beton) im Hochbau.

Im Jahr 2012 fielen im Land Berlin rund 1.339.000 Mg Beton (RC-Beton) zur Verwertung an. Der Einsatzbereich von RC-Beton beschränkt sich bisher auf die Verwendung im Straßen- und Wegebau. Das Land Berlin strebt an, künftig auch bei allen öffentlichen Hochbauvorhaben RC-Beton einzusetzen, um dadurch eine relevante Umwelt- und Ressourcenschonung zu erzielen. Hierdurch sollen rund 100.000 m³ Normalbeton substituiert werden.

Um die Nachfrage nach RC-Beton im Land Berlin zu wecken, wurde im Rahmen von Ausschreibungen für ein größeres öffentliches Bauvorhaben¹² der Einsatz von RC-Beton (Gesamtmenge rund 5.400 m³) sowohl für die Herstellung der Schlitzwand (Trogbaugrube) als auch für die Bauhauptarbeiten (Gebäude) forciert. Dazu wurden bei der Angebotswertung die Umweltvorteile von RC-Beton gegenüber Normalbeton durch einen Bonus für Nichtinanspruchnahme von Abbauf Flächen (Kies) sowie Verringerung der Umweltbelastung durch Transport monetär bewertet.

Ein Auftrag für die Bauarbeiten mittels RC-Beton wurde bereits vergeben, die zweite Beauftragung ist im Januar 2014 geplant. Die Herstellung der Schlitzwand aus RC-Beton konnte mittlerweile abgeschlossen werden, die Rohbauarbeiten für das Gebäude unter Einsatz von RC-Beton sollen ab Februar 2014 beginnen. Begleitet wird das gesamte Pi-

¹² Neubau Forschungs- und Laborgebäude Lebenswissenschaften Humboldt-Universität, Investitionssumme 33,8 Mio. Euro.

lotprojekt durch umfangreiche Informationen und Fachgespräche mit allen relevanten Berliner Akteuren.

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Projektes plant die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt den Einsatz von RC-Beton bei allen öffentlichen Hochbauvorhaben festzuschreiben. Durch die am 1. Januar 2013 in Kraft getretene Berliner Verwaltungsvorschrift „Beschaffung und Umwelt – VwVBU“ verfügt Berlin über ein geeignetes Instrument, künftig bei öffentlichen Gebäuden sowohl die sortenreine Separierung von Beton beim Gebäuderückbau als auch den Einsatz von RC-Beton beim Neubau verbindlich über ökologische Mindestkriterien mittels entsprechender Leistungsblätter zu fordern¹³.

Im Rahmen der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 soll dieses Pilotprojekt ausgewertet und grundsätzliche Bewertungen zu den einzusetzenden Stoffströmen im Hochbau versus Tiefbau (Straßen- und Wegebau) getroffen werden. In diesem Zusammenhang soll auch untersucht werden, ob bisher nicht verwertete mineralische Abfälle wie Ziegelbruch im Hoch- und Tiefbau verstärkt eingesetzt werden könnten, um dadurch eine zusätzliche Steigerung der Schonung mineralischer Ressourcen sowie Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahme zu bewirken.

5.10 Gipsabfälle

Im Jahr 2012 wurden die im Land Berlin erfassten 28.973 Mg Gipsabfälle (Monofraktion) auf den Deponien der MEAB sowie auf der Altablagerung Großziethen abgelagert. Seit dem 1. April 2013 wurde die Annahme von Gipsplatten auf der Altablagerung Großziethen vom Brandenburger Landesumweltamt untersagt. Als einzige Entsorgungsmöglichkeit besteht seither die Verbringung zu den MEAB-Deponien.

Sortenrein anfallende Gipsabfälle, vorwiegend in Form von Gipskartonplatten, sind jedoch grundsätzlich für eine stoffliche Verwertung zur Rückführung in den Stoffkreislauf geeignet. Eine derartige stoffliche Verwertung gipshaltiger Bauabfälle erfolgt bereits in vielen europäischen Nachbarstaaten. Eine Umlenkung der bislang abgelagerten Berliner Gipsabfälle hin zu einer vollständigen stofflichen Verwertung würde sich hinsichtlich der Klimagas- und Umweltbilanz vor allem auf die Schonung mineralischer Ressourcen auswirken.

Zur Bewertung der durch eine getrennte sortenreine Erfassung und stofflichen Verwertung vermiedenen Flächeninanspruchnahme werden, wie bei den anderen mineralischen Abfällen, die Daten der BGR verwendet (vgl. Kap. 2.1.3). Die Ausbeute für Naturgips liegt demnach bei 20 Mg/m². Nach Auskunft des Gipsverbandes liegt die Gipsmächtigkeit der Abbaustätten zwischen 0,5 und 20 Metern. Die größte Abbaustätte liegt im Harz mit einem 300 ha großen Tagebau. Es existieren noch drei Gipswerke in Deutschland, die anteilig Naturgips einsetzen. Alle anderen Werke setzen REA-Gips ein. Etwa 80% der Gipsplatten werden aus REA-Gips produziert.

Eine stoffliche Verwertung der Gipsabfälle könnte zu einer weiteren Schonung von Naturgips beitragen. Wird überschlägig von einer 100%igen Substitution ausgegangen, entspricht dies dem Ersatz von 28.973 Mg Naturgips. Unter Zugrundelegung der o.g. Daten ergibt sich damit eine vermiedene Flächeninanspruchnahme von 1.449 m² Abbaufäche.

¹³ <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/beschaffung>

Eine stoffliche Verwertung von Gipsplatten wird seit 2012 in Wiesbaden in einem Pilotprojekt durch DBW Recycling und esm Entsorgung zusammen mit Gypsum Recycling untersucht. Ziel der Untersuchung ist es, den technischen und wirtschaftlichen Aufwand für die Aufbereitung der Gipsplatten zu den einzelnen Ausgangsstoffen Gipspulver, Metalle und Papier zu ermitteln. Nach den bisherigen Untersuchungen zeichnet sich ab, dass die Behandlungskosten für die Aufbereitung zu Gipspulver in der erforderlichen Qualität unter 35 Euro liegen und damit gegenüber der Beseitigung auf Deponien konkurrenzfähig wären.

Eine erste stationäre Aufbereitungsanlage in Deutschland zum hochwertigen stofflichen Recycling gipshaltiger Bauabfälle wird die MUEG, Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgungsgesellschaft mbH in Espenhain (Sachsen), errichten und im zweiten Quartal 2014 in Betrieb nehmen. Diese Anlage kann pro Jahr rund 50.000 Mg Gipsabfälle zu über 45.000 Mg Recycling-Gips (RC-Gips) stofflich so aufbereiten, dass dieses Produkt direkt in den Werken der Gipsindustrie eingesetzt werden kann. Im Rahmen von großtechnischen Versuchsreihen wurde die in Abbildung 5-20 gezeigte Stoffstrombilanz für eine derartige Anlage ermittelt.

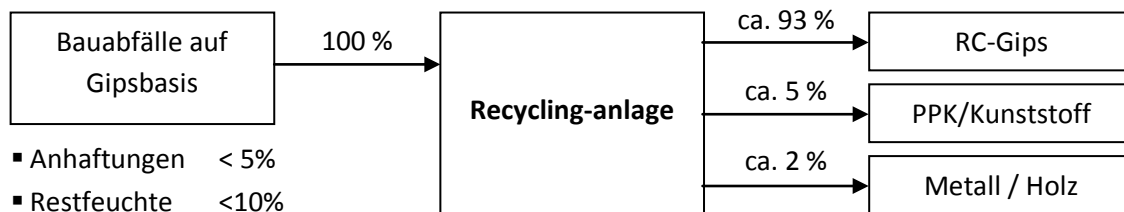


Abbildung 5-20 Stoffstrombilanz Gipsrecyclinganlage (Mitteilung REMONDIS 2013)

Durch die erfolgte bzw. geplante Untersagung der Ablagerung gipshaltiger Abfälle in bergbaulichen Bereichen im mitteldeutschen Raum haben die Genehmigungsbehörden der Bundesländer Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt bereits klare Signale gesetzt und somit Anreize für die Implementierung hochwertiger Verwertungsverfahren, wie sie derzeit durch die Errichtung der Gipsrecyclinganlage in Espenhain umgesetzt werden, gegeben. Darüber hinaus haben die Deponiepreise für Gipsabfälle auf Grund der Ablagerungsverbote im Umkreis der neuen Gipsrecyclinganlage in Sachsen mittlerweile ein Preisniveau von 35 bzw. 40 €/Mg erreicht.

Die Errichtung einer weiteren Anlage ist von der MUEG im Großraum Berlin 2014/2015 geplant. Gemeinsam mit dem in Berlin-Neukölln mit einer Niederlassung vertretenen Unternehmen REMONDIS werden derzeit verschiedene Standorte auf Ihre Eignung untersucht. Insbesondere unter Berücksichtigung der im Einzugsgebiet der Anlage in Betrieb befindlichen Gipswerke (z.B. Brieselang) und des seit Jahren kontinuierlich wachsenden Aufkommens an Gipskartonplatten bestehen sehr gute Möglichkeiten des stofflichen Einsatzes des erzeugten RC-Gipses im Raum Berlin. Hinsichtlich der Marktchancen wird davon ausgegangen, dass der erwartete Rückgang der Erzeugung von REA-Gips aus konventionellen Kohlekraftwerken die langfristige Absteuerung des am Standort Berlin produzierten Recycling-Gipses sichert. In einem Fachgespräch beim Bundesverband der Gipsindustrie e.V. am 14.11.2013 mit den Akteuren MUEG und

REMONDIS wurden bereits konkrete Planungsschritte bezüglich Standortsuche sowie Erfassung, Anlieferung und Aufbereitung der Gipsabfälle aufgezeigt.

Im Rahmen der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 wird der dann erreichte Stand aufgegriffen und in die Bilanzierung aufgenommen.

6 Hinweise zum Umgang mit gegenläufigen Ergebnisse

Die in dieser Studie durchgeführte Klimagas- und Umweltbewertung führt je nach Abfallart auch zu gegenläufigen Ergebnissen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit, wie auch in der Ökobilanznorm nach ISO 14040 und 14044 gefordert, nicht nur eine Umweltwirkungskategorie wie die Klimagasbilanz zu betrachten, sondern auch weitere relevante Umweltwirkungen wie die Ressourcenschonung und potenziell nachteilige Wirkungen für Mensch und Umwelt wie Luftschadstoffemissionen.

Die Problematik gegenläufiger Ergebnisse ist auf wissenschaftlicher Ebene nicht lösbar, da eine quantitative Abwägung zwischen Umweltwirkungen nicht möglich ist. Zur weitergehenden Auswertung der Ergebnisse erlaubt die Ökobilanznorm die optionalen Elemente: Normierung, Ordnung und Gewichtung. Die Gewichtung – die Umrechnung der Ergebnisse anhand numerischer Faktoren – wird dabei allerdings in Ökobilanzen, die zu vergleichenden Aussagen kommen sollen („A besser B“), als nicht normkonform angesehen.

Die beiden Elemente Normierung – das Beziehen der Ergebnisse auf Referenzwerte zur Einschätzung der relativen Signifikanz – und Ordnung – die Rangbildung auf einer ordinalen Skala („hoch, mittel, niedrig“) – können von Gutachtern oder Auftraggebern als Hilfsmittel verwendet werden, um zu abschließenden Empfehlungen zu gelangen, welche der Entsorgungsarten trotz gegenläufiger Effekte vorgezogen werden sollte. Die Empfehlung selbst bleibt jedoch eine subjektive Werthaltung, die nicht durch die Norm gestützt ist. Am ehesten objektivierbar sind Empfehlungen auf einer politisch-gesellschaftlichen Ebene, die durch das Interesse des Allgemeinwohls geleitet sind und nicht durch die nachvollziehbarerweise unterschiedlichen Interessenslagen einzelner Akteure.

In Deutschland hat sich das Umweltbundesamt Ende der 90er der Aufgabe gestellt, eine Methode zu entwickeln, um eine transparente und weitgehend objektivierte Basis für die Bewertung gegenläufiger Ergebnisse bereit zu stellen (UBA 1999). Die Methode wird derzeit in einem laufenden UBA-Projekt aktualisiert, Ergebnisse daraus stehen noch nicht zur Verfügung. Damit gilt aktuell weiterhin die Methode in (UBA 1999) als einschlägiges Standardwerk für die Bewertung, diese wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Gegenläufige Ergebnisse sind aber auch als Hinweis für weitere mögliche Optimierungen zu verstehen. So kann abgesehen von der Frage ob der Vorteil für den Klimaschutz höher zu werten ist als der Nachteil z.B. aus Quecksilberemissionen, das Bestreben auch darauf ausgerichtet sein, für die jeweiligen Nachteile Optimierungsmöglichkeiten zu prüfen. Im Rahmen dieser Untersuchung finden sich gegenläufige Ergebnisse vor allem bei der thermischen Behandlung in der Monoverbrennung versus einer Mitverbrennung. Erstere ist in der Regel vorteilhaft im Hinblick auf Luftschadstoffemissionen, v.a. Quecksilber, letztere dagegen zeigt in der Regel höhere Entlastungspotenziale für den Klimaschutz. In Kapitel 6.2 wird auf diesen Aspekt und vor allem auf Optimierungsmöglichkeiten zur Minimierung von Quecksilberemissionen eingegangen.

6.1 UBA Bewertungsmethode

Die UBA Bewertungsmethode (UBA 1999) nutzt die beiden optionalen Elemente der Ökobilanznorm: Normierung und Ordnung. Für die Normierung wird als Referenzinformation die Gesamtbelastung in Deutschland herangezogen. Danach werden die Indikatorergebnisse auf die Gesamtemissionen und Verbräuche bezogen, es wird der „spezifische Bei-

trag“ der Umweltwirkung auf die bestehende Gesamtbelastung berechnet. Zur „Ordnung“ wurde eine Prioritätensetzung für verschiedene Wirkungskategorien nach ihrer „ökologischen Bedeutung“ vorgenommen. Zur Einschätzung der ökologischen Bedeutung wurde zum einen die potenzielle „ökologische Gefährdung“ der Schutzgüter in der betreffenden Wirkungskategorie beurteilt (unabhängig vom aktuellen Umweltzustand) und zum anderen der „Abstand zu einem Schutzziel“ in die Bewertung einbezogen. Im Zusammenspiel erlauben die beiden optionalen Schritte eine Einschätzung der Signifikanz der numerischen Ergebnisse verschiedener Wirkungen (vor dem Hintergrund der gewählten Referenz) sowie eine Orientierung an der gesetzten Rangbildung bzw. der einer Wirkung zugeordneten ökologischen Bedeutung.

Zur Einschätzung der ökologischen Bedeutung wurden Kriterien für die ökologische Gefährdung sowie für den Abstand zum Schutzziel erarbeitet, mit denen die Einordnung nach einem nachvollziehbaren, schematisierten Vorgehen erfolgt.

Für die ökologische Gefährdung sind dies Kriterien zur Einschätzung der Tragweite der Wirkungen für die Umwelt:

1. Wirkungsmechanismen (tief greifende Wirkungen sowie das Betroffensein von höheren Hierarchieebenen sind als schwer wiegender anzusehen),
2. Reversibilität/Irreversibilität und zeitliche Dauer (irreversible Wirkungen sind als schwerwiegender anzusehen),
3. räumliche Ausdehnung (ubiquitär auftretende Wirkungen sind als schwerwiegender als räumlich begrenzte anzusehen),
4. Unsicherheiten bei der Prognose der Auswirkungen (größere Unsicherheiten sind als schwerwiegender anzusehen).

In der UBA-Methode wurden vier Hierarchiestufen – A, B, C, D – zur Prioritätensetzung verwendet. Die Einstufung A stellt eine sehr große ökologische Bedeutung dar, B eine große, C eine mittlere und D eine geringe.

Für den Abstand zum Schutzziel sind folgende ergänzende Kriterien zum Quotienten aus Ist-Zustand und Qualitätsziel geeignet:

1. Ein größerer Reduktionsbedarf ist als schwerwiegender anzusehen (so keine quantitativen Umweltqualitätsziele vorliegen),
2. steigende Belastungen sind als schwerwiegender anzusehen als stagnierende oder abnehmende,
3. geringere Durchsetzbarkeit und technische Erreichbarkeit sind als schwerwiegender anzusehen.

Auf Basis dieser Kriterien wurde der in Tabelle 6-1 gezeigte Priorisierungsvorschlag des UBA abgeleitet. Insgesamt wurden so acht Umweltwirkungskategorien nach ihrer ökologischen Bedeutung hierarchisiert. Es ist jedoch zu beachten, dass auch diese Hierarchisierung zwangsläufig subjektiver Natur ist und immer im jeweiligen gesellschaftlichen Kontext betrachtet werden muss.

Bewertung der Ressourcenbeanspruchung befinden sich derzeit viele Untersuchungen in Bearbeitung. Für die geplante Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2014 sollte geprüft werden, ob es neuere Erkenntnisse zur Einstufung einzelner Rohstoffe gibt, um die Empfehlungen bei gegenläufigen Ergebnissen auf Basis des aktuellen Stands des Wissens aussprechen zu können.

6.2 Ausblick Optimierungsmöglichkeiten gegenläufige Ergebnisse

Gegenläufige Ergebnisse zeigen sich in der hier durchgeführten Klimagas- und Umweltbilanzierung vor allem bei der thermischen Behandlung im Vergleich einer Monoverbrennung gegenüber einer Mitverbrennung. Die Mitverbrennung ist in der Regel durch die heizwertäquivalente Substitution von Kohle mit hohen Entlastungseffekten für den Klimaschutz verbunden. Dagegen hat die Monoverbrennung in 17. BImSchV-Anlagen in der Regel deutliche Vorteile hinsichtlich Luftschadstoffemissionen wie v.a. Quecksilberemissionen.

Für die Bilanzierung von **NOx-Emissionen** ist es unerheblich, ob in Energieerzeugungsanlagen oder Zementwerken Regelbrennstoff oder heizwertäquivalent Ersatzbrennstoff eingesetzt wird, da die NOx-Bildung bei den gegebenen Verbrennungstemperaturen überwiegend aus dem Luftstickstoff erfolgt (thermische NO-Bildung) und nicht bzw. nur zu geringen Anteile durch den im Brennstoff gebundenen Stickstoff. Dennoch sind unabhängig von der Fragestellung der Abfallbehandlung Minderungsmaßnahmen zu befürworten. Auch wenn sich diese nicht pro Tonne Abfall bemerkbar machen, so ist dies dennoch ein wichtiger Beitrag zur Umweltentlastung.

In (Schönberger et al. 2012) wird kritisiert, dass bestimmte technische Möglichkeiten insbesondere für Kraftwerke bei der Novellierung rechtlicher Regelungen nicht eingefordert werden. So wurde als NOx-Tagesgrenzwert ein Wert von 150 mg/Nm³ im Regierungsentwurf vorgeschlagen, der mittlerweile auch in der 13. BImSchV umgesetzt ist (Änderung 02.05.2013, für Feuerungsanlagen > 300 MW, außer Braunkohlestaubfeuerung). In (Schönberger et al. 2012) heißt es dazu, dass auch Kraftwerksbetreiber wie Vattenfall und E.ON Grenzwerte von 100, 95 oder sogar 70 mg NOx/Nm³ im Tagesmittel mit besten verfügbaren Techniken für technisch machbar und ökonomisch darstellbar halten und weiter, dass die 16 größten deutschen Kohlekraftwerke für etwa 40% der NOx-Emissionen des Energiesektors verantwortlich sind, während in Deutschland die Ziele zur Begrenzung der jährlichen NOx-Fracht im Jahr 2010 mit 1.319,5 Kilotonnen NOx um 25% verfehlt wurden.

Auch nach der 17. BImSchV gilt mit Änderung vom 02.05.2013 mittlerweile für die Abfallverbrennung in Verbrennungsanlagen ein Grenzwert als Tagesmittelwert für NOx von 150 mg/Nm³ (alt: 200 mg/Nm³). Bestandsanlagen müssen diesen Grenzwert ab dem 1. Januar 2019 einhalten (§ 28 (4) 17. BImSchV). Der Grenzwert als Jahresmittelwert liegt unverändert bei 100 mg/Nm³. Die in dieser Studie relevanten 17. BImSchV-Anlagen halten die geltenden NOx-Grenzwerte ein oder unterschreiten diese bereits deutlich wie z.B. die KSWA Ruhleben mit einem Jahresmittelwert von 45,3 mg/Nm³. Ausschlaggebend für die Bilanzierung sind neben den Konzentrationswerten allerdings die absoluten Jahresfrachten in Bezug auf die jeweils verbrannte Abfallmenge. Im Vergleich der spezifischen NOx-Frachten liegt beispielsweise der ermittelte Wert für das MHKW Ruhleben, u.a. aufgrund einer modernen Abgasreinigungstechnik, deutlich niedriger als der in dieser Studie für ein durchschnittliches EBS-Kraftwerk angenommene (vgl. Kap. 4.2).

Die Mitverbrennung von Abfällen unterliegt ebenfalls den Regelungen der 17. BImSchV, allerdings gelten die strengen Grenzwerte nur dann unmittelbar, wenn bei Feuerungsanlagen (Kraftwerken) mehr als 25% Abfall bezogen auf die Feuerungswärmeleistung mitverbrannt wird, bei Zementwerken liegt die Schwelle bei mehr als 60% Abfallmitverbrennung. Darunter ist die „Mischungsregel“ anzuwenden in Verbindung mit moderateren Emissionsgrenzwerten für Staub und NO_x¹⁴. Dies ist in der Praxis für Feuerungsanlagen die Regel, da momentan kein größeres Kraftwerk technisch in der Lage ist, derartig hohe Abfallanteile mit zu verbrennen (Kommentar Edition Umweltrecht Stand Nov 2013). Bei Zementwerken werden dagegen in Deutschland bereits erhebliche Mengen Abfall als EBS eingesetzt. Nach Energiegehalt lag der Abfallanteil am gesamten Brennstoffinput in den Jahren 2010 und 2011 im Durchschnitt bei 61%¹⁵. Demnach müssen zumindest einige Zementwerke in Deutschland – vorbehaltlich möglicher Ausnahmeregelungen – unmittelbar die strengeren Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV für NO_x und Staub einhalten¹⁶.

Für **Quecksilber** gilt nach der novellierten 17. BImSchV weiterhin der Tagesgrenzwert von 0,03 mg/Nm³, der auch für die Mitverbrennung von Abfällen unabhängig von den mitverbrannten Abfallanteilen gilt. Neu eingeführt wurde für die Monoverbrennung ein Jahresgrenzwert von 0,01 mg/Nm³, der von Bestandsanlagen ab 2019 einzuhalten ist. Die Novelle schreibt nunmehr eine kontinuierliche Überwachung der Quecksilberemissionen vor. Damit geht sie über das Niveau der EU-Verbrennungsrichtlinie hinaus, die für diesen Schadstoff nur Einzelmessungen fordert. Begründung für diese Regelung ist, dass einzelne, hoch mit Quecksilber belastete Abfallchargen, zu hohen Emissions-Peaks führen können. Diese Einzelereignisse können nur durch kontinuierliche Messung detektiert und entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden. Auch hier ist die neue Regelung teilweise bereits bei 17. BImSchV-Anlagen Stand der Technik. So erfolgt eine kontinuierliche Messung der Quecksilberemissionen bereits jetzt am IKW Rüdersdorf und der Jahresgrenzwert wird aktuell um mehr als die Hälfte unterschritten.

Im Gegensatz zu den NO_x-Emissionen sind Quecksilberemissionen abhängig vom Quecksilbergehalt im verbrannten Abfall sowie von der jeweils installierten Rauchgasreinigungstechnik. Für die Bilanzierung wurden Transferfaktoren aus der Literatur und aus Emissions- bzw. Umweltberichten der Anlagen abgeleitet. Für den Quecksilbergehalt wurde dabei in Ermangelung weitergehender Messdaten für Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und daraus erzeugte EBS ein einheitlicher Quecksilbergehalt angenommen (vgl. Kap. 2.1.3). In Verbindung mit den für die 17. BImSchV-Anlagen verfügbaren bzw. ermittelten abfallspezifischen Quecksilberfrachten ergeben sich für die 17. BImSchV-Anlagen Transferfaktoren, die gegenüber Kraft- und Zementwerken signifikant niedriger liegen. Für das MHKW Ruhleben liegt der Transferfaktor bei 0,005 und damit in der Größenordnung moderner MVAn. Für EBS-Kraftwerke wurde ein einheitlicher Transferfaktor von 0,08 ermittelt, der im Bereich durchschnittlicher MVAn liegt (ein fast gleicher Wert wurde auf Basis der für Klärschlamm verfügbaren Quecksilbergehalte auch für die KSWA

¹⁴ Weitere Voraussetzung für die Anwendung der Mischungsregel ist, dass bei Einsatz gemischter Siedlungsabfälle nur aufbereitete gemischte Siedlungsabfälle eingesetzt werden (§ 9 (1) 17. BImSchV).

¹⁵ Nach Angaben in: vdZ – Umweltdaten der deutschen Zementindustrie für 2010 und 2011.

¹⁶ Für Zementwerke war bislang vorgebracht worden, dass eine weitere Herabsetzung der Grenzwerte nach derzeitigem Stand der Technik nicht möglich sei. Bei Staub (obwohl Elektrofilter eingesetzt werden) wegen der prozessbedingt hohen Staubbeladungen des Abgases, bei NO_x da das SNCR-Verfahren, aber nicht das SCR-Verfahren für Zementwerke als Stand der Technik aufgefasst wurde.

Ruhleben ermittelt). Demgegenüber liegen die Transferfaktoren für Kraft- und Zementwerke in der Regel deutlich höher. Zwar gibt es auch bei Kohlekraftwerken Fälle mit niedrigen Transferfaktoren von 0,065, im Mittel ist aber mit einem Transferfaktor von 0,2 zu rechnen. Bei Zementwerken liegt der durchschnittliche Transferfaktor mit 0,4 nochmals höher (vgl. Kap. 2.1.3). Auch hier gilt, dass letztendlich, auch bei gleichen Abgaskonzentrationswerten, die Abgasfrachten für die direkten Umweltbelastungen maßgeblich sind. Für die Mitverbrennung gegenüber der Monoverbrennung werden die Transferfaktoren als Indiz für ein relevantes Minderungspotenzial gesehen.

In (Schönberger et al. 2012) wird zu Quecksilberemissionen erläutert, dass die ursprünglich in Deutschland geplanten Absenkungen der Grenzwerte aufgegeben wurden. Dagegen gilt in den USA mittlerweile ein sehr strenger Grenzwert von $0,0015 \text{ mg/Nm}^3$ im Monatsmittel (bei 6 Vol% Sauerstoff), der bis 2016 auch im Bestand einzuhalten ist. Für die Einhaltung stehen verschiedene Technologien zur Verfügung wie die Activated Carbon Injection (ACI) und/oder die Boiler Bromide Addition (BBA). Der Kritik, dass solche niedrigen Konzentrationen nicht mehr messbar wären, halten die Autoren (Schönberger et al. 2012) entgegen, dass es Verfahren mit Nachweisgrenzen bei $0,001 \text{ mg/Nm}^3$ gibt. Allerdings erfordern diese längere Probenahmezeiten und die Messvorschriften müssten angepasst werden. Dem Argument, dass Kraftwerke in den USA zu höheren Anteilen mit Gewebefiltern ausgerüstet wären, wird entgegnet, dass es auch Steinkohlekraftwerke mit Elektrofiltern gibt, die den Quecksilbergrenzwert einhalten müssen. Beachtung wird der Sorge um mögliche Quecksilberverlagerungen in Reststoffe (Flugstaub und Gips) gewidmet, in dem dargelegt wird, dass diese ebenfalls aktiv unterbunden werden können. Im Fazit fordern die Autoren, dass Kohlekraftwerke ihre Quecksilberemissionen deutlich senken sollten und dass hierfür der in den USA festgelegte Grenzwert übernommen werden könnte, da dies dem Gesundheitsschutz dient und wirtschaftlich zumutbar ist.

In (Schönberger et al. 2012) wird auch auf die Abfallmitverbrennung insbesondere in Zementwerken eingegangen. Quecksilberemissionen könnten dabei durch eine Reihe von Maßnahmen signifikant reduziert werden. In erster Linie sind dies produktionsintegrierte Maßnahmen und erst in zweiter Linie Reinigungstechniken (Adsorptionstechniken), mit denen für Altanlagen mindestens ein Grenzwert von $0,01 \text{ mg/Nm}^3$ (Tagesmittelwert, 10 Vol% Bezugssauerstoff) eingehalten werden könnte und sollte. Produktionsintegrierte Maßnahmen zielen auf eine kombinierte Reduzierung der Abgastemperatur (110°C) in Verbindung mit einer gezielten Filterstaubausschleusung ab. Im Fazit fordern die Autoren, dass der Quecksilber-Tagesgrenzwert für die Mitverbrennung von Abfällen auf mindestens $0,01 \text{ mg/Nm}^3$ gesenkt werden sollte, da dies in vielen Fällen allein durch produktionsintegrierte Maßnahmen sicher einhaltbar ist.

Technisch verdampft das im Abfall (oder Brennstoff oder Rohmehl) gebundene Quecksilber bei der hohen Sinterzonentemperatur im Drehrohrofen des Zementwerks vollständig, rekondensiert nicht, sondern verlässt den Drehrohrofen im Abgasstrom. In den gebrannten Klinker wird kein Quecksilber überführt. Mit dem Abgasstrom werden Quecksilberverbindungen entweder mit dem Rohgasstaub wieder dem Ofenmehl zugesetzt (äußerer Kreislauf) oder zum Elektrofilter transportiert. Bei geschlossenem äußeren Kreislauf (Rohgasstaub wird vollständig rückgeführt) reichern sich Quecksilberverbindungen in diesem Kreislauf an. Eine Ausschleusung von Filterstäuben über den E-Filter erfolgt im Direktbetrieb. Nach Auflagen soll dies in mindestens 5% der Laufzeit des Ofens erfolgen und ist an die Behörde zu berichten.

Nach betreiberseitiger Auskunft des Zementwerks Rüdersdorf¹⁷ sind für den Transfer von Quecksilber in das Reingas insgesamt die Faktoren Rohgas-Staubkonzentration, Staubzusammensetzung, Temperatur des Abgases vor dem Filter sowie der Quecksilbergehalt des Rohgases entscheidend. Letzterer hängt neben dem Eintrag über die Einsatzstoffe insbesondere vom Kreislauf des Quecksilbers innerhalb des Gesamtprozesses ab. Durch eine gezielte Ausschleusung von Filterstäuben wird im Zementwerk Rüdersdorf der Kreislauf unterbrochen und eine zu starke Anreicherung im Rohgas vermieden. In Verbindung mit günstigen Abscheidebedingungen bezüglich der o.g. Parameter können damit relativ niedrige Emissionswerte sichergestellt werden. Das Zementwerk Rüdersdorf verfügt über einen 4-stufigen E-Filter. Die Quecksilberemissionen des Ofenabgases liegen unter $0,005 \text{ mg/m}^3$. Für den Transferfaktor der Quecksilbereinträge zum Reingas ergibt sich daraus ein Wert von ca. 0,15 bis 0,2. Der beim Zementwerk Rüdersdorf als Besonderheit dem Klinkerbrennprozess vorgeschaltene Vergaser (nach dem Prinzip der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung), in den die Ersatzbrennstoffe eingebracht werden, hat keinen Einfluss auf den Transferfaktor. Das mit den Einsatzstoffen zugeführte Quecksilber wird aufgrund der hohen Temperaturen und Verweilzeiten verdampft und mit dem aus dem Vergaser erzeugten Gas dem Ofenprozess zugeführt, wonach es den oben geschilderten Prozessen unterliegt.

Für das Zementwerk Rüdersdorf wird deutlich, dass bei geeigneter Prozessführung und mit mehrstufigem E-Filter der Transferfaktor für Quecksilber gegenüber dem durchschnittlichen, in dieser Studie verwendeten Wert von 0,4 halbiert werden kann (s.o.). Auch wird deutlich, dass der in (Schönberger et al. 2012) geforderte Grenzwert von $0,01 \text{ mg/Nm}^3$ problemlos eingehalten werden kann. Dreistufige E-Filter sind nach betreiberseitiger Auskunft des Zementwerks Rüdersdorf heute die Regel und ggf. bildet der in dieser Studie einheitlich verwendete Transferfaktor¹⁸ nicht mehr die aktuelle durchschnittliche Situation in Deutschland ab.

Für die geplante Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung im Jahr 2014 sollten zusammenfassend folgende Aspekte detaillierter untersucht bzw. überprüft werden:

- Die in dieser Studie verwendeten Transferfaktoren für Quecksilber sollten sowohl für die Mitverbrennung in Zementwerken als auch für die in Kraftwerken überprüft werden (z.B. durch Anfrage bei Verbänden, Betreibern).
- Des Weiteren sollte das mögliche weitergehende Minderungspotenzial hinsichtlich Quecksilberemissionen bei der Mitverbrennung von EBS und Klärschlamm in Braunkohlekraftwerken und in Zementwerken untersucht werden – für Kohlekraftwerke anhand der in (Schönberger et al. 2012) beschriebenen Maßnahmen für den geforderten Grenzwert von $0,0015 \text{ mg Hg/Nm}^3$, für Zementwerke anhand des in (Schönberger et al. 2012) geforderten Grenzwerts der Abgastemperatur von 110°C i.V.m. einer gezielten Filterstaubausschleusung.

¹⁷ Mitteilung per Email 01.08.13 und 07.10.13

¹⁸ Die Mitverbrennung im Zementwerk Rüdersdorf wurde für die Bilanz 2012 nicht mit dem anlagenspezifischen Transferfaktor bewertet, da zum einen nicht in allen Fällen klar ist, zu welchem Zementwerk die Abfälle gelangen und zum anderen damit eine mögliche, aber nicht gesicherte „Schlechterstellung“ anderer Zementwerke im Ergebnis zum Tragen gekommen wäre.

- Zudem sollte ebenfalls für beide Fälle, der Mitverbrennung in Kraft- und in Zementwerken, das mögliche weitergehende Minderungspotenzial hinsichtlich NO_x-Emissionen untersucht werden – für Kohlekraftwerke anhand des beschriebenen Optimierungspotenzials nach (Schönberger et al. 2012), für Zementwerke in welchem Umfang dies durch Einsatz der SCR-Technologie gegeben ist. In beiden Fällen hat die Untersuchung keinen Einfluss auf das Nettoergebnis der Bilanzierung (s.o.), allerdings relativiert sich bei einer Minderung die Bedeutung der Belastung in der Bilanz.

Zur Untermauerung der oben genannten Aspekte wird insbesondere hinsichtlich der Minderung von Quecksilberemissionen empfohlen, für die derzeit praktizierte Mitverbrennung von EBS in Braunkohlekraftwerken von Vattenfall entsprechende Versuche unter Einsatz der beschriebenen Minderungstechniken (ACI und/oder BBA) durchzuführen.

Über die beschriebenen Aspekte hinaus ist ein weiterer Aspekt die unvollständige Datelage zu Quecksilbergehalten in den verschiedenen Abfallströmen. Auch hier wäre es, wie in der Vorläuferstudie für Heizwerte und Kohlenstoffgehalte geäußert, ein an die Akteure gerichteter Wunsch, über entsprechende Analysen belastbarere Daten zu erhalten.

7 Lenkungsinstrumente für ausgewählte Abfallarten

In der Vorläuferstudie wurde vor allem für die Abfallarten, die eine besondere Mengen- und Klimagasrelevanz aufwiesen, in einem Kapitel Maßnahmenkatalog entsprechende Instrumente zur Lenkung und Optimierung für die Entsorgung dieser Abfallarten aufgezeigt. Diese Instrumente für die Maßnahmen werden hier aufgegriffen und durch neue Erkenntnisse der Klimagas- und Umweltbilanz ergänzt. Es wird darauf hingewiesen, ob es sich um kommunale oder nicht kommunale Abfälle handelt, da dieser Aspekt für das Land Berlin besonders wichtig ist, da dadurch der Einflussbereich abgegrenzt wird. Eine Übersicht zu allgemeinen Instrumenten zur Lenkung der Abfallentsorgung ist der Vorläuferstudie zu entnehmen.

7.1 Haus- und Geschäftsmüll (kommunaler Abfall)

Haus- und Geschäftsmüll stellt nach den mineralischen Abfällen den mengenmäßig bedeutendsten Abfallstrom in Berlin dar. Für die Klimagasbilanz hat diese Abfallart den größten Einfluss auf das Ergebnis für eine klimafreundliche Abfallwirtschaft in Berlin. Dies gilt analog auch für die Schonung fossiler Rohstoffe, da die Bilanzierung des kumulierten fossilen Energieaufwands weitgehend mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz korreliert. Hinsichtlich weiterer Aspekte der Ressourcenschonung zeigt sich die Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll relevant für die Schonung von Rohmetallen, die daraus zurückgewonnen werden. Eine Schonung von mineralischen Rohstoffen ist derzeit nicht gegeben, die anfallende Schlacke wird zur Abschlussprofilierung der BSR-Deponien eingesetzt. Die Schonung von Phosphat und Holz ist für Haus- und Geschäftsmüll nicht von Bedeutung. Bei den Luftschadstoffen Quecksilber und NO_x bedingt die überwiegend thermische Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll die höchsten Belastungen im Gesamtergebnis. Cadmiumeintrag in Boden spielt keine Rolle.

Für die im Jahr 2012 relevanten Abfallbehandlungsanlagen ergehen im Ergebnis folgende Hinweise und Empfehlungen:

- Die Behandlung über die MA Grünauer Str. sollte aus den in der Vorläuferstudie genannten Gründen vollständig aufgegeben werden (keine 30. BImSchV-Anlage).
- Für die Behandlung über das MHKW Ruhleben ist in Bezug auf die Klimagasbilanz für die Zukunft davon auszugehen, dass diese zu einem deutlich besseren spezifischen Nettoergebnis führen wird (Normalbetrieb der neuen Linie A). Dies gilt allerdings nur, wenn der bestehende KWK-Betrieb aufrechterhalten wird (s.u.).
- Die Behandlung über das EBS-KW Großräschen sollte aus Klimaschutzsicht nicht fortgesetzt werden, da es hier zu Nettobelastungen kommt.
- Sowohl die Klimagasbilanz als auch die Einsparung fossiler Rohstoffe (KEA fossil) ließen sich durch eine Steigerung der Anteile zur Mitverbrennung weiter steigern. Dem gegenüber stehen aber die damit verbundenen höheren Belastungen vor allem durch Quecksilberemissionen, aber auch von höheren NO_x-Emissionen verglichen mit der thermischen Behandlung über das MHKW Ruhleben. Aus der thermischen Behandlung über das MHKW resultieren die mit Abstand geringsten Belastungen hinsichtlich Quecksilber- und NO_x-Emissionen.

- Die derzeit abgelagerte Schlacke des MHKW Ruhleben von etwa 100.000 Mg sollte nach Beendigung der Abschlussprofilierung der BSR-Deponien, wie vor 2005, wieder im Straßenbau eingesetzt werden, wodurch gebrochene Natursteine substituiert würden.
- Das Potenzial der Metallrückgewinnung dürfte bei der Behandlung über die MPS-Anlagen weitgehend ausgeschöpft sein, bei der Behandlung über die EBS-Kraftwerke erfolgt dagegen kaum eine Rückgewinnung.

Ansonsten gilt wie in der Vorläuferstudie erwähnt, dass es generell wünschenswert wäre, in größerem Umfang belastbare Messdaten zu Heizwerten, fossilen Kohlenstoffgehalten und neu auch zu Quecksilbergehalten für die einzelnen Stoffströme zu erhalten.

Reine Verstromung im MHKW Ruhleben

Für die thermische Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll über das MHKW Ruhleben wurde der Fall einer reinen Verstromung aus dem erzeugten Dampf untersucht. Hintergrund ist die Absicht im Rahmen der Berliner Stadtwerksgründung das MHKW Ruhleben aus dem Verbund mit Vattenfall (Betreiber Turbine) herauszulösen und die Anlage künftig mit reiner Stromerzeugung zu betreiben. Konsequenz daraus ist eine geringere energetische Gesamteffizienz im Vergleich zum derzeitigen KWK-Betrieb. Für die Klimagas- und Umweltbilanz ergeben sich entsprechend auch überwiegend Nachteile aus einer solchen Umstellung (Kap. 5.7). Kostenseitig wäre die Maßnahme mit Mehrkosten verbunden (Kap. 8).

- Unter den gegebenen Randbedingungen ist von einer Umstellung des derzeitigen KWK-Betriebs auf einen reinen Kondensationsbetrieb abzuraten.

Steigerung getrennte Erfassung trockene Wertstoffe (nicht kommunaler Abfall) und Organikabfälle (überwiegend kommunaler Abfall) aus Haus- und Geschäftsmüll

In der Vorläuferstudie wurde erläutert, dass eine Steigerung der getrennten Erfassung für trockene Wertstoffe aus Haus- und Geschäftsmüll durch eine flächendeckende Einführung der Wertstofftonne sowie konsequente Nutzung von Müllschleusen bzw. Abfallmanagement in allen Großwohnanlagen sowie in größeren Blockbebauungen erreicht werden kann. Letzteres dient auch der Steigerung der getrennten Erfassung von Organikabfällen aus Haus- und Geschäftsmüll. Weitere dazu benannte Maßnahmen sind die flächendeckende Einführung der Bioabfallsammlung bis 2015 (Vorgabe Berliner Abfallwirtschaftskonzept 2011) und die Umsetzung der Getrenntsammlung von Speiseabfällen bei allen relevanten gastronomischen Betrieben.

Die flächendeckende Einführung der einheitlichen **Wertstofftonne** in Berlin zur Sammlung von Verpackungsabfällen und stoffgleichen Nichtverpackungen wurde zum 01.01.2013 zwischen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, den Berliner Stadtreinigungsbetrieben und den für die Verpackungsabfälle zuständigen Dualen Systemen vereinbart. Deren Wirkung wird sich in den folgenden Jahren in den Bilanzierungen zeigen.

Die Nutzung von **Müllschleusen** wird aus Sicht des Verbands Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen (BBU) und der degewo nur dann als zielführend angesehen, wenn bislang keine Maßnahmen des Abfallmanagements in den Wohnanlagen umgesetzt wurden bzw. aufgrund einer fehlenden Abfalltrenndisziplin überdurchschnittliche Abfallkosten entstehen. In diesen Fällen kann der Einsatz von Müllschleusen wirtschaftlich sein.

Ein **Abfallmanagement** wurde nach Mitteilung des BBU durch die sechs städtischen Wohnungsunternehmen, viele Wohnungsgenossenschaften und private Wohnungsbau-gesellschaften eingeführt, zum größeren Teil in Zusammenarbeit mit externen Fachunter-nehmen. Perspektivisch soll das Hausmüllvolumen auf durchschnittlich 60 Liter pro Wo-che und Wohnung gesenkt werden, was einen Ausbau der Müllplatzbetreuung und ein Behältermanagement voraussetzt. Zur Zielerreichung muss stets eine bedarfsgerechte Lösung für das jeweilige Wohngebiet entwickelt und umgesetzt werden, pauschale Emp-fehlungen gibt es nicht. Für das Abfallmanagement ist die Größe des Müllstandplatzes eine entscheidende Größe, die in Zusammenspiel mit dem Behältervolumen für Restmüll und Wertstoffe und dem Leerungsrhythmus bemessen werden muss.

Aus **ökologischer Sicht** gilt auch unter Einbeziehung der Umweltbilanz, dass die Steige-rung der getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen gegenüber dem Verbleib in der Restmülltonne vorteilhaft ist. Für die gesteigerte getrennte Erfassung von Organikabfall gilt dies aus Klimaschutzsicht, wie in der Vorläuferstudie gezeigt wurde, unter Beachtung der formulierten Anforderungen an entsprechende TA Luft-konforme Behandlungsan-lagen. Von der ergänzenden Umweltbilanzierung für die gesteigerte getrennte Erfassung von Organikabfall wurde in dieser Studie, vor allem in Ermangelung an belastbaren Daten für das HTC-Verfahren, abgesehen.

Für die Steigerung der getrennten Erfassung von Wertstoffen sind die grundsätzlichen Voraussetzungen durch die umgesetzte bzw. beabsichtigte flächendeckende Einführung der Wertstofftonne und der Bioabfallsammlung gegeben. Zudem sind folgende Schritte, ergänzend zu den in der Vorläuferstudie benannten, zu empfehlen:

- Fortführung des Dialogs mit den Akteuren wie BBU und Wohnungsbauunterneh-men zu den jeweiligen Zielen hinsichtlich der Reduktion des Restmüllaufkommens durch gesteigerte getrennte Erfassung von trockenen Wertstoffen und Organikab-fällen.
- Ermittlung von Wohngebietstypen mit dem Ziel, maßgeschneiderte Abfallma-nagement-Lösungen aus Gründen der Effizienz so weit wie möglich pauschalisie-ren zu können.
- Umsetzung von weiteren Projekten für diese Wohngebietstypen in Zusammenar-beit der Wohnungsunternehmen mit den Schwerpunkten Behältervolumen, Lee-rungsrhythmus, Stellplatzkapazität und Kostenverteilung sowie insbesondere auch Art und Weise einer umfassenden Information der Mieter.

7.2 Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (nicht kommunaler Abfall)

Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle stellen im Land Berlin nach den mineralischen Abfällen sowie Haus- und Geschäftsmüll eine wei-tere mengenrelevante Abfallart dar. In der Vorläuferstudie wurden Optimierungen identifi-

ziert und Maßnahmen zu deren Umsetzung benannt. Die höchste Verbindlichkeit ist dabei mit einer Novellierung der Gewerbeabfallverordnung unter Berücksichtigung der in (UBA 2011a) vorgeschlagenen Maßnahmen gegeben (siehe IFEU/ICU 2012).

In (UBA 2013/2014) wurden entsprechende Maßnahmen in zwei Szenarien untersucht. In einer Variante 1 wurde die Vorbehandlungspflicht angenommen, in einer Variante 2 die Vorbehandlungspflicht in Verbindung mit einer hochwertigen Sortierung. Das Wertstoffpotenzial (Inhaltszusammensetzung gewerbliche Siedlungsabfälle) wurde für Deutschland zu 61% ermittelt. In Variante 1 kann die Wertstoffausbeute von 7% auf 11% gesteigert werden, in Variante 2 auf 40%. In der ebenfalls in (UBA 2013/2014) durchgeführten ökologischen Betrachtung zeigt sich insbesondere die beachtliche Steigerung der Wertstoffausbeute auf 40% sehr deutlich vorteilhaft. Beispielsweise kann die Nettoentlastung der Klimagasbilanz um den Faktor 15 gesteigert werden (Kurzfassung/Zwischenbericht zum Projekt).

Für die in dieser Studie untersuchte Abfallart gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle ist dieses Ergebnis nicht direkt übertragbar da in (UBA 2013/2014) ausschließlich gewerbliche Siedlungsabfälle untersucht wurden. Jedoch zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass eine Steigerung der Wertstoffausbeute weitere relevante Entlastungspotenziale erschließt. Einzige Ausnahme stellen Quecksilberemissionen dar, die durch die gesteigerte Mitverbrennung der EBS-Fraktion ansteigen. In (UBA 2013/2014) wurden Quecksilberemissionen nicht untersucht. Für Quecksilberemissionen gibt es auch für die Mitverbrennung die Möglichkeit, Minderungsmaßnahmen umzusetzen (Kap. 6.2).

In der für 2014 geplanten Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung sollte untersucht werden, wie sich entsprechende Maßnahmen auswirken und zu welchen Kosten sie realisiert werden können.

7.3 Organische Abfälle (überwiegend kommunaler Abfall)

Für organische Abfälle wurden in der Vorläuferstudie neben der Untersuchung der gesteigerten getrennten Erfassung von Organikabfall aus Haushalten und Optimierungsmöglichkeiten für dessen Verwertung auch optimierte Verwertungsmöglichkeiten für Laub und Rasenschnitt untersucht. In den für letztere dargelegten Konzepten wurde nach Herkunft der Organikabfälle zwischen solchen, die im Regime der BSR stehen und solchen, die aus Sammlungen der Bezirksämter anfallen bzw. über GaLaBau-Betriebe erfasst werden, unterschieden. Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte aus der Vorläuferstudie, ergänzt um weitere Erkenntnisse, dargelegt.

Organikabfall aus Haushalten

Von der ergänzenden Umweltbilanzierung für die gesteigerte getrennte Erfassung von Organikabfall wurde vor allem in Ermangelung an belastbaren Daten für das HTC-Verfahren abgesehen (vgl. Kap. 5.5.2). Aus Klimaschutzsicht gilt hier weiterhin, dass diese unter Beachtung der Anforderungen an entsprechende TA Luft-konforme Behandlungsanlagen, wie sie in der Vorläuferstudie formuliert wurden, zu befürworten ist.

Die BSR ist zur Errichtung von neuen Behandlungskapazitäten unter Beachtung des zum Investitionszeitpunkt gegebenen Stands der Technik zur Emissionsminderung der zur Auswahl stehenden Verfahren bereit und hält ein entsprechendes Grundstück vor. Voraussetzung dafür ist ein mit hoher Sicherheit langfristig gegebenes Abfallaufkommen. Für den Einsatz der HTC-Technologie wird allerdings in absehbarer Zeit keine Möglichkeit gesehen, da in erster Linie die Abwasserproblematik und die schwierige Erlössituation für die Biokohle keinen wirtschaftlichen Betrieb zulassen und einen ökologischen Betrieb in Frage stellen. Die BSR werden jedoch die Technologie weiter beobachten und zu gegebener Zeit wieder aufgreifen.

In dieser Studie wurde eine ergänzende Umweltbilanzierung für die in der Vorläuferstudie durchgeführte Potenzialanalyse zur Behandlung der Organikabfälle aus Haushalten über die seit 2013 im Probetrieb befindliche BSR-Vergärungsanlage mit einer weitergehenden Minimierung der Klimagasemissionen aus der Gärrestbehandlung vorgenommen. Wie für die Klimagasbilanz zeigt sich diese Maßnahme auch hinsichtlich der fossilen Rohstoffschonung und Ammoniakemissionen als vorteilhaft gegenüber der bisherigen Kompostierung. Die angenommene optimierte Behandlung der festen und flüssigen Gärreste spielt auch hierbei eine wesentliche Rolle für das gute Ergebnis.

Festzuhalten ist jedoch, dass die durchgeführten Berechnungen auf Planungswerten und Annahmen für die Vergärungsanlage basieren und Emissionen aus der Literatur verwendet werden mussten (gewitra 2009), die selbst auf wenigen Messwerten basieren. Seitens des UBA war aus diesem Grund ein Folgeprojekt¹⁹ veranlasst worden, das aber weiterhin unveröffentlicht ist. Die Veröffentlichung war ursprünglich auf Wunsch der durchführenden Firma gewitra gemeinsam mit einem BMU-Vorhaben²⁰ geplant. Für letzteres liegt der Endbericht seit Juli 2013 vor. In dem BMU-Vorhaben wurden 12 Bioabfallvergärungsanlagen messtechnisch untersucht und für diese Treibhausgasbilanzen angefertigt. Im Ergebnis dieser Bilanzierung zeigt sich, dass nur fünf der 12 Anlagen im Nettoergebnis eine Entlastung erreichen! (BMU-Studie: Abbildung 6-9). In der BMU-Studie heißt es, dass im Einzelnen sich auf Seiten der anlagenseitigen Emissionen in besonders hohem Maße sehr hohe Emissionen aus der Nachkompostierung und aus den Biofiltern auswirken. Entscheidend für möglichst geringe klimarelevante Emissionen sind eine ausreichend lange Verweilzeit der Vergärung, eine gute fachliche Praxis der Nachkompostierung (kleine Mieten, aktive Belüftung, saurer Wäscher vor Biofilter), die Vermeidung einer offenen Lagerung von Gärrückständen und Gärprodukten (ideal Gärrestlager gasdicht mit Gasnutzung) sowie eine intensive, schnelle Aerobisierung der festen Gärreste. Letzteres wird für eine emissionsreduzierte Weiterbehandlung als unbedingt notwendig erachtet. Allerdings war nur eine der untersuchten Anlagen mit einem entsprechenden definierten Verfahrensschritt ausgestattet.

Das Ergebnis der BMU-Studie unterstreicht, wie wichtig es ist, die Emissionssituation an einer Anlage durch Messungen zu analysieren, um mögliche Schwachstellen und damit weitere Optimierungspotenziale zu ermitteln. Im Einzelfall können die Werte deutlich nach

¹⁹ Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, UBA-Projekte: UFOPLAN 2006 FKZ 206 33 326 und UFOPLAN 2009 FKZ 3709 44 320, unveröffentlicht.

²⁰ Analyse von Emissionen klimarelevanter Gase durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der Biogasgewinnung aus Abfällen. BMU-Projekt: FKZ 03KB027. Durchgeführt durch das DBFZ in Zusammenarbeit mit weiteren Autoren (Dr. Carsten Cuhls, Birte Mähl, Dr. Jürgen Reinhold), Juli 2013.

oben oder unten abweichen. Um hier eine bessere Aussagesicherheit zu erreichen, wird für die BSR-Vergärungsanlage empfohlen, im Rahmen der von den BSR nach einem Betriebsjahr beabsichtigten Evaluierung der Anlage voraussichtlich gegen Ende 2014, Emissionsmessungen an relevanten Stellen der Anlage vorzunehmen und mit den für die Bilanzierung verwendeten Faktoren nach (gewitra 2009) abzugleichen. Insgesamt sind mindestens folgende repräsentative Messungen zu empfehlen:

- Methan- und Lachgasemissionen der Entwässerung
- Methan-, Lachgas-, Ammoniakemissionen der Aerobisierung
- Methan-, Lachgas-, Ammoniakemissionen vor und nach Biofilter
- Restgaspotenzial des flüssigen Gärproduktes
- Restgaspotenzial des festen Gärproduktes

Abrundend ist es wünschenswert, über Messdaten zur Qualität der erzeugten festen und flüssigen Gärreste zu verfügen. Die Gärreste bestimmen über ihren Nährstoff- und Organikgehalt über das Entlastungspotenzial in der Bilanzierung. In der vorliegenden Berechnung mussten hier Modellrechnungen vorgenommen werden.

Laub und Grasschnitt

Für Laub und Grasschnitt wurden in der Vorläuferstudie zwei Konzepte für neu zu errichtende Anlagen entwickelt, getrennt für Organikabfälle, die im Regime der BSR stehen und Organikabfälle, die über Bezirksämter und GaLaBau-Betriebe anfallen.

Für **Organikabfälle im Regime der BSR** wurde eine Mitbehandlung in zwei neu zu errichtenden Anlagen, eine Vergärung und eine HTC-Anlage, für künftig zusätzlich getrennt erfasste Organikabfälle aus Haushalten dargelegt. Für deren Umsetzung wurden als weitere erforderliche Schritte zunächst eine Standortsuche und Vorplanungen für die beiden Anlagen angesehen sowie großtechnische Versuche zur Ballierung und Zwischenlagerung von Straßenlaub.

Wie im voranstehenden Abschnitt zu Organikabfall aus Haushalten geschildert, ist die BSR grundsätzlich zur Errichtung neuer entsprechender Behandlungskapazitäten bereit, wobei allerdings für den Einsatz der HTC-Technologie absehbar keine Möglichkeit gesehen wird. Zur optimierten Lagerung von Laub führte die BSR im 4. Quartal 2013 Untersuchungen zu verschiedenen Techniken inkl. der Ballierung durch. Ergebnisse lagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vor.

Für sonstiges **Laub und Grasschnitt aus den Bezirken und von den GaLaBau-Betrieben** wurde in der Vorläuferstudie die Behandlung in verschiedenen Anlagen dargelegt. Für Laub waren dies eine Behandlung über HTC oder durch Mitverbrennung ggf. nach einer Trocknung bzw. alternativ eine teilweise Mitbehandlung über MBS-, MPS-, MA-Anlagen im Rahmen der zum Stand 2010 freien Verwertungskapazitäten. Für Mähgut wurde eine Behandlung über HTC (ggf. gemeinsam mit Laub) oder eine Vergärung vorgeschlagen.

Zur Trocknung von Laub wurde in Kapitel 5.5.1 ausgeführt, dass diese zwar technisch machbar ist, aber eine schlechte Energieeffizienz aufweist und mit einem hohen Logistik- und Kostenaufwand verbunden ist. Die HTC-Behandlung wird seitens Vattenfall als technisch noch nicht erprobt bewertet. Es werden Kesselkorrosionen und emissionsschutzrechtliche Schwierigkeiten befürchtet. Allerdings wurde die direkte Mitverbrennung von

Laub als Möglichkeit der optimierten Verwertung gesehen. Zur Durchführung entsprechender Versuche haben sich die Betreiber des IKW Rüdersdorf bereit erklärt und bereits entsprechende Vorbereitungen getroffen (Planung, Genehmigungsantrag). Als Versuchszeitraum ist April/Mai 2014 vorgesehen, wenn wieder ausreichend „frisches“ Laubmaterial anfällt. Die benötigten Laubmengen werden durch die BSR bereitgestellt (vgl. Kap. 5.5.1).

Aus Klima- und Umweltschutzsicht ist durch die geplante Maßnahme eine Verbesserung gegenüber der Ist-Situation zu erwarten. Im Rahmen der für 2014 geplanten Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung sollte dieser Verwertungsweg über das IKW Rüdersdorf unter Einbeziehung der Erkenntnisse aus den Versuchen der BSR zur Lagerung von Laub untersucht werden.

Für Grasschnitt gilt ähnlich wie zuvor für andere organische Abfälle beschrieben, dass das HTC-Verfahren momentan nicht als anwendbar gesehen wird (s.o. und Kap. 5.5.2). Voraussetzung für privatwirtschaftliche Initiativen wäre – ebenso wie für Laub – eine Investitionssicherheit bezüglich der mittelfristigen Verfügbarkeit der Materialien. Die üblicherweise von den Bezirksämtern nur über ein Jahr abgeschlossenen Entsorgungsverträge müssten mindestens auf 3-, besser 5-Jahresverträge ausgeweitet werden.

Die Vergärung von Grasschnitt wurde seitens Vattenfall bereits vor mehreren Jahren mit dem Grünflächenamt Spandau geprüft. Die Option wurde damals verworfen, da sowohl das Auffinden eines Anlagenstandortes als auch die Konservierung der Materialien im Stadtgebiet Berlins nicht umsetzbar erschien. Vattenfall hat sich jedoch bereit erklärt das Thema nochmals aufzugreifen und vertieft zu untersuchen.

Die Fortführung des entsprechenden Dialogs ist zu befürworten, da aus Klima- und Umweltschutzsicht durch eine kombinierte stoffliche und energetische Nutzung von Grasschnitt gegenüber der bisherigen Kompostierung eine Verbesserung zu erwarten ist. Die in der Vorläuferstudie formulierten Anforderungen an entsprechend neu zu errichtende Anlagen sollten bei ggf. konkreter werdender Planung berücksichtigt werden.

7.4 Klärschlamm (kommunaler Abfall)

Für die Behandlung von Klärschlamm wurden in der Vorläuferstudie in Bezug auf den Klimaschutz vor allem Optimierungspotenziale für die Behandlung über die **KSVA Ruhleben** identifiziert und entsprechende Maßnahmen formuliert. Im Einzelnen waren dies:

- a) die Erhöhung der Entwässerungsleistung,
- b) die Minderung der N₂O-Emissionen durch feuerungstechnische Maßnahmen,
- c) eine verbesserte Dampfnutzung,
- d) die Erzeugung von HTC-Kohle aus gefaultem Klärschlamm als Heizölersatz.

Der Punkt a) wurde seitens der BWB mittlerweile umgesetzt. Durch neue Zentrifugen konnte der TS-Gehalt im entwässerten Rohschlamm von 26% auf 29% gesteigert und entsprechend der Heizölbedarf deutlich reduziert werden, was sich vorteilhaft in der Klimagas- und Umweltbilanz auswirkt.

Für die Minderung von N₂O-Emissionen (b) wurde aus dem Fachaustausch mit Vattenfall als Betreiber der Hamburger Klärschlammverbrennungsanlage VERA deutlich, dass eine Erhöhung der Freiraumtemperatur (unabhängig von der Betttemperatur) unter anderem möglich ist, wenn der TS-Gehalt des eingesetzten Klärschlammes bei 40% liegt. Eine ent-

sprechende weitere Steigerung der o.g. Entwässerungsleistung dürfte allerdings nicht möglich sein, so dass zur N₂O-Minderung an der KSVa Ruhleben andere Lösungsmöglichkeiten zu prüfen wären. Für die KSVa Ruhleben wurde in der Vorläuferstudie dringend empfohlen, Emissionsmessungen für N₂O und NO_x unter verschiedenen Betriebszuständen durchzuführen. Aus den Informationen von Vattenfall konnten hier weitere Erkenntnisse gewonnen werden (vgl. Kap. 5.4.1). Allerdings gilt für die KSVa Ruhleben weiterhin, dass zumindest die aktuelle N₂O-Emissionssituation ermittelt werden sollte (Bilanzierung basiert wie in der Vorläuferstudie auf Messungen von Mitte der 90er). Seitens der BWB werden losgelöste Messungen als nicht zielführend angesehen, da weder in Deutschland noch in der EU gesetzlich vorgeschriebene Grenzwerte oder eine Initiative dazu für N₂O aus der Klärschlammverbrennung bekannt sind und Minderungsziele nur bei einer Gesamtbetrachtung aller Umweltauswirkungen der Anlage definiert werden können. Allerdings lehnen die BWB Messungen von Lachgas nicht grundsätzlich ab und würden an einer umfassenden wissenschaftlichen Studie, beispielsweise unter Regie des Umweltbundesamtes, an der mehrere vergleichbare Anlagen beteiligt sind, mitarbeiten. Ziel der Studie wäre die Erarbeitung von nachhaltigen Emissionsminderungskonzepten. Aus Sicht der Gutachter wird dies begrüßt und es wird empfohlen, einen entsprechenden Vorschlag beim Umweltbundesamt einzubringen. Als Basis dafür wären aktuelle N₂O-Emissionsmessungen umso wichtiger, um die aktuelle Bedeutung eines solchen Forschungsvorhabens darzulegen.

Für den Punkt c) wurde seitens den BWB erläutert, dass bereits bei der Planung und auch im Folgenden in Gesprächen mit Vattenfall die Möglichkeit einer optimierten Dampfnutzung angestrebt wurde, aber nicht realisiert werden konnte. Die Turbinen wurden 2007/2008 angeschafft, eine vorzeitige Neuanschaffung von geringfügig effizienteren Turbinen ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar, aber es besteht Bereitschaft zu erneuten Gesprächen mit Vattenfall zu Möglichkeiten der optimierten Dampfnutzung.

Die Erzeugung von HTC-Kohle (d) wird derzeit kritisch gesehen aufgrund der erheblichen Auswirkungen, die das HTC-Verfahren auf den Gewässerschutz haben kann bedingt durch die hohe CSB-Belastung des Prozesswassers mit erheblichen Anteilen an nicht abbaubaren Substanzen. Dennoch wird die Entwicklung des HTC-Verfahrens weiter verfolgt durch Gespräche mit Anlagenherstellern und durch wissenschaftlichen Austausch.

In Bezug auf die letzten beiden Aspekte sind weitere Gespräche zwischen den Akteuren und auch weitere, gemeinsam unterstützte Versuche zu Optimierungen insbesondere bezüglich des HTC-Verfahrens zu empfehlen. Vorstellbar ist, dass die fundierte Fachkenntnis der BWB einen wichtigen Beitrag dazu leisten kann, technische Maßnahmen zur Minderung der CSB-Belastung des Prozesswassers zu erkunden. Entsprechende Messungen für das HTC-Verfahren, die auch Luftemissionen umfassen, sind aus gutachterlicher Sicht unabdinglich, um die Auswirkungen auf die Klimagas- und Umweltbilanz belastbar abbilden zu können.

Für **gefauten und getrockneten gefauten Klärschlamm**, der derzeit überwiegend mitverbrannt wird, wurden in dieser Studie die Auswirkungen einer Umlenkung hin zu einer bezüglich N₂O emissionsreduzierten Monoverbrennung mit anschließender Phosphatrückgewinnung aus der Verbrennungsasche untersucht. Im Ergebnis zeichnen sich gegenläufige Effekte ab. Durch die Monoverbrennung entgehen Entlastungseffekte für den Klimaschutz, die bei der Mitverbrennung durch die heizwertäquivalente Substituti-

on von Kohle gegeben sind. Umgekehrt zeigen sich aber Vorteile hinsichtlich Quecksilberemissionen. Als Mittelweg über alle betrachteten Indikatoren hinweg könnte eine optimierte Monoverbrennung gesehen werden, die eine vollständige Kraft-Wärme-Kopplung realisieren kann (Szenario 1A, Kap. 5.4.1). Nach derzeitigem Kenntnisstand ist dies am Standort Ruhleben nicht möglich. Hier sollten weitere Möglichkeiten geprüft werden. Umgekehrt kann es auch sinnvoll sein, die Mitverbrennung zu optimieren und entsprechende Maßnahmen anzustreben (vgl. Kap. 6.2).

7.5 Mineralische Abfälle (überwiegend nicht kommunaler Abfall)

Mineralische Abfälle sind der mengenmäßig mit Abstand relevanteste Abfallstrom in Berlin. Ihre Entsorgung bedingt keine nennenswerten Auswirkungen auf den Klimaschutz (Ausnahme Asphalt) und wurde, wie in der Vorläuferstudie, in der Bilanz mit Null bewertet. Hinsichtlich der Umweltbilanz ist ausschließlich der Aspekt der mineralischen Ressourcenschonung relevant. Eine Ressourcenschonung erfolgt umso umfassender, je höher die Anteile sind, zu denen mineralische Abfälle in Hoch- und Tiefbaumaßnahmen eingesetzt werden, wodurch massenäquivalent mineralische Rohstoffe ersetzt werden (z.B. im Straßenbau gebrochene Natursteine, im Hochbau Baukies im Beton). Beim Einsatz auf Deponien, Ablagerungen und Tagebauen wird keine Substitution von mineralischen Rohstoffen angerechnet (vgl. Kap. 2.1.3).

Für **Boden und Steine** sowie **Bauschutt** wurde bereits in der Vorläuferstudie auf das Potenzial zur Steigerung der Verwertung in Bau- bzw. Straßenbaumaßnahmen hingewiesen, um Kreisläufe zu schließen. Auch im Jahr 2012 besteht weiterhin ein hohes Restpotenzial. Für Bauschutt empfiehlt sich eine vertiefte Untersuchung, ob und wie dieses Potenzial u.a. durch ein Stoffstrommanagement und Initiierung einer verstärkten Nachfrage perspektivisch erschlossen werden könnte. Hierdurch könnten zusätzliche Absatzwege wie der Einsatz im RC-Beton (Gesteinskörnung 2), der Einsatz von Bauschuttfractionen in hydraulisch gebundenen Tragschichten sowie ein verstärkter Einsatz von rezykliertem Ziegelmaterial zur Potenzialerschließung dienen.

Für **Beton** und **Asphalt** wurden in der Vorläuferstudie konzeptionelle Schritte empfohlen. Zwischenzeitlich wurde für Beton das geplante Pilotprojekt zur Förderung der Verwertung von RC-Beton im Hochbau durch die Senatsumweltverwaltung initiiert. Zudem wurde durch die Senatsumweltverwaltung mit fachlicher Unterstützung des Umweltbundesamtes ein Strategiepapier „zur Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine umweltverträgliche Beschaffung“ erarbeitet. Die Unterlage enthält neben grundsätzlichen Anmerkungen zur umweltverträglichen und ressourcenschonenden Beschaffung auch entsprechende Leistungsblätter mit ökologischen Mindestkriterien für den Einsatz von geeigneten und zugelassenen Recyclingbaustoffen im Hoch- und Tiefbau.

Gipsabfälle waren in der Vorläuferstudie nachrichtlich bilanziert worden. Im Rahmen dieser Studie konnte festgestellt werden, dass die Verwertung von Gipsabfällen, wie bei den meisten mineralischen Abfällen, ohne nennenswerten Einfluss auf die Klimagasbilanz bleibt (vgl. Kap. 4.1.4), auch hier ist ausschließlich der Aspekt der mineralischen Ressourcenschonung relevant. Gipsabfälle werden aktuell als Monofraktion abgelagert. Eine stoffliche Verwertung ist grundsätzlich möglich, sofern es sich um stofflich verwertbare Gipsplatten handelt. Das Ziel einer vollständigen stofflichen Verwertung passt auch in die Umsetzungsstrategie des Bundesverbandes der Gipsindustrie, die sich derzeit auf die

Initiierung von Pilotvorhaben in Ballungsräumen konzentriert, da dort mit attraktiven Mengenströmen zu rechnen ist und im Fall Berlin gleichzeitig mehrere Gipskartonwerke für eine Abnahme von RC-Gips infrage kommen. Voraussetzung ist, dass das Ende der Abfalleigenschaft für RC-Gips im Rahmen des Genehmigungsverfahrens bestätigt wird. Die MUEG plant eine Gipsaufbereitungsanlage im Großraum Berlin zu errichten.

Für die Umsetzung einer hochwertigen stofflichen Verwertung, wie sie bereits in nahezu allen europäischen Nachbarstaaten Deutschlands praktiziert wird, sind stabile marktpolitische Rahmenbedingungen erforderlich. Insbesondere sollte die Senatsumweltverwaltung als öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger (ÖRE) des Landes Berlin eine solche hochwertige Verwertungskonzeption für Gipsabfälle unterstützen, indem sie folgende Maßnahmen initiiert:

- Vorgaben zur sortenreinen Getrenntsammlung von Gipsabfällen, insbesondere bei allen öffentlichen Bauvorhaben des Landes Berlin sowie Benutzung eines hochwertigen stofflichen Verwertungsverfahrens.
- Umlenkung der anfallenden Gipsabfälle in ein Verwertungsverfahren: Im Sinne des Verwertungsgebotes und zur Umsetzung der vom Land Berlin festgelegten abfallwirtschaftlichen Ziele sollte die Beseitigung von gipshaltigen Bauabfällen auf den MEAB-Deponien durch entsprechende Maßnahmen eingeschränkt werden. Insbesondere sollte das Land Berlin darauf hinwirken, dass die derzeitigen MEAB-Deponierungspreise für Gips von rund 25 €/Mg auf zumindest rund 35 €/Mg frei Deponie angehoben werden. Neben einer relevanten Ressourcenschonung durch eine Gipsverwertung könnten zudem Sulfatbelastungen im Deponiesickerwasser vermindert sowie die Bildung von Schwefel-Wasserstoff vermieden werden.
- Umfassende Informationen für Bau- und Abrissunternehmen über die Möglichkeiten der stofflichen Verwertung gipshaltiger Abfälle im Land Berlin. Wissenschaftlich begleitete Pilotprojekte im Rahmen öffentlicher Bauvorhaben können zudem die Akzeptanz dieses Verfahrens in der Entsorgungswirtschaft erhöhen.

7.6 Weitere Abfälle

Im Rahmen dieser Studie wurde über die zuvor beschriebenen Abfallarten hinaus eine weitergehende Umweltbilanzierung und Prüfung weiterer Entlastungspotenziale für die Verwertung von **Altreifen** (überwiegend nicht kommunaler Abfall) durchgeführt. Untersucht wurde, wie in der Vorläuferstudie, der Fall einer gesteigerten stofflichen Verwertung auf 80% (Kap. 5.8). Im Ergebnis zeigt sich dadurch über alle untersuchten Indikatoren eine Verbesserung. Entsprechend bestätigt sich die Empfehlung der Vorläuferstudie, dass die stoffliche Verwertung vorrangig angestrebt werden sollte unter der Bedingung, dass die vorgegebenen Kriterien erfüllt sind (Hochwertigkeit der Verwertung durch Substitution von synthetischem Gummi oder thermoplastischen Polymeren). Dies wird bei der Fortschreibung der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU) im Jahr 2014 aufgegriffen und darin Mindestanforderungen an die stoffliche Verwertung formuliert.

Für einige Abfallarten wurde davon ausgegangen, dass sie kein Quecksilber enthalten, entsprechend vorteilhaft zeigt sich das Bilanzergebnis für diesen Indikator. Zu diesen Abfällen zählen **Alteppiche und Rechengut** (überwiegend kommunaler Abfall). Die getroffene Annahme sollte perspektivisch durch entsprechende Stoffanalysen überprüft wer-

den. Insbesondere für Altteppiche und Rechengut ist dies relevant, da Rechengut über die Behandlung über die MBS ZAB Niederlehme zu EBS aufbereitet und überwiegend mitverbrannt wird und für Altteppiche wurde aus Klimaschutzsicht die Mitverbrennung als Optimierungspotenzial benannt, vorbehaltlich deren Eignung.

In der ergänzenden Umweltbilanzierung der Entsorgung von **Altfett** (überwiegend nicht kommunaler Abfall) zur Herstellung von Fettmethylester zum Einsatz in Dieselfahrzeugen zeigt sich, dass der vergleichsweise sehr hohen spezifischen Nettoentlastung in der Klimagasbilanz eine ebenfalls vergleichsweise sehr hohe spezifische Belastung hinsichtlich der NO_x-Emissionen gegenüber steht. Bei der Fortschreibung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz sollte dies hinsichtlich Optimierungsmöglichkeiten analysiert werden.

In der Vorläuferstudie war hinsichtlich **Elektroschrott** (überwiegend kommunaler Abfall) ein Optimierungsszenario zur gesteigerten getrennten Erfassung aus Haus- und Geschäftsmüll betrachtet worden. Für die angenommene zusätzliche Entnahme von 2.000 Mg Elektrokleingeräten wurde ein nennenswerter Klimaschutzbeitrag ermittelt. Als Möglichkeiten zur Steigerung der getrennten Erfassung wurde das Aufstellen von Sammeltonnen z.B. an Arbeitsstellen in öffentlichen Gebäuden oder an Großwohnanlagen genannt sowie die Einführung eines Holsystems durch Anbindung an die Sperrmüllsammlung auf Bestellung. Hierzu wurde seitens den BSR mitgeteilt, dass die BSR eine Vielzahl von entsprechenden Maßnahmen anstrebt. So die Aufstellung von „E-Boxen“ im öffentlichen Straßenland oder in Großwohnanlagen. Zudem soll eine haushaltsnahe Sammlung in verschiedenen Pilotversuchen in unterschiedlichen Siedlungsstrukturen erprobt werden.

Für **Straßenkehrricht** (überwiegend kommunaler Abfall) wurde in der Vorläuferstudie empfohlen, die Behandlung vollständig über die gbav oder eine vergleichbare Anlage durchzuführen, bei der die Abfälle gewaschen werden unter Erzeugung einer Mittelfraktion, die zu EBS aufbereitet in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt werden kann. Der Fachaustausch im Rahmen dieser Studie zeigte jedoch, dass eine Waschung der Straßenkehrrichtabfälle nur für überwiegend mineralische Anteile technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist und die Zusammensetzung des Straßenkehrrichts wiederum sehr stark von den jährlichen Witterungsbedingungen abhängt (vgl. Kap. 4.6). Anzustreben wäre eine weitere Trennung der organischen und mineralischen Bestandteile, was seitens den BSR auch bereits bei der Erfassung möglichst weitgehend versucht wird (separate Aufnahme von Organik-Kehrricht, zeitnahe Laubsammlung). Für die künftige Behandlung sollte geprüft werden, inwiefern darüber hinaus eine mechanische Trennung, ggf. durch optimierte Siebtechnik, möglich ist.

8 Kostenbetrachtung

In der Vorläuferstudie wurden bereits Kostenabschätzungen zu den verschiedenen abfallwirtschaftlichen Maßnahmen getroffen. Die spezifischen Mehrkostenansätze für die in Kapitel 5 beschriebenen Maßnahmen zur Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen bis 2020 werden in dieser Studie beibehalten, sofern sich keine neuen Erkenntnisse ergeben haben.

8.1 Abschätzung der spezifischen Mehrkosten

Für die in Kapitel 5 betrachteten Maßnahmen werden folgende spezifische Mehrkosten angesetzt:

➤ Nicht überlassungspflichtige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle

Für die optimierte Vorbehandlung zur Erhöhung der Wertstoffausbeute sowie die Erzeugung einer hochwertig verwertbaren EBS-Fraktion ist, wie in (IFEU/ICU 2012) beschrieben, eine umfassendere Sortierung der Abfälle erforderlich, die gegenüber der weitgehend erfolgenden einfachen Sortierung entsprechende Mehrkosten bedingt. Demgegenüber ist die Erlösseite für die zusätzlich ausgebrachten Wertstoffe zu beachten. Durch die stark konjunkturbedingte Dynamik der Erlöse für aussortierte Wertstoffe (massenbestimmend sind insbesondere PPK und Kunststoffe) können wertstofforientierte Sortierungen bereits mit 20-30 €/Mg aus der Erlöslage für Wertstoffe beeinflusst werden (u.e.c. 2008). Als relativ verlässlich wird demgegenüber in (UBA 2011a) ein Trend sinkender Zuzahlungen bei der EBS-Verwertung beschrieben. In dieser, wie auch der für die Berliner Senatsumweltverwaltung gefertigten Studie zur Gewerbeabfallverwertung (u.e.c. 2008), konnten daher nur Modellannahmen zu den Gesamtkosten der Sortierung getroffen werden. Die Sortierkosten selbst werden von (u.e.c. 2008) für die Berliner Sortieranlagen zwischen 46 und 82 €/Mg (ohne Entsorgungsaufwand) eingestuft, der Personalaufwand erhöht sich um 15 €/Mg bei einer stärker auf Wertstoffrückgewinnung orientierten Sortierung. Nach den Modellannahmen in (UBA 2011a) wird der Sortieraufwand einer wertstofforientierten Sortierung um 4 €/Mg höher eingeschätzt als bei einer überwiegend EBS-orientierten.

Unter Berücksichtigung der derzeit eher niedrigeren Sortierkosten in Berlin wird in dieser Studie ein Mehrkostenbetrag für die optimierte Sortierung von 15 €/Mg (+/- 5 €/Mg) angenommen. Mehrerlöse für die höhere Wertstoffausbeute werden aufgrund der starken Marktschwankungen nicht eingerechnet.

➤ Bioabfall aus Haushalten

Die Mehrkosten für die Bioabfallbehandlung in der neuen **Bioabfallvergärungsanlage** der BSR werden mit 40 €/Mg (+/- 5 €/Mg) gegenüber der derzeitigen Verwertung über Einfachkompostierung angesetzt. Die Mehrkosten für die weitergehende Optimierung der Gärrestbehandlung durch gasdichte Gärrestlagerung und Gärrestnachrotte nach guter betrieblicher Praxis werden mit rund 6 €/Mg berechnet. In Summe liegen die Mehrkosten entsprechend bei 46 €/Mg.

Für die Abschätzung der Mehrkosten für **zusätzlich erfasste Bioabfallmengen** (103.383 Mg/a) durch flächendeckende Ausweitung der Bioabfallsammlung (siehe Vorläu-

ferstudie) wurde auf durchgeführte Studien zurückgegriffen. Hier wurden zusätzliche Sammlungskosten in Höhe von 100 €/Mg für die Bioabfallmengen in den Außenbezirken angesetzt, die zusätzlichen Innenstadtmengen werden wegen der Erfassung im bestehenden Sammlungssystem als kostenneutral angenommen. Die Behandlung wird pauschal mit 75 €/Mg veranschlagt (ICU 2008). In (ICU 2008) wurde damals in gemeinsamer Abschätzung mit den BSR eine Entlastung des Hausmüll-Sammelaufwands in Höhe von 20% des zusätzlichen Bioabfallsammlungsaufwands veranschlagt. Dieser Ansatz wird weiterhin beibehalten, da der Entzug von Organik aus dem Hausmüll den Logistikaufwand auf Seiten des Hausmülls nur geringfügig vermindert.

An weiteren Kostenentlastungen werden 65 €/Mg auf Seiten der Hausmüllentsorgung und 90 €/Mg für Laubsacksammlung und -verwertung angenommen. Die größte Kostenwirkung entfaltet die Gutschrift für die Hausmüllentsorgung durch die Entnahme von Bioabfall.

Eine Übersicht zu den genannten Kostenansätzen ist der Vorläuferstudie zu entnehmen (IFEU/ICU 2010, Tab. 2-5). Die daraus abgeschätzten Mehrkosten der erweiterten Bioabfallsammlung berechnen sich zu rund 89 €/Mg. Unter Veränderung jeder oben genannten Hauptposition (Bioabfallsammlung, -behandlung, Hausmüll-Behandlungsgutschrift, Laubsacksammlung, -verwertung) um +/-10 €/Mg ergibt sich eine Spannbreite von rd. +/- 24 €/Mg.

➤ **Trockene Wertstoffe aus Haushalten**

Für die zusätzliche Entnahme von Wertstoffen aus dem Haus- und Geschäftsmüll (69.394 Mg/a, siehe Kapitel 5.3) wird kostenseitig von folgenden Annahmen ausgegangen:

Das zusätzlich gesammelte Papier wird als kostenneutral eingestuft. Für die zusätzlich gesammelten LVP und stoffgleichen Nichtverpackungen werden 168 €/Mg nach (UBA 2011b) abzüglich eingesparter Sammlungs- und Behandlungskosten für Hausmüll von rund 130 €/Mg angesetzt. Der Nettomehraufwand für die gesteigerte getrennte Erfassung trockener Wertstoffe beträgt somit rund 40 €/Mg (+/- 5 €/Mg).

➤ **Gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm**

Derzeit wird gefaulter und getrockneter gefaulter Klärschlamm zum größten Teil (mit 38.017 Mg TS/a) in Kraft- und Zementwerken mitverbrannt. Zur Erschließung weiterer Klimagas- und Umweltentlastungspotenziale wurde eine Umlenkung hin zu einer Monoverbrennung in einer neu zu errichtenden Klärschlammverbrennungsanlage (KVA) inklusive Phosphatrückgewinnung aus der Verbrennungsgasasche untersucht (vgl. Kap. 5.4.1).

Im betrachteten Szenario 2 ist für die neu zu errichtende, mit SNCR ausgestattete KVA sowie für die zusätzliche Trocknung der 6.000 Mg TS bzw. rd. 23.700 Mg FS gefaultem Klärschlamm auf 94,6%TS mit Kosten von 65 bis 90 €/Mg FM zu rechnen. Diese Kosten liegen in der Größenordnung, die in der Klärschlammstudie von (Trend Research 2012) ermittelt wurden. Die derzeitigen Entsorgungskosten der unterschiedlichen Entsorgungswege (Kraftwerke bzw. Trocknung und Zementwerk) liegen bei rd. 45 €/Mg²¹. Damit liegen die Mehrkosten einer neu zu errichtenden optimierten KVA inkl. der Kosten für die zusätzliche Trocknung bei 20 bis 45 €/Mg FM.

²¹ Telefonische Auskunft BWB im März 2012.

Als Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphat aus der Klärschlammasche der neu zu errichtenden KVA wurde modellhaft das PASCH-Verfahren ausgewählt (vgl. Kap. 5.4.1). Dieses Verfahren weist das beste Kosten/Nutzenverhältnis auf. Abbildung 8-1 zeigt die Kostenwerte (je Einwohner und je kg gewonnenen Phosphors) und Effizienz der in (Pinnekamp et al. 2011) untersuchten Verfahren.

Für die Phosphat-Recyclingverfahren aus der Klärschlammasche wurde hier modellhaft das System eingesetzt, welches das beste Kosten/Nutzenverhältnis aufweist. Abbildung 8-1 weist die Kostenwerte (je Einwohner und je kg gewonnenen Phosphors) und Effizienz der dort untersuchten Verfahren aus.

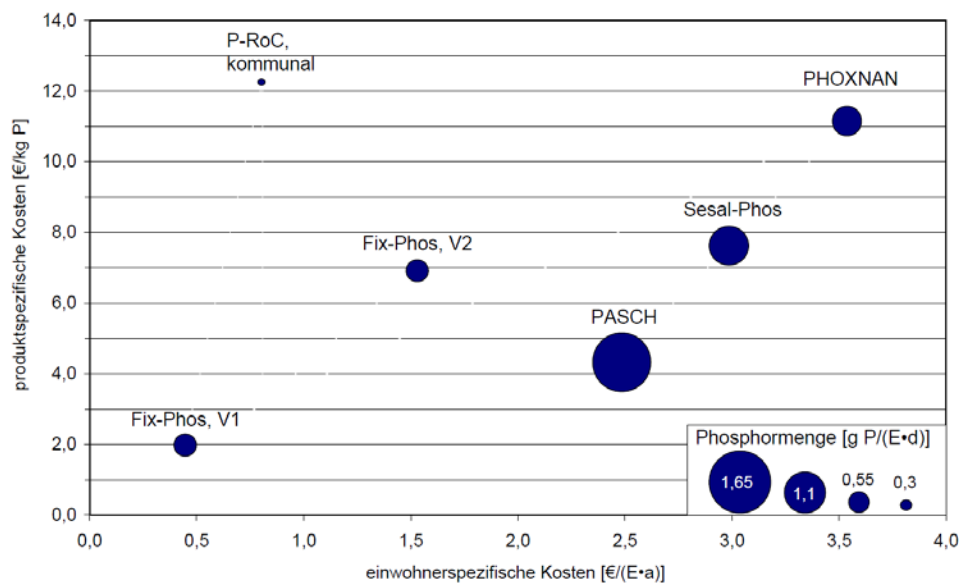


Abbildung 8-1 Phosphatrückgewinnungsverfahren nach Kosten und Rückgewinnungsgrad (aus Pinnekamp et al. 2011)

Die Tabelle zeigt die Kosten pro kg Phosphor (P), im Weiteren wird das Ergebnis auf Phosphat (P_2O_5) umgerechnet. Für die Untersuchung wird das PASCH-Verfahren mit vergleichsweise niedrigen Behandlungskosten im Bereich von 4,50 €/kg P herangezogen. Davon abziehen sind die Erlöse für den gewonnenen Phosphor, angesetzt mit 1,50 €/kg P, so dass netto 3,00 €/kg P bzw. umgerechnet rd. 1,30 €/kg Phosphat (P_2O_5) an Gewinnungsaufwand resultieren.

In Tabelle 8-1 sind die Mengen an Klärschlamm und Phosphat sowie die erwartbaren Jahreskosten für die neue KVA (Szenario 2, Kap. 5.4.1) zusammengestellt. Die analoge Berechnung für eine Phosphatrückgewinnung aus der Asche der bestehenden KVA ist hier bereits mit aufgenommen.

Danach enthalten die in einer künftigen Monoverbrennungsanlage verbrannten rd. 38.000 Mg TS an gefaultem Klärschlamm (Spalte "Szenario 2") rd. 3.300 Mg Phosphat. Diese sind in den verbleibenden rd. 13.300 Mg/a an Asche-TS enthalten. Die in Tabelle 8-1 für Szenario 2 berechnete Frischmasse Klärschlamm bezieht sich auf die Klärschlammmenge vor der zusätzlichen Trocknung der rd. 23.700 Mg (6.000 Mg TS) gefaulten Klärschlamm. Nach der zusätzlichen Trocknung dieser Teilmenge berechnet sich die Frischmasse zu 95.122 Mg (vgl. Kap. 5.4.1).

Tabelle 8-1 Kosten der Phosphatrückgewinnung nach dem PASCH-Verfahren

Parameter	Einheit	Szenario 2	KSVA
Phosphatmenge im Klärschlamm	Mg/a P ₂ O ₅	3.280	3.394
Rückgewonnenes Phosphat, 95%	Mg/a P ₂ O ₅	3.116	3.224
Frischmasse Klärschlamm	Mg/a FS	112.452	196.859
TS-Masse Klärschlamm	Mg/a TS	38.017	55.337
TS-Menge Asche	Mg/a TS	13.306	13.723
P ₂ O ₅ -Gehalt i.d. Trockensubstanz	% TS	8,6%	6,1%
P ₂ O ₅ -Gehalt i.d. Frischsubstanz	% FS	2,9%	1,7%
Rückgew. P ₂ O ₅ der Frischmasse	kg P ₂ O ₅ /Mg FS	27,7	16,3
Rückgew.-kosten inkl. Gutschrift	€/kg P ₂ O ₅	1,31	1,31
Spez. Kosten P ₂ O ₅ -Rückgewinnung	€/Mg FS	36,28	21,40
Jahreskosten	T€/a	4.080	4.213

Von den gesamten im Klärschlamm enthaltenen 3.280 Mg P₂O₅/a sind 3.116 Mg rückgewinnbar. Dies multipliziert mit den o.g. spezifischen Rückgewinnungskosten ergibt einen zusätzlichen Kostenaufwand von 4,08 Mio. €/a. Legt man die angesetzten Rückgewinnungskosten von 1,31 €/kg Phosphat auf die Klärschlamm-Frischmassen um, ergeben sich demnach Zusatzkosten der Phosphatrückgewinnung von rd. 36 €/Mg (+/- 3 €/Mg) gefaultem Klärschlamm in dem hier vorliegenden Mix aus ungetrockneten und teilgetrockneten Mengen.

Die Verminderung der Deponierungskosten durch die Abnahme der Aschemenge um rd. 10% durch die Phosphatrückgewinnung ist für die Kostenbetrachtung zu vernachlässigen.

In der Summe liegen die Mehrkosten für die neu zu errichtende KVA zusammen mit der Phosphatrückgewinnung aus der Klärschlammasche, unter Abzug der derzeitigen Entsorgungskosten von 45 €/Mg FM Klärschlamm, bei 56 bis 81 €/Mg FM.

➤ **KSVA Ruhleben**

Wie bereits in Tabelle 8-1 aufgenommen liegen die in der Asche enthaltenen Phosphatmengen der bestehenden Klärschlamm-Monoverbrennung (Spalte "KSVA") bei rd. 3.400 Mg Phosphat pro Jahr. Diese sind enthalten in rd. 13.700 Mg/a an Asche-TS. Von dieser Phosphatmenge sind rd. 3.200 Mg/a rückgewinnbar.

Dies multipliziert mit den o.g. spezifischen Rückgewinnungskosten ergibt einen zusätzlichen Kostenaufwand von rd. 4,2 Mio. €/a bzw. rd. 21 €/Mg (+/- 3 €/Mg) für den größtenteils ungefaulerten Klärschlamm der KSVA Ruhleben.

Der obige Mix in Szenario 2 (Tabelle 8-1) an gefaultem Klärschlamm hat durch den Anteil an getrocknetem Klärschlamm einen höheren TS-Gehalt und durch die Faulung einen höheren Ascheanteil. Der Phosphatgehalt in den erzeugten Aschen liegt dagegen mit rd. 25% der TS gleich hoch. Da die inputspezifische Aschemenge je Mg FM bei der KSVA niedriger liegt, fallen die auf Frischmasse bezogenen Kosten mit 21 gegenüber 37 €/Mg FM niedriger aus.

Die beiden betrachteten (Szenario 2 und KSVA) Klärschlammengen enthalten absolut fast gleiche Aschemengen und damit fast gleiche Phosphatfrachten.

➤ **Laub und Straßenlaub**

Im Gespräch mit Vattenfall wurde die Frage der Möglichkeit der energetischen Verwertung von Laub im Industriekraftwerk (IKW) Rüdersdorf erörtert. Es wurde vereinbart, einen Laub-Mitverbrennungsversuch in Zusammenarbeit mit den BSR durchzuführen. Da durch die länger dauernde Abstimmung, technische Vorbereitung und Einholung der Genehmigung die Sammlung von Herbstlaub weitgehend abgeschlossen war, konnte der Verbrennungsversuch nicht mehr im Jahr 2013 erfolgen. Entsprechend kann noch keine abschließende Aussage zu den Mehrkosten getroffen werden. Überschlägig wird, wenn sich die Mitverbrennung von Laub als praktikabel erweist und keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind, mit Entsorgungskosten von rund 30 €/Mg (+/- 3 €/Mg) zu rechnen sein.

Da wie bei anderen Verwertungsverfahren von Laub auch die Mitverbrennung im IKW eine kontinuierliche Zugabe erfordert, sind auch hier Kosten für Ballierung und Transport von Teilmengen zu berücksichtigen. Damit lägen die Mehrkosten der energetischen Verwertung von Laub unter Berücksichtigung der Ballierung von Teilströmen und unter Abzug der derzeitigen Entsorgungskosten im Mittel bei rd. 24 €/Mg.

➤ **Mähgut**

Die Option Mähgut mit nur geringen oder ohne Mehrkosten gegenüber der bisherigen Kompostierung energetisch zu verwerten, besteht in der in (IFEU/ICU 2012) beschriebenen Installation großtechnischer und damit wirtschaftlich arbeitender VerwertungsKapazitäten und einer darauf abgestellten Infrastruktur der Ballierung und Zwischenlagerung. Letztere würde es ermöglichen, dafür geeignete Mähgutchargen qualifiziert zu silieren und als erlösbildendes Produkt einer energetischen oder stofflich/energetischen Verwertung zur Verfügung zu stellen. Das in (IFEU/ICU 2012) skizzierte Konzept zur kombinierten Laub-/Mähgutverwertung im bislang einmaligen Größenmaßstab wird derzeit im Dialog mit den Marktakteuren hinsichtlich der kostenoptimalen Logistik und Verfahrensauswahl konkretisiert. Vorläufig angenommen werden zunächst Mehrkosten gegenüber der Kompostierung in Höhe von rund 4 €/Mg (+/- 5 €/Mg) einschließlich eines anteiligen Aufwandes für Ballierung, Zwischenlagerung und Transport von Teilmengen.

➤ **EBS aus MPS**

Im Sinne der optimierten Verwertung von EBS aus den MPS-Anlagen Reinickendorf und Pankow wird untersucht, diese nicht wie bisher in Kraft- und Zementwerken mit zu verbrennen, sondern diese in einer hochwertigen effizienten Anlage gemäß den Anforderungen nach der 17. BImSchV einzusetzen. Hierfür käme das IKW Rüdersdorf in Frage.

Die Mehrkosten der thermischen Entsorgung von EBS aus den MPS-Anlagen über das IKW Rüdersdorf unter Abzug der derzeitigen Entsorgungskosten liegen schätzungsweise bei 35 €/Mg (+/- 3 €/Mg).

➤ **Haus- und Geschäftsmüllbehandlung im MHKW Ruhleben**

In dieser Studie wurde gegenüber der derzeit bestehenden Dampfauskopplung für Fernwärme und Stromerzeugung eine veränderte Dampfnutzung des MHKW Ruhleben ausschließlich zur Stromerzeugung untersucht. Für diese Dampfnutzung ist eine neue Turbine mit Dampfanbindung, ein neuer Transformator und ein Luftkondensator (LuKo) mit

91,6 MW Kühlleistung für die nicht nutzbare Wärme erforderlich. Die Investitionskosten für diese Komponenten wurden mit rund 17,5 Mio. € (Brutto) abgeschätzt. Der Strombedarf des LuKo liegt bei 360 kWel.

Es würden damit zwar Erlössteigerungen für den zusätzlich erzeugten Strom erwartet, dem stehen jedoch höhere Erlösverluste durch entfallende Fernwärmemengen gegenüber, hinzu kommen erhebliche Kosten für Kapaldienst, Wartung- und Unterhalt für die neu zu installierende Technik.

In der Summe wirkt die Maßnahme kostensteigernd, es ist unter Berücksichtigung der o.g. Kostenkomponenten mit einer Erhöhung der Verbrennungskosten von 13,5 €/Mg (+/- 2 €/Mg) zu rechnen.

➤ **Altreifen**

Die Mehrkosten des stofflichen Recyclings gegenüber der energetischen Verwertung von Altreifen wurden mit 10 €/Mg (+/- 3 €/Mg) angenommen.

➤ **RC-Beton im Hochbau**

Die Senatsumweltverwaltung plant in Zukunft bei öffentlichen Hochbauvorhaben Beton mit recycelter Gesteinskörnung (RC-Beton) einzusetzen. Die recycelte Gesteinskörnung dient der Substitution von Kies. Der derzeitige Einkaufspreis von Kies beträgt rund 15 €/Mg (frei Transportbetonwerk). Die Herstellungs- und Lieferkosten der recycelten Gesteinskörnung liegen nach Auskunft der Senatsumweltverwaltung in der Größenordnung der Kosten von Kies.

Für den Einsatz von RC-Beton werden Mehrkosten von 0 €/Mg mit (+/- 1 €/Mg) angenommen.

➤ **Gipsabfälle:**

Anfallende sortenreine Gipsabfälle können stofflich wiederaufbereitet werden. Für das Gipsrecycling ist mit Kosten von rd. 30 €/Mg frei Aufbereitungsanlage zu rechnen.

Um das Gipsrecycling in Berlin zu forcieren, müssten – im Kontext der Errichtung entsprechender Recyclingkapazitäten – die Deponiegebühren perspektivisch auf einen Betrag angehoben werden, der über den Recyclingkosten liegt. Diese Deponiekosten müssten einen ausreichenden Abstand zu den Recyclingkosten aufweisen, um auch Entsorger mit größerer Transportentfernung zur Recyclinganlage zu leiten. Ähnlich ist im Vorfeld der Realisierung einer Gipsrecyclinganlage in Leipzig/Espenheim verfahren worden. Bei Erhöhung der Deponiegebühren würde das Gipsrecycling kostenneutral wirken.

Im Vergleich mit der derzeitigen Situation wäre dann mit Mehrkosten von 12,50 €/Mg (+/- 3 €/Mg) frei Anlage zu rechnen.

8.2 Ergebnis der Kostenbetrachtung

Die Zusammenstellung der Kostenbetrachtung aller betrachteten Maßnahmen ist Tabelle 8-2 zu entnehmen, als Angabe der Mittelwerte, gefolgt von Minimal- und Maximalwerten unter Aufnahme der zuvor benannten Schwankungsbereiche.

Die gesamten Mehrkosten bei Umsetzung aller hier aufgeführten Maßnahmen lägen im Mittel bei 45 Mio. €/a.

Tabelle 8-2 Zusammenstellung der Mehrkosten zur Umsetzung der Maßnahmen

Abfallstoff / Maßnahme	betr. Menge Mg/a	Mehrkosten MITTEL		Mehrkosten MIN		Mehrkosten MAX	
		spez. €/Mg	Gesamt €/a	spez. €/Mg	Gesamt €/a	spez. €/Mg	Gesamt €/a
Gem. Bau- / Siedlungsabfall.	447.515	15,00	6.712.725	10,00	4.475.150	20,00	8.950.300
Bioabfall IST - Vergärung	62.230	46,02	2.863.784	40,02	2.490.404	52,02	3.237.164
davon neue Vergärung	62.230	40,00	2.489.200	35,00	2.178.050	45,00	2.800.350
davon Optimierung Vergärung	62.230	6,02	374.584	5,02	312.354	7,02	436.814
Bioabfall Zusatz-Menge	103.383	88,52	9.151.168	64,83	6.702.785	112,20	11.599.551
davon Kosten Sammlung	75.008	100,00	7.500.800	90,00	6.750.720	110,00	8.250.880
davon über Vergärung	70.805	75,00	5.310.375	65,00	4.602.325	85,00	6.018.425
davon über HTC	32.578	75,00	2.443.350	65,00	2.117.570	85,00	2.769.130
davon Gutschrift aus Laubsack	11.365	-90,00	-1.022.850	-100,00	-1.136.500	-80,00	-909.200
davon Gutschrift aus Hausmüll	55.082	-92,23	-5.080.507	-102,23	-5.631.330	-82,23	-4.529.684
davon Gutschrift aus EK	36.936	0,00	0		0	0,00	0
Umlenkung trockene Wertstoffe - LVP	69.394	40,00	2.775.760	35,00	2.428.790	45,00	3.122.730
Monoverbrennung bisher ext. entsorg. Klärschlamm	112.452 FS	32,50	3.654.690	20,00	2.249.040	45,00	5.060.340
davon Entsorgung über Monoverbrennung	112.452 FS	77,50	8.715.030	65,00	7.309.380	90,00	10.120.680
abzüglich derzeitige Entsorgungskosten	112.452 FS	-45,00	-5.060.340	-45,00	-5.060.340	-45,00	-5.060.340
Phosphorrückgewinnung neue KS-Monoverbrennung	112.452 FS	36,28	4.079.759	33,28	3.742.403	39,28	4.417.115
Phosphorrückgewinnung bestehende KSWA	197.517 FS	21,37	4.220.938	18,37	3.628.387	24,37	4.813.489
Laub-Entsorgung über Industrie-Kraftwerk	70.018	23,57	1.650.270	18,43	1.290.216	28,71	2.010.324
davon Entsorgung über Industriekraftwerk	70.018	30,00	2.100.540	27,00	1.890.486	33,00	2.310.594
abzüglich derzeitige Entsorgungskosten	70.018	-15,00	-1.050.270	-15,00	-1.050.270	-15,00	-1.050.270
davon Ballierung Laub für Industrie-Kraftwerk	30.000	20,00	600.000	15,00	450.000	25,00	750.000
Grasschnitt	43.600	4,08	178.025	-0,92	-39.975	9,08	396.025
EBS Entsorgung über Industrie-Kraftwerk	226.384	25,00	5.659.600	20,00	4.527.680	30,00	6.791.520
davon Entsorgung über Industriekraftwerk	226.384	35,00	7.923.440	32,00	7.244.288	38,00	8.602.592
abzüglich derzeitige Entsorgungskosten	226.384	-10,00	-2.263.840	-12,00	-2.716.608	-8,00	-1.811.072
MHKW-Turbine - reine Stromerzeugung	450.715	13,52	6.095.236	12,52	5.644.521	14,52	6.545.951
Altreifen zus. stoffliche Verwertung	5.900	10,00	59.000	7,00	41.300	13,00	76.700
RC-Beton	230.000	0,00	0	-1,00	-230.000	1,00	230.000
Gipsabfälle	29.000	12,50	362.500	9,50	275.500	15,50	449.500
Summe			47.463.455		37.226.201		57.700.709

9 Erweitertes Rechenmodell THG-Umwelt-Bilanz für Controlling

Für die in dieser Studie vorgestellte ergänzende Umweltbilanzierung musste das in der Vorläuferstudie entwickelte Rechentool entsprechend erweitert werden. Je Abfallart wurden zur Klimagasbilanz die jeweils relevanten Indikatoren der Umweltbilanz ergänzt. Um dennoch eine möglichst gute Übersichtlichkeit zu bewahren, wurde eine Spaltenanordnung für die spezifischen Ergebnisse gewählt und die absoluten Ergebnisse nur noch in Summe am Rechenblattende dargestellt (siehe Abbildung 9-1).

Auch die weiteren Rechenblätter im Rechentool wurden ergänzt. Das Rechenblatt mit Emissionsfaktoren und physikalischen Kenngrößen („EF_Daten“) wurde um die entsprechenden Werte für die Luftschadstoffemissionen und Inhaltsstoffe erweitert. Auch das Ergebnisblatt wurde für die Ergebnisse der Umweltbilanzierung modifiziert (siehe Abbildung 9-2).

Des Weiteren wurden für die Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung sämtliche Stoffstromdaten aktualisiert und insbesondere das Rechenblatt mit den Informationen zu den technischen Anlagendaten weiter vereinfacht und durch die neu hinzugekommenen Verwertungswege ergänzt.

Abfallarten	Hessourcenschonung										Schadstoffe	Luftschadstoffemissionen							
	Ergebnis absolut										Ergebnis ab	Ergebnis absolut							
	Natursteine - Fläche		Rohmetalle		Fe-Metalle	P2O5	Holz luro	KEA fossil		Cd	Hg in kg/a			NOx in kg/a			NH3 in kg/a		
	Mg/a	m²/a	Mg/a	Mg/a	Mg/a	Mg/a	Lasten	Gutschrift	netto in T.Bo	kg/a	Lasten	Gutschrift	Netto	Lasten	Gutschrift	Netto	Lasten	Gutschrift	Netto
Boden und Steine	621.414	23.015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauschutt	122.048	1.978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beton	1.332.299	20.497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gipsabfälle	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asphalt	58.540	2.168	-	-	-	-	0	112	-112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baggergut	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haus- und Geschäftsmüll	0	0	18.415	15.368	-	-	684	5.452	-4.768	-	24,6	3,2	21,5	526.882	448.015	78.867	-	-	-
Übpf/ Gewerbeabfälle	0	0	385	329	-	-	11	170	-159	-	0,5	0,1	0,4	12.072	14.024	-1.952	-	-	-
Sonst. Abf. Gewerbe Industrie	0	0	284	242	-	-	5	140	-135	-	0,1	0,06	0,04	7.511	10.706	-3.195	-	-	-
Gem. Gewerbe- und Bauabf.	0	0	6.323	5.460	-	-	7.928	232	2.443	-2.211	13,1	2,4	11	268.819	221.518	47.301	-	-	-
Klärschlamm ungefault	0	0	-	-	-	0	-	13	150	-137	-	-	1,7	0,1	1,6	22.413	11.414	11.000	-
Klärschlamm gefault	0	0	-	-	-	0	-	157	374	-217	-	-	5,4	0,2	5,2	63.114	29.186	33.928	-
Spermmüll	0	0	1.656	1.653	-	-	0	28	376	-348	-	-	1,1	0,8	0,24	46.077	44.975	1.103	-
Straßenkehrschutt	0	0	65	62	-	-	67	22	45	-	0,14	0,01	0,13	10.062	1.851	8.211	-	-	-
PPK	0	0	-	-	-	-	315.539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allglas	77.473	2.204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LVP	0	0	8.800	8.381	-	-	9.973	264	1.819	-1.555	5,4	1,3	4,1	138.712	195.506	-56.794	-	-	-
Wertstoffe GTP	0	0	451	432	-	-	728	15	98	-84	0,3	0,07	0,23	7.614	10.601	-2.988	-	-	-
Wertstoffe Orange Box	0	0	1.669	1.436	-	-	1.226	25	218	-192	1,0	0,19	0,79	19.954	21.195	-1.241	-	-	-
Alltextilien	-	-	-	-	-	-	-	38	1.665	-1.627	0,0	1,6	-1,6	48.247	238.303	-190.056	0	124.976	-124.976
Allteppiche	-	-	-	-	-	-	-	1	32	-31	0,0	0,06	-0,06	2.298	3.578	-1.280	-	-	-
Allreifen	-	-	3.009	3.009	-	-	57	651	-593	-	0,85	0,01	0,84	38.511	63.523	-25.012	-	-	-
E-Schrott	-	-	7.305	4.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allmetalle	-	-	6.816	6.816	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altholz	-	-	-	-	-	-	14.521	-	-	-	-	-	-	18.723	108.714	10.009	-	-	-
Baum- und Strauchschnitt	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	32.850	22.879	9.970	-	-	-
Weihnachtsbäume	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1.174	1.091	83	-	-	-
Bioabfall (BIOGUT)	-	-	90	90	67	-	29	44	-15	-1,8	-	-	-	-	-	-	31.936	12.538	19.399
Eigenkomp. Bio- und Grünabfall	-	-	-	-	0	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	93.885	14.681	79.203
Organikabf. Laubsäcke	-	-	-	-	6,2	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	6.454	1.868	4.586
Laub/ Straßentaub	-	-	-	-	37	-	-	-	-	0,17	-	-	-	-	-	-	40.549	11.120	29.428
Straßenbegleitgrün	-	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-0,06	-	-	-	-	-	-	3.494	413	3.081
Mähgut	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-0,5	-	-	-	-	-	-	15.951	3.335	12.615
Speisereste	-	-	-	-	82	-	-	-	-	-2,8	-	-	-	-	-	-	2.863	2.312	551
überlagerte Lebensmittel	-	-	-	-	57	-	-	-	-	-2,0	-	-	-	-	-	-	2.254	1.629	626
Fettabscheiderinhalte	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-0,34	-	-	-	-	-	-	1.088	923	165
Altfette	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.033	11.381	47.651	168	0	168
Pferdemist	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-0,5	-	-	-	-	-	-	3.648	1.929	1.719
Rechengut	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.493	2.387	1.106	-	-	-
Summe	2.211.774	49.762	55.267	47.280	288	349.915	1.625	13.765	-12.139	-5,8	54,2	10,1	44,2	1.427.560	1.460.838	-33.278	202.288	175.724	26.564

Abbildung 9-2 Bildschirmfoto Ausschnitt Exceltool Blatt „Ergebnis“

10 Akteursbeteiligung

Wie in der Vorläuferstudie erfolgte auch für die Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2012 ein intensiver, konstruktiver Fachaustausch mit den relevanten Akteuren. Dies umfasst den grundsätzlichen Austausch zu aktuellen Stoffströmen und technischen Daten zu Entsorgungsanlagen. Die entsprechenden Informationen wurden durch speziell dafür angepasste Fragebögen eingeholt bzw. im Fall der Betreiber der Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle durch die dafür entwickelte elektronische Sonderabfrage (vgl. Kap. 4.3.2). Die im Rahmen des Projektes einbezogenen wesentlichen Akteure und der inhaltliche Austausch mit diesen ist nachfolgend in Tabelle 10-1 als Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 10-1 Übersicht wesentliche Akteursbeteiligungen

Institution	Betroffener (Abfall)Bereich	Aktivitäten	Ergebnisse / durchgeführte Schritte / Planungen
BSR	Behandlungsanlagen, kommunale Abfälle	Datenabfrage; Bereitstellung Informationen zu Kosten und zu Anlagen, Kompostqualitäten, Verwertung Straßenkehricht	Beantwortung Fragebogen, Übermittlung technischer Informationen zu Behandlungsanlagen; Erörterung Problematik Straßenkehricht; Evaluierung zur Vergärungsanlage in Berlin Ruhleben voraussichtlich Ende 2014
BWB	Klärschlamm	Datenabfrage; Fachgespräch zu HTC, Bereitstellung Informationen zur Klärschlammverwertung	Übermittlung Stoffströme und technische Daten, Austausch zu Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf HTC
gbav	Straßenkehricht	Fachgespräch mit Anlagenbesichtigung	Erörterung Problematik jährlich schwankender Qualitäten; Eignung für die Bodenwäsche
Vattenfall	EBS-, Klärschlamm Monoverbrennung, biogene Abfälle zur Mitverbrennung	Datenabfrage, Fachgespräche; Bereitstellung Informationen; Unterstützung bei Konzeptentwicklung Klärschlammnutzung; Mitverbrennungsversuch Laub, Fachgespräch mit Anlagenbesichtigung des IKW Rüdersdorf	Übermittlung Informationen zur Klärschlammverbrennung und Emissionsfaktoren (Strom, Wärme); Austausch konzeptionelle Fragen; Vattenfall ist weiterhin an der Abnahme biogener Brennstoffe interessiert; für Laub wurde Mitverbrennungsversuch im IKW Rüdersdorf initiiert
BBU	Getrennte Erfassung Wertstoffe	Stellungnahme zur Klimagasbilanz 2010	Erfahrungen Müllschleusen, Abfallmanagement auswerten, Mitgliedsunternehmen informieren

Die Mehrzahl der angesprochenen Institutionen reagierte auf den Projektinhalt und die Anfrage kooperativ und stellten die angefragten Informationen soweit möglich zur Verfügung.

Insgesamt wurden im Verlaufe des Projektes vielfach Gespräche mit den abfallwirtschaftlichen Hauptakteuren in Berlin und im Umland durchgeführt, teilweise in Verbindung mit einer Einladung zur Anlagenbesichtigung. Insbesondere durch den Austausch mit Vattenfall wurden wertvolle Informationen und Beiträge zur Ausgestaltung von Konzepten beige-steuert. Darüber hinaus hat Vattenfall auch aktiv an der Überprüfung der Realisierbarkeit von Konzepten für Laub mitgewirkt und entsprechende Mitverbrennungsversuche im IKW Rüdersdorf initiiert. Hervorzuheben ist ebenfalls der konstruktive Fachaustausch mit der gbav und den BSR zu den Möglichkeiten der Verwertung von Straßenkehricht.

Des Weiteren waren im Nachgang zur Vorläuferstudie einige Hauptakteure von der Senatsumweltverwaltung um eine Stellungnahme gebeten worden. Die Rückmeldungen daraus sowie weitere Aktivitäten, die durch Fachgespräche vermittelt wurden, sind nachfolgend weiter ausgeführt:

Ergänzende Details zu Aktivitäten der Hauptakteure u.a. aus Stellungnahmen

BSR - Berliner Stadtreinigungsbetriebe

- *Durchführung einer Untersuchung zu Wirkungen von eingeführtem Abfallmanagement Ende 2012 mit Unterstützung des Instituts ARGUS.*
- *Abschluss eines Entsorgungsvertrags zur Entsorgung der über die gemeinsame Wertstofftonne gesammelten Mengen mit der von den Gutachtern (Vorläuferstudie) favorisierten Anlage am Hultschiner Damm, in der eine hochwertige Verwertung sicher gestellt ist.*
- *Geplante Evaluierung der Vergärungsanlage in Berlin-Spandau, die seit 2013 in Probetrieb ist und voraussichtlich Ende 2013 an die BSR übergeben wird; die Evaluierung hinsichtlich Ökologie und Ökonomie ist nach einem Jahr Dauerbetrieb beabsichtigt; untersucht werden soll auch welchen Nutzen und Aufwand weitere technische und logistische Veränderungen bedeuten würden.*
- *Zur Steigerung der getrennten Erfassung von Elektrokleingeräten werden Maßnahmen angestrebt wie die Aufstellung von E-Boxen im öffentlichen Straßenland oder in Großwohnanlagen; die haushaltsnahe Sammlung soll in verschiedenen Pilotversuchen in unterschiedlichen Siedlungsstrukturen erprobt werden.*
- *Umfassende Maßnahmen zur weiteren Steigerung der Akzeptanz der getrennten Erfassung von Organikabfällen wie die Fortsetzung von Versuchen mit veränderten Behältern, die weitere Vermarktung der neuen Vorsortiergeräte, der verstärkte Einsatz von abbaubaren Tüten und weitere breite Informationskampagnen.*
- *Neue Tarifstruktur ab 2015 zur Sicherstellung eines weiteren Ausbaus des Recyclings bei gleichzeitig niedrigen Müllgebühren.*
- *Standort-Vorhaltung für eine weitere Bioabfall-Behandlungsanlage in Berlin-Marzahn zur Verwertung von zusätzlichen Bioabfällen (nach Bedarf – bei höherem Bioabfallaufkommen); zum Investitionszeitpunkt wird der Stand der Technik zur*

Emissionsminderung der zur Auswahl stehenden Verfahren vollständig berücksichtigt.

- *Weitere Beobachtung der HTC-Technologie, die zu gegebener Zeit wieder aufgegriffen wird, wenn sich Lösungen für die Abwasserproblematik und die schwierige Erlössituation für die Biokohle abzeichnen.*
- *Durchführung von Versuchen zur Lagerung von Laub im 4. Quartal 2013; Ergebnisse liegen noch nicht vor.*

Vattenfall

- *Unterstützung mit Informationen zu Emissionsfaktoren der Berliner Strom- und Wärmeerzeugung, Wärmeschemaberechnungen für Kraftwerke, Emissionsverhalten in Abhängigkeit feuerungstechnischer Maßnahmen bei der Klärschlammmonoverbrennung.*
- *Unterstützung durch fachlichen Austausch/Gespräche beispielsweise zur Bewertung des HTC-Verfahrens oder der Verwertung von Klärschlamm oder von Laub und Mähgut.*
- *Gemeinsam mit den BSR durchgeführte Untersuchung zur Trocknung von Laub und anderer Biomassestoffströme für den Einsatz zur Mitverbrennung im Kraftwerk Reuter C (Bericht dazu von 2011 wurde zur Verfügung gestellt) mit dem Ergebnis, dass Umsetzung nicht sinnvoll wäre.*
- *Hohes Interesse – den Möglichkeiten entsprechend – weitere Maßnahmen zur Verwertung von biogenen Abfällen wie Laub und Rasenschnitt zu unterstützen bzw. zu ergreifen.*
- *Bereitschaft, das Thema Vergärung wieder aufzugreifen.*
- *Bestätigung der Option zur Minimierung von Schadstoffemissionen durch Einsatz von sowohl Laubabfällen als auch EBS aus Berliner Sortieranlagen im IKW Rüdersdorf als Anlage mit besonders hohem elektrischem Wirkungsgrad, der Möglichkeit zum KWK-Betrieb sowie hohen Emissionsstandards.*

BWB - Berliner Wasserbetriebe

- *Prüfung der vorgeschlagenen Handlungsfelder zur klimafreundlichen Abfallentsorgung (Vorläuferstudie) auf Umsetzbarkeit.*
- *Erneuerung der Zentrifugen zur Schlammentwässerung bis März 2013; dadurch Anstieg des Trockensubstanzanteils von 26% auf 29% und Reduzierung des Heizölverbrauchs von 5.403 m³ im Jahr 2010 auf 1.885 m³ im Jahr 2012.*
- *Bereitschaft zur Beteiligung an einer Studie zur Messung von Lachgasemissionen der Verbrennungsanlagen in Deutschland, beispielsweise unter Federführung des Umweltbundesamtes.*
- *Bereitschaft zu weiteren/erneuten Gesprächen mit Vattenfall hinsichtlich Möglichkeiten der optimierten Dampfnutzung im Klärwerk Ruhleben.*
- *Weiteres Verfolgen der Entwicklung des HTC-Verfahrens und Einsatzprüfung der möglichen Auswirkungen auf Qualität, Kosten und Sicherheit der Abwasserentsor-*

gung in Berlin u.a. durch Gespräche mit Anlagenherstellern und durch wissenschaftlichen Austausch.

- Zustimmung zu Austausch einer KZWB/Terranova-Studie zum HTC-Verfahren für Klärschlamm bzgl. Ausgangsdaten.

BBU – Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen

- Erweiterung oder Neuanlage von Müllstandplätzen zur Unterstützung der Einführung der einheitlichen Wertstofftonne als Beitrag zur Abfallwirtschaft in Berlin
- Erfolgreiche Einführung von Abfallmanagement durch die sechs städtischen Wohnungsunternehmen, viele Wohnungsgenossenschaften und private Wohnungsbau-Gesellschaften, zum größeren Teil in Zusammenarbeit mit externen Fachunternehmen; Reduzierung der Restmüllmengen auf eine Zielgröße zwischen 90 und 60 Liter pro Wohnung und Woche wird erreicht.
- Auswertung der Erfahrungen zu Müllschleusen und Abfallmanagement, Information der Mitgliedsunternehmen.
- Eigeninitiative der großen Vermieter zur Einholung von Informationsmaterial zur Einführung der einheitlichen Wertstofftonne bei den Entsorgern und Verteilung an die Mieter.
- Eigenvereinbarungen für einen wöchentlichen Entleerungsrythmus der Wertstofftonne mit ALBA von der die Mehrzahl der Wertstoffbehälter entsorgt wird; die nach Ausschreibungsbedingungen des Landes Berlin verlangte zweiwöchige Abholung würde in vielen Fällen eine Erweiterung der Müllstandflächen erfordern mit dem Risiko, dass dies zu Lasten anderer Funktionen wie beispielsweise Spielplätze führt.
- Aufnahme zu klärenden Gesprächen mit den BSR, um Mehrbelastungen der Mieter durch das neue Tarifkonzept der BSR zu vermeiden.

Bundesverband Gips und Mitgliedsunternehmen

- Umsetzungsstrategie des Bundesverbands zur Initiierung von Pilotvorhaben in Ballungsräumen, da dort mit attraktiven Mengenströmen zu rechnen ist und im Fall Berlin gleichzeitig mehrere Gipswerke für eine Abnahme von RC-Gips in Frage kommen.
- Planung einer Veranstaltung durch den Bundesverband unter Beteiligung des Bundes-Bauministeriums und des BMVBS, die für die Teilnahme von Interessenten der Verwaltungen in Berlin und Brandenburg geöffnet wird.
- Aufnahme weiterer Gespräche mit Gipswerken und ggf. Abnehmern aus der Zementindustrie für eine Absicherung der Planung durch Absichtserklärungen.
- Übermittlung von Informationen zur im Aufbau befindlichen Gipsrecyclinganlage der MUEG in Espenhain durch REMONDIS.
- Planung zur Errichtung einer weiteren entsprechenden Anlage im Großraum Berlin durch die MUEG 2014/2015; derzeit werden Standorte im Stadtgebiet auf ihre Eignung untersucht.

11 Empfehlung zur Fortführung der Bilanzierung

Für die künftige Fortführung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz finden sich in Tabelle 11-1 Hinweise und Empfehlungen für die durchzuführenden Abfragen und erforderlichen Aktualisierungen. Eine ausführliche Checkliste wird der Senatsumweltverwaltung separat übergeben.

Tabelle 11-1 Anmerkungen/Empfehlungen für die Fortführung und Aktualisierung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz

Aktualisierung	Hinweis
<p>Abfallmengen – Aufkommen jährlich zu erheben/auszuwerten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BSR Entsorgungsbilanz und Abfallberichte MHKW, MPS-anlagen und ggf. MA Grünauer Str. - DSD Mengenstromnachweis - Fragebogen an die BWB (Klärschlamm, Rechengut, Fettabscheiderinhalte) - Abfrage BRAL und Vergärungsanlagen (Speisereste, überlagerte Lebensmittelabfälle) - Daten für Hochrechnungen Altreifen, Alttextilien - Abfallberichte Holzkontore (Altholz) 	<p>Zusammenführung siehe Datei „Abfallaufkommen 2012 gesamt.xlsx“; Übertrag in „IFEU_THG-Umwelt-Bilanz Berlin_Nov2013“ auch in Blatt „Anl-daten“</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Sonderabfrage Vorbehandlungsanlagen 	<p>siehe Datei „Endfassung Auswertedatei-Sonderabfrage 2012.xls“</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Abfrage Asphaltmischwerke, Deponien / Altablagerungen, Bergamt, Brech- und Klassieranlagen 	<p>siehe Datei „Mineralische Abfälle Berlin_2012.xls“</p>
<p>Alle 5 Jahre neu prüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mengen zu Eigenkompostierung, Pferdemist, Baum- und Strauchschnitt (außer BSR-Mengen, s.o.), Mähgut und Laub (über Bezirksämter und GaLaBau-Betriebe) 	
<p>Abfallbehandlung - Verbleib Alle 5 Jahre neu prüfen/erheben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verteilungsschlüssel Mengen zur energetischen Verwertung aus der Sonderabfrage - Anteile Frisch- und Fertigungskompost in Abhängigkeit der angelieferten Behandlungsanlagen - Verteilungsschlüssel für Altholz, Baum- und Strauchschnitt sowie Holz aus Sperrmüll und gemischten Siedlungsabfällen auf Biomasse-HKW (durch Abfrage bei diesen) 	
<p>Rechenwerte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transferfaktoren Quecksilber bei thermischer Behandlung für 2014 prüfen - Aktualisierung Emissionsfaktoren in ca. 10 Jahren prüfen 	<p>Blatt „EF_Daten in „IFEU_THG-Umwelt-Bilanz Berlin_Nov2013“</p>

Aktualisierung	Hinweis
<ul style="list-style-type: none"> - Kenngrößen Abfallarten anpassen, wenn Analysedaten vorliegen (Heizwerte, Kohlenstoff- und Quecksilbergehalte der Abfälle und aufbereiteten EBS) - Aktualisierung Metallausbeuten in ca. 5 Jahren prüfen - Aktualisierung Wirkungsgrade EBS-Kraftwerke, MVAn, KSVAn in ca. 5 Jahren 	
<p>Neue Verwertungswege</p> <p>Bislang nicht gegebene Verwertungswege entweder wegen Geringfügigkeit nicht betrachten (<1%) oder nachmodellieren (ggf. externe Vergabe)</p>	

12 Zusammenfassung

Nach dem Abfallwirtschaftskonzept für das Land Berlin (2010 bis 2020) soll die Berliner Abfallwirtschaft insbesondere unter den Aspekten des Ressourcen- und des Klimaschutzes neu ausgerichtet und entsprechend optimiert werden. Ziel und Anspruch ist es, eine weitere relevante Reduktion an schädlichen Klimagasen (Kohlendioxid, Methan und Lachgas) spätestens bis 2020 zu erzielen. Zur Evaluierung dieser Ziele sowie zur Steuerung der Abfallströme soll eine jährliche Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für die nicht gefährlichen Abfälle erstellt werden.

Ziel und Aufgabe der vorliegenden Studie war es, die Senatsumweltverwaltung bei der Erstellung der Stoffstrom- und Klimagasbilanz für das Jahr 2012 zu unterstützen und ergänzend eine Umweltbilanz zu erstellen. Zu diesem Zweck wurden in einem ersten Schritt relevante Indikatoren zur Bewertung der Entsorgung der (mittlerweile) 37 einzelnen Abfallarten ausgewählt. Für diese Indikatoren wurde im Weiteren das bestehende Rechenmodell erweitert, so dass dieses künftig für die jährliche Erstellung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz fortgeschrieben werden kann.

Insgesamt wurden **für das Jahr 2012 im Land Berlin** für die 37 Abfallarten ein **gesamtes Abfallaufkommen von rund 7 Mio. Tonnen** ermittelt. Hauptanteil daran nehmen wie im Jahr 2010 die mineralischen Abfälle ein.

Zur Ermittlung der Klimagas- und Umweltbilanz wurde, wie in der Vorläuferstudie, die Bilanzierung nach der für die Abfallwirtschaft modifizierten standardisierten Ökobilanzmethode durchgeführt. Dies impliziert einige methodische Randbedingungen und Festlegungen, die im Methodenteil beschrieben sind. Wesentliche Konsequenz aus diesem Vorgehen ist, dass die Abfallwirtschaft als Sektor betrachtet wird. Beginn der Betrachtung ist der Abfallanfall, Ende die abschließende Entsorgung oder Herstellung eines Sekundärproduktes. Die dadurch entstehenden Nutzen werden als Gutschriften angerechnet. Überwiegen diese die Belastungen der Abfallentsorgung ergeben sich negative Nettoergebnisse. Diese drücken aus, dass in einem anderen Sektor als der Abfallwirtschaft, wie beispielsweise dem Energiesektor oder dem Sektor Industrie, Klimagas- und Umweltbelastungen vermieden wurden. Das negative Vorzeichen steht dafür, dass diese Vermeidung dem Abfallsektor zugerechnet wird.

Des Weiteren ist für das Verständnis der vorliegenden Studie wichtig, dass die Bilanzierung nach Abfallart vorgenommen wurde. Das heißt, die Abfälle müssen in ihren Eigenschaften eindeutig definiert sein, um verschiedene Behandlungswege objektiv vergleichen zu können. Das bedeutet auch, dass die Ergebnisse nicht für eine Bewertung von Behandlungsverfahren herangezogen werden können, sondern lediglich dazu, welche Behandlungsarten sich für welche Abfallart aus Klima- und Umweltschutzsicht vorzugsweise eignen. Auch ist festzuhalten, dass die Ergebnisse für die Abfallentsorgung nur für das Land Berlin gelten. Eine Übertragbarkeit auf andere Regionen wäre nur möglich, wenn dort exakt die gleichen Randbedingungen vorliegen würden.

Die **für das Land Berlin für das Jahr 2012** durchgeführte Klimagasbilanz zeigt, wie bereits für das Jahr 2010, dass der Abfallwirtschaft weiterhin eine beachtliche Leistung attestiert werden kann. In Summe ermittelt sich für die Entsorgung der 37 Abfallarten eine erreichte **Klimagasentlastung in Höhe von -890.784 Mg CO₂-Äq.**

Den höchsten Entlastungsbeitrag trägt dazu, wie im Jahr 2010, die Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll bei. Ebenfalls wie im Jahr 2010 resultiert der zweithöchste Anteil aus der Entsorgung von Alttextilien, gefolgt von der PPK-Verwertung, der Verwertung von getrennt erfasstem Altholz und der Entsorgung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Bau- und Abbruchabfällen. Für sieben der untersuchten Abfallarten wurde im netto eine Klimagasbelastung ermittelt. Nach Herkunft betrachtet nehmen die Abfälle aus dem kommunalen Bereich einen Anteil von 31% an der ermittelten Klimagasentlastung ein.

In der neu durchgeführten Umweltbilanz wurden Indikatoren der Ressourcenschonung untersucht, die Schonung mineralischer Ressourcen (Natursteine), metallischer Ressourcen, der Ressourcen Holz und Phosphat sowie fossiler Ressourcen (ausgedrückt als kumulierter fossiler Energieaufwand, KEA fossil). Des Weiteren wurden relevante Luftschadstoffemissionen ausgewertet, NO_x-, Quecksilber- und Ammoniakemissionen. Zudem wurde ein Schadstoffeintrag in Boden repräsentiert über den Indikator Cadmium betrachtet.

Die für das Land Berlin für das Jahr 2012 durchgeführte **Umweltbilanz** zeigt ein differenziertes Ergebnis.

Hinsichtlich der **Ressourcenschonung** wurden durch die Abfallentsorgung folgende Einsparungen erzielt:

- 2.211.774 Mg Natursteine, wodurch die Inanspruchnahme von 49.762 m² Fläche vermieden wurde
- 55.267 Mg Rohmetalle, darunter 86% als Eisenmetalle
- 349.915 Mg Holz (lutro) vor allem durch das Recycling von Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)
- 288 Mg Phosphat durch die Anwendung von erzeugten Komposten und Gärresten

Die Einsparung fossiler Ressourcen wurde nicht vollumfänglich für jede Abfallart ausgewertet, da diese häufig mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz korreliert und dadurch kein gegenläufiger Aspekt auftritt durch den eine Maßnahme ggf. unter Abwägung zu bewerten wäre.

Hinsichtlich **Luftschadstoffemissionen** wurde für die Abfallentsorgung folgendes Nettoergebnis ermittelt:

- Eine Nettoentlastung bei NO_x-Emissionen in Höhe von -33.278 Mg, bedingt durch thermische Prozesse und erreichte Entlastungen durch Substitution konventioneller Energieerzeugung.
- Eine Nettobelastung bei Ammoniakemissionen in Höhe von 26.564 Mg, bedingt durch biologische Behandlungsprozesse.
- Eine Nettobelastung mit Quecksilberemissionen in Höhe von 44,2 kg, v.a. bedingt durch thermische Prozesse.

Hinsichtlich des Cadmiumeintrags in Boden wurde eine Nettoentlastung in Höhe von -5,8 kg erreicht, bedingt durch die Anwendung von Komposten und Gärresten und die dadurch erreichte Substitution von Mineraldünger und organischen Düngern.

Für die untersuchten Maßnahmen zur **Erschließung von weiteren Klimagas- und Umweltentlastungspotenzialen** zeigten sich sehr unterschiedliche Ergebnisse.

Das in der Vorläuferstudie erkannte Optimierungspotenzial für die Entsorgung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Bau- und Abbruchabfällen konnte durch die Umweltbilanz weitgehend bestätigt werden. Durch die Maßnahme der gesteigerten Aussortierung von Wertstoffen und vollständigen energetischen Verwertung der verbleibenden Stoffe durch eine Mitverbrennung steigt die Schonung von Rohmetallen, Holz und fossilen Ressourcen. NO_x-Emissionen werden vermindert, einzig nachteilig zeigt sich eine Erhöhung der Quecksilberemissionsbelastung als eindeutiger Nachteil der Mitverbrennung.

Für **Bioabfall aus Haushalten** wurde die Potenzialanalyse der Vorläuferstudie zur Behandlung über die Vergärungsanlage mit weitergehender Optimierung hinsichtlich der Lagerung und weiteren Verwertung des flüssigen und festen Gärrestes aktualisiert und ergänzend die Umweltindikatoren KEA fossil und Ammoniakemissionen untersucht. Für alle drei Parameter zeigt sich eine deutliche Verbesserung gegenüber der bisherigen Kompostierung. Die Bilanz der Ammoniakemissionen zeigt wie die Klimagasbilanz eine Umkehr des Ergebnisses von einer Nettobe- zu einer Nettoentlastung. Einschränkend ist hier allerdings die Datenunsicherheit zu nennen, da für die Bilanzierung Planungsdaten und Literaturwerte, die auf wenigen Messungen basieren, verwendet werden mussten. Hier wird empfohlen zur Validierung der Ergebnisse entsprechende Messungen an der BSR-Vergärungsanlage durchzuführen.

Die **Steigerung der getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen** aus Haus- und Geschäftsmüll zeigt sich weiterhin aus Klimaschutzsicht vorteilhaft und auch die untersuchten Indikatoren der Umweltbilanz bestätigen die Vorteilhaftigkeit der getrennten Erfassung und stofflichen Verwertung für trockene Wertstoffe.

Als weitere wesentliche Maßnahme wurde eine Umlenkung des derzeit mitverbrannten gefaulten und teils getrockneten **Klärschlamm** hin zu einer Monoverbrennung in einer neu zu errichtenden, emissionsoptimierten Klärschlammverbrennungsanlage mit anschließender Phosphatrückgewinnung aus der Verbrennungssasche untersucht. Bei den drei betrachteten Varianten zeigen sich gegenläufige Ergebnisse für die untersuchten Indikatoren. Ein Mittelweg über alle betrachteten Indikatoren hinweg könnte eine Monoverbrennung eines Teils des gefaulten Klärschlamm sein in einer hocheffizienten Anlage mit vollständiger Kraft-Wärme-Kopplung. Dies setzte eine entsprechende Wärmesenke voraus, bei einer reinen Stromauskopplung überwiegen eher die Nachteile einer solchen Maßnahme.

Für **Laub und Straßenlaub** würden sich durch eine energetische Verwertung statt der derzeitigen Kompostierung ebenfalls gegenläufige Ergebnisse zeigen. Durch die thermische Nutzung entfallen Ammoniakemissionen und der Cadmiumeintrag in Boden, dafür entstehen voraussichtlich umfangreicher Luftschadstoffemissionen als bei der Kompostierung. Die Klimagasbilanz wird sich vorteilhaft zeigen, dafür entfällt die Phosphatschonung. In der Abwägung könnten die Vorteile der Maßnahme überwiegen. Die Fortführung der

Anstrengungen seitens Vattenfall, die Machbarkeit der energetischen Nutzung zu prüfen, sollte weiterhin unterstützt werden.

Hinsichtlich der **EBS-Verwertung** wurde eine Umlenkung von bislang in Kraft- und Zementwerken mitverbrannten Mengen hin zu einem hocheffizienten EBS-Kraftwerk, das mindestens den Anforderungen zur Monoabfallverbrennung der 17. BImSchV genügt, untersucht. Auch hier wurden drei Varianten betrachtet, bei denen sich ebenfalls gegenläufige Ergebnisse bei den einzelnen Indikatoren zeigen. Über alle betrachteten Indikatoren hinweg wäre auch hier eine Variante mit vollständiger Kraft-Wärme-Kopplung noch am ehesten für eine Abwägung geeignet.

Als weiterer Aspekt wurde für die thermische Behandlung von **Haus- und Geschäftsmüll über das MHKW Ruhleben** der Fall einer reinen Stromerzeugung anstelle der derzeitigen KWK-Nutzung untersucht, da dies im Rahmen der Berliner Stadtwerksgründung beabsichtigt wird. Im Gesamtbild der Ergebnisse überwiegen für diese Maßnahme die Nachteile hinsichtlich der Klimagas- und Umweltbilanz. Unter den gegebenen Randbedingungen ist aus Klima- und Umweltschutzsicht sowie aus Kostensicht von einer Umstellung des derzeitigen KWK-Betriebs auf einen reinen Kondensationsbetrieb abzuraten.

Die beschriebenen Maßnahmen für **mineralische Abfälle**, wie beispielsweise für den Einsatz von Recyclingbeton im Hochbau, haben keinen Einfluss auf die Klimagas- und Umweltbilanz. Allerdings kann durch die Nutzung von bisher abgelagerten mineralischen Abfällen in Bauprodukten – wie Schlacke aus dem MHKW Ruhleben im Straßenbau sowie Ziegel im Hoch- und Tiefbau – eine weitere Steigerung der Schonung mineralischer Ressourcen und eine weitere Vermeidung von Flächeninanspruchnahmen bis 2020 erreicht werden. Eine weitere Schonung mineralischer Ressourcen wäre auch durch die stoffliche Nutzung von Gipsabfällen gegeben, die bislang abgelagert werden. In Anbetracht dessen, dass die mengenmäßig relevanten mineralischen Abfälle bislang nur zu etwa 43% hochwertig ressourcenschonend verwertet werden, ist ein hohes weiteres Optimierungspotenzial gegeben, dessen Erschließung durch entsprechende Maßnahmen bis 2020 angestrebt werden sollte.

Wie in der Vorläuferstudie war auch in dieser Studie ein intensiver, konstruktiver Fachaus-tausch mit relevanten Akteuren gegeben. Ebenfalls wie in der Vorläuferstudie stehen die ermittelten Ergebnisse jedoch weiterhin unter dem Vorbehalt, dass teilweise für die Bilanzierung Annahmen getroffen werden mussten, insbesondere hinsichtlich der Abfalleigenschaften und Inhaltsstoffe. Es bleibt weiterhin als Anliegen aus den Projekten der an die Akteure gerichtete Wunsch, Eigenschaften und Eignung verschiedener Abfallarten durch Analysen auf eine repräsentative Grundlage zu stellen. Umso mehr ist das oben genannte Engagement seitens Vattenfall zu begrüßen, Versuche zur energetischen Nutzung von Laub durchzuführen.

Der in der Vorläuferstudie genannte Vorbehalt, Maßnahmen allein auf die Erkenntnisse der Ergebnisse zur Klimagasbilanz abzustellen, konnte mit der zusätzlich durchgeführten Umweltbilanz ausgeräumt werden. Als Problematik bleibt, dass sich im Ergebnis der einzelnen Indikatoren oft auch gegenläufige Aspekte zeigen. So gilt für die Mitverbrennung von Abfällen, dass sie aus Klimaschutzsicht vorteilhaft ist, aber hinsichtlich Quecksilberemissionen nachteilig gegenüber einer Nutzung in Monoverbrennungsanlagen, die den entsprechenden Anforderungen der 17. BImSchV genügen. Hier ist für jede Abfallart im Einzelfall zu prüfen wie die Ergebnisse der weiteren Indikatoren ausfallen, in welchem

Umfang Vor- und Nachteile gegeben sind und welche alternativen Optimierungsmöglichkeiten für die Verfahren ggf. bestehen. Denkbar wäre beispielsweise auch eine Verschärfung der Anforderungen an die Abgasreinigung bei den Kraft- und Zementwerken, die Abfälle zur Mitverbrennung annehmen. Im Wesentlichen wäre eine solche Maßnahme unter Kostengesichtspunkten zu prüfen, die grundsätzliche technische Machbarkeit kann als gegeben angenommen werden. Aus Klima- und Umweltschutzsicht wäre eine solche Maßnahme grundsätzlich für geeignete, nicht phosphathaltige Abfälle zu begrüßen.

13 Literatur

17. BImSchV Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I Nr. 21 vom 02.05.2013 S. 1021 (1044))
- (BGR 2001) Flächenbedarf für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen im Jahr 2001. BGR Commodity Top News No.19.
- (Bioplan 2013) Aktualisierte Zusammenstellung der Bewertung von Kompostqualitäten in Brandenburg für die Senatsumweltverwaltung, Email 29.5.13
- (BSR 2013) BSR-Entsorgungsbilanz 2012. Berliner Stadtreinigungsbetriebe, 2013
- (BWB 2013) Rückmeldungen zu Fragenkatalog, Juli 2013
- (gewitra 2009) Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. UFO-Plan FKZ 206 33 326, Februar 2009 (in Überarbeitung; Neuveröffentlichung weiterhin nicht verfügbar)
- (ICU 2008) Szenarien zur Optimierung der Bioabfallsammlung - Aktualisierung 2008. Studie im Auftrag der BSR – unveröffentlicht, ICU-Berlin 2008
- (IFEU/ICU 2012) Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentworgung im Land Berlin. IFEU Heidelberg unter Mitwirkung von ICU Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Gefördert durch das Bundesumweltministerium. Heidelberg/Berlin September 2012
- (IFEU 2012) Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Unter Mitarbeit der ahu AG Aachen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3709 33 340, UBA-Texte 31/2012
- (IFEU et al. 2008) Optimierung für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. IFEU Heidelberg (Koordinator) und Institut für Energetik und Umwelt (IE) Leipzig, Öko-Institut Büro Darmstadt, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, TU Berlin, S. Klinski, Berlin, sowie im Unterauftrag Peters Umweltplanung, Berlin. Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2008
- (IFEU 2007b) Ökobilanz thermische Entsorgungssysteme für brennbare Abfälle. Im Auftrag des Umweltministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf, Oktober 2007
- (IFEU 2007a) Vergleichende Bewertung der Umweltauswirkungen verschiedener Abluftreinigungskonzepte einer mechanischbiologischen Restabfallbehandlung (MBA). Im Auftrag der ASA e.V. Ennigerloh. In Zusammenarbeit mit gewitra und iba. Februar 2007

- (IFEU 2001) Ökobilanzielle Anforderungen an die Cofermentation von biogenen Abfällen in Faulbehältern. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Düsseldorf, 2001
- (IFEU 1998) Ökologische Bilanzen in der Abfallwirtschaft. Fallbeispiele. Verwertung von Altreifen und Haushaltskühlgeräten. Fehrenbach, Giegrich, Orlik, IFEU Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, 1998 (UBA-Texte 10/99)
- (IPCC 2007) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report: Climate Change 2007, www.ipcc.ch
- (ISA 2010) Doetsch, P., Grömping, M., Pinnekamp, J., Rath, W. (2010): Rückgewinnung von Pflanzennährstoffen, insbesondere Phosphor aus der Asche von Klärschlamm. Abschlussbericht PASCH für das BMBF
- (KZWB 2011) Optimisation of energy and nutrient recovery in wastewater treatment schemes – LCA study in Berlin-Waßmannsdorf. Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KZWB) gGmbH. Im Auftrag von Veolia Water und Berliner Wasserbetriebe. Berlin, 2011
- (Mineur, Letzel, o.J.) Auswirkungen betriebstechnischer Optimierungen auf die Emissionen bei der Verbrennung von Klärschlamm. Dr.-Ing. Martin Mineur, Dipl.-Ing. Jürgen Letzel, VERA Klärschlammverbrennung GmbH, Hamburg
- (Mineur, Roschek, o.J.) Das Verhalten einer stationären Wirbelschicht beim Verbrennen von Klärschlamm. Dr.-Ing. Martin Mineur, Dipl.-Ing. Dirk Roschek, VERA Klärschlammverbrennung GmbH, Hamburg
- (MUNLV 2005) Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen. Inhaltliche Bearbeitung Prognos AG. Im Auftrag des MUNLV NRW (Hrsg.), September 2005
- (Öko-Institut/HTP 2012) Analyse und Fortentwicklung der Verwertungsquoten für Wertstoffe. Sammel- und Verwertungsquoten für Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen als Lenkungsinstrument zur Ressourcenschonung. Öko-Institut Berlin und HTP Aachen. UFO-Plan Forschungsvorhaben FKZ 3711 33 316, Mai 2012
- (Öko-Institut/IFEU 2010) Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Öko-Institut Darmstadt und IFEU Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFO-Plan-Vorhaben FZK 3708 31 302, Januar 2010
- (Pinnekamp et al. 2011) Pinnekamp, J., Weinfurter, K., Sartorius, C., Gäth, S. (2011): Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzeptes für Deutschland (PhoBe). Abschlussbericht zum BMBF-Verbundvorhaben FKZ: 02WA0805 – 02WA0808

- (Schönberger et al. 2012) Expertenanhörung im Umweltausschuss. Fachleute nahmen Stellung zum Regierungsentwurf zur Umsetzung der EU-Industrieemissionsrichtlinie in deutsches Recht. Von Harald Schönberger, Christian Tebert und Uwe Lahl. In: ReSource 4/2012
- (SenGUV 2010a) Abfallwirtschaftskonzept für das Land Berlin. Planungszeitraum 2010 bis 2020. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. Berlin 21. Juli 2010
- (Trend Research 2012) Der Markt der Klärschlamm Entsorgung in Deutschland bis 2025, Potenzialstudie (Nr. 15-1377), Trend Research, Bremen 2012
- (UBA 2013/14) Laufende Studie zu „stoffstromorientierten Lösungsansätzen für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen“. Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH Berlin und Öko-Institut Berlin. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- (UBA 2011a) Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen. Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH, Berlin und Kanthak & Adam GbR Berlin. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFO-Plan Forschungsvorhaben 3709 33 314, UBA-Texte 19/2011, April 2011
- (UBA 2011b) Planspiel zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung. Teilvorhaben 1: Bestimmung der Idealzusammensetzung der Wertstofftonne. Cyclos GmbH, Osnabrück und HTP GmbH Aachen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFO-Plan Forschungsvorhaben 371093 3131, UBA-Texte 08/2011, Februar 2011
- (UBA 1999) Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Umweltbundesamt, Berlin 1999 (= UBA Texte 92/99)
- (u.e.c. 2011) Aktualisierung der Datenlage zum Sammelsystem Gelbe Tonne Plus. u.e.c. Berlin, Bericht im Auftrag der Alba Consulting GmbH, September 2011
- (u.e.c. 2008) Optimierung der Verwertung der gewerblichen Abfälle im Land Berlin bis 2020. u.e.c. Berlin, in Zusammenarbeit mit Kanthak & Adam GbR Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin, Dezember 2008
- (WRAP 2007) Life Cycle Assessment of Plasterboard. Technical Report erstellt von Environmental Resources Management (ERM). Im Auftrag von WRAP, www.wrap.org.uk/construction

14 Abkürzungsverzeichnis / Glossar

AAS	Sperrmüllaufbereitungsanlage der BSR
AME	Altfettmethylester (Biodiesel aus Altfett)
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BBU	Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen
BDE	Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BHKW	Blockheizkraftwerk
BSR	Berliner Stadtreinigungsbetriebe
C fossil	fossiler Kohlenstoff
CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente (Umrechnungseinheit für klimawirksame Gase)
DafStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton
EAR	Stiftung Elektro-Altgeräte-Register
EBS	Ersatzbrennstoff
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
FS	Frischsubstanz (auch FM, Frischmasse)
GTP	Gelbe Tonne Plus
HKW	Heizkraftwerk
HMG	Hausmüllähnlicher Gewerbeabfall
HTC	Hydrothermale Karbonisierung
Hu	unterer Heizwert
kGR	kompostierter Gärrest
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) Brandenburg
LVP	Leichtverpackungen
MBA	Mechanisch-biologische Behandlungsanlage
MBS	Mechanisch-biologische Stabilisierungsanlage
MEAB	Märkische Entsorgungsanlagen Betriebsgesellschaft
Mg	Megagramm (1 Mg = 1 t = 1000 kg)
MHKW	Müllheizkraftwerk
MPS	Mechanisch-physikalische Stabilisierungsanlage

MUEG	Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgungsgesellschaft mbH
MVA	Müllverbrennungsanlage
NOx	Stickstoffoxide
ORS	Otto-Rüdiger Schulze Holz und Baustoffrecycling GmbH & Co.KG
oTS	Organische Trockensubstanz
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz
StNVP	Stoffgleiche Nichtverpackungen
THG	Treibhausgas
TOC	total organic carbon (organische Stoffe, angegeben als Gesamtkohlenstoff)
TS	Trockensubstanz (auch TM, Trockenmasse)
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke
VwVBU	Allgemeine Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU)