



STOFFSTROM-, KLIMAGAS- UND UMWELTBILANZ FÜR DAS JAHR 2022 FÜR DAS LAND BERLIN



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2022 für das Land Berlin

SKU-Bilanz

für die Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
(SenMVKU), Referat Kreislaufwirtschaft, 10179 Berlin

von

Regine Vogt, Noora Harju

Dezember 2023

Bildnachweis Titelseite: Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



ifeu Wilckensstraße 3 D - 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 Telefax +49 (0)6 221. 47 67 - 19 E-Mail ifeu@ifeu.de www.ifeu.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
0 Zusammenfassung	9
1 Vorbemerkung	19
2 Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz	21
2.1 Abfälle aus Haushaltungen	21
2.1.1 Hausmüll inkl. Geschäftsmüll (AVV 200301)	22
2.1.2 Sperrmüll (AVV 200307)	24
2.1.3 Bioabfall (BIOGUT) (AVV 200301)	26
2.1.4 Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle (AVV 200301)	28
2.1.5 Weihnachtsbäume (AVV 200138)	29
2.1.6 Organikabfall im Sammelsystem Laubsack (AVV 200301)	30
2.1.7 Altpapier (AVV 200101)	31
2.1.8 Leichtverpackungen (LVP) (AVV 150106) und stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) (AVV 200301)	32
2.1.9 Altglas (AVV 200102)	34
2.1.10 Alttextilien (AVV 201111)	35
2.1.11 Altreifen (AVV 160103)	36
2.1.12 E-Schrott (AVV 200136, 200123*, 200135*)	37
2.1.13 Altmetalle (AVV 200140)	38
2.2 Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen	39
2.2.1 Boden und Steine (AVV 170504)	39
2.2.2 Bauschutt (AVV 170107) - Gemische aus Beton, Fliesen, Ziegel und Keramik	40
2.2.3 Beton (AVV 170101)	41
2.2.4 Gipsabfälle (AVV 170802)	42
2.2.5 Ziegel (AVV 170102)	43
2.2.6 Asphalt (AVV 170302)	44
2.2.7 Baggergut (AVV 170506)	45
Zusammenfassung mineralische Abfälle (Kap. 2.2.1 bis 2.2.7)	46
2.2.8 Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie (AVV 200301)	49
2.2.9 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG) (AVV 200301)	50

2.2.10 Nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle (AVV 200301) und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (AVV170904)	52
2.2.11 Ungefaulter Klärschlamm (AVV 190805)	54
2.2.12 Gefaulter Klärschlamm (AVV 190805)	56
2.2.13 Straßenkehricht (AVV 200303)	58
2.2.14 Getrennt gesammeltes Altholz (AVV 200138 und AVV 170201)	60
2.2.15 Baum- und Strauchschnitt (AVV 200138)	61
Gesamt-Stoffstrombilanz Holzabfälle aus Berlin (v.a. Kap. 2.2.14 und 2.2.15)	62
2.2.16 Laub / Straßenlaub (AVV 200201)	65
2.2.17 Straßenbegleitgrün (AVV 200201)	66
2.2.18 Mähgut (AVV 200201)	67
2.2.19 Speisereste (AVV 200108) und überlagerte Lebensmittelabfälle (AVV 020203, 020204, 020501, 020601, 020704)	68
2.2.20 Fettabscheiderinhalte (AVV 190809)	69
Zusammenfassung Speisereste (inkl. überlagerte Lebensmittelabfälle) und Fettabscheiderinhalte (Kap. 2.2.19 und 2.2.20)	70
2.2.21 Altfette (AVV 200125)	71
2.2.22 Pferdemist (AVV 020106)	72
2.2.23 Rechengut (AVV 190801)	73
2.3 Zusammenführung der Ergebnisse der Abfallarten	74
Stoffstrombilanz 2022	74
Klimagasbilanz 2022	77
Umweltbilanz 2022	81
3 Erläuterungen zu ausgewählten Abfallarten	86
3.1 Aufkommen organischer Abfallfraktionen	86
3.2 Aufkommen und Verbleib Alttextilien	89
3.3 Aufkommen und Verbleib E-Schrott	92
3.4 Aufkommen und Verbleib Altreifen	95
3.5 Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll	98
3.5.1 Aufschlüsselung Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll 2022	98
3.5.2 Fallbeispiele Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll	102
4 Erläuterungen zu den 10 größten Berliner Abfallbehandlungsanlagen	105
4.1 Graf Baustoffe, Nonnendamm	105
4.2 BTB-Gruppe, Frank-Zappa-Straße	106
4.3 RWG I – Schicht, Saalburgstraße	106
4.4 RWG I – Schicht, Wiesendamm	107

4.5	MHKW Ruhleben	108
4.6	MPS Pankow	109
4.7	MPS Reinickendorf	109
4.8	BSR Biogas West	110
4.9	ALBA Hultschiner Damm	110
4.10	KSVA Ruhleben	110
5	Aktualisierungen	112
5.1	Emissionsfaktoren für Energie und Transporte	112
5.2	Emissionsfaktoren trockene Wertstoffe	114
5.3	Kenndaten Abfallarten und EBS	114
5.4	Charakterisierungsfaktoren für Klimagase nach IPCC	115
	Literaturverzeichnis	117
6	Anhang	121
6.1	Definition Recycling- und Verwertungsraten	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0.1: Zusammenfassung Verbleib der Abfälle	10
Abbildung 0.2: Ergebnisse Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2022	11
Abbildung 0.3: Zusammenfassung Klimagasbilanz	12
Abbildung 0.4: Zusammenfassung Ressourcenschonung	14
Abbildung 0.5: Zusammenfassung Luftemissionen und Schadstoffeintrag in Boden	15
Abbildung 2.1: Stoffflussdiagramm zu Aufkommen und Verbleib der mineralischen Abfälle 2022	46
Abbildung 2.2: Mineralische Abfallaufkommen je Einzelfraktion	48
Abbildung 2.3: Gesamt-Holz-Bilanz für holzige Abfälle aus Berlin im Jahr 2022	64
Abbildung 2.4: Sankeydiagramm Mengenströme 2022	74
Abbildung 2.5: Entsorgte Mengen der Abfallarten 2022 und 2020 (Mengenangaben in Tonnen)	75
Abbildung 2.6: Absolute Nettoergebnisse der Klimagasbilanz 2022 (in Tonnen CO ₂ -Äquivalente)	78
Abbildung 3.1: Zeitreihe Altreifenverwertung in Deutschland nach wdk	96
Abbildung 3.2: Fallbeispiele Verbleib EBS aus MPS Pankow und aus MPS Reinickendorf und Ergebnis MHKW Ruhleben	103
Abbildung 4.1: Stoffströme 2022, Graf Baustoffe, Nonnendamm	106
Abbildung 4.2: Stoffströme 2022, BTB-Gruppe, Frank-Zappa-Straße	106
Abbildung 4.3: Stoffströme 2022, RWG I - Schicht, Saalburgstraße	107
Abbildung 4.4: Stoffströme 2022, RWG I - Schicht, Wiesendamm	107
Abbildung 4.5: Stoffströme 2022, BSR MHKW Ruhleben	108
Abbildung 4.6: Stoffströme 2022, MPS Pankow	109
Abbildung 4.7: Stoffströme 2022, MPS Reinickendorf	109
Abbildung 4.8: Stoffströme 2022, BSR Biogas West	110
Abbildung 4.9: Stoffströme 2022, BWB KVA Ruhleben	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Zeitreihe Aufkommen mineralische Abfallfraktionen	48
Tabelle 2.2:	Verteilschlüssel für die energetische Verwertung von Holzabfällen	63
Tabelle 2.3:	Ergebnisse Stoffstrombilanz 2022	76
Tabelle 2.4:	Ergebnisse Klimagasbilanz 2022	79
Tabelle 2.5:	Ergebnisse der Rohstoffschonung 2022	81
Tabelle 2.6:	Nettoergebnisse Luftemissionen und Cadmиеintrag in Boden 2022	82
Tabelle 2.7:	Spezifische Ergebnisse der Schonung von Rohstoffen 2022 im Vergleich zu 2020	84
Tabelle 2.8:	Spezifische Nettoergebnisse für Luftemissionen und Cadmиеintrag in Boden 2022 im Vergleich zu 2020	84
Tabelle 3.1:	Aufkommen Baum- und Strauchschnitt (s. 2.2.15) bisher und neu für 2022	87
Tabelle 3.2:	Aufkommen Mähgut (s. 2.2.18) bisher und neu für 2022	87
Tabelle 3.3:	Aufkommen Laub (s. 2.2.16) bisher und neu für 2022	87
Tabelle 3.4:	Verbleib getrennt erfassten Alttextilien nach Datenerhebung bei Berliner Unternehmen	90
Tabelle 3.5:	Behandlungsmenge und Verbleib von Elektro(nik)altgeräten in Berlin auf Basis der Erhebung an zwei Erstbehandlungsanlagen (EBA) für 2022	94
Tabelle 3.6:	Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll 2022 nach Behandlungswegen und Prozessen	99
Tabelle 5.1:	Zeitverlauf Emissionsfaktoren für Strom	113
Tabelle 5.2:	Charakterisierungsfaktoren für den Treibhauseffekt nach IPCC 2021 und 2013	116

Abkürzungsverzeichnis

AAS	Sperrmüllaufbereitungsanlage der BSR
AFME	Altfettmethylester (Biodiesel aus Altfett)
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMKW	Biomassekraftwerk
BSR	Berliner Stadtreinigungsbetriebe
BWB	Berliner Wasserbetriebe
C fossil	fossiler Kohlenstoff
CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente (Umrechnungseinheit für klimawirksame Gase)
EBS	Ersatzbrennstoff
FKN	Flüssiggetränkekarton
FS	Frischsubstanz (auch FM, Frischmasse)
GaLaBau	Garten- und Landschaftsbau
HKW	Heizkraftwerk
HMG	Hausmüllähnlicher Gewerbeabfall
H _i	Heizwert (früher unterer Heizwert Hu)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IKW	Industriekraftwerk
kGR	kompostierter Gärrest
KSVA	Klärschlammverbrennungsanlage
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
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
SenUMVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz
SKU-Bilanz	Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz
StNVP	Stoffgleiche Nichtverpackungen
RTO	Regenerative Thermische Oxidation
TAB	Thermische Abfallbehandlungsanlage (Überbegriff für MVA und EBS-Kraftwerke)
THG	Treibhausgas
TOC	total organic carbon (organische Stoffe, angegeben als Gesamtkohlenstoff)
TS	Trockensubstanz (auch TM, Trockenmasse)
VwVBU	Allgemeine Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU)

0 Zusammenfassung

Mit dem am 17.06.2021 beschlossenen Abfallwirtschaftskonzept für das Land Berlin für den Planungszeitraum 2020 bis 2030 soll in Berlin die Kreislaufwirtschaft konsequent in Richtung des Leitbilds Zero Waste weiterentwickelt werden. Die Erstellung der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz geht auf das zuvor im Mai 2011 beschlossene Abfallwirtschaftskonzept für 2010 bis 2020 zurück, mit dem die Berliner Abfallwirtschaft insbesondere unter den Aspekten des Ressourcen- und des Klimaschutzes neu ausgerichtet und entsprechend optimiert werden sollte. Ziel und Anspruch war, eine weitere relevante Reduktion an schädlichen Klimagasen spätestens bis 2020 zu erzielen. Zur Evaluierung dieser Ziele sowie zur Steuerung der Abfallströme wird in den geraden Jahren¹ eine Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz (SKU-Bilanz) für die nicht gefährlichen Abfälle erstellt. Zudem werden seit 2014 Recycling- und Verwertungsraten ermittelt und ausgewiesen.

Die Stoffstrombilanz 2022 beinhaltet die Ermittlung von Aufkommen und Verbleib von insgesamt 36 Abfallarten² und bildet die Basis für die Berechnung der Klimagas- und Umweltbilanz. Die Klimagasbilanz berücksichtigt die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas, die nach ihrem Treibhausgaspotenzial zusammengefasst und in CO₂-Äquivalenten ausgewiesen sind.

Bilanzierung

Für die Umweltbilanz sind die folgenden als relevant identifizierten Parameter ausgewertet:

- Ressourcenschonung: mineralische und metallische Rohstoffe (Natursteine, Phosphat und Rohmetalle), energetische Rohstoffe (KEA fossil) und biogene Rohstoffe (Holz),
- Luftemissionen: Stickoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und Quecksilber (Hg),
- Schadstoffeintrag in Boden: Cadmium (Cd).

Die Bilanzierung umfasst jeweils Belastungen der Abfallentsorgung sowie Entlastungen für die potenzielle Substitution von konventionell erzeugter Energie oder von Primärprodukten (Anrechnung durch Gutschrift)³. Überwiegen die durch Substitution potenziell vermiedenen Emissionen die Belastungen aus der Abfallentsorgung, ergeben sich Nettoergebnisse mit negativem Vorzeichen. Zu verstehen ist dies als „Einsparung“ bzw. „Entlastung“, die potenziell in anderen Sektoren, dem Sektor Energie oder Industrie, ausgelöst wird.

Insgesamt wurde für das Jahr 2022 im Land Berlin für die 36 untersuchten Abfallarten ein gesamtes Abfallaufkommen von 5.346.511 Tonnen ermittelt (z. Vgl.: 2010 rd. 6,7 Mio. Mg, 2012, 2014 und 2016 jeweils rd. 7 Mio. Mg, 2018 rd. 6,5 Mio. Mg, 2020: rd. 6,8 Mio. Mg). Hauptanteil daran nehmen die mineralischen Abfälle ein. Die

Stoffstrombilanz

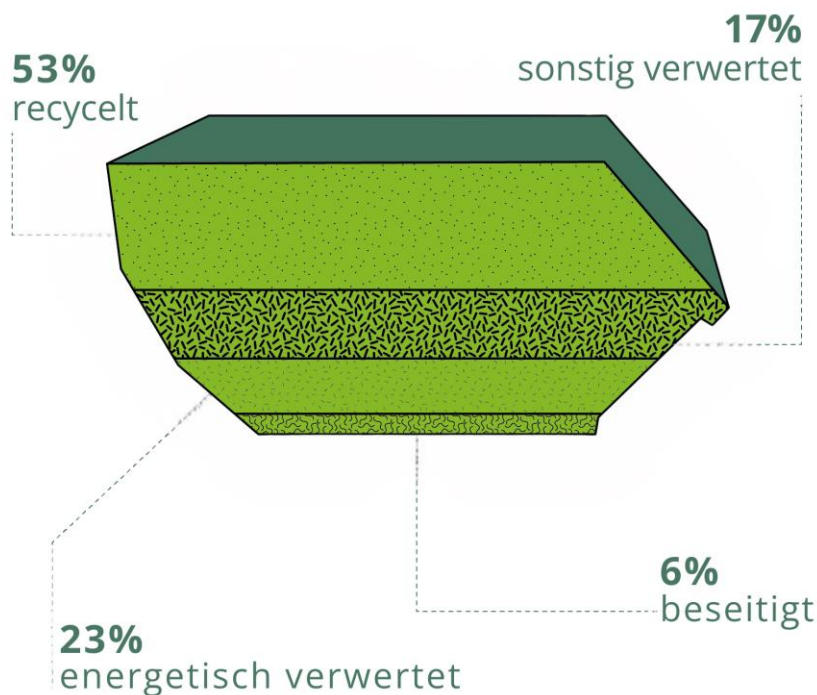
¹ Alternierend mit einer Stoffstrombilanz für überlassungspflichtige Abfälle in den ungeraden Jahren.

² Der Steckbrief für Kunststoffrasen ist ausgesetzt, da 2022 keine entsprechenden Mengen erfasst wurden.

³ Dieser Ansatz der Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft erlaubt Vergleiche nur bei gleicher Gesamtabfallmenge, sonst führt „mehr“ Abfall zu „mehr“ Entlastung. Entsprechend erfolgen Analysen der Entwicklung über die Jahre ausschließlich auf Basis der spezifischen Ergebnisse pro Tonne Abfall.

entsorgte Abfallmenge⁴ beläuft sich im Jahr 2022 auf 5.122.273 Tonnen (26% weniger als 2020). Die im Vergleich zu 2020 deutlich geringere Menge ergibt sich hauptsächlich durch deutlich geringere Anteile bei den mineralischen Abfällen. (Eine grafische Darstellung der entsorgten Abfallmenge 2022 und 2020 für die einzelnen Abfallarten findet sich in Abbildung 2.5).

36 Abfallarten mit einer Abfallmenge von rund 5,1 Mio. Tonnen



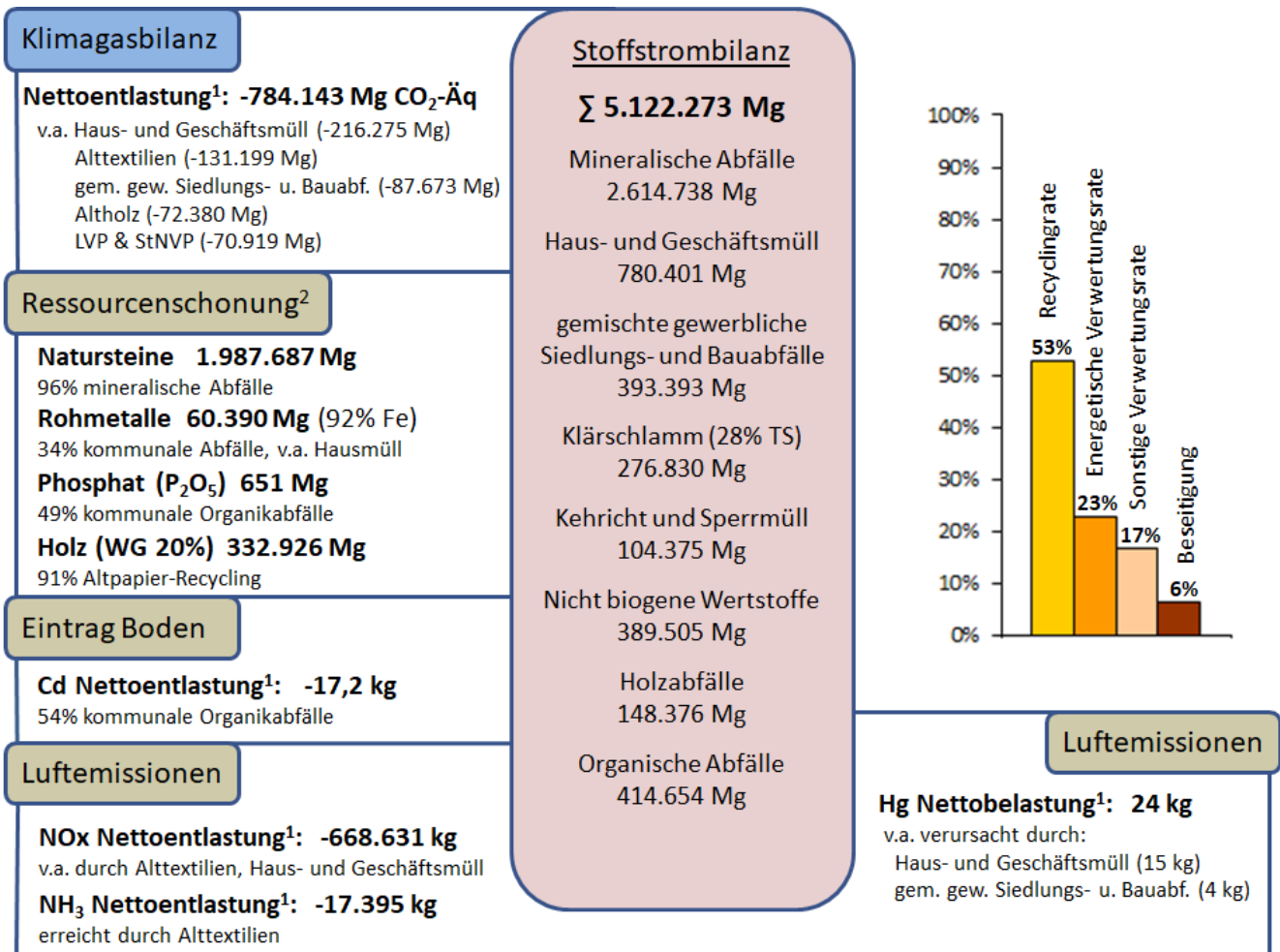
Differenz zu 100% bedingt durch Wasserverluste bei der Behandlung einzelner Abfallarten

Abbildung 0.1: Zusammenfassung Verbleib der Abfälle

Copyright: Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Abbildung 0.2 zeigt eine Gesamtübersicht der SKU-Bilanz für das Jahr 2022. Die Stoffstrombilanz umfasst die gesamt entsorgte Menge untergliedert nach den mengenrelevanten Abfallarten bzw. -gruppierungen. Neben den mineralischen Abfällen, die 51% der entsorgten Abfallmenge ausmachen, stellen Haus- und Geschäftsmüll und im Weiteren gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle mengenrelevante Abfallarten dar.

⁴ Die entsorgte Abfallmenge unterscheidet sich vom Abfallaufkommen durch Bunkerdifferenzen bzw. vor allem Input-Output-Differenzen, die insbesondere aus Lagerbeständen bei Brech- und Klassieranlagen resultieren.



- 1) Nettoent-/belastung als Summe über alle Abfallarten, die im Einzelnen Be- oder Entlastungen bedingen
- 2) Fossile Energieträger (KEA fossil) nicht für alle Abfallarten ausgewertet, Entlastungspotenzial mindestens -12.600 TJ
- 3) Differenz zu 100% bei den Raten bedingt durch Wasserverluste bei der Behandlung einzelner Abfallarten

Abbildung 0.2: Ergebnisse Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2022

Die Abbildung weist des Weiteren die Recycling- und Verwertungsraten aus. Gegenüber dem Jahr 2020 ergeben sich folgende Veränderungen: Die Recyclingrate (stoffliche Verwertung) ist von 48% auf 53% angestiegen, die energetische Verwertung von 19% auf 23%. Die sonstige Verwertung (Verfüllungen, Deponiersatzbaustoff) ist von 26% auf 17% abgesunken. Die Beseitigung (Deponierung und Klärschlammverbrennung in der Klärschlammverbrennungsanlage (KSVA)) ist bei 6% geblieben.

Durch die Nutzung der Berliner Abfälle als Ressource wurden im Jahr 2022 wiederum relevante Klimagas- und Umweltentlastungspotenziale erzielt. Das Nettoentlastungspotenzial an schädlichen Klimagasen beträgt -784.143 Mg CO₂-Äq. Den höchsten Entlastungsbeitrag liefert wiederum die Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll als mengenstärkste Siedlungsabfallart. Ebenfalls wie bisher resultiert der zweithöchste Anteil aus der Entsorgung von Alttextilien, deren anteilig vermiedene Primärherstellung mit hohen Klimagas- und Umweltlasten verbunden ist. Es folgt das Nettoentlastungspotenzial durch die Entsorgung der nicht überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfälle und gemischten Bauabfälle und im Weiteren das der getrennt erfassten Altholzmenge und von Leichtverpackungen und stoffgleichen Nicht-Verpackungen (LVP & StNVP) vor Altpapier. Umgekehrt wurde für acht der untersuchten Abfallarten im Netto eine

Klimagasbilanz

Klimagasbelastung ermittelt. Dabei handelt es sich um die kompostierten Organikabfälle, Straßenkehrschutt und ungefaulten Klärschlamm.

Klimagasbilanz: 28 der 36 **Abfallarten erzielen eine Entlastung**, bei 8 besteht eine Belastung.
Das Entlastungspotenzial 2022 beträgt **-784.143 Mg CO₂-Äq**

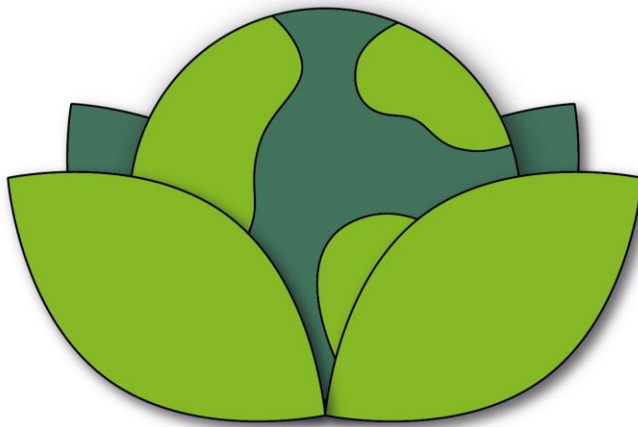


Abbildung 0.3: Zusammenfassung Klimagasbilanz
Copyright: Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Insgesamt zeigt die Klimagasbilanz gegenüber 2020 absolut eine geringere Nettoentlastung. Dies hängt übergeordnet mit geringeren Abfallmengen in 2022 und Verschiebungen in den Verwertungsarten zusammen. Die Effekte der Defossilisierung (ifeu/ARGUS 2021, ifeu 2017a, ifeu 2017b) spielen im Vergleich 2022 zu 2020 auch eine Rolle, werden aber auch durch Aktualisierungen der Datensätze für Brennstoffvorketten und der Primärproduktion, die höhere Emissionswerte aufweisen, aufgewogen. Ursache für letzteres sind Anpassungen bei der Erdgasbereitstellung und bisher unterschätzten Methanemissionen bei der Extraktion fossiler Brennstoffe, die z. B. auch bei Wärme und Kunststoffen zu höheren Emissionswerten führen. Durch die Substitution dieser Primärprodukte werden entsprechend höhere Entlastungspotenziale erzielt.

Auf spezifischer Ebene kann das Ergebnis mit der Klimagasbilanz 2020 verglichen werden. Danach liegt das spezifische Nettoergebnis für 2022 in Summe in Höhe von $-153 \text{ kg CO}_2\text{-Äq}$ pro Tonne Abfall um 16% höher als 2020. Allerdings ergibt sich der Anstieg der spezifischen Nettoentlastung im Gesamtergebnis v. a. rechnerisch durch die 37% geringere entsorgte Menge an mineralischen Abfällen, deren THG-Bilanz (außer für Asphalt) mit Null bewertet ist.

Für einzelne Abfallarten ergeben sich Verbesserungen v. a. durch die o. g. aktualisierten Datensätze (z. B. bei Haus- und Geschäftsmüll, E-Schrott, Altmetalle, Altfett) oder durch die aktuellen IPCC-Charakterisierungsfaktoren (v. a. etwas geringere Belastungen offene Kompostierung). Bei Haus- und Geschäftsmüll und bei gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Bauabfällen wirkt sich auch ein etwas höherer Anteil zur Mitverbrennung von EBS aus MPS und ein etwas höherer Heizwert dieser positiv aus. Ansonsten ergeben sich Verbesserungen auch durch Neuerhebungen wie bei Laub und Mähgut bei denen anteilig neu auch eine Mulchung und zu einem kleineren Anteil auch eine energetische Verwertung gegeben ist, wodurch die Nettobelastungen der anteiligen offenen Kompostierung reduziert sind. Bei Bioabfall besteht eine leichte Verbesserung durch die angepasste Bilanzierung nach der höhere v. a. biogen basierte Siebresteanteile berücksichtigt sind, die energetisch verwertet werden. Eine deutlichere Verbesserung besteht bei ungefaultem Klärschlamm v. a. durch mittlerweile gegebene kontinuierliche N₂O-Messungen, die nur halb so hoch ausfallen wie die zuvor angesetzten Werte nach Literatur und Einzelmessungen. Zudem positiv wirken ein geringerer Heizölbedarf und ein höherer Nettostromwirkungsgrad bei der Klärschlammverbrennung. Auch bei Fettabscheiderinhalten zeigt sich eine Verbesserung durch eine anteilige Aufbereitung zu Altfettmethylester als Dieselsubstitut. Das Ergebnis für Asphalt ist besser, da anteilig mehr Mengen über Asphaltmischwerke behandelt wurden, das für Weihnachtsbäume, da diese in 2022 vollständig energetisch verwertet wurden.

Die o. g. aktualisierten Datensätze bewirken bei Altpapier eine geringere spezifische Nettoentlastungen (Gutschrift Zell-, Holzstoff geringer). Ansonsten gehen reduzierte Nettoentlastungen v. a. auf Verschiebungen in den Verwertungsarten zurück. Teils sind die Anteile von EBS zur Mitverbrennung auch rückläufig, was insbesondere bei Sperrmüll zu einer deutlich geringeren Nettoentlastung führt. Bei Alttextilien bedingt eine Verschiebung der Wiederverwendung zur Weiterverwendung (Putzlappen) zu einer Reduzierung der spezifischen Nettoentlastung. Bei Altholz macht sich der neu gesetzte Anteil stoffliche Verwertung bemerkbar und die anteilig gegebene Kompostierung, die gegenüber der energetischen Verwertung geringere Entlastungen bedingen. Für Altreifen reduziert sich die spezifische Nettoentlastung, da die Substitutionspotenziale neu eingeschätzt wurden; der Anteil zum Recycling liegt höher als 2020 und bietet weiterhin höhere Entlastungspotenziale als die Mitverbrennung.

Die Umweltbilanz 2022 für die untersuchten Bereiche Ressourcenschonung, Luftemissionen sowie Schadstoffeintrag in Boden zeigt ein differenziertes Ergebnis. Bei fast allen untersuchten Indikatoren wurden Einsparungen bzw. Nettoentlastungen erzielt, lediglich bei den Quecksilberemissionen besteht eine Nettobelastung.

Umweltbilanz

Die Einsparung von Natursteinen (inkl. Sande & Kies) ist zu 96% durch mineralische Abfälle bedingt. Sie entspricht insgesamt einer vermiedenen Flächeninanspruchnahme von 48.013 m². Eine Schonung von Flächen erfolgt auch durch die Schonung von Phosphat bzw. Phosphorit (insgesamt 320 m²). Die Einsparung von Rohmetallen (92% Eisenmetalle) ist zu 34% auf die Entsorgung von Abfällen kommunaler Herkunft zurückzuführen, darunter v. a. Haus- und Geschäftsmüll. Die Schonung von Phosphat ergibt sich zu 49% aus der Entsorgung von Organikabfällen kommunaler Herkunft, darunter v. a. Bioabfall und im Weiteren durch Phosphatrückgewinnung aus gefaultem Klärschlamm (MAP-Anlage). Die Schonung von Holz wird zu 91% durch Altpapierverwertung bestimmt.

Ressourcenschonung

Im Jahr 2022 wurden durch die Abfallentsorgung folgende **Ressourcen geschont**:

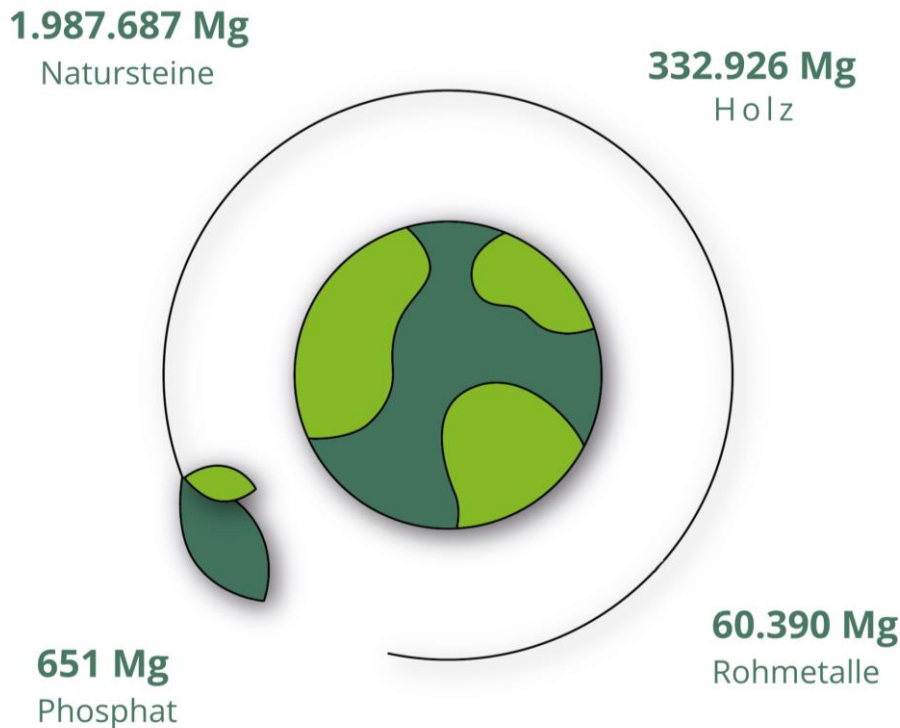


Abbildung 0.4: Zusammenfassung Ressourcenschonung
Copyright: Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

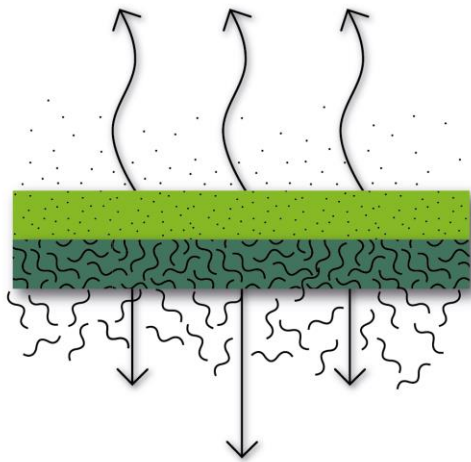
Die spezifischen Ergebnisse für die Umweltbilanz werden nur auf die Abfallmengen bezogen für die Indikatoren relevant und ausgewertet sind. Im Vergleich zu den spezifischen Ergebnissen der SKU-Bilanz 2020 zeigen sich für den KEA fossil ähnliche Ergebnisse. Die Schonung von Rohmetallen liegt spezifisch etwas geringer aufgrund etwas geringerer verwerteter Metallanteile v. a. aus den Restabfällen (Haus- und Geschäftsmüll, gewerbliche Abfälle). Darüber hinaus zeigen sich höhere Entlastungspotenziale. Natursteine (inkl. Sande & Kies) wurden vermehrt eingespart, die Recyclingrate für mineralische Abfälle lag mit 73% deutlicher höher (2020: 60%). Die höhere spezifische Einsparung von Phosphat ergibt sich v. a. durch die Phosphorrückgewinnung aus gefaultem Klärschlamm (MAP), die 2020 aus Wartungsgründen nicht erfolgte. Die höhere spezifische Nettoeinsparung bei der Holzschonung resultiert v. a. aus der für 2022 angesetzten anteiligen werkstofflichen Verwertung von Altholz. Zudem trägt Altpapierrecycling durch den leicht höheren Zellstoffanteil im Substitutionsmix bei. Die geringere anteilige Holzschonung durch geringere Mengen Papier, das aus den nicht überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfällen und gemischten Bauabfällen aussortiert wurde (0,2% statt 1,9%), wird von den anderen Aspekten überwogen.

Einsparungen bei Ammoniakemissionen werden ausschließlich durch die Verwertung von Alttextilien erreicht durch die anteilige Substitution des Baumwollanbaus

Luftemissionen und Cadmumeintrag Boden

(Ammoniakemissionen aus N-Düngung). Ansonsten entstehen Ammoniakemissionen aus der biologischen Behandlung von organischen Abfällen, wodurch Nettobelastungen gegeben sind. Die Nettoentlastung bei Ammoniak ist geringer als 2022 aufgrund der Verschiebung von der Wieder- zur Weiterverwendung bei Alttextilien und der damit anteilig geringeren Substitution von Primärmaterial.

Das **Entlastungspotenzial für Ammoniakemissionen** betrug **-17.395 kg** und für **NOx-Emissionen -668.631 kg**; bei Quecksilber ergab sich ein Belastungspotenzial in Höhe von 24 kg.



Bei dem **Schadstoffeintrag in Boden** lag das **Entlastungspotenzial** für Cadmium bei **-17,2 kg**

Abbildung 0.5: Zusammenfassung Luftemissionen und Schadstoffeintrag in Boden
Copyright: Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Bei NOx-Emissionen resultieren Nettoentlastungen v. a. aus Gutschriften für ersetzte Energieerzeugung. Bei Alttextilien spielt die ersetzte Primärherstellung eine Rolle. In 2022 liegt das Nettoentlastungspotenzial für NOx höher v. a. bedingt durch die Aktualisierung der Brennstoffvorketten (Gutschrift Wärme). Bei Alttextilien überwiegt dies die reduzierte spezifische Entlastung aufgrund der Verschiebung von der Wieder- zur Weiterverwertung.

Bei Quecksilber resultieren Nettobelastungen v. a. aus der Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll und im Weiteren von nicht-überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfällen und gemischten Bauabfällen. Nettoentlastungen sind nur bei Alttextilien, sonstigen Abfällen aus Gewerbe und Industrie und in 2022 auch bei Sperrmüll gegeben. Bei Sperrmüll hat sich in 2022 das Vorzeichen geändert (in 2020 Nettobelastung) durch

den deutlich höheren EBS-Anteil zu EBS-Kraftwerken statt zur Mitverbrennung. Quecksilber wird dabei durch Rauchgasreinigung umfassender abgeschieden. Weiterer Abfallfraktionen weisen Nettobelastungen auf. In Summe liegt die spezifische Nettobelastung in 2022 etwas höher als 2020 v. a. wegen etwas höheren Emissionen aus der Behandlung von Restmüll. Diese überwiegen das bessere Ergebnis bei Sperrmüll und auch etwas geringere Quecksilberemissionen bei der Verbrennung von ungefaultem Klärschlamm in der KSVa Ruhleben.

Beim Cadmiumeintrag in den Boden wird das Nettoentlastungspotenzial v. a. durch die Entsorgung der gewerblichen organischen Abfälle, Bioabfall und gefaulten Klärschlamm erreicht. Ursächlich sind Kompost- und Gärrestanwendungen mit Substitutionspotenzial für cadmiumhaltigen mineralischen Phosphatdünger. Bei gefaultem Klärschlamm besteht dies durch die Phosphorrückgewinnung (MAP). Gegenüber 2020 zeigt sich wieder eine höhere spezifische Nettoentlastung, v. a. durch MAP-Dünger, der 2020 aufgrund von Wartungsarbeiten nicht erzeugt werden konnte.

Weitergehende Klimagas- und Umweltentlastungspotenziale bestehen – wie teilweise in den Vorläuferstudien dargelegt – z. B. in der optimierten Behandlung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Bau- und Abbruchabfällen v. a. durch eine Steigerung der Wertstoffausbeute. Dies ist grundsätzlich mit der weiteren Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung zu erwarten. Zudem können Förderprogramme z. B. zur Modernisierung der Sortiertechnik beitragen.

Weitere Klimagas- und Umweltentlastungspotenziale

Für die Bioabfallverwertung gilt weiterhin, dass die Behandlung über die Anlage BSR Biogas West vorteilhaft ist. Weitere Entlastungspotenziale bestehen in einer vollständigen Nutzung der Bioabfälle in entsprechenden effizienten und emissionsarmen Anlagen. Die Behandlung über die BSR Hennickendorfer Kompost weist sowohl für die offene Kompostierung als auch für die Vergärung Belastungen im Nettoergebnis auf. Die Vergärungsanlage wurde mittlerweile außer Betrieb genommen. Die gesammelte Bioabfallmenge konnte in den letzten Jahren gesteigert werden; vor dem Hintergrund der neu geschätzten Eigenkompostierungsmenge verbleibt weiteres Potenzial zur Steigerung der getrennten Erfassung und hochwertigen Verwertung. Für Laub ist eine energetische Verwertung z. B. durch Mitverbrennung vorteilhaft (ifeu 2015). Für Mähgut wie allgemein für kompostierte Abfälle gilt weiterhin, dass diese perspektivisch zu modernen emissionsarmen Behandlungsverfahren umgelenkt werden sollten. Gegebenenfalls sind diese Stoffströme auch für eine Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle geeignet (Kap. 3.1). Für trockene Wertstoffe besteht weiterhin ein Optimierungspotenzial in der Steigerung der getrennt erfassten Mengen durch Entnahme aus dem Hausmüll. Dies gilt insbesondere auch für Alttextilien (s. Kap. 3.2).

Organikabfälle und trockene Wertstoffe

Für mineralische Abfälle bestehen Optimierungsmaßnahmen in Anstrengungen den Anteil an RC-Baustoffen durch Stoffstrommanagement zu steigern. Ein Einsatz von RC-Beton im Hochbau kann durch sortenreine getrennte Erfassung beim Gebäuderückbau erreicht werden. In der Folge könnten damit weitere Absatzmöglichkeiten im Straßenbau für andere Bauschuttabfälle (v. a. Ziegel) eröffnet werden. Grundsätzlich ist die sortenreine getrennte Erfassung von Baustofffraktionen eine wichtige Voraussetzung für eine hochwertige Verwertung. Für weitere RC-Baustoffe wie Gipsabfälle oder Ziegel sind hochwertige Verwertungsmöglichkeiten gegeben, jedoch bestehen hier aufgrund von Kosten- und Akzeptanzgründen weiterhin Hemmnisse.

Mineralische Abfälle

Für die energetische Nutzung von Abfällen gilt weiterhin, dass die Dynamik, die sich aus der Energiewende und den Klimaschutzziele ergibt, zu berücksichtigen ist. Aus

Energetische Nutzung von Abfällen

Klimaschutzsicht sollten aktuell Abfälle weiterhin, soweit nach Eignung und Kapazitäten möglich, mitverbrannt werden, um dadurch Kohle zu ersetzen. Kurz- bis mittelfristig wird sich dieser Klimaschutzbeitrag durch den Ausstieg aus der Kohleverstromung erübrigen. Mittel- bis langfristig wird auch in Zementwerken keine Kohle mehr eingesetzt werden und/oder keine fossil basierten Ersatzbrennstoffe mehr angenommen werden. Für die (anteilig unvermeidliche) thermische Nutzung von Abfällen gilt es auf dem Weg zur Defossilisierung der Energieerzeugung, einen jeweils möglichst hohen zeitgemäßen Klimaschutzbeitrag zu erbringen. Dieser besteht über eine verstärkte Wärmeerzeugung aus Abfall wie sie z. B. bei der Dampfnutzung aus dem MHKW Ruhleben gegeben ist.

Für die neue Monoverbrennungsanlage für Klärschlamm am Standort Waßmannsdorf (Beginn Regelbetrieb 2025) wird empfohlen nach Inbetriebnahme N₂O-Emissionen zu messen und in der Relevanz einzuschätzen. Wirbelschicht-Klärschlammverbrennungsanlagen sind bedeutende Quellen für N₂O-Emissionen. Entsprechend sind Minderungsmaßnahmen von Bedeutung, die bislang jedoch nicht etabliert sind (s. a. ifeu 2019). An der KSVA Ruhleben werden seit August 2023 N₂O-Emissionen kontinuierlich gemessen und zeigte sich, dass diese nur halb so hoch liegen wie bisher nach Literatur oder Einzelmessungen angesetzt. Inwiefern eine weitere Reduzierung möglich ist müsste auf Basis des jetzigen Kenntnisstands neu untersucht werden. Die Nachrüstung einer Regenerativen Thermischen Oxidation (RTO) als Minderungsmaßnahme war Anfang 2022 auf Basis der früheren Konzentrationen in einer gesonderten Klimagasbilanz untersucht worden und zeigte je nach Rahmenbedingungen THG-Minderungen zwischen 60% - 80%. Allerdings bedingen geringere Ausgangskonzentrationen geringere THG-Minderungsraten und gegebenenfalls kommen auch feuerungstechnische Maßnahmen in Frage.

Klärschlamm

Weitere Empfehlungen für einzelne Abfallarten finden sich bei den jeweiligen Steckbriefen. Die wesentlichen dabei sind im Folgenden kurz erwähnt:

Weitere Empfehlungen für einzelne Abfallarten

Im Sinne der weiteren Stärkung der Vorbereitung zur Wiederverwendung sind für **häuslichen Sperrmüll und Gewerbeabfall** weiterhin Sortieranalysen zu empfehlen. Bislang gibt es bundesweit nur ältere (Gewerbeabfall, z.B. Dehne et al. 2015) oder orientierende Untersuchungen (Sperrmüll, Dornbusch et al. 2020). Von Bedeutung sind berlinspezifische Daten, um das Potenzial der Steigerung der Vorbereitung zur Wiederverwendung und für das Recycling besser einschätzen können. Als Zugewinn könnten dadurch auch Datenunsicherheiten bezüglich der Kenndaten für die thermische Behandlung (fossiler C-Gehalt, Heizwert) weiter eingegrenzt werden.

Datenunsicherheiten bestehen auch bezüglich der Entsorgung der **gewerblichen Organikabfälle**. Vielfach beruht die Bilanzierung auf älteren technischen Daten und Annahmen. In 2022 konnten die Verbleibswege verbessert abgebildet werden; für künftige Abfragen wird empfohlen bei Anlagenbetreibern auch technische Informationen anzufordern. Ziel ist die bestehende Anlagentechnik und Annahmen in der Bilanzierung aktualisieren zu können und dadurch auch Optimierungsmöglichkeiten mit Blick auf die Erzeugung von Biomethan oder einer flexiblen Stromerzeugung erörtern zu können.

Für die Bilanzierung von **Altreifen** wurde das Substitutionspotenzial neu eingeschätzt. Für künftige SKU-Bilanzen wird empfohlen, den Markt weiter zu beobachten, um ggf. Marktdaten für die Anwendung von Gummimehl und Gummigranulat ermitteln zu können. Zudem besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Pyrolyse von Altreifen künftig relevanter wird. Des Weiteren wäre im Sinne des zirkulären Wirtschaftens zu überlegen auch die Wieder-/Weiterverwendung und Runderneuerung von Altreifen in die Bilanzierung aufzunehmen. Aktuelle Ökobilanzen hierzu sind derzeit nicht bekannt.

Allerdings kann das ökologische Potenzial der Runderneuerung als hoch eingestuft werden, insbesondere mit Blick auf die Einsparung von Emissionen und Materialeinsatz im Vergleich zur Produktion von Neureifen.

1 Vorbemerkung

Durch die Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanzierung von Abfällen wird das Ziel verfolgt, die Berliner Abfallwirtschaft unter Klima- und Umweltaspekten weiter zu optimieren und entsprechende Maßnahmen zur bestmöglichen Nutzung der Abfälle als Ressource zu initiieren.

Die Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz – die SKU-Bilanz – 2022 über die in Berlin angefallenen Abfälle ist die siebte Bilanzierung dieser Art. In den Vorläuferstudien für 2010 (ifeu/ICU 2012) und 2012 (ifeu/ICU 2013) wurden zunächst Rechenmodelle zur Bilanzierung entwickelt, die in den folgenden Bilanzen für 2014 (ifeu 2015), 2016 (ifeu 2017a), 2018 (ifeu 2019) und 2020 (ifeu/ARGUS 2021) verfeinert und fortgeschrieben wurden. Der Entwicklungsprozess sowie die identifizierten und angestrebten Optimierungen und Maßnahmen wurden jeweils in engem Austausch mit relevanten Akteuren gestaltet und erörtert. Die Studien können über die Webseite der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU) abgerufen werden⁵.

In den Studien für 2010 und 2012 finden sich die untersuchten Abfallarten und das Vorgehen der Bilanzierung ausführlich beschrieben. Wesentliche Aspekte sind:

- Festlegung der relevanten Abfallarten und des dadurch bedingten Bilanzrahmens (nur Stoffströme, die über Anlagen erfasst werden⁶),
- methodische Grundsätze der Ökobilanz der Abfallwirtschaft,
- Auswahl der Indikatoren zur Klimagas- und Umweltbilanz und deren Berechnung,
- weitere methodische Festlegungen wie die Anrechnung von erzeugter Energie bzw. substituiertem Brennstoff, der Umgang mit einer Kohlenstoffsénke (C-Sénke) und die Bewertung mineralischer Abfälle.

Weitere Rahmendaten, verwendete Eingangsdaten wie Kenndaten der Abfallarten (Zusammensetzungen, Inhaltsstoffe), Reinheitsgrade Metallfraktionen nach Sortierung, Transferfaktoren für Quecksilberemissionen, Emissionsfaktoren für die Anrechnung von z. B. Strom und Wärme aus Abfall, werden regelmäßig aktualisiert und beschrieben.

Allgemein gilt: Die Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft basiert auf den Ökobilanznormen 14040 und 14044. Danach sind wichtige Rahmenvorgaben geregelt, im Detail besteht jedoch Flexibilität in Abhängigkeit der Ziel- und Rahmensetzung. Da sich in Folge Annahmen und Ergebnisse bei gleichen oder ähnlichen Fragestellungen unterscheiden können, ist ein wichtiges Element der Normen die Forderung nach Transparenz. Um diese zu erreichen, „müssen alle Verfahren und Berechnungen dokumentiert werden“ (ISO 14044, Kap. 4.4.3.1). Dies erfolgt in der SKU-Bilanz umfassend.

In der SKU-Bilanz werden die Abfälle des Landes Berlin nach Abfallarten bilanziert, um dem Ziel gerecht zu werden, Klima- und Umweltaspekte für diese weiter zu optimieren. Großen Einfluss auf die Ergebnisse der ökobilanziellen Bewertung hat die Wahl der Substitutionspotentiale (Gutschriften) für die Verwertung der Abfälle. Die Substitutions-

⁵ <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/kreislaufwirtschaft/abfallbehoerde/abfallbilanzen/> (30.10.23)

⁶ Ausnahme: Baum- und Strauchschnitt, Laub, Mähgut, die auf der Fläche verbleiben.

güter sind als vermiedene, also nicht verwendete Nutzungen und Emissionen, in ihrer Natur virtuell bzw. in Abhängigkeit der Randbedingungen sogar teilweise fiktiv und daher – begründet – variabel wählbar.

Dabei ist hervor zu heben, dass die Richtigkeit der Ergebnisse für sich, d. h. im Zusammenhang des spezifischen Bilanz- und Betrachtungsraums gesehen, nicht eingeschränkt ist. Ein Vergleich zweier Ökobilanzen ist immer nur unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Annahmen und Begründungen dafür möglich. Und Substitutionspotenziale stellen, wie das Wort schon sagt, Potenziale dar.

In der vorliegenden Studie finden sich in Kapitel 2 die Ergebnisse der SKU-Bilanz 2022 wiederum zunächst in Form von anschaulichen Steckbriefen dargestellt und anschließend zusammengefasst. Kapitel 3 beinhaltet weitergehende Erläuterungen zu ausgewählten Abfallarten. In Kapitel 4 folgt eine Übersicht zu den 10 größten Berliner Abfallbehandlungsanlagen. Aktualisierung für die SKU-Bilanz 2022 sind in Kapitel 5 beschrieben.

2 Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz

Die Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz – kurz SKU-Bilanz – für das Land Berlin wird im zweijährigen Rhythmus erstellt und umfasst überlassungspflichtige und nicht überlassungspflichtige Abfälle. Sie dient im jährlichen Wechsel mit der Stoffstrombilanz (ungerade Jahre) für überlassungspflichtige Abfälle inkl. DSD-Stoffe der Erfüllung rechtlicher Vorgaben zur Abfallbilanz-Berichterstattung. Diese Kombination geht weit über die in anderen Bundesländern praktizierte Abfallbilanz hinaus. Die SKU-Bilanz ist systematisch unterteilt in die Bereiche „Abfälle aus Haushaltungen“ (überlassungspflichtige Abfälle) und „Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen“ (v.a. nicht überlassungspflichtige Abfälle). Dies erleichtert die jährliche Nachvollziehbarkeit im Zusammenspiel mit der Stoffstrombilanz der ungeraden Jahre.

Für die SKU-Bilanz werden abfallartenbezogene Steckbriefe erstellt, die in diesem Kapitel aufgeführt sind. Die 1-2-seitigen Steckbriefe sind in drei Bereiche untergliedert:

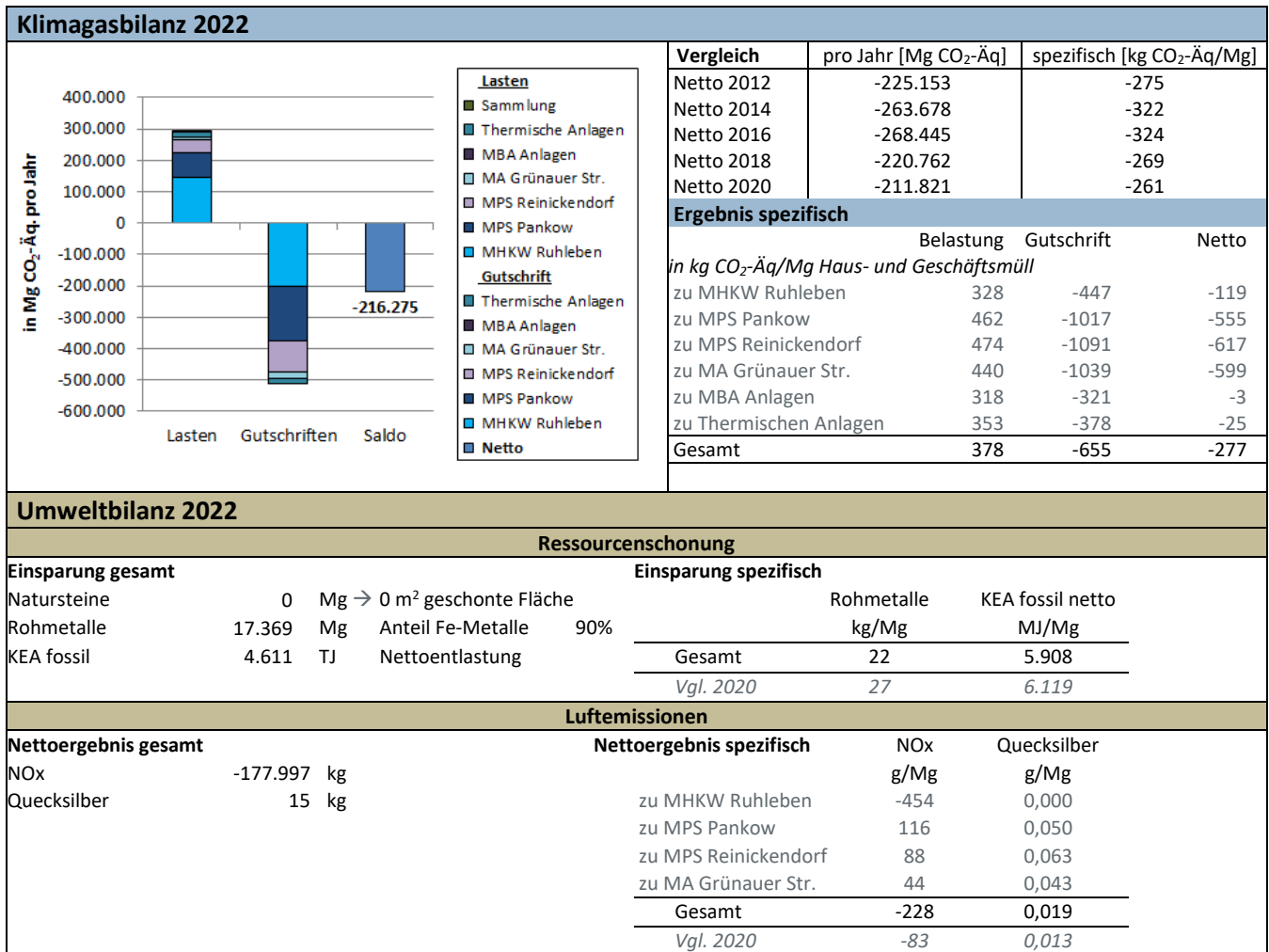
- Stoffstrombilanz:
 - Darstellung der Mengenströme und Vergleich Aufkommen Vorjahre
 - Kenndaten für die Abfallart und Hinweise zur Bilanzierung
 - Ausweisung der Recycling- und Verwertungsraten
- Klimagasbilanz:
 - Darstellung der Treibhausgasemissionen im Bilanzjahr
 - Spezifische Ergebnisse pro Tonne Abfall
 - Ergebnisse der Vorjahre
- Umweltbilanz:
 - Ausweisung der Ressourcenschonung (Natursteine inkl. Sande & Kies, Phosphat, Rohmetalle, Holz): Einsparung pro Jahr und spezifisch pro Tonne Abfall⁷
 - Ausweisung der Luftemissionen (Stickoxide, Ammoniak, Quecksilber) sowie des Cadmiumeintrags in Boden: Nettoergebnisse pro Jahr und spezifisch pro Tonne Abfall; Nettoentlastungen tragen jeweils ein negatives Vorzeichen.

Generell werden je Abfallart nur die relevanten Umwelt-Indikatoren ausgewertet und ausgewiesen. Die in den Steckbriefen angegebenen Recycling- und Verwertungsraten sind im Anhang kurz erläutert. Für das Jahr 2022 ist der Steckbrief für Kunststoffrasen ausgesetzt, da keine entsprechenden Mengen abgebaut und nach Dänemark transportiert wurden.

2.1 Abfälle aus Haushaltungen

Abfälle aus Haushaltungen sind Abfälle, die den Berliner Stadtreinigungsbetrieben (BSR) zur Entsorgung zu überlassen sind. Darüber hinaus werden hier auch die über die Dualen Systeme erfassten Wertstoffe Papier/Pappe/Kartonagen (PPK), Glas und Leichtverpackungen (LVP) einbezogen.

⁷ Bei der Schonung fossiler Ressourcen (KEA fossil) besteht in wenigen Fällen keine Einsparung, sondern eine Inanspruchnahme. Dies ist gesondert ausgewiesen.



Die entsorgte Abfallmenge 2022 (inkl. Bunkermenge) liegt 4% niedriger als 2020. Die energetische Verwertungsrate ist knapp einen Prozentpunkt höher. Der über die MPS Reinickendorf behandelte Anteil liegt um 3-4 Prozentpunkte und der im MHKW behandelte Anteil um einen Prozentpunkt niedriger als 2020 v. a. zu Gunsten der thermischen Anlagen und der MA Grünauer Str.

Zusammenfassung

Die Klimagasbilanz zeigt eine etwas höhere spezifische Nettoentlastung. Höhere Emissionsfaktoren für Wärme überwiegen in den Gutschriften niedrigere Stromemissionsfaktoren (s. Kap. 5.1). Bei den MPS-Anlagen wirken sich höhere EBS-Heizwerte und etwas höhere Anteile EBS zur Mitverbrennung zudem günstig aus und überwiegen etwas höhere spezifische Belastungswerte für Strom- und Erdgasbedarfe. Die spezifische Nettoentlastung für die MA Grünauer Str. liegt höher durch einen höheren EBS-Anteil und umgekehrt geringeren Anteil Rottefraktion. Für das MHKW sind Unterschiede gering, die Nutzungsgrade sind unverändert aus 2020 beibehalten (s. Kap. 4.5). Bei der Umweltbilanz liegen verwertete Metallanteile etwas geringer. Dagegen zeigen NOx-Emissionen eine Verbesserung v. a. durch aktualisierte Emissionswerte (Kap. 5.1). Für Quecksilber bestehen etwas höhere Frachten bei den MPS-Anlagen. Eine genauere Erläuterung der Ergebnisse auch anhand von Fallbeispielen findet sich in Kapitel 3.5.

Optimierungsmaßnahmen

Optimierungsmöglichkeiten bestehen weiterhin in der Steigerung der getrennten Erfassung von Wertstoffen. Neben der Sammlung über die Wertstofftonne zählen zu den wesentlichen Maßnahmen die Umsetzung bedarfsgerechter Abfallmanagement-Lösungen bei Großwohnanlagen (vgl. ifeu/ICU 2013, S.190).

2.1.2 Sperrmüll (AVV 200307)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	62.440 Mg	Vergleich:	Aufkommen 2012: 47.086 Mg																		
Behandlung	52.863 Mg AAS Gradestr.		Aufkommen 2014: 52.336 Mg																		
	5.512 Mg MHKW Ruhleben		Aufkommen 2016: 58.402 Mg																		
	3.823 Mg Umschlag zur energ. Verwertung		Aufkommen 2018: 66.201 Mg																		
	242 Mg andere (MPS, Bunker)		Aufkommen 2020: 73.386 Mg																		
Stofffluss		Kenndaten (vgl. Kap. 5.3)																			
<p>Input 100% Sperrmüll</p> <p>Output 84,7% Sperrmüllsortieranlage 8,8% MHKW 6,1% Umschlag energ. Verw. 0,4% Rest</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sperrmüll</th> <th>Altholz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Heizwert [MJ/kg FS]</td> <td>16</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>C fossil [% FS]</td> <td>18%</td> <td>2,3%</td> </tr> <tr> <td>Hg-Gehalt [mg/kg FS]</td> <td>0,30</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			Sperrmüll	Altholz	Heizwert [MJ/kg FS]	16	16	C fossil [% FS]	18%	2,3%	Hg-Gehalt [mg/kg FS]	0,30	-						
	Sperrmüll	Altholz																			
Heizwert [MJ/kg FS]	16	16																			
C fossil [% FS]	18%	2,3%																			
Hg-Gehalt [mg/kg FS]	0,30	-																			
		Bilanzierung																			
		89% EBS aus AAS v.a. zu IKW Rüdersdorf, diverse therm. Anlagen																			
		11% EBS-Aufbereitung zur Mitverbrennung im Zementwerk Holz zu Holz-HKW Berlin und Aufbereitungsanlage Beeskow																			
		Bilanzierung MHKW s. Haus- und Geschäftsmüll																			
		Nutzungsgrade TAB energ. Verw. Strom 11,3%, Wärme 34%																			
		Recycling-/Verwertungsrate																			
		Recyclingrate: 4,5%																			
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input																			
		Energetische Verwertungsrate: 93,8%																			
		= Output zur energetischen Verwertung/Input																			
		Sonstige Verwertungsrate: 1,7%																			
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input																			
		Beseitigungsrate: -																			
		= Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
<p>Lasten</p> <ul style="list-style-type: none"> Sammlung AAS Gradestr. Umschlag energ. Verw. MHKW Ruhleben <p>Gutschrift</p> <ul style="list-style-type: none"> AAS Gradestr. Umschlag energ. Verw. MHKW Ruhleben <p>Netto</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2012</td> <td>-18.345</td> <td>-393</td> </tr> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>-20.339</td> <td>-391</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>-38.247</td> <td>-659</td> </tr> <tr> <td>Netto 2018</td> <td>-50.528</td> <td>-786</td> </tr> <tr> <td>Netto 2020</td> <td>-36.935</td> <td>-519</td> </tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-18.345	-393	Netto 2014	-20.339	-391	Netto 2016	-38.247	-659	Netto 2018	-50.528	-786	Netto 2020	-36.935	-519
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	-18.345	-393																			
Netto 2014	-20.339	-391																			
Netto 2016	-38.247	-659																			
Netto 2018	-50.528	-786																			
Netto 2020	-36.935	-519																			
		Ergebnis spezifisch																			
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Sperrmüll																			
		Belastung	Gutschrift																		
		zu MHKW Ruhleben	684																		
		zu AAS Gradestr.	628																		
		Umschlag energ. Verw.	683																		
		Gesamt	636																		
		Netto	-103																		
		KEA fossil netto	10.476																		
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch																			
Natursteine	0 Mg → 0 m ² geschonte Fläche	Rohmetalle	kg/Mg																		
Rohmetalle	2.092 Mg Anteil Fe-Metalle: %	Gesamt	34																		
KEA fossil	428 TJ Nettoentlastung	Vgl. 2020	31																		
		KEA fossil netto	6.877																		
		Vgl. 2020	10.476																		
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
NO _x	-1.813 kg	NO _x	g/Mg																		
Quecksilber	-0,33 kg	Gesamt	-29																		
		Vgl. 2020	44																		
		Quecksilber	g/Mg																		
		Gesamt	-0,005																		
		Vgl. 2020	0,012																		

Das Aufkommen in 2022 liegt um 15% niedriger als 2020 (davor bislang Steigerungen). Überwiegend wird Sperrmüll über die Aufbereitungsanlage für Sperrmüll (AAS) behandelt. Im Jahr 2022 lag der Anteil mit rd. 85% wiederum etwas niedriger als in den Vorjahren (2020 87%, 2018 88%, 2016 93%, 2014 99%). Rund 9% der Sperrmüllmenge wurde über das MHKW Ruhleben behandelt und rd. 6% zur energetischen Verwertung aufbereitet oder umgeschlagen. Die thermische Nutzung ist mit den einheitlichen Kenndaten für Sperrmüll bilanziert. Für den Umschlag zur energetischen Verwertung wurden bundesdurchschnittliche Nutzungsgrade für thermische Abfallbehandlungsanlagen (TAB) verwendet (nach Flamme et al. 2018). Der Holzanteil im Output der AAS-Anlage lag nach Mengenangaben in (BSR 2023) wiederum bei rd. 4% (seit 2016, 2014: 6,6%, 2012: 8,2%, 2010: 11%).

Zusammenfassung

Die Klimagasbilanz zeigt eine deutlich geringere spezifische Nettoentlastung. Hauptgrund ist der mit 11% statt 56% deutlich geringere Anteil an EBS zur EBS-Aufbereitung und anschließenden Mitverbrennung. Der stattdessen erfolgende Einsatz in EBS-Kraftwerken erzielt geringere Substitutionseffekte (Endenergie statt Substitution von Kohle als Regelbrennstoff). Hinzu kommt, dass die energetische Verwertung in TAB nach dem Bundesdurchschnitt mit den Kenndaten für Sperrmüll nach (Flamme et al. 2018) in einer Nettobelastung resultiert. Für die Umweltbilanz ist der verstärkte Einsatz in TAB statt zur Mitverbrennung dagegen von Vorteil. Quecksilberemissionen und ggf. auch NO_x-Emissionen sind bei TAB energiebezogen geringer als bei Kraft- und Zementwerken (ifeu 2015). Hinzu kommt, dass die Aktualisierung der Brennstoffvorketten v.a. für Wärme zu höheren NO_x-Emissionsfaktoren führt, die durch Wärme aus Abfall substituiert werden (s.a. Kap. 5.1).

Aus Klimaschutzsicht ist die anteilige Mitverbrennung der EBS-Fraktion vorteilhaft. Vorbehaltlich der Eignung würden höhere Anteile die Klimagasbilanz und die Schonung fossiler Ressourcen wieder verbessern. Umgekehrt würden anteilig Gutschriften für NO_x und Quecksilberemissionen entgehen, da diese bei der Mitverbrennung unabhängig vom Brennstoff ähnlich sind, wodurch sich für diese Emissionen wiederum ansteigende Nettobelastungen ergeben würden.

Optimierungsmaßnahmen Entsorgung

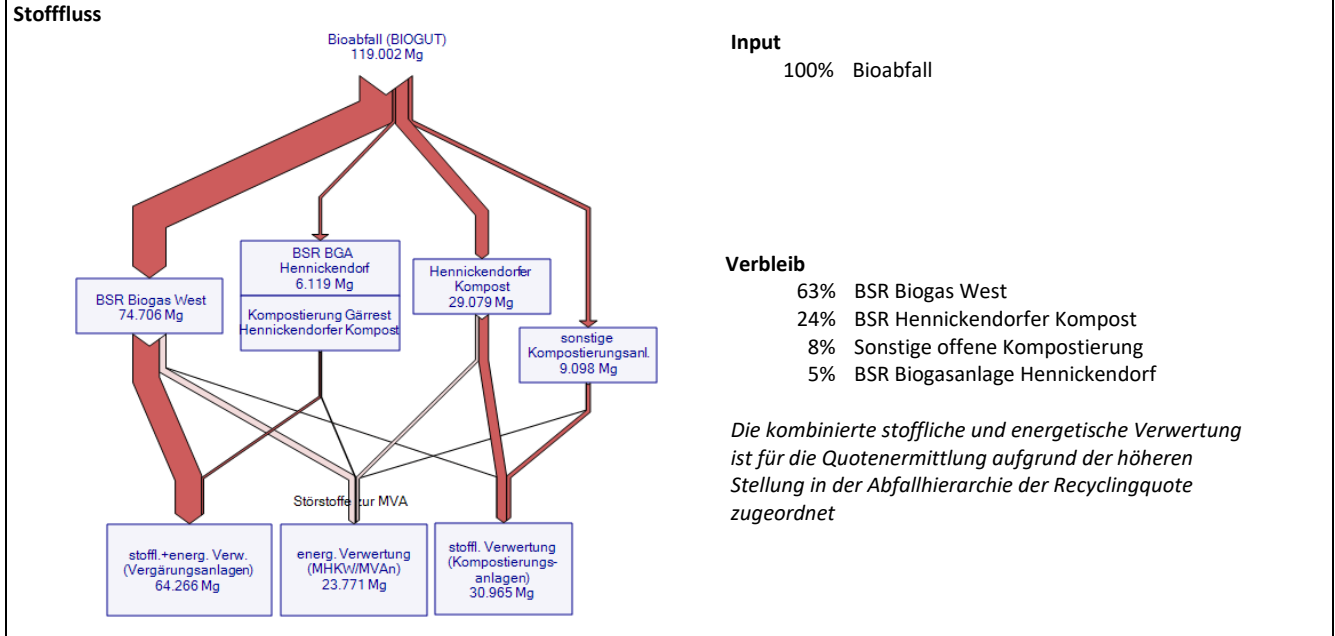
Vorrangig zu energetischen Nutzungen sollten jedoch gerade für Sperrmüll Möglichkeiten zur Wiederverwendung untersucht werden. Hierfür empfehlen sich repräsentative Sortieranalyse für den Berliner Sperrmüll. Bislang gibt es bundesweit für Sperrmüll nur orientierende Untersuchungen (Dornbusch et al. 2020) und damit keine belastbare Information über das mögliche Potenzial für eine Vorbereitung zur Wiederverwendung. Darüber hinaus empfiehlt sich, die Aktivitäten der Re-Use Initiative Berlin weiter auszubauen und zu unterstützen. Auch das NochMall Gebrauchtwarenkaufhaus der BSR bietet gute Möglichkeiten Re-Use weiter zu stärken und wäre eine gute Plattform für weitergehende Untersuchungen zu Potenzialen (Qualität, Alter der Gebrauchtwaren, "des Sperrmülls", Reparaturpotenzial, Akzeptanz der Bevölkerung).

Sortieranalyse und Re-Use stärken

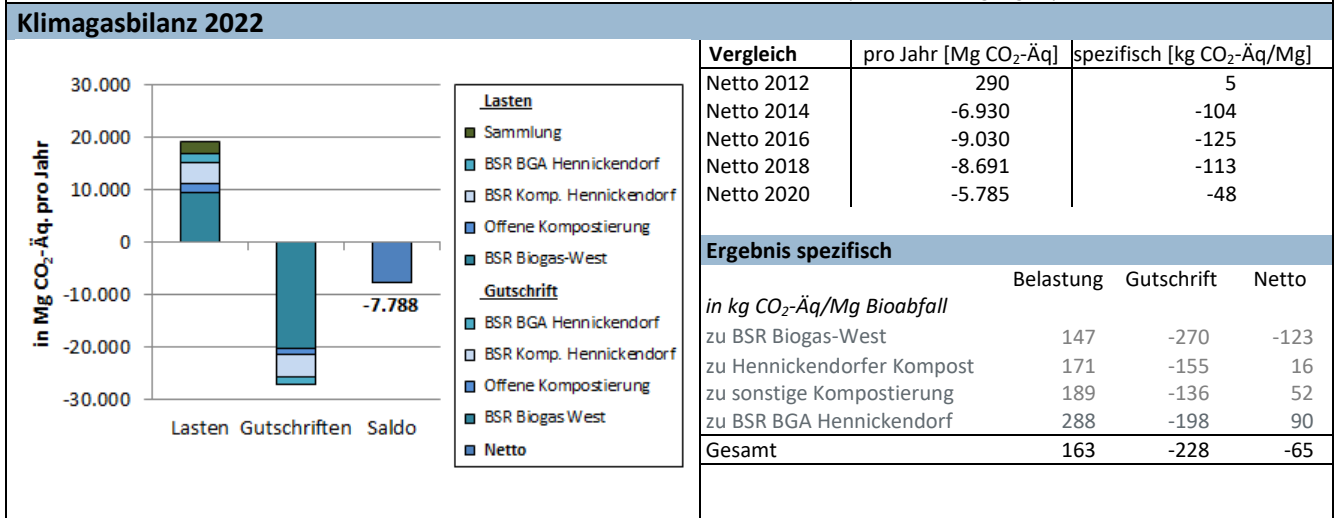
2.1.3 Bioabfall (BIOGUT) (AVV 200301)

Stoffstrombilanz 2022		
Aufkommen	119.002 Mg	Vergleich: Aufkommen 2012: 62.230 Mg
Behandlung	74.706 Mg BSR Biogas West	Aufkommen 2014: 66.901 Mg
	29.079 Mg BSR Hennickendorfer Kompost	Aufkommen 2016: 72.161 Mg
	9.098 Mg Sonstige offene Kompostierung	Aufkommen 2018: 77.189 Mg
	6.119 Mg BSR Biogasanlage Hennickendorf	Aufkommen 2020: 120.093 Mg

Kenndaten Störstoffe/Siebreste				
		BSR Hennickendorfer Kompost	BSR Biogas West	Sonstige Kompostierungsanlagen
Anteil	%	24%	20%	3,6%
Heizwert	MJ/kg FS	4,9	4,9	12,3
C fossil	% FS	2,3%	2,3%	21%



Bilanzierung	Recycling-/Verwertungsraten
Emissionen Sammlung über Luftbelastung und Abfallmenge berechnet Offene Kompostierung nach Durchschnittswerten (ifeu 2015) BSR Hennickendorfer Kompost Siebreste aus (BSR 2023) BSR BGA Hennickendorfer Stromeinspeisung aus (BSR 2023) BSR Biogas West Mengen, Gaseinspeisung, Verbleib Gärprodukte aus (BSR 2023); Energiebedarf, THG-Emissionen nach Angaben BSR Inhaltsstoffe Gärprodukte/Komposte nach RAL-Untersuchungen	Recyclingrate: 80% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 20% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input



Umweltbilanz 2022						
Ressourcenschonung						
Einsparung gesamt			Einsparung spezifisch			
Phosphorit	847 Mg	→ 84 m ² geschonte Fläche		P ₂ O ₅	Rohmetalle	KEA fossil netto
P ₂ O ₅	169 Mg			kg/Mg	kg/Mg	MJ/Mg
Rohmetalle	75 Mg	aus Rostasche	Gesamt	1,42	0,63	878
KEA fossil netto	105 TJ	Nettoentlastung	<i>Vgl. 2020</i>	<i>1,54</i>	<i>1,11</i>	<i>856</i>
Luftemissionen						
Nettoergebnis			Nettoergebnis spezifisch			
NH ₃	30.672 kg			NH ₃ g/Mg		
			Gesamt	258		
			<i>Vgl. 2020</i>	<i>242</i>		
Cadmiumeintrag in Boden						
Nettoergebnis gesamt			Nettoergebnis spezifisch			
	-4,9 kg			mg/kg		
			Gesamt	-41		
			<i>Vgl. 2020</i>	<i>-26</i>		

Das Aufkommen 2022 in Höhe von 119.002 Mg liegt 1% niedriger als 2020. Der über die BSR Biogas West behandelte Anteil ist mit 63% gleichgeblieben. 32% wurden über offene Kompostierungsanlagen behandelt (24% Hennickendorfer Kompost und 8% sonstige) und 5% über die BSR Vergärungsanlage Hennickendorf. Die Recyclingrate liegt mit 80% niedriger als 2020 (85%). Ursächlich ist die jetzt separat erfolgte Bilanzierung der Hennickendorfer Kompost, für die gegenüber dem Durchschnitt nach (BSR 2023) höhere Siebrestanteile ausgewiesen sind, die energetisch verwertet werden.

Zusammenfassung

Die Klimagasbilanz 2022 ist weiterhin durch die Biogasanlage BSR Biogas West geprägt. Die spezifische Nettoentlastung liegt dort ähnlich hoch wie 2020. In den Belastungen gleichen sich höhere Transportentfernungen bei den Gärprodukten mit etwas geringeren Emissionen der Behandlung aus. Für letztere wurden disaggregierte Einzelwerte für Methan und Lachgas von den BSR übermittelt, die gegenüber den aus (iba 2015) ableitbaren aggregierten Werten zu etwas niedrigeren Belastungen führen, dies auch mit den aktuellen Charakterisierungsfaktoren nach IPCC (2021). Die Behandlung über die BSR Biogasanlage Hennickendorf führt zu einer spezifischen Nettobelastung. Gegenüber 2020 liegt diese niedriger durch Anpassungen für den Anteil Siebreste (wie Hennickendorfer Kompost, die Absiebung erfolgt nach der Kompostierung) und die Stromeinspeisung, die zuvor unterschätzt war. Künftig ist diese Anlage nicht mehr relevant, da sie mittlerweile außer Betrieb genommen wurde. Die spezifischen Ergebnisse für die offene Kompostierung führen ebenfalls zu einer Nettobelastung. Diese fällt bei der BSR Anlage Hennickendorfer Kompost geringer aus als beim angenommenen Durchschnitt für die Kompostierung. Ursache sind höhere Anteile an Siebresten mit v. a. Holzigen Anteilen, die energetisch im MHKW Ruhleben verwertet werden und eine anteilige Nettoentlastung erzielen. Im angenommenen Durchschnitt werden Störstoffe mit höheren Kunststoffanteilen abgeschieden, deren Verbrennung zu einer anteiligen Nettobelastung führt (s. z. B. Vogt et al. 2023).

Das spezifische Ergebnis zur Einsparung fossiler Ressourcen korreliert mit dem Ergebnis der Klimagasbilanz. Die weiteren Änderungen in den spezifischen Ergebnissen der Umweltbilanz gehen v. a. auf den jetzt höheren und nach Kenndaten angepassten Siebrestanteil zurück (geringere Kompostmenge und Gutschriften daraus). Die höhere spezifische Nettoentlastung beim Cadmiumeintrag in Boden ist v. a. durch geringere Gehalte im Gärrest bedingt.

Optimierungsmöglichkeiten bestehen weiterhin in einer Steigerung der über die Biotonne getrennt erfassten Mengen und der anschließenden Behandlung der gesamten Bioabfallmenge in emissionsarmen Behandlungsanlagen wie der BSR Biogas-West.

Optimierungsmaßnahmen



2.1.4 Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle (AVV 200301)

Stoffstrombilanz 2022																										
Aufkommen 52.857 Mg	Vergleich: Aufkommen 2010-2020: 100.939 Mg (konstant nach Erhebung 2009)																									
Behandlung 52.857 Mg Eigenkompostierung																										
Stofffluss <p>Eigenkompostierung Bio- und Grünabfälle 52.857 Mg</p> <p>Input 100% Bio-, Grünabfall</p> <p>Output Kompost (35% d. Input)</p> <p>stoffl. Verwertung (Kompostierung) 52.857 Mg</p>	Kenndaten Kompost <i>wie Biogut gewertet</i> P ₂ O ₅ -Gehalt 0,43% TS Cd-Gehalt 0,27 mg/kg TS Bilanzierung Emissionsfaktoren aus (Amlinger & Peyr 2002): 1490 g CH ₄ /Mg Abfall und 224 g N ₂ O/Mg Abfall Erzeugte Kompostmenge 350 kg/Mg Input, 70% TS Keine Anrechnung Kompostnutzen, da Berliner Gärtenböden gut mit Humus versorgt und mit Phosphat in 70% der Proben überdüngt (WI/ICU 2009) Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 100% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																									
Klimagasbilanz 2022																										
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>8.000 6.000 4.000 2.000 0 -2.000 -4.000 -6.000</p> <p>820</p> <p>Lasten Gutschriften Saldo</p> <p>Lasten ■ Eigenkompostierung Gutschrift ■ Eigenkompostierung ■ Netto</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>1.801</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>1.506</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - Mengen und Emissionswerte seit 2016 unverändert - Änderung 2022 durch neue Charakterisierungsfaktoren nach (IPCC 2021) (Kap. 5.4) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Ergebnis spezifisch</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><i>in kg CO₂-Äq/Mg Bio- und Grünabfall</i></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>117</td> <td>-102</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2014	1.801	18	Netto 2016	1.506	15	Ergebnis spezifisch					Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Bio- und Grünabfall</i>				Gesamt	117	-102	16
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																								
Netto 2014	1.801	18																								
Netto 2016	1.506	15																								
Ergebnis spezifisch																										
	Belastung	Gutschrift	Netto																							
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Bio- und Grünabfall</i>																										
Gesamt	117	-102	16																							
Umweltbilanz 2022																										
Ressourcenschonung																										
Einsparung gesamt	Einsparung spezifisch P ₂ O ₅ [kg/Mg]																									
Phosphorit 0 Mg → 0 m ² geschonte Fläche	Gesamt 0 (unverändert)																									
P ₂ O ₅ 0 Mg																										
Luftemissionen																										
Nettoergebnis gesamt	Nettoergebnis spezifisch NH ₃ [g/Mg]																									
NH ₃ 41.475 kg	Gesamt 785 (unverändert)																									
Cadmiumeintrag in Boden																										
Nettoergebnis gesamt 1,1 kg	Nettoergebnis spezifisch 20 mg/Mg (unverändert)																									

Das Aufkommen wurden nach (uec/ifeu 2023) angepasst und liegt 48% niedriger als zuvor (s. Kap. 3.1). Die spezifischen Ergebnisse sind gegenüber den Vorläuferbilanzen nahezu unverändert. Bei der Klimagasbilanz besteht eine minimale Änderung durch die Aktualisierung der Charakterisierungsfaktoren nach (IPCC 2021). Optimierungsmöglichkeiten bestehen weiter in der Umlenkung zu emissionsarmen Behandlungsverfahren.

Zusammenfassung und Optimierungsmassnahmen

2.1.5 Weihnachtsbäume (AVV 200138)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	2.217 Mg	Vergleich:	Aufkommen 2012: 1.615 Mg
Behandlung	2.217 Mg über Berliner Holzkontore		Aufkommen 2014: 1.815 Mg
			Aufkommen 2016: 1.960 Mg
			Aufkommen 2018: 2.155 Mg
			Aufkommen 2020: 1.993 Mg
Stofffluss		Kenndaten	
		Heizwert 10,5 MJ/kg FS C fossil 1% FS	
		Bilanzierung	
		Energetische Verwertung über allgemeinen Verteilschlüssel (ifeu 2019) fossile CO ₂ -Emissionen aus Verunreinigungen Gewichtetes Mittel Wirkungsgrade Holz-HKWs Nettostrom 18,4%, Wärmenutzung 47,5% Stoffliche Verwertung Annahme Einsatz für Spanplatten	
		Recycling-/Verwertungsraten	
		Recyclingrate: - = Output zur stofflichen Verwertung/Input	
		Energetische Verwertungsrate: 100% = Output zur energetischen Verwertung/Input	
		Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input	
Klimagasbilanz 2022			
		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]
		Netto 2012	-1.784
		Netto 2014	-1.048
		Netto 2016	-850
		Netto 2018	-936
		Netto 2020	-316
		spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]	
		Netto 2012	-1.105
		Netto 2014	-577
		Netto 2016	-434
		Netto 2018	-494
		Netto 2020	-307
		Ergebnis spezifisch	
		Belastung	Gutschrift
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Abfall	
		Gesamt	52
		Gesamt	-600
		Gesamt	-549
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	
Holz (WG 20%)	0 Mg	Holz (WG 20%) [kg/Mg]	
		Gesamt	0 (vgl. 2020: 293 kg/Mg)
Luftemissionen			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	
NOx	-262 kg	NOx [g/Mg]	
		Gesamt	-118 (vgl. 2020: 151 g/Mg)

2022 gingen Weihnachtsbäume wie zuletzt 2014 wiederum vollständig zur energetischen Verwertung. Hierdurch und durch die Aktualisierung der Emissionsfaktoren v.a. für Wärme (Kap. 5.1) ergibt sich ein besseres Abschneiden im spezifischen Ergebnis der Klimagasbilanz. Letzteres bewirkt auch die Ergebnisumkehr bei den NO_x-Emissionen. Durch die entfallene stoffliche Verwertung entfällt die Einsparung von Primärholz. Relevante Optimierungen gegenüber der energetischen Verwertung sind nicht erkennbar (Rückkehr zur Mitverbrennung im „KW Reuter alt“ entfällt, wurde stillgelegt).

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

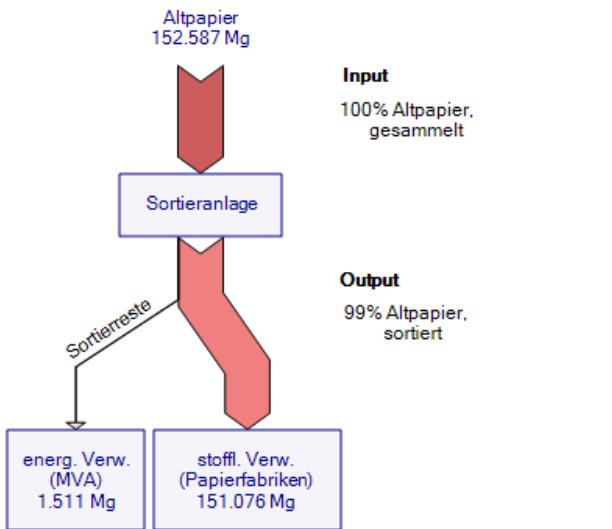
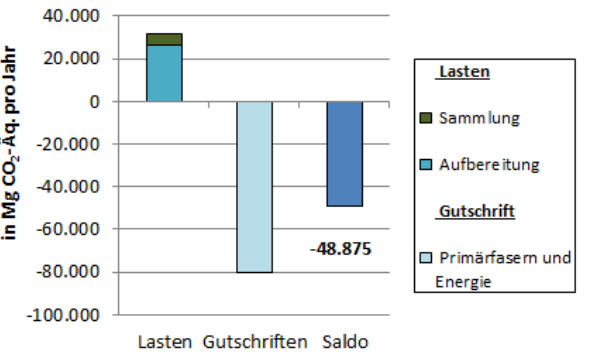
2.1.6 Organikabfall im Sammelsystem Laubsack (AVV 200301)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	4.775 Mg	Vergleich:	Aufkommen 2012: 10.020 Mg
Behandlung	4.775 Mg offene Kompostierung		Aufkommen 2014: 9.164 Mg
			Aufkommen 2016: 7.572 Mg
			Aufkommen 2018: 6.639 Mg
			Aufkommen 2020: 5.600 Mg
Stofffluss	<p>Input 100% Organikabfall aus Laubsack</p> <p>Output Kompost (45% d. Input) Strom, Wärme</p> <p>energ. Verwertung (MVA) 19 Mg</p> <p>stoffl. Verwertung (Kompostierungsanlagen) 4.756 Mg</p>		
	Kenndaten Kompost Mittel aus 2 Kompostanalysen 2017, Fa. Galle P ₂ O ₅ -Gehalt 0,52% TS Cd-Gehalt 0,74 mg/kg TS		
	Bilanzierung Offene Kompostierung Störstoffanteil 0,4% (PE-Säcke: H ₁ 25 MJ/kg, C fossil 50%) Emissionsfaktoren Cuhls et al. (2015) (vgl. ifeu 2015) Erzeugte Kompostmenge 450 kg/Mg Input, 55% TS		
	Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 99,6% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 0,4% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input		
Klimagasbilanz 2022			
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]
	Netto 2012	-149	-15
	Netto 2014	256	28
	Netto 2016	332	44
	Netto 2018	291	44
	Netto 2020	247	44
	Ergebnis spezifisch		
		Belastung	Gutschrift
	in kg CO ₂ -Äq/Mg Abfall		
	Gesamt	176	-134
			42
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	P ₂ O ₅ kg/Mg
Phosphorit 31 Mg → 3 m ² geschonte Fläche		Gesamt	1,28 (unverändert)
P ₂ O ₅ 6,1 Mg			
Luftemissionen			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	NH ₃ [g/Mg]
NH ₃ 103 kg		Gesamt	22 (unverändert)
Cadmiumeintrag in Boden			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	mg/Mg
0,41 kg		Gesamt	87 (unverändert)

Das Aufkommen ist weiter rückläufig und 2022 um 15% niedriger als 2020. Die spezifische Nettobelastung der Klimagasbilanz ist etwas geringer aufgrund der etwas geringeren Charakterisierungsfaktoren für Methan nach (IPCC 2021) (Kap. 5.4). Ansonsten sind die Nettoergebnisse unverändert. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Umlenkung zu emissionsarmen Behandlungsverfahren oder in einer Mitverbrennung wie im Versuch im IKW Rüdersdorf erfolgreich gezeigt werden konnte (ifeu 2015).

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.1.7 Altpapier (AVV 200101)⁸

Stoffstrombilanz 2022																															
Aufkommen	152.587 Mg	Vergleich: Aufkommen 2012: 178.986 Mg Aufkommen 2014: 174.368 Mg Aufkommen 2016: 169.797 Mg Aufkommen 2018: 162.055 Mg Aufkommen 2020: 160.564 Mg																													
Behandlung	152.587 Mg Sortieranlagen																														
Stofffluss	 <p>Input 100% Altpapier, gesammelt</p> <p>Output 99% Altpapier, sortiert</p> <p>energ. Verw. (MVA) 1.511 Mg stoffl. Verw. (Papierfabriken) 151.076 Mg</p>	Abfallzusammensetzung 100% Altpapier aus getrennter Erfassung Bilanzierung - 57 km Sammelstrecke und 25 km zur Behandlungsanlage - Sortierung, Ausbeute 99% - Aufbereitung (Deinking), Ausbeute Sekundärfasern 85% - Rejects 85% energetische Verwertung - Technischer Substitutionsfaktor 0,95 - Substituierte Primärprozesse: 68% Zellstoff, 32% Holzstoff → ersetzte Menge Primärfasern = 99% * 85% * 0,95 = 80% Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 99% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 1% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																													
Klimagasbilanz 2022																															
 <p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Saldo: -48.875</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2012</td> <td>-116.734</td> <td>-652</td> </tr> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>-113.723</td> <td>-652</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>-119.985</td> <td>-707</td> </tr> <tr> <td>Netto 2018</td> <td>-116.766</td> <td>-721</td> </tr> <tr> <td>Netto 2020</td> <td>-68.305</td> <td>-425</td> </tr> </tbody> </table> <p>- Entlastung v.a. durch ersetzte Primärfasern</p>	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-116.734	-652	Netto 2014	-113.723	-652	Netto 2016	-119.985	-707	Netto 2018	-116.766	-721	Netto 2020	-68.305	-425	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ergebnis spezifisch</th> <th colspan="3">in kg CO₂-Äq/Mg Altpapier</th> </tr> <tr> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gesamt</td> <td>206</td> <td>-526</td> <td>-320</td> </tr> </tbody> </table>	Ergebnis spezifisch	in kg CO ₂ -Äq/Mg Altpapier			Belastung	Gutschrift	Netto	Gesamt	206	-526	-320
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																													
Netto 2012	-116.734	-652																													
Netto 2014	-113.723	-652																													
Netto 2016	-119.985	-707																													
Netto 2018	-116.766	-721																													
Netto 2020	-68.305	-425																													
Ergebnis spezifisch	in kg CO ₂ -Äq/Mg Altpapier																														
	Belastung	Gutschrift	Netto																												
Gesamt	206	-526	-320																												
Umweltbilanz 2022																															
Ressourcenschonung																															
Einsparung gesamt	Einsparung spezifisch Holz (WG 20%) [kg/Mg]																														
Holz (WG 20%) 303.664Mg	Gesamt	1.990																													
	Vgl. 2020	1.973																													

Das Aufkommen 2022 liegt um etwa 5% niedriger als 2020. Das spezifische Entlastungspotenzial der Klimagasbilanz ist geringer aufgrund aktualisierter Emissionsfaktoren für die substituierte Holz- und Zellstoffherstellung (s. Kap. 5.2). Die spezifische Holzschonung liegt leicht höher bedingt durch den leicht höheren ersetzten Zellstoffanteil im Fasersplitt (68% statt 67%). Optimierungsmöglichkeiten bestehen weiterhin in einer Steigerung der getrennten Erfassung durch den Ausbau von Müllschleusen in Großwohnanlagen und Blockbebauungen (vgl. ifeu/ICU 2012, S.183).

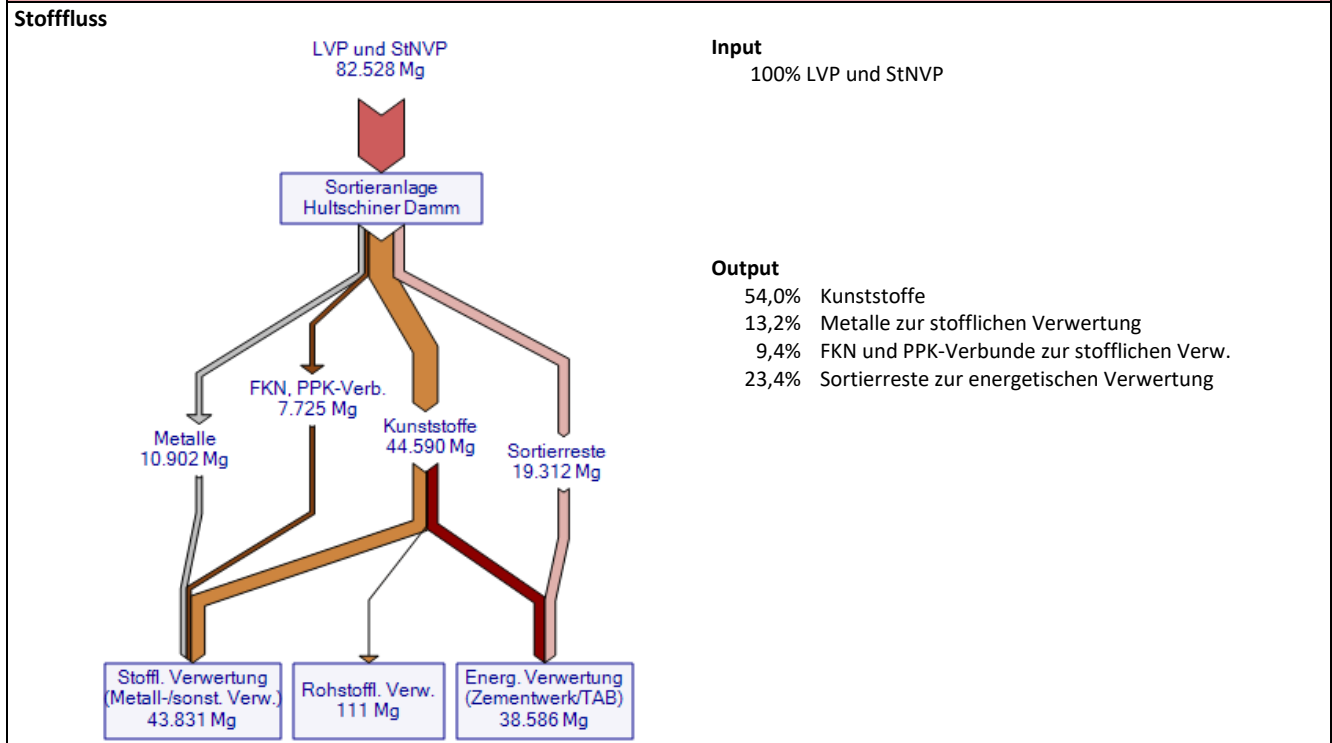
Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

⁸ Hinweis: Das berichtete Aufkommen bildet nicht die gewerblich gesammelten Mengen ab, da es für diese keine Berichtspflichten und entsprechend auch keine Dokumentation gibt (s.a. ifeu 2019, Kap.3.3).

2.1.8 Leichtverpackungen (LVP) (AVV 150106) und stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) (AVV 200301)

Stoffstrombilanz 2022		
Aufkommen	82.528 Mg	Vergleich: Aufkommen 2012: 97.950 Mg Aufkommen 2014: 85.398 Mg Aufkommen 2016: 88.107 Mg Aufkommen 2018: 87.061 Mg Aufkommen 2020: 90.860 Mg
Behandlung	82.528 Mg Sortieranlage Hultschiner Damm	

(Summe 2012 Gelbe Tonne, Gelbe Tonne plus, Orange Box)



Bilanzierung	Recycling-/Verwertungsraten
Output nach Angaben Interzero (Mitteilung 2023) Aufteilung Metalle (Weißblech, Aluminium) und der weiteren Kunststoffarten PP, PE, PS nach (Dehoust et al. 2016) Stoffliche Verwertung nach ifeu-Daten Durchschnitt Deutschland sowie nach (Dehoust et al. 2016)	Recyclingrate: 53,1% = Output zur stofflichen Verwertung/Input
	Energetische Verwertungsrate: 46,8% = Output zur energetischen Verwertung/Input
	Rohstoffl. Verwertungsrate: 0,1% = Output zur sonstigen Verwertung/Input
	Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input

Klimagasbilanz 2022		Vergleich	
		pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]
		<i>(Summe 2012 Gelbe Tonne, Gelbe Tonne plus, Orange Box)</i>	
		Netto 2012	-51.752
		Netto 2014	-43.650
		Netto 2016	-43.069
		Netto 2018	-40.581
		Netto 2020	-80.205
		Ergebnis spezifisch	
		Belastung	Gutschrift
		<i>in kg CO₂-Äq/Mg LVP+StNVP</i>	
		Gesamt	-859

in Mg CO₂-Äq. pro Jahr

Legend:
Lasten
 ■ Sammlung
 ■ Hultschiner Damm
Gutschrift
 ■ Hultschiner Damm
 ■ Netto

Saldo: -70.919

Umweltbilanz 2022				
Ressourcenschonung				
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch		KEA fossil netto
		Rohmetalle	Holz (WG 20%)	
		kg/Mg	kg/Mg	MJ/Mg
Natursteine	0 Mg	0 m ² geschonte Fläche		
Rohmetalle	8.616 Mg	Anteil Fe-Metalle:96%		
Holz (WG 20%)	11.922 Mg	aus PPK Verwertung		
KEA fossil	2.296 TJ	Nettoentlastung		
		Gesamt	104	144
		<i>Vgl. 2020</i>	<i>96</i>	<i>128</i>
				27.818
				27.788
Luftemissionen				
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch		Quecksilber
			NOx	
			g/Mg	g/Mg
NOx	-70.557 kg			
Quecksilber	3,0 kg			
		Gesamt	-855	0,036
		<i>Vgl. 2020</i>	<i>-965</i>	<i>0,028</i>

Das Aufkommen 2022 liegt 9% niedriger als 2020. Die Recyclingrate für die gesamt in Berlin angefallene Menge an LVP & StNVP ergibt sich für 2022 zu rund 53%⁹ (2020: 45%). Ein kleinerer Anteil der Kunststoffe wird rohstofflich verwertet (0,1%); die Verwertungsrate ist separat ausgewiesen. In der Bilanz ist dieser kleine Anteil bislang vernachlässigt, künftig könnte chemisches Recycling hier eine Rolle spielen.

Zusammenfassung

Für die Klimagasbilanz 2022 ergibt sich insgesamt eine etwas geringere spezifische Nettoentlastung. Hier wirken gegenläufige Aspekte. Höhere Entlastungen werden durch die höhere Recyclingrate erreicht sowie durch höhere Gutschriften für substituierte Primärproduktion aufgrund der aktualisierten Emissionswerte für trockene Wertstoffe (Kap. 5.2). Dem stehen geringere Gutschriften aus der energetischen Verwertung gegenüber, da diese zu geringeren Anteilen durch Mitverbrennung erfolgt (81% statt 91%).

Höhere Anteile an Metallen und FKN, PPK-Verbunde bewirken eine höhere spezifische Schonung von Rohmetallen und Holz. Das spezifische Ergebnis der Schonung fossiler Ressourcen ist kaum verändert. Die geringere spezifische Nettoentlastung bei den NOx-Emissionen ergibt sich durch die anteilig geringere energetische Verwertung. Quecksilberemissionen liegen im spezifischen Ergebnis etwas höher, da die aktualisierten Emissionswerte für Primärkunststoffe und auch für Brennstoffvorketten deutlich niedriger liegen, wodurch sich geringere Gutschriften für die Substitution ergeben.

Optimierungsmöglichkeiten liegen in einer weiteren Steigerung der getrennten Erfassung von Wertstoffen aus Haus- und Geschäftsmüll durch die Weiterführung von Öfentlichkeitsarbeit und Beratung der Bevölkerung sowie durch die Einführung von Abfallmanagementsystemen insbesondere bei Großwohnanlagen und Blockbebauungen. Und weiterhin bestehen Optimierungsmöglichkeiten durch Design für Recycling und den verstärkten Einsatz von Rezyklaten in Produkten (Herstellerverantwortung), um die Kreislauffähigkeit v. a. der Kunststoffverpackungen zu stärken.

Optimierungsmaßnahmen

⁹ Dieser Anteil steht für alle in Berlin anfallenden LVP & StNVP und kann nicht mit den nach Verpackungsgesetz vorgegeben Quoten für systembeteiligungspflichtige Mengen verglichen werden, die darin einen Anteil bilden.

2.1.9 Altglas (AVV 200102)

Stoffstrombilanz 2022																				
Aufkommen 67.310 Mg Behandlung 67.310 Mg Sortieranlagen		Vergleich: Aufkommen 2012: 66.453 Mg Aufkommen 2014: 63.634 Mg Aufkommen 2016: 64.877 Mg Aufkommen 2018: 65.886 Mg Aufkommen 2020: 69.079 Mg																		
Stofffluss	Abfallzusammensetzung 100% Altglas aus getrennter Erfassung	Bilanzierung - 15 km Sammelstrecke und 75 km zur Behandlungsanlage - Sortierung, Ausbeute 97% - Substituierte Primärprozesse: 100% Rohmaterial: Sand, Soda, Kalkstein, Feldspat, Dolomit Thermische Energie: 9,6 kJ/kg Glas und % Gesamtscherbeneinsatz → ersetzte Menge Rohmaterial = 97%																		
Recycling-/Verwertungsraten	Recyclingrate: 97% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: 3% = Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																				
	Vergleich	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Netto 2012</td><td>-30.091</td><td>-453</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-28.814</td><td>-453</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-29.053</td><td>-448</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-29.478</td><td>-447</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-30.873</td><td>-447</td></tr> </tbody> </table> <p>- Entlastung zu 85% durch Substitution Rohmaterial davon 50% vermiedene mineralische CO₂-Emissionen</p>		pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-30.091	-453	Netto 2014	-28.814	-453	Netto 2016	-29.053	-448	Netto 2018	-29.478	-447	Netto 2020	-30.873	-447
	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																		
Netto 2012	-30.091	-453																		
Netto 2014	-28.814	-453																		
Netto 2016	-29.053	-448																		
Netto 2018	-29.478	-447																		
Netto 2020	-30.873	-447																		
Ergebnis spezifisch																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>in kg CO₂-Äq/Mg Altglas</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>43</td> <td>-488</td> <td>-446</td> </tr> </tbody> </table>				Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Altglas</i>				Gesamt	43	-488	-446						
	Belastung	Gutschrift	Netto																	
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Altglas</i>																				
Gesamt	43	-488	-446																	
Umweltbilanz 2022																				
Ressourcenschonung																				
Einsparung gesamt Natursteine 78.463 Mg → 2.232 m ² geschonte Fläche																				

Das Aufkommen 2022 liegt rund 3% niedriger als 2020. Das spezifische Ergebnis der Klimagasbilanz ist kaum verändert. Beim Altglasrecycling machen sich die Aktualisierungen der Energieemissionsfaktoren kaum bemerkbar. Optimierungsmöglichkeiten wurden für das Altglasrecycling nicht gesehen. Die Sammelmenge hat sich über die Jahre auch trotz der Umstellung des Erfassungssystems von Hol- auf Bringsystem wenig verändert.

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.1.10 Alttextilien (AVV 201111)

Stoffstrombilanz 2022					
Aufkommen	37.177 Mg (berechnet)	Vergleich:	Aufkommen 2012: 31.054 Mg		
Behandlung	37.177 Mg Sortierung (v.a. händisch)		Aufkommen 2014: 32.949 Mg		
			Aufkommen 2016: 33.248 Mg		
			Aufkommen 2018: 47.786 Mg		
			Aufkommen 2020: 36.274 Mg		
Stofffluss		Kenndaten			
<p>Input 100% Alttextilien, gesammelt</p> <p>Output 42% Wiederverwendung 40% Weiterverw. (Putzlappen) 7% Recycling (Reißerei) 11% thermische Verw. 1% Beseitigung</p>		Heizwert 15 MJ/kg FS C fossil 12% FS			
		Bilanzierung			
		Aufkommen berechnet mit geschätzter Sammelquote von 9,9 kg/(E*a) und Bevölkerungszahl Berlin 2022; Wiederverwendung Export, etwa hälftig Europa u. Übersee, Annahme ersetzt 50% Neuerstellung (50:50 Baumwolle, Synthefasern); Weiterverwendung als Putzlappen, Annahme ersetzt 60% Cellulose (Papiertücher), 40% Polyester; Reißerei Fasergemisch für Vlies, Dämmstoffe (ersetzt 71% Synthefaser 27% Cellulose, 2% Baumwolle); thermische Nutzung mit obigen Kenndaten; Beseitigung n.b.			
		Recycling-/Verwertungsraten			
		Recyclingrate:	86%		
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input			
		Energetische Verwertungsrate:	13%		
		= Output zur energetischen Verwertung/Input			
		Sonstige Verwertungsrate:	-		
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input			
		Beseitigungsrate:	1%		
		= Output zur Beseitigung/Input			
Klimagasbilanz 2022					
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Saldo: -131.199</p>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	
		Netto 2012	-130.338	-4.197	
		Netto 2014	-138.292	-4.197	
		Netto 2016	-140.230	-4.218	
		Netto 2018	-183.231	-3.834	
		Netto 2020	-159.941	-4.409	
		Ergebnis spezifisch			
			Belastung	Gutschrift	Netto
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Alttextilien			
		Vorber. Wiederverwendung	78	6.341	-6.264
		Weiterverwendung	446	2.199	-1.752
		Recycling (Reißerei)	257	3.011	-2.754
		Thermische Verwertung	502	577	-75
		Gesamt	260	-3.789	-3.529
Umweltbilanz 2022					
Ressourcenschonung					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch			
KEA fossil	1.954 TJ Nettoentlastung	KEA fossil netto			
		Gesamt			
		52.570 MJ/Mg			
		Vgl. 2020			
		60.872 MJ/Mg			
Luftmissionen					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch			
NOx	-272.732 kg	NOx	Quecksilber	NH ₃	
Quecksilber	-1,9 kg	g/Mg	g/Mg	g/Mg	
NH ₃	-108.773 kg	Gesamt	-7.336	-0,052	-2.926
		Vgl. 2020	-8.690	-0,055	-4.175

Das Aufkommen 2022 liegt 2% höher als 2020. Die spezifischen Nettoentlastungen der Klimagas- und Umweltbilanz fallen insgesamt niedriger aus aufgrund der Verschiebung von der direkten Wiederverwendung zur Weiterverwendung. Weitere Informationen sind in Kapitel 3.2 beschrieben. Optimierungsmöglichkeiten bestehen im Ausbau einer zirkulären Textilwirtschaft, die in Berlin angestrebt wird.

Zusammenfassung und Optimierungsmmaßnahmen

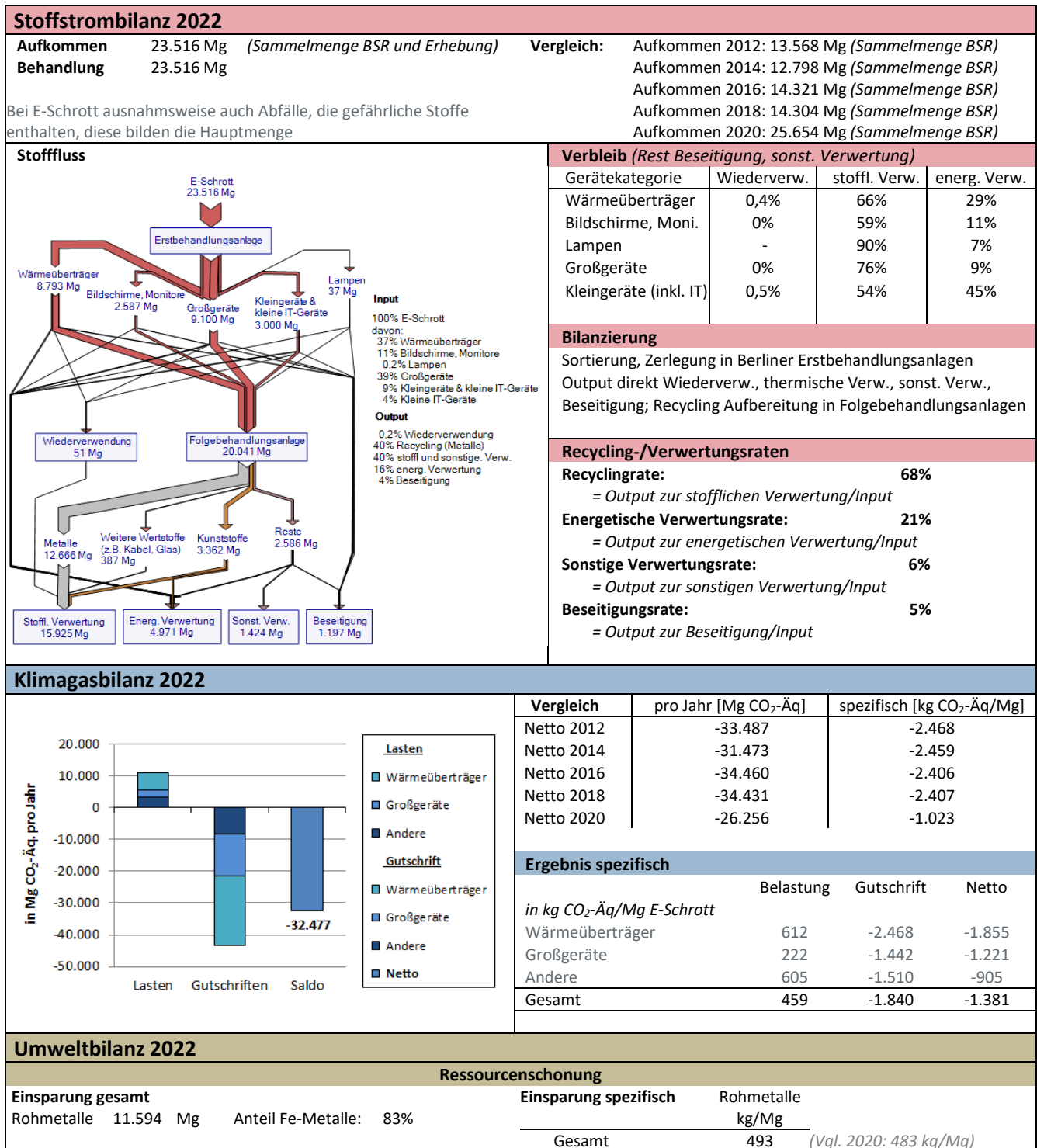
2.1.11 Altreifen (AVV 160103)

Stoffstrombilanz 2022																	
Aufkommen	16.382 Mg (berechnet)	Vergleich:	Aufkommen 2012: 16.719 Mg														
Behandlung	10.016 Mg Recycling		Aufkommen 2014: 14.482 Mg														
	6.366 Mg Mitverbrennung Zementwerk		Aufkommen 2016: 19.151 Mg														
			Aufkommen 2018: 18.767 Mg														
			Aufkommen 2019: 18.771 Mg (2020 keine Erhebung)														
Stofffluss		Kenndaten															
		Heizwert 28 MJ/kg FS C fossil 52,8% FS Hg-Gehalt 0,17 mg/kg FS															
		Bilanzierung															
		Aufkommen berechnet auf Basis bundesweites Aufkommen; davon nur Anteil Granulierung und Mitverbrennung; für Berlin über Bevölkerungszahl 2022 umgerechnet 39% Mitverbrennung Zementwerk mit obigen Kenndaten 61% Aufbereitung nach Villanueva et al. (2007); Anwendung Substitutionspotenzial neu abgeschätzt (Kap. 3.4)															
		Recycling-/Verwertungsrate															
		Recyclingrate: 59,0% = Output zur stofflichen Verwertung/Input															
		Energetische Verwertungsrate: 40,4% = Output zur energetischen Verwertung/Input															
		Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input															
		Beseitigungsrate: 0,6% = Output zur Beseitigung/Input															
Klimagasbilanz 2022																	
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]														
	<table border="1"> <tr><td>Netto 2012</td><td>-22.657</td><td>-1.355</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-21.503</td><td>-1.485</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-28.763</td><td>-1.502</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-28.402</td><td>-1.513</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-30.881</td><td>-1.645</td></tr> </table>	Netto 2012	-22.657	-1.355	Netto 2014	-21.503	-1.485	Netto 2016	-28.763	-1.502	Netto 2018	-28.402	-1.513	Netto 2020	-30.881	-1.645	
Netto 2012	-22.657	-1.355															
Netto 2014	-21.503	-1.485															
Netto 2016	-28.763	-1.502															
Netto 2018	-28.402	-1.513															
Netto 2020	-30.881	-1.645															
	Ergebnis spezifisch																
		Belastung	Gutschrift	Netto													
	in kg CO ₂ -Äq/Mg Altreifen																
	Gesamt	1.066	-2.395	-1.329													
Umweltbilanz 2022																	
Ressourcenschonung																	
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	Rohmetalle KEA fossil netto														
Natursteine	0 Mg → 0 m ² geschonte Fläche		kg/Mg MJ/Mg														
Rohmetalle	2.949 Mg Anteil Fe-Metalle: 100%	Gesamt	180 34.561														
KEA fossil	566 TJ Nettoentlastung	Vgl. 2020	180 40.567														
Luftemissionen																	
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	NOx Quecksilber														
NOx	-23.369 kg		g/Mg g/Mg														
Quecksilber	0,2 kg	Gesamt	-1.427 0,011														
		Vgl. 2020	-1.951 0,040														

Für die SKU-Bilanz 2020 (ifeu/ARGUS 2021) waren für Altreifen coronabedingt nur Mengenangaben für 2019 verfügbar. Das Aufkommen 2022 liegt demgegenüber rd. 13% niedriger. Der Anteil der stofflichen Verwertung ist gegenüber der Mitverbrennung in 2022 auf 61% angestiegen (2019: 59%, 2018: 55%; 2016: 53%, 2014: 50%, 2012: 45%). Die Bilanzierung wurde angepasst und ist in Kapitel 3.4 beschrieben. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der weiteren Steigerung des stofflichen Recyclings.

Zusammenfassung und Optimierungsmöglichkeiten

2.1.12 E-Schrott (AVV 200136, 200123*, 200135*)



Das Aufkommen 2022 liegt 8% niedriger als 2020. Die spezifische Nettoentlastung der Klimagasbilanz fällt v. a. aufgrund der Aktualisierung von Emissionswerten für trockene Wertstoffe höher aus (Kap. 5.1). Die spezifische Nettoentlastung bei Rohmetallen liegt etwas höher durch einen etwas höheren Recyclinganteil. Weitere Informationen sind in Kapitel 3.3 beschrieben. Optimierungsmöglichkeiten bestehen vor allem im Ausbau der Wiederverwendung, die für Berlin angestrebt wird.

Zusammenfassung und Optimierungsmassnahmen

2.1.13 Altmetalle (AVV 200140)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	10.005 Mg	Vergleich:	Aufkommen 2012: 8.165 Mg
Behandlung	10.005 Mg Separierung		Aufkommen 2014: 8.614 Mg
			Aufkommen 2016: 9.963 Mg
			Aufkommen 2018: 10.692 Mg
			Aufkommen 2020: 11.148 Mg
Stofffluss 		Abfallzusammensetzung 100% Altmetall aus getrennter Erfassung (v.a. BSR-Recyclinghöfe); Fe-, NE-Anteile nach Schätzung für Bundesdurchschnitt angepasst: 85% Fe Metalle, 15% NE-Metalle	
		Bilanzierung kein Sammelaufwand (Bringsystem); Transport zur Separierung 60 km; Transport zu Verwertern Annahme 100 km; Annahme Ausbeuten: Fe-Metalle 78%, NE-Metalle 34%	
		Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 100% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input	
Klimagasbilanz 2022			
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]
	Netto 2012	-5.866	-718
	Netto 2014	-6.189	-718
Netto 2016	-7.158	-718	
Netto 2018	-7.682	-718	
Netto 2020	-13.842	-1.242	
Ergebnis spezifisch in kg CO ₂ -Äq/Mg Altmetall			
	Belastung	Gutschrift	Netto
Gesamt	179	-1.448	-1.269
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt	Einsparung spezifisch	Rohmetalle	
Rohmetalle 7.144 Mg Anteil Fe-Metalle: 93%		kg/Mg	
	Gesamt	714	(Vgl. 2020: 714 kg/Mg)

Das Aufkommen 2022 liegt 10% niedriger als 2020. Es handelt sich bei diesem Stoffstrom ausschließlich um über die BSR erfasste Mengen. Veränderungen im spezifischen Ergebnis der Klimagasbilanz sind durch Aktualisierungen der Emissionsfaktoren bedingt (Kap. 5.2). Der Anteil der spezifischen Metallschonung ist davon unberührt. Für Altmetalle sollten die genauere Zusammensetzung und Ausbeuten sowie mögliche Optimierungen für Ausbeuten nach Möglichkeit vertieft untersucht werden.

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.2 Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen

2.2.1 Boden und Steine (AVV 170504)

Stoffstrombilanz 2022	
Aufkommen	1.222.827 Mg
Behandlung	667.725 Mg Brech- und Klassieranlagen 25.387 Mg Deponien 529.715 Mg Verfüllung
Vergleich:	Aufkommen 2012: 1.937.773 Mg Aufkommen 2014: 2.120.176 Mg Aufkommen 2016: 2.265.656 Mg Aufkommen 2018: 1.790.209 Mg Aufkommen 2020: 2.066.423 Mg
Stofffluss	<p style="text-align: center;">Boden und Steine 1.222.827 Mg</p> <p>Input 100% Boden und Steine</p> <p>Output 100% Boden und Steine davon: 51% Baumaßnahmen 47% Verfüllung 2% Deponie</p> <p>Differenz In-/Output 89.314 Mg</p> <p>Brech- und Klassieranlagen 667.725 Mg</p> <p>Stoffliche Verw. (Baumaßnahmen) 578.411 Mg</p> <p>Sonstige Verwertung (Deponien/Verfüllung) 540.997 Mg</p> <p>Beseitigung (Deponien) 14.105 Mg</p>
Abfallzusammensetzung	natürlich gewachsener oder bereits verwendeter Boden
Bilanzierung	Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen - Berliner Brech- und Klassieranlagen - Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim) - Verfüllungen (LBGR Brandenburg)
Recycling-/Verwertungsraten	<p>Recyclingrate: 51% = Output zur stofflichen Verwertung/Input</p> <p>Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input</p> <p>Sonstige Verwertungsrate: 48% = Output zur sonstigen Verwertung/Input</p> <p>Beseitigungsrate: 1% = Output zur Beseitigung/Input</p>
Klimagasbilanz 2022	
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet	
Umweltbilanz 2022	
Ressourcenschonung	
Einsparung gesamt	
Natursteine	578.411 Mg → 21.423 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 41% niedriger als 2020. Die Input-Output-Differenz der Brech- und Klassieranlagen für diese Abfallart resultiert aus Lagerbeständen.

Zusammenfassung

Von der ausgewiesenen Output-/Verbleib-Menge Bodenaushub wurden 51% nach Aufbereitung in Brech- und Klassieranlagen in Baumaßnahmen stofflich verwertet (2020: 34%, 2018: 41%, 2016: 26%) und 48% unaufbereitet einer sonstigen Verwertung (Deponien, Verfüllung) zugeführt. 1% wurden direkt auf Deponien (MEAB) beseitigt.

Optimierungsmöglichkeiten bestehen in einer weiteren Steigerung des Einsatzes von Boden bei Baumaßnahmen zur Steigerung der Schonung mineralischer Rohstoffe. Dies bedarf der vertieften Untersuchung zur möglichen Umsetzung u. a. durch Stoffstrommanagement sowie der Initiierung einer verstärkten Nachfrage.

Optimierungsmaßnahmen

2.2.2 Bauschutt (AVV 170107)¹⁰ - Gemische aus Beton, Fliesen, Ziegel und Keramik

Stoffstrombilanz 2022		Vergleich:	
Aufkommen	448.515 Mg	Aufkommen 2012:	1.166.261 Mg
Behandlung	342.989 Mg Brech- und Klassieranlagen	Aufkommen 2014:	938.201 Mg
	93.816 Mg Deponien	Aufkommen 2016:	1.023.659 Mg
	11.710 Mg Verfüllung	Aufkommen 2018:	806.604 Mg
		Aufkommen 2020:	654.900 Mg

Stofffluss	Abfallzusammensetzung
	<p>Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik Die üblicherweise umfassten Einzelfractionen Beton, Ziegel, Baustoffe auf Gipsbasis sind gesondert ausgewertet</p>
	Bilanzierung
	Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen: - Berliner Brech- und Klassieranlagen - Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim) - Verfüllungen (LBGR Brandenburg)
	Recycling-/Verwertungsraten
	Recyclingrate: 25% = Output zur stofflichen Verwertung/Input
	Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input
	Sonstige Verwertungsrate: 45% = Output zur sonstigen Verwertung/Input
	Beseitigungsrate: 31% = Output zur Beseitigung/Input

Klimagasbilanz 2022
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet

Umweltbilanz 2022	
Ressourcenschonung	
Einsparung gesamt	
Natursteine	34.391 Mg → 529 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 32% niedriger als 2020. Die Input-Output-Differenz der Brech- und Klassieranlagen für diese Abfallart ergibt sich aus Lagerbeständen und durch die anteilige Verwertung im aufbereiteten Betonmaterial für den Straßen- und Wegebau (Kap. 2.2.3, Steckbrief „Beton“). Von der ausgewiesenen Output-/Verbleib-Menge Bauschutt wurden 25% nach Aufbereitung in Brech- und Klassieranlagen in Straßenbaumaßnahmen stofflich verwertet und 45% unaufbereitet einer sonstigen Verwertung (Deponien, Verfüllungen) zugeführt. 31% wurden direkt auf Deponien (MEAB) beseitigt.

Zusammenfassung

Optimierungsmöglichkeiten bestehen in einer Steigerung des Einsatzes im Straßenbau zur Steigerung der Schonung mineralischer Rohstoffe. Bei verstärkter Nachfrage nach RC-Beton im Hochbau könnte der bisherige Betoneinsatz im Straßenbau weitgehend durch Bauschutt ersetzt werden. Auch konnte 2021, initiiert durch die Senatsumweltverwaltung, recycelter Mauerwerksbruch (Typ 2) als RC-Beton in einem Bauabschnitt in Berlin-Friedenau eingesetzt werden (s. a. „Zusammenfassung mineralische Abfälle“).

Optimierungsmaßnahmen

¹⁰ Die vor 2020 hierunter beinhaltete Abfallart „Fliesen, Ziegel und Keramik (AVV 170103) wurde auch für 2022 getrennt ausgewertet. Der Input in Brech- und Klassieranlagen beläuft sich jedoch nur auf 121 Mg, im Output sind 0 Mg ausgewiesen, so dass weiterhin kein neuer Steckbrief angelegt wurde.

2.2.3 Beton (AVV 170101)

Stoffstrombilanz 2022		
Aufkommen	849.959 Mg	
Behandlung	847.346 Mg	Brech- und Klassieranlagen
	1.032 Mg	Deponien
	1.581 Mg	Verfüllung
		Vergleich:
		Aufkommen 2012: 973.983 Mg
		Aufkommen 2014: 930.659 Mg
		Aufkommen 2016: 842.719 Mg
		Aufkommen 2018: 894.790 Mg
		Aufkommen 2020: 900.464 Mg
Stofffluss		Abfallzusammensetzung
		Hochwertige Bauschuttfraktion; gesondert ausgewertet, um Potenzial für RC-Beton darzustellen
		Bilanzierung
		Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen:
		- Berliner Brech- und Klassieranlagen
		- Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim)
		- Verfüllungen (LBGR Brandenburg)
		Recycling-/Verwertungsraten
		Recyclingrate: 99,8%
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input
		Energetische Verwertungsrate: -
		= Output zur energetischen Verwertung/Input
		Sonstige Verwertungsrate: 0,1%
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input
		Beseitigungsrate: 0,1%
		= Output zur Beseitigung/Input
Klimagasbilanz 2022		
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet		
Umweltbilanz 2022		
Ressourcenschonung		
Einsparung gesamt		
Natursteine	1.097.039 Mg	→ 16.878 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 6% niedriger als 2020. Die Input-Output-Differenz der Brech- und Klassieranlagen für diese Abfallart resultiert daraus, dass aus dem Stoffstrom Bauschutt Anteile dem Beton zugeschlagen werden. Beton darf in Berlin z. B. für Straßenbaumaterial bis zu je 30% Ziegel und Asphalt enthalten. Betonrecyclingmaterial wird wie in den Vorläuferbilanzen fast vollständig im Straßenbau eingesetzt.

Zusammenfassung

Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Umlenkung des RC-Betons zum Hochbau-einsatz durch sortenreine Erfassung beim Gebäuderückbau. Dadurch würden auch Absatzmöglichkeiten im Straßenbau für andere Bauschuttanfälligkeiten frei werden. Fördermaßnahmen für den Einsatz von RC-Beton v. a. bei öffentlichen Hochbaumaßnahmen bestehen im Rahmen der Vorgaben einer umweltverträglichen Beschaffung (VwVBU). Im Rahmen der Fortschreibung der VwVBU 2019 hat der Senat Berlin beschlossen bei größeren öffentlichen Bauvorhaben RC-Beton einzusetzen, sofern die Norm dies zulässt. Zur Akzeptanzsteigerung initiierte die Senatsumweltverwaltung Pilotprojekte sowie einen breiten Fachdialog und Informationstransfer.

Optimierungsmaßnahmen

2.2.4 Gipsabfälle (AVV 170802)

Stoffstrombilanz 2022	
Aufkommen	31.018 Mg
Behandlung	27.773 Mg Deponien 3.245Mg Recyclinganlage
Vergleich:	Aufkommen 2012: 28.973 Mg Aufkommen 2014: 36.061 Mg Aufkommen 2016: 34.767 Mg Aufkommen 2018: 31.692 Mg Aufkommen 2020: 26.547 Mg
Stofffluss	<p>Input 100% Gipsabfälle</p> <p>Output 89,5% Deponie 10,5% Recyclinganlage</p> <p>Beseitigung (Deponien) 27.773 Mg</p> <p>stoffl. Verwertung (Recyclinganlage) 3.245 Mg</p>
Abfallzusammensetzung	Bauschuttfraktion; gesondert ausgewertet, um Potenzial für Recycling darzustellen (v.a. stofflich verwertbare Gipsplatten)
Bilanzierung	Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen: - Berliner Brech- und Klassieranlagen - Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim) - Verfüllungen (LBGR Brandenburg) und Abfrage Recyclinganlage MUEG
Recycling-/Verwertungsraten	<p>Recyclingrate: 10,5% = Output zur stofflichen Verwertung/Input</p> <p>Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input</p> <p>Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input</p> <p>Beseitigungsrate: 89,5% = Output zur Beseitigung/Input</p>
Klimagasbilanz 2022	
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet	
Umweltbilanz 2022	
Ressourcenschonung	
Einsparung gesamt	
Natursteine	3.245 Mg → 162 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 17% höher als 2020. Die Abfallmenge wurde zu 89,5% auf Deponien (MEAB) zur Beseitigung verbracht und zu 10,5% der Recyclinganlage (MUEG) zugeführt. Die Verbringung zur Altablagerung Großziethen ist seit 2013 untersagt.

Zusammenfassung

Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der sortenreinen Getrenntsammlung der Gipsabfälle (v. a. Gipsplatten) und deren hochwertigen Aufbereitung. Die vor 2020 erfolgte Steigerung der Deponiegebühren setzte erste Anreize zur Verwertung dieser Abfallart. Mit dem Jahr 2024 dürfen Gipsabfälle – sofern sie schadstofffrei sind – nicht mehr auf Deponien abgegeben werden. Die Senatsumweltverwaltung stärkt Gipsrecycling beispielsweise durch die Bereitstellung wichtiger Informationen für Bau- und Abrissunternehmen zu Verwertungsmöglichkeiten¹¹ sowie durch Pilotprojekte im Rahmen öffentlicher Bauvorhaben zur Akzeptanzsteigerung (ifeu 2019).

Optimierungsmaßnahmen

¹¹ <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/kreislaufwirtschaft/projekte/recycling-von-gips/>, https://www.berlin.de/sen/uvk/assets/umwelt/kreislaufwirtschaft/projekte/recycling-von-gips/flyer_gips.pdf?ts=1706708025 (14.02.2024)

2.2.5 Ziegel (AVV 170102)

Stoffstrombilanz 2022		
Aufkommen	19.073 Mg	Vergleich: Aufkommen 2012: - Mg (nicht ausgewertet)
Behandlung	18.868 Mg Brech- und Klassieranlagen	Aufkommen 2014: 60.354 Mg
	79 Mg Deponien	Aufkommen 2016: 97.382 Mg
	126 Mg Verfüllung	Aufkommen 2018: 74.444 Mg
		Aufkommen 2020: 91.435 Mg
Stofffluss		Abfallzusammensetzung Bauschuttfraktion; gesondert ausgewertet, um Potenzial für Recycling darzustellen
		Bilanzierung Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen: - Berliner Brech- und Klassieranlagen - Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim) - Verfüllungen (LBGR Brandenburg)
		Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 99,4% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: 0,3% = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: 0,2% = Output zur Beseitigung/Input
Klimagasbilanz 2022		
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet		
Umweltbilanz 2022		
Ressourcenschonung		
Einsparung gesamt		
Natursteine	36.710 Mg	→ 565 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 79% niedriger als 2020 und auch insgesamt deutlich niedriger als in den Vorjahren. Dabei sind die anteiligen Mengen zur Verfüllung oder zur Deponie gering. Für die über Brech- und Klassieranlagen behandelte Menge (zzgl. Lagerbestände) an sortenreinem Ziegelmaterial wird der vollständige Einsatz im Wegebau angenommen. Die Recyclingrate beträgt über 99%. Die verbleibenden rund 0,5% Ziegel wurden unaufbereitet einer sonstigen Verwertung (Deponien, Verfüllungen) und Beseitigung (Deponien) zugeführt.

Zusammenfassung

Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Steigerung des Recyclinganteils durch sortenreine Erfassung von Ziegeln beim Gebäuderückbau. Der deutliche Rückgang im Aufkommen 2022 lässt vermuten, dass dies 2022 weniger umfassend erfolgte. Weitere Optimierungsmöglichkeiten liegen in der Erschließung von regelkonformen Einsatzmöglichkeiten von Ziegelbruch im Hoch- und Tiefbau (z. B. anteilig in RC-Beton oder im Straßenbau u. a. als Frostschuttschicht) sowie in Pilotprojekten im Rahmen öffentlicher Bauvorhaben zur Akzeptanzsteigerung. Eine alternative Absatzmöglichkeit besteht für Ziegelmaterial im Garten- und Landschaftsbau (GaLaBau). Hierzu enthält die VwVBU ein Leistungsblatt zum Einsatz gütegesicherter Ziegelsubstrate bei öffentlichen Baumpflanzungen.

Optimierungsmaßnahmen

2.2.6 Asphalt (AVV 170302)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	316.543 Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 162.571 Mg
Behandlung	150.357 Mg Brech- und Klassieranlagen		Aufkommen 2014: 190.080 Mg
	163.650 Mg Asphaltmischwerke		Aufkommen 2016: 155.367 Mg
	2.441 Mg Deponien		Aufkommen 2018: 203.141 Mg
	94 Mg Verfüllung		Aufkommen 2020: 339.695 Mg
Stofffluss		Abfallzusammensetzung	
<p>Input 100% Asphalt</p> <p>Output 100% Asphalt davon: 98,5% Straßenbau 1,5% Deponie 0,1% Verfüllung</p>		Mineralische Stoffe, die hydraulisch mit Bitumen gebunden oder ungebunden sind	
		Bilanzierung	
		Erhebung Aufkommen durch Auswertung Abfallbilanzen:	
		- Berliner Brech- und Klassieranlagen	
		- Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim)	
		- Verfüllungen (LBGR Brandenburg) und Abfrage Berliner Asphaltmischwerke	
		Recycling-/Verwertungsraten	
		Recyclingrate:	98,5%
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input	
		Energetische Verwertungsrate:	-
		= Output zur energetischen Verwertung/Input	
		Sonstige Verwertungsrate:	1,5%
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate:	0,1%
		= Output zur Beseitigung/Input	
Klimagasbilanz 2022			
		Vergleich	
		pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq]
		Netto 2012	-767
		Netto 2014	-1.119
		Netto 2016	-689
		Netto 2018	-1.054
		Netto 2020	-1.429
		Ergebnis spezifisch	
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Asphalt	Belastung Gutschrift Netto
		Asphaltmischwerk	0 -13 -13
		Andere	0 0 0
		Gesamt	0 -13 -13
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch KEA fossil netto [MJ/Mg]	
Natursteine	157.104* Mg → 5.819 m ² geschonte Fläche	Asphaltmischwerk	1.895
KEA fossil	310 TJ Nettoentlastung	Andere	0
		Gesamt	1.866
		Vgl. 2020	1.088
*im Straßenbau stofflich verwertete Menge abzgl. Bitumenanteil (4%)			

Das Aufkommen 2022 liegt 7% niedriger als 2020. Die Input-Output-Differenz der Brech- und Klassieranlagen für diese Abfallart resultiert insbesondere daraus, dass Bitumenge-mische im Output von Brech- und Klassieranlagen gemeinsam mit anderen Bauprodukten wie Beton u. a. für Tragwerk- und Frostschuttschichten im Straßen- und Wegebau eingesetzt werden (vgl. Kap. 2.2.3, Steckbrief „Beton“). In 2022 betrifft dies die vollständige Inputmenge, ggf. sind auch Lagerbestände gegeben. Die ausgewiesene Output-

Zusammenfassung und Optimierungsmassnahmen

/Verbleib-Menge wurde 2022 zu knapp 99% im Straßenbau eingesetzt (= Recyclingrate). (2020: 57%, 2018: 95%, 2016: 83%, 2014: 90%, 2012 89%). Die restlichen Anteile wurden unaufbereitet einer sonstigen Verwertung zugeführt und direkt auf Deponien beseitigt. Gegenüber 2020 ist der Anteil sonstige Verwertung wieder deutlich niedriger und die Recyclingrate entsprechend wieder höher.

Bei der Klimagas- und Umweltbilanz ergeben sich Änderungen im Vergleich der spezifischen Ergebnisse bedingt durch die veränderten Mengenanteile, die über Asphaltmischwerke behandelt werden. 2022 lag dieser Anteil wieder höher. Hohe Einsatzmengen in Asphaltmischwerken können durch gute schichtenmäßige Abfräsung des Materials beim Rückbau von Asphaltstraßen erreicht werden. Insofern hier Beschränkungen durch Absatzmöglichkeiten gegeben sind, bestehen Optimierungsmöglichkeiten in der Steigerung der Asphaltanteile in der Betonfraktion, um so zum einen den Asphalt im Berliner Straßenbau zu verwerten und zum anderen Betonmengen freizusetzen, die dann als hochwertiger RC-Beton im Hochbau eingesetzt werden können.

2.2.7 Baggergut (AVV 170506)

Stoffstrombilanz 2022	
Aufkommen	7.537 Mg
Behandlung	5.215 Mg Deponie (Beseitigung) 2.322 Mg Aus öffentl. Baumaßnahmen
Vergleich:	Aufkommen 2012: 10.889 Mg Aufkommen 2014: 9.107 Mg Aufkommen 2016: 13.844 Mg Aufkommen 2018: 3.132 Mg Aufkommen 2020: 22.201 Mg
Stofffluss	<p>Input 100% Baggergut</p> <p>Output 100% Baggergut davon: 31% Wegebau 69% Deponie</p> <p>Beseitigung (Deponien) 5.215 Mg Stoffliche Verw. (Baumaßnahmen) 2.322 Mg</p>
Abfallzusammensetzung	Schlamm, der bei Aushubarbeiten von Gewässern anfällt
Bilanzierung	Erhebung Aufkommen durch Abfrage/Auswertung Abfallbilanzen - Deponien im Großraum Berlin (BSR, MEAB, Heim) - Wasserbauämter des Bundes und des Landes Berlin
Recycling-/Verwertungsraten	<p>Recyclingrate: 31% = Output zur stofflichen Verwertung/Input</p> <p>Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input</p> <p>Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input</p> <p>Beseitigungsrate: 69% = Output zur Beseitigung/Input</p>
Klimagasbilanz 2022	
Mineralischer Abfall → Treibhauseffekt mit „Null“ bewertet	
Umweltbilanz 2022	
Ressourcenschonung	
Einsparung gesamt	
Natursteine	2.323 Mg → 86 m ² geschonte Fläche

Das Aufkommen 2022 liegt 66% niedriger als 2020. Schwankungen sind bei Baggergut üblich wie die Zeitreihe zeigt. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der vollständigen Anwendung des Baggerguts in einer Bodenverwertung.

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

Zusammenfassung mineralische Abfälle (Kap. 2.2.1 bis 2.2.7)

Das gesamte Aufkommen 2022 für mineralische Abfälle ist gegenüber 2020 um 29% gesunken. Die Reduktion besteht überwiegend bei den direkt verwerteten oder beseitigten Mengen (-51%). Die über Brech- und Klassieranlagen behandelten Mengen liegen 13% niedriger als 2020. Zwischen Aufkommen und Verbleib wurde eine Differenzmenge von 280.855 Mg ermittelt (Lagerbestand Brech- und Klassieranlagen). Abbildung 2.1 zeigt Aufkommen und Verbleib der mineralischen Abfälle im Überblick.

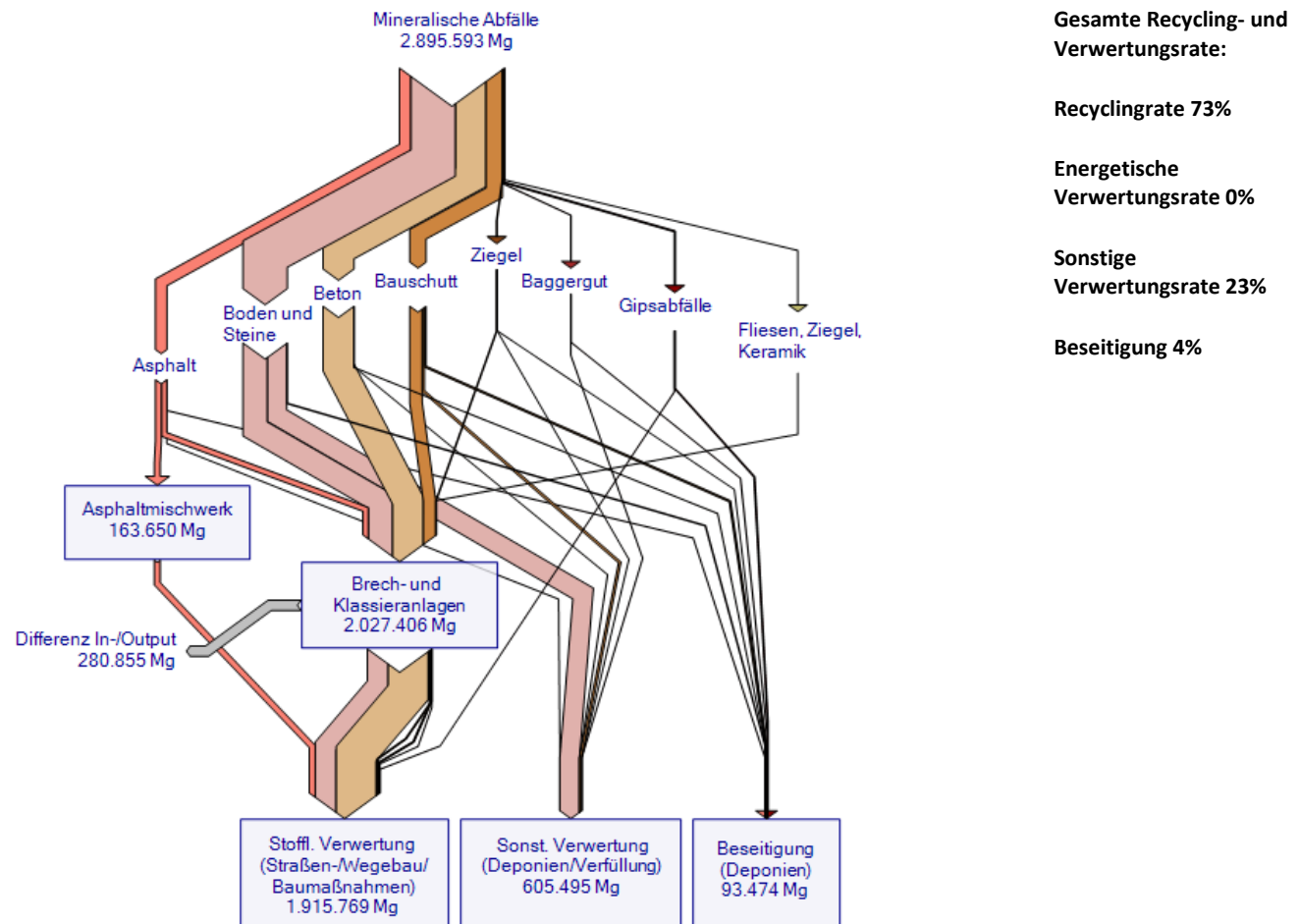


Abbildung 2.1: Stoffflussdiagramm zu Aufkommen und Verbleib der mineralischen Abfälle 2022

70% der mineralischen Abfälle – v. a. Boden und Steine, Beton, Bauschutt – wurde über Brech- und Klassieranlagen behandelt. Die daraus hergestellten RC-Baustoffe wurden ganz überwiegend im Straßen- und Wegebau in Berlin und Brandenburg eingesetzt. Durch die anteilig geringeren direkt sonstig verwerteten und beseitigten Mengen ergibt sich die Recyclingrate zu 73% (2020: 60%). Die 23% direkt sonstig verwerteten Mengen – v.a. Boden und Steine – gingen unbehandelt auf Deponien (2%) oder in Verfüllungen (21%, Verfüllung von Sand-, Kies- und Tongruben). Der beseitigte Anteil an mineralischen Abfällen in Höhe von 4% wurde ausschließlich auf den MEAB-Deponien abgelagert. Insgesamt wurden durch die recycelten mineralischen Abfälle (stofflich verwertete Menge abzgl. einer Bitumenmenge im Asphalt von 6.546 Mg) 1.909.223 Mg Natursteine eingespart und eine Fläche von 45.461 m² geschont.

Durch die Steigerung des Einsatzes von RC-Baustoffen bei Baumaßnahmen könnte die Schonung mineralischer Rohstoffe im Maximalfall der Aufkommensmenge entsprechen. Wichtige Maßnahmen sind die sortenreine Erfassung beim Rückbau, Steigerung der Absatzmöglichkeit insbesondere von Ziegelmaterial im Straßenbau, Umlenkung von RC-Beton in den Hochbau sowie Initiierung einer verstärkten Nachfrage nach RC-Produkten im Bauwesen.

Optimierungsmaßnahmen

Hierzu bestehen verschiedene Aktivitäten. Beispielsweise gewann die Senatsumweltverwaltung 2021 Aufbereiter mineralischer Bauabfälle im Berliner Umland für die Herstellung einer Gesteinskörnung mit recyceltem Mauerwerksbruch (Typ 2¹²), welcher dann als RC-Beton in einem Bauabschnitt in Berlin-Friedenau eingesetzt wurde, wobei die Ergebnisse 2022 bei einem Baustellentermin und in einem Fachdialog präsentiert wurden¹³. Für Ziegelmaterial besteht ein Forschungsprojekt mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zur „Entwicklung eines Leitfadens für die Wiederverwendung von Mauerziegeln“ dessen Ergebnisse in der SKU-Bilanz 2024 aufgegriffen werden.

In der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz sind die Bauschutt-Fraktionen Ziegel (AVV 170102) und Beton (AVV 170101) mittlerweile in den Abfallberichten der Brech- und Klassieranlagen, der Deponien und den bergrechtlichen Verfüllungen gesondert ausgewiesen. Seit der SKU-Bilanz 2020 ist auch die Bauschutt-Fraktion „Fliesen, Ziegel und Keramik (AVV 170103)“ getrennt ausgewertet. Als „Bauschutt“ sind somit nur noch die „Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik (AVV 170107)“ verblieben. Ziel dieser getrennten Betrachtung der Bauschutt-Fraktionen ist es, die Potenziale für deren Recycling und Verwertbarkeit eruieren zu können. Im Übrigen entspricht dieses Vorgehen der Getrennthaltungspflicht für diese Bauschutt-Fraktionen (außer AVV 170107) im Rahmen der Gewerbeabfallverordnung.

Zeitreihe

Das Abfallaufkommen der mineralischen Abfallfraktionen in der Zeitreihe der SKU-Bilanzen ist in Tabelle 2.1 und in Abbildung 2.2 im Überblick dargestellt. Für eine Vergleichbarkeit sind in der Tabelle zudem die Summe der Bauschuttfraktionen, die Input-Output-Differenzen in Summe sowie die abschließend entsorgte Menge (Verbleib) ausgewiesen. Ein Grund für den geringeren Bauabfallanfall könnte die Zinssteigerung von 1% auf bis zu 3,9% (bei 10 Jahren Zinsbindung) im ersten Halbjahr 2022 gewesen sein¹⁴ und entsprechend reduzierte Bauaktivitäten.

Insgesamt zeigt sich, dass das gesamte Aufkommen an mineralischen Abfällen 2010 bis 2016 von knapp 4 Mio. Tonnen auf rund 4,4 Mio. Tonnen anstieg, in 2018 und 2020 auf etwa 4 Mio. Tonnen zurückging und aktuell unter 3 Mio. Tonnen abgesunken ist. Überwiegend ist der zeitliche Verlauf dabei durch die Fraktion Boden und Steine und im Weiteren die Bauschuttabfallmenge bestimmt. Die insgesamt entsorgte Abfallmenge (Verbleib) unterlag in der Zeitreihe anders als das Aufkommen bis 2020 leichten Auf- und Abschwankungen, auch in Abhängigkeit des Anteils an Lagerbeständen, ist aber in 2022 mit dem geringeren Aufkommen auch deutlicher abgesunken.

¹² Als RC-Beton zugelassene Gesteinskörnung, die in Anteilen auf gebrochenes Mauerwerk zurückgreift.

¹³ <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/kreislaufwirtschaft/projekte/rc-beton/> (14.02.2024)

¹⁴ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1347565/umfrage/entwicklung-der-bauzinsen-in-deutschland/> (14.02.2024)

Tabelle 2.1: Zeitreihe Aufkommen mineralische Abfallfraktionen

Mineralische Abfallfraktion	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Boden und Steine	1.937.773	2.120.176	2.265.656	1.790.209	2.066.423	1.222.827
Bauschutt (Gemische)	1.166.261	938.201	1.023.659	806.604	654.900	448.515
Beton	973.983	930.659	842.719	894.790	900.464	849.959
Gipsabfälle	28.973	36.061	34.767	31.692	26.547	31.018
Ziegel	(n.a.)	60.354 ¹	97.382	74.444	91.435	19.073
Fliesen, Ziegel und Keramik	(n.a.)	(n.a.)	(n.a.)	(n.a.)	235	121
Asphalt	162.571	190.080	155.367	203.141	339.695	316.543
Baggergut	10.889	9.107	13.844	3.132	22.201	7.537
Summe Bauschutt ²	2.140.244	1.929.214	1.963.760	1.775.839	1.647.034	1.317.668
Summe Aufkommen alle	4.280.450	4.284.639	4.433.394	3.804.012	4.101.899	2.895.593
Differenz In-/Output (Lager)	-24.943	209.545	119.168	-102.073	-44.746	280.854
Summe Verbleib alle	4.305.393	4.075.094	4.314.226	3.701.939	4.146.645	2.614.783

1) nur Brech- und Klassieranlagen

2) Summe Bauschutt (Gemische), Beton, Fliesen, Ziegel und Keramik

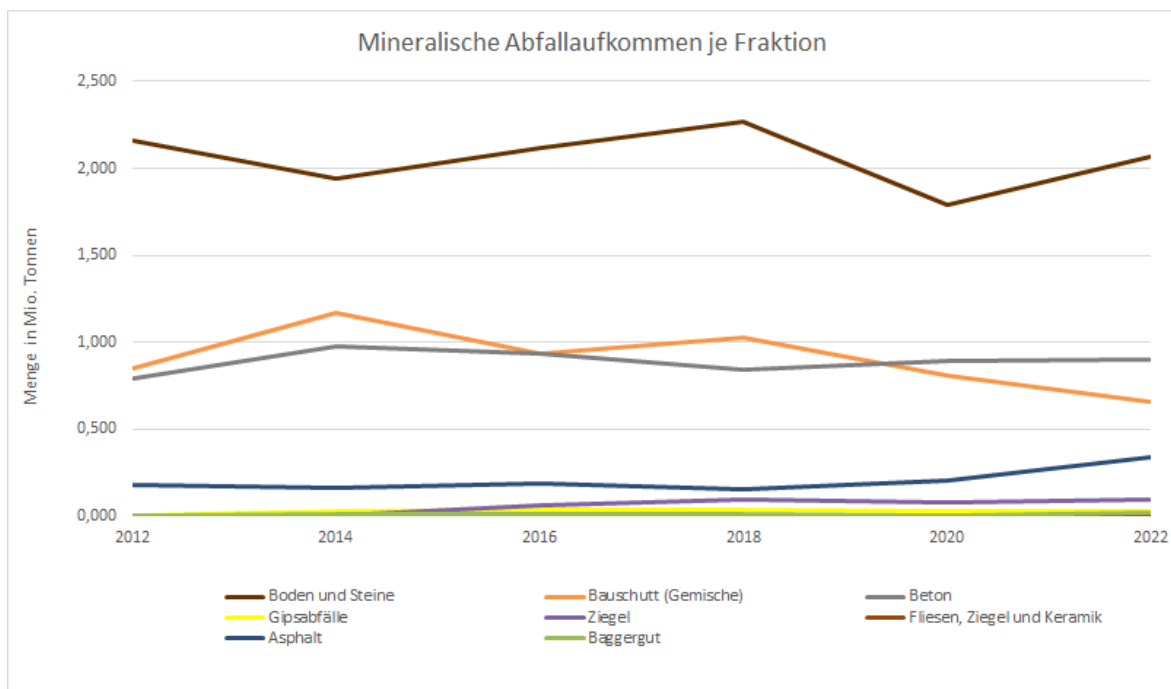


Abbildung 2.2: Mineralische Abfallaufkommen je Einzelfraktion

2.2.8 Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie (AVV 200301)

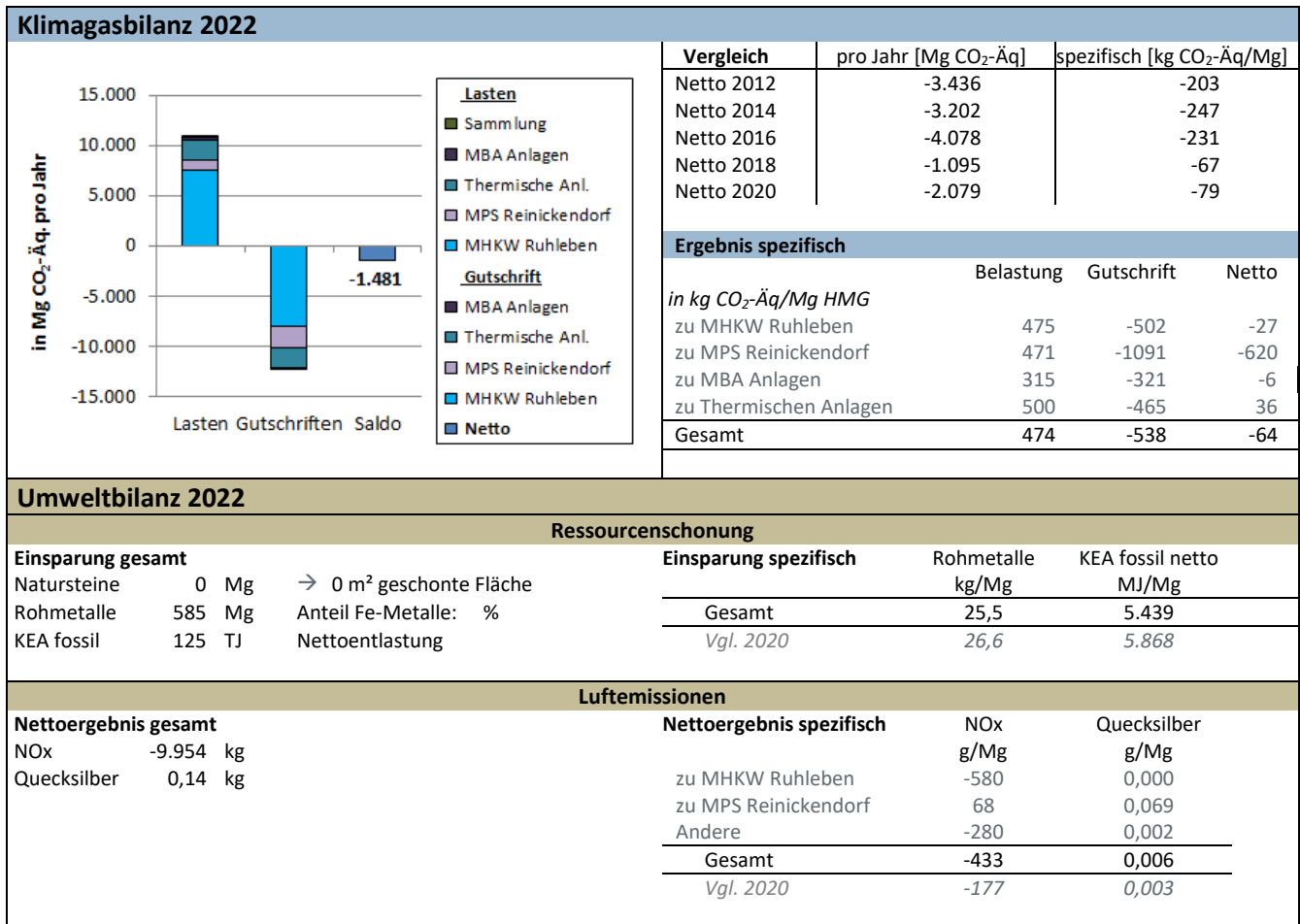
Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	28.163 Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 15.525 Mg
Behandlung	26.839 Mg	MHKW Ruhleben	Aufkommen 2014: 11.879 Mg
	62 Mg	MPS Reinickendorf	Aufkommen 2016: 14.236 Mg
	765 Mg	Thermische Anlagen (sonstige)	Aufkommen 2018: 15.406 Mg
	143 Mg	Rest MBA-Anlagen (0,5%)	Aufkommen 2020: 28.948 Mg
	354	Bunkerdiffenz	
Stofffluss		Kenndaten (Krankenhausabfälle)	
		Heizwert 14,9 MJ/kg FS Hg-Gehalt 0,3 mg/kg FS C fossil 19% FS	
		Bilanzierung	
		Verbrennung in Rostfeuerung, Dampfabgabe an Vattenfall	
		- Nutzungsgrade wie 2020 (s. Kap. 4.5): Strom 5,3%; Wärme 54,8%	
		- Metallausbeute Fe-Metalle 90%, NE-Metalle 87%	
		Recycling-/Verwertungsraten	
		Recyclingrate:	2%
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input	
		Energetische Verwertungsrate:	79%
		= Output zur energetischen Verwertung/Input	
		Sonstige Verwertungsrate:	19%
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate:	-
		= Output zur Beseitigung/Input	
		Rest Wasserverlust aus Behandlung in MPS	
		(Ermittlung/Bewertung der Raten wie HMG, Kap. 2.2.9)	
Klimagasbilanz 2022			
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq.]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq./Mg]
	Netto 2012 -720 Netto 2014 2.064 Netto 2016 -3.095 Netto 2018 -265 Netto 2020 18		
	Ergebnis spezifisch		
		Belastung	Gutschrift Netto
	in kg CO ₂ -Äq./Mg Abfall		
	nur MHKW	713	-724 -11
	Bilanzierung MPS wie für HMG (Kap. 2.2.9)		
	Ausweisung spezifischer Gesamtwert nicht sinnvoll, da verschiedene Abfallarten		
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	
Natursteine	0 Mg → 0 m ² geschonte Fläche	Rohmetalle	KEA fossil netto
Rohmetalle	537 Mg Anteil Fe-Metalle: %	kg/Mg	MJ/Mg
KEA fossil	217 TJ Nettoentlastung	nur MHKW	19 7.903
		Vgl. 2020 nur MHKW	23 8.375
Luftemissionen			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	
NOx	-27.510 kg	NOx	Quecksilber
Quecksilber	-0,04 kg	g/Mg	g/Mg
		nur MHKW	-1.014 -0,002
		Vgl. 2020 nur MHKW	-483 -0,008

Das Aufkommen 2022 liegt 3% niedriger als 2020. Die Abfälle wurden wie zuvor v. a. im MHKW Ruhleben behandelt. Mehrheitlich handelt es sich um Krankenhausabfälle, die ausschließlich thermisch behandelt werden können. Im spezifischen Ergebnis der Klimagasbilanz (nur MHKW) besteht eine Ergebnisumkehr durch die Aktualisierung der Emissionswerte für Brennstoffvorketten (s. Kap. 5.1). Dies ist auch Grund für die deutlich höhere spezifische Nettoentlastungen bei NOx-Emissionen. Das spezifische Ergebnis der Hg-Emissionen ist wenig verändert.

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.2.9 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG) (AVV 200301)

Stoffstrombilanz 2022				
Aufkommen	25.209 Mg		Vergleich:	Aufkommen 2012: 16.992 Mg
Behandlung	16.055 Mg	MHKW Ruhleben		Aufkommen 2014: 15.742 Mg
	1.924 Mg	MPS Reinickendorf		Aufkommen 2016: 20.400 Mg
	788 Mg	MBA Anlagen		Aufkommen 2018: 24.349 Mg
	4.199 Mg	Thermische Anlagen		Aufkommen 2020: 30.787 Mg
	2.243 Mg	Bunkerdifferenz		
Abfallzusammensetzung		Kenndaten (vgl. Kap. 5.3)		
Quelle ARGUS 2009, keine aktuellen Daten verfügbar				
24,1%	PPK	0,7%	Textilien	Heizwert MJ/kg FS
4,8%	Glas	9,6%	Verbunde	C fossil % FS
25,9%	Kunststoff	2,9%	Sonstige	Hg-Gehalt mg/kg FS
6,0%	Metalle	5,0%	Inertes	
19,0%	Organik	..2,0%	Holz	
Stofffluss				
<p>überlassungspflichtige hausmüllähnliche Gewerbeabfälle 25.209 Mg</p>		<p>Input 100% Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG)</p> <p>Output / Verbleib 70% MHKW Ruhleben 8% MPS Reinickendorf 3% MBA Anlagen 18% Thermische Anlagen</p> <p><i>Für den Einsatz im MHKW wurde abweichend zur Definition die energetische Verwertungsrate nicht zu 100% gesetzt, sondern die bekannten Mengen an Rostasche (20%) und rückgewonnenen Metallen (3%) abgezogen und getrennt bewertet</i></p>		
Bilanzierung		Recycling-/Verwertungsraten		
MHKW: Verbrennung in Rostfeuerung, Dampfabgabe an Vattenfall Nutzungsgrade wie 2020 (s. Kap. 4.5): Strom 5,3%; Wärme 54,8% Metallausbeute Fe-Metalle 90%, NE-Metalle 87% MPS EBS-Ausbeute 65%; davon 85% zur Mitverbrennung Metalloutput 4,1%, Ausbeute Fe-Metalle 78%, NE-Metalle 34%		<p>Recyclingrate: 3% = Output zur stofflichen Verwertung/Input</p> <p>Energetische Verwertungsrate: 75% = Output zur energetischen Verwertung/Input</p> <p>Sonstige Verwertungsrate: 19% = Output zur sonstigen Verwertung/Input</p> <p>Beseitigungsrate: 1% = Output zur Beseitigung/Input</p> <p>(Rest Wasserverluste aus Behandlung in MPS und MBA Anlagen)</p>		



Das Aufkommen 2022 liegt 18% niedriger als 2020. Abzüglich der Bunkerdifferenz gingen rund 70% der Abfälle zum MHKW Ruhleben (2020: 77%, 2018: 77%, 2016: 70%, 2014: 77%, 2012: 59%). Zur MPS Reinickendorf gingen 8% (2020: 13%, 2018: 17%, 2016: 25%, 2014: 23%, 2012: 28%), 3% zu verschiedenen MBA und 18% zu verschiedenen thermischen Anlagen.

Zusammenfassung

Die Klimagasbilanz zeigt 2022 gegenüber 2020 wieder eine etwas geringere spezifische Nettoentlastung. Grund ist der höhere Anteil zu sonstigen thermischen Anlagen für die eine spezifische Nettobelastung besteht. Nach Einzelergebnissen der Behandlungswege besteht durchweg eine Verbesserung gegenüber 2020 v. a. bedingt durch die Aktualisierung der Brennstoffvorketten und daraus resultierend höheren Emissionswerte (und hier Gutschriften) für Wärme (Kap. 5.1). Dies bedingt auch die höhere spezifische Nettoentlastung bei den NO_x-Emissionen. Die spezifische Nettobelastung der Quecksilberemissionen ist wenig betroffen und etwas höher. Die Schonung von Rohmetallen liegt etwa niedriger bedingt durch etwas geringere Metallanteile im Output der Behandlungsanlagen.

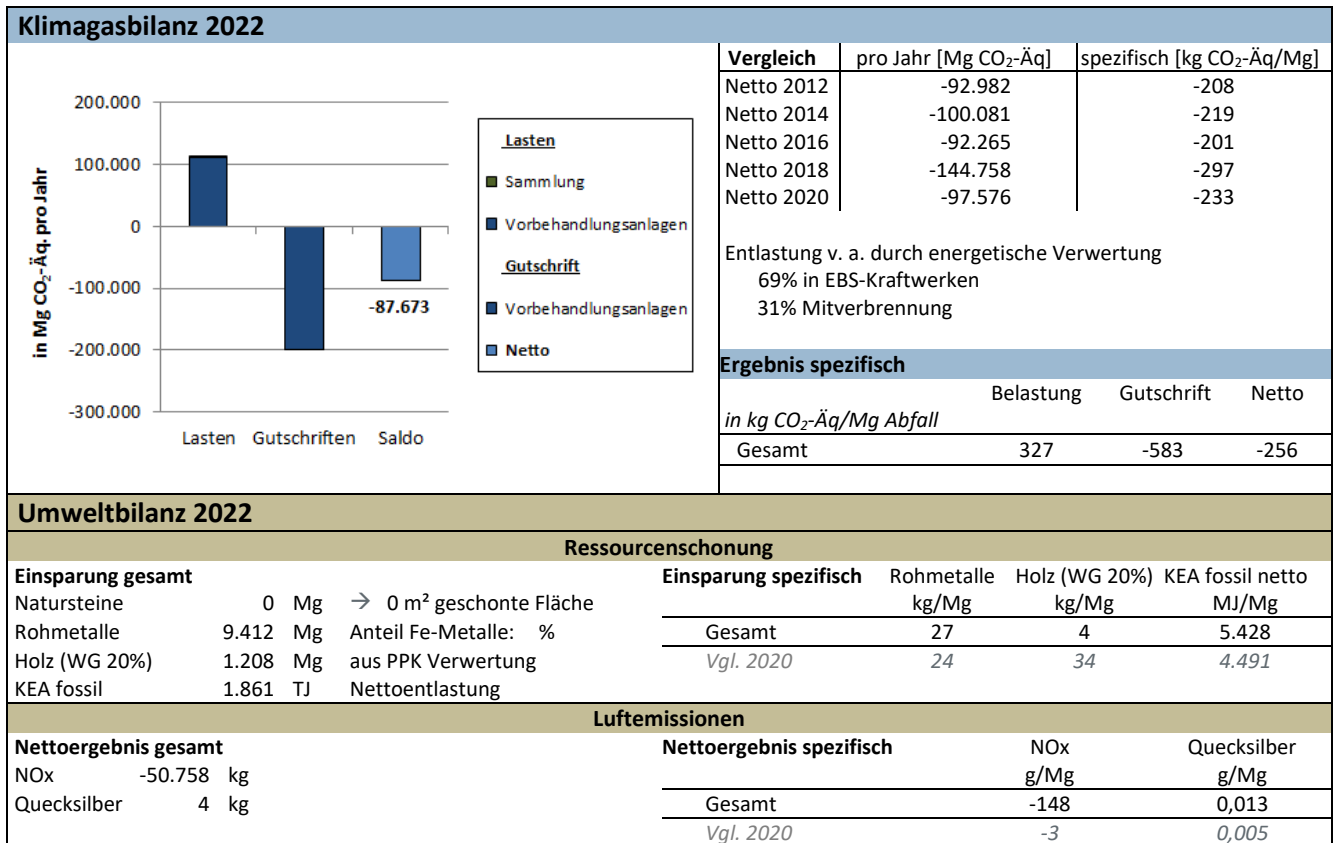
Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der weiteren Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung, insbesondere der Getrenntsammlungspflichten der Abfallerzeuger.

Optimierungsmaßnahmen



2.2.10 Nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle (AVV 200301) und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (AVV170904)

Stoffstrombilanz 2022				
Aufkommen	285.294	Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 447.515 Mg
davon:	120.898	Mg	gemischte Siedlungsabfälle	Aufkommen 2014: 447.549 Mg
	164.395	Mg	gemischte Bauabfälle	Aufkommen 2016: 410.202 Mg
Behandlung	342.761	Mg	Vorbehandlungsanlagen	Aufkommen 2018: 410.297 Mg
inkl. Differenz In-/Output	-57.467	Mg		Aufkommen 2020: 346.755 Mg
Abfallzusammensetzung		Kenndaten EBS (vgl. Kap. 5.3)		
Werte orientierend (ifeu/ICU 2012)				
gemischte Bauabfälle	75%	mineralische Stoffe	Heizwert MJ/kg FS	EBS 13 Holz 16
	11%	trockene Wertstoffe	C fossil % FS	15% 2,3%
	14%	Reststoffe (Holz, Kunststoffe, Teppiche ...)	Hg-Gehalt mg/kg FS	0,30 -
gemischte Siedlungsabfälle	50%	trockene Wertstoffe (inkl. Verbunde)		
	25%	Sonstige (Inert, Feinfraktion)		
	15%	Reststoffe (Holz, Textilien)		
	10%	Organik		
Stofffluss		Input		
		42% gemischte Siedlungsabfälle 58% gemischte Bauabfälle		
Differenz In-/Output -57.467 Mg Gemischte Siedlungs- und gemischte Bauabfälle 285.294 Mg Wasserverluste 12.280 Mg		* Holz inkl. 3.461 Mg über Holzkontore		
Weitere Wertstoffe PPK Metalle Kunststoffe EBS-Fraktion gemischte Siedlungsabfälle gemischte Bauabfälle Sortierreste Mineralien Rottefraktion EBS-Aufbereitung Sortierung MBA		Verbleib (nach Vorbehandlungsanlagen) 6,0% trockene Wertstoffe: stoffliche Verwertung in Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen 55,7% EBS und Holz: energetische Verwertung, v. a. in EBS- und Holz-HKW 21,3% Mineralik: sonstige Verwertung wie Deponierekultivierung 13,4% Mineralische Sortierreste und Rottefraktion: Beseitigung Deponien		
Stoffl. Verwertung (Metallhütten/ Sonstige Verwerter) 20.443 Mg Energ. Verwertung (Braunkohlekraftwerk /EBS-/Holz-HKWs /Zementwerke) 191.071 Mg Sonst. Verwertung (Deponien/Verfüllung) 73.140 Mg Beseitigung (MBA/Deponien) 45.828 Mg		Anteil Wertstoffe = 9,5% (trockene Wertstoffe + Holz)/Input Vergleich: 2010: 12,4%; 2012: 8,2%; 2014: 7,6% 2016: 9,1%; 2018: 9,7%; 2020: 13,9%		
Bilanzierung		Recycling-/Verwertungsraten		
Erhebung durch Sonderabfrage bei Vorbehandlungsanlagen Getrennte Bilanzierung der Behandlung über MPS Reinickendorf (spezifische Daten verfügbar) und sonstige Vorbehandlungsanlagen Für letztere Annahme: Sortierreste und gemischte Siedlungsabfälle zur Sortierung sowie 20% der EBS zur EBS-Aufbereitung; Ausbeute 90% Holz zur energetischen Verwertung in Holz-HKWs nach allgemeinem Verteilschlüssel energetische Holznutzung (2018 aktualisiert, ifeu 2019) Ausbeute stoffliche Verwertung Metalle 78% Keine weitere Berechnung Klimawirksamkeit AVV 191209 (vgl. ifeu 2015)		Recyclingrate: 6,0% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 55,7% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: 21,3% = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: 13,4% = Output zur Beseitigung/Input (Rest 3,6% Wasserverluste aus Behandlung in MPS)		



Das Aufkommen 2022 liegt 18% niedriger als im Jahr 2020. Von der behandelten Menge (inkl. In-/Outputdifferenz) wurden 6% stofflich verwertet, 55,7% energetisch und 21,3% wurden einer sonstigen Verwertung (Mineralik u. a. bei Deponiebaumaßnahmen) zugeführt. Ein Anteil von 13,4% (AVV 191209, 191212, und 170802) wurde auf Deponien beseitigt. Die Wertstoffausbeute (inkl. Holz) ist mit 9,5% wieder geringer (2020: 13,9%). Der Anteil von Holz liegt etwa bei 38%.

Zusammenfassung

Die spezifische Nettoentlastung bei der Klimagasbilanz liegt etwas höher als 2020. Nach Einzelergebnissen für die Behandlung über Vorbehandlungsanlagen und gesondert die MPS Renickendorf ist das spezifische Ergebnis für erstere leicht geringer und für letztere höher. Das etwas bessere Gesamtergebnis ergibt sich, da der Anteil über die MPS Renickendorf in 2022 etwas höher liegt als 2020 (14% statt 10%). Für die Behandlung über MPS überwiegen höhere Emissionsfaktoren für Wärme in den Gutschriften niedrigere Stromemissionsfaktoren (s. Kap. 5.1). Auch ist der Anteil von EBS zur Mitverbrennung dort etwas höher als 2020. Bei den Vorbehandlungsanlagen ist dies anders, so dass insgesamt der Anteil zur Mitverbrennung etwas niedriger liegt (31% statt 32% in 2020). Die spezifische Nettoentlastung für den KEA fossil folgt dem Ergebnis der Klimagasbilanz und ist ebenfalls etwas höher. Die höhere spezifische Nettoentlastung bei den NOx-Emissionen geht ebenfalls v. a. auf die Aktualisierung der Emissionswerte für Wärme zurück sowie auf geringere Anteile zur Mitverbrennung (keine Gutschrift, da unabhängig vom Brennstoff). Die Holzschonung ist geringer aufgrund deutlich geringerer PPK-Anteile im Wertstoffoutput (3% statt 25%). Weitere Änderungen sind eher gering.

Optimierungen bestehen in einer Steigerung der Wertstoffausbeute wie in (ifeu/ICU 2013) gezeigt wurde. Dies ist grundsätzlich mit der weiteren Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung zu erwarten (s. Knappe et al. 2023). Zudem können Förderprogramme z. B. zur Modernisierung der Sortiertechnik beitragen.

Optimierungsmaßnahmen

2.2.11 Ungefauter Klärschlamm (AVV 190805)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	43.758 Mg TS	(151.779 Mg FS)	Vergleich: Aufkommen 2012: 47.043 Mg TS (164.205 Mg FS) Aufkommen 2014: 45.986 Mg TS (161.072 Mg FS) Aufkommen 2016: 45.149 Mg TS (158.863 Mg FS) Aufkommen 2018: 49.657 Mg TS (179.656 Mg FS) Aufkommen 2020: 45.876 Mg TS (168.291 Mg FS)
Behandlung	43.758 Mg TS	KSVA Ruhleben	
Stofffluss		Kenndaten	
<p>Ungefauter Klärschlamm 43.758 Mg TS (151.779 Mg FS)</p> <p>Input 100% ungefauter Klärschlamm</p> <p>KSVA Ruhleben</p> <p>verbrannte Menge Schlacke</p> <p>Output Strom (Asche, RGR-Abfälle)</p> <p>Beseitigung (KSVA) 43.758 Mg TS</p>		Heizwert 3,2 MJ/kg FS TS-Gehalt 28,8% FS oTS-Gehalt 77,0% TS P-Gehalt 1,8% TS Hg-Gehalt 0,57 mg/kg TS	
		Bilanzierung	
		Verbrennung in Wirbelschichtfeuerung unter Stromerzeugung - Nettostromwirkungsgrad 18,1% - spez. Heizölbedarf KSVA 97 kWh/t Input, aus H _i -Verhältnis (Fremdschlamm : Rohschlamm) berechneter Anteil: 38 kWh/Mg Input ungefauter Klärschlamm - aus oTS-Verhältnis berechneter Anteil N ₂ O-Emissionen: 0,84 kg N ₂ O/Mg TS Input ungefauter Klärschlamm	
		Recycling-/Verwertungsraten	
		Recyclingrate: - = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: 100% = Output zur Beseitigung/Input	
Klimagasbilanz 2022			
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Lasten Gutschriften Saldo</p>	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg TS]
		Netto 2012 9.597 Netto 2014 8.872 Netto 2016 9.170 Netto 2018 9.363 Netto 2020 11.537	
Ergebnis spezifisch			
Belastung Gutschrift Netto			
<i>in kg CO₂-Äq/Mg TS Rohschlamm</i>			
Ungefauter Klärschlamm 276 -266 9			
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	
KEA fossil	88 TJ Nettoentlastung	KEA fossil netto MJ/Mg	
		Gesamt 2.005	
		Vgl. 2020 1.703	
Luftemissionen			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	
NOx	11.296 kg	NOx g/Mg TS	
Quecksilber	0,8 kg	Quecksilber g/Mg TS	
		Gesamt 258	
		Vgl. 2020 227	
		0,018	
		0,057	

Das Aufkommen 2022 in Höhe von 43.758 Mg Trockensubstanz (TS) liegt 5% niedriger als 2020. Bei den spezifischen Kenndaten liegen TS-Gehalt und damit der Heizwert bezogen auf die Frischsubstanz etwas höher als 2020, der oTS-Gehalt ist unverändert.

Zusammenfassung

Der Heizölbedarf der KSVa liegt mit 1.644 m³ wieder etwas niedriger (2020: 1.966 m³, 2018: 1.135 m³, 2016: 1.776 m³, 2014: 1.218 m³, 2012: 1.653 m³). Der aus dem Heizwertverhältnis zu dem ebenfalls mitverbrannten gefaulten Fremdschlamm berechnete Bedarfsanteil für den ungefaulten Klärschlamm liegt mit rd. 38 kWh/Mg etwas höher als 2020 (32 kWh/Mg). Dies ergibt sich, da der Heizwert des Fremdschlammes niedriger ist als 2020 und auch der Anteil des Fremdschlammes geringer ist (10% statt 19% u. a. bedingt durch Anpassung Mengenanteile aus Berlin, s. Kap. 2.2.12).

Der Nettostromwirkungsgrad der KSVa liegt 1,7-Prozentpunkte höher als 2020. Hierdurch werden allgemein höhere Gutschriften erzielt. Direkt sichtbar ist dies in der höheren spezifischen Nettoentlastung für den KEA fossil. Bei Quecksilberemissionen kommt hinzu, dass diese trotz eines etwas höheren Gehalts im Rohschlamm im gereinigten Abgas geringer ausfielen. Bei den NO_x-Emissionen überwiegen dagegen etwas höhere Emissionswerte in 2022, so dass die spezifische Nettobelastung etwas höher ausfällt. Für N₂O-Emissionen konnten für 2022 Messwerte aus kontinuierlichen Messungen angegeben werden, die seit 01.08.2022 an der KSVa erfolgen. Das Emissionsniveau liegt nur halb so hoch wie bisher über Literaturdaten angesetzt (vgl. z. B. ifeu/ARGUS 2021). Dies ist der Hauptgrund für die deutlich geringere spezifische Nettobelastung in der Klimagasbilanz. Der höhere Charakterisierungsfaktor für N₂O nach (IPCC 2021) (s. Kap. 5.4) spielt demgegenüber keine Rolle.

In den Vorläuferstudien (v.a. ifeu/ICU 2012) wurden folgende Maßnahmen untersucht:

Optimierungsmaßnahmen

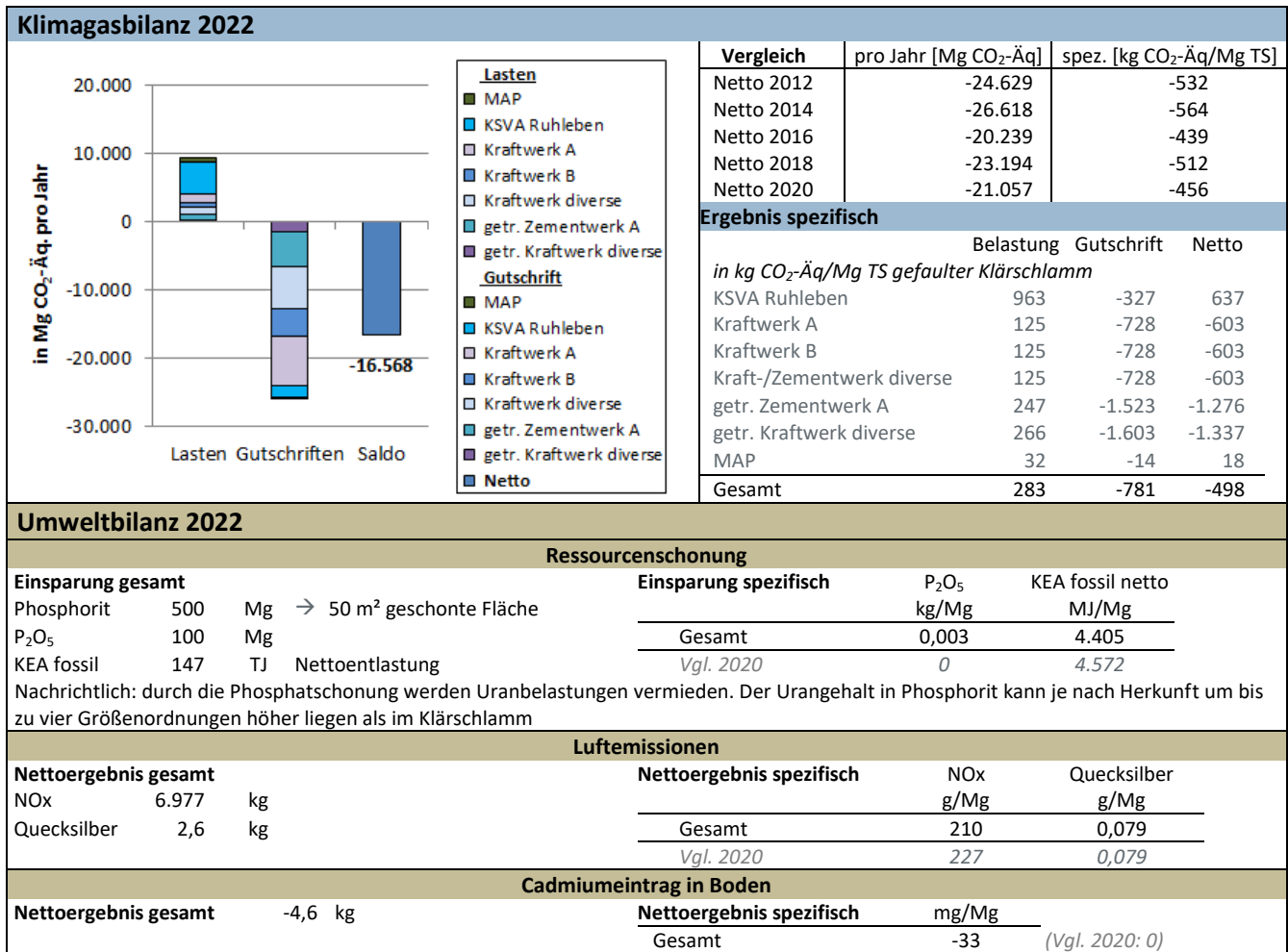
- Reduzierung der N₂O-Emissionen
- verbesserte Dampfnutzung

Die mittlerweile erfolgende kontinuierliche Messung von N₂O-Emissionen zeigt ein deutlich geringeres Emissionsniveau gegenüber früheren Annahmen nach Literaturangaben und Einzelmessungen. Inwiefern eine weitere Reduzierung möglich ist sollte auf Basis des jetzigen Kenntnisstands neu untersucht werden. Gegebenenfalls besteht ein weiterer Spielraum durch feuerungstechnische Möglichkeiten unter Erfassung und ggf. Einsatz geeigneter Minderungsmaßnahmen für NO_x-Emissionen. Die Nachrüstung einer Regenerativen Thermischen Oxidation (RTO) als Minderungsmaßnahme – deren Aufwand und mögliche Vor- und Nachteile – wurde Anfang 2022 in einer gesonderten Klimagasbilanz untersucht. Trotz Datenunsicherheiten z. B. in Bezug auf den Strombedarf konnte gezeigt werden, dass durch eine RTO eine deutliche THG-Minderung erzielt werden kann (nach Randbedingungen etwa zwischen 60%-80%). Allerdings bezog sich die Untersuchung auf das nach damaligem Kenntnisstand höhere Emissionsniveau von 150 mg N₂O/m³_N. Geringere Ausgangskonzentrationen bedingen geringere THG-Minderungsraten, so dass dieser Aspekt mit dem jetzigen Kenntnisstand neu geprüft werden müsste.

Eine verbesserte Dampfnutzung durch Wärmeauskopplung und externe Nutzung ist am Standort nicht möglich. Allerdings hat sich der Nettostromwirkungsgrad in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert.

2.2.12 Gefaulter Klärschlamm (AVV 190805)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	33.258 Mg TS (125.050 Mg FS)		Vergleich: Aufkommen 2012: 46.460 Mg TS (145.695 Mg FS)
davon:	17.548 Mg TS MAP-Verfahren		Aufkommen 2014: 47.199 Mg TS (164.878 Mg FS)
Behandlung	4.921 Mg TS KSVa Ruhleben		Aufkommen 2016: 46.129 Mg TS (165.127 Mg FS)
	24.045 Mg TS Mitverbrennung Kraftwerke		Aufkommen 2018: 45.309 Mg TS (158.733 Mg FS)
	4.292 Mg TS Trocknung und Mitverbrennung		Aufkommen 2020: 46.165 Mg TS (163.606 Mg FS)
Kenndaten gefaulter Klärschlamm		Kenndaten gefaulter und getrockneter Klärschlamm	
Heizwert	1,52 MJ/kg FS (1,43)	Heizwert	13,46 MJ/kg FS
TS-Gehalt	24,1 % TS (23,5%)	TS-Gehalt	96,7 % FS
oTS-Gehalt	65,0 % TS	oTS-Gehalt	65,0 % TS
P-Gehalt	3,5 % TS	P-Gehalt	3,5 % TS
Hg-Gehalt	0,5 mg/kg TS	Hg-Gehalt	0,5 mg/kg TS
Cd-Gehalt	0,7 mg/kg TS	Cd-Gehalt	0,7 mg/kg TS
<i>Abweichende Werte in Klammern für Fremdschlamm in KSVa</i>			
Stofffluss			
Input			
100% gefaulter Klärschlamm davon 53% über MAP-Verfahren behandelt und 13% getrocknet			
Output / Verbleib (Bezug TS)			
15% KSVa Ruhleben 30% Kraftwerk A 17% Kraftwerk B 25% verschiedene Kraftwerke 10% Zementwerk A (getrockneter Schlamm) 3% verschiedene Kraftwerke (getr. Schlamm) 1% MAP-Dünger			
Bilanzierung		Recycling-/Verwertungsraten	
P-Rückgewinnung im MAP-Verfahren (vgl. ifeu 2015)		Recyclingrate:	0,3%
KSVa anteiliger Heizölbedarf 521 kWh/Mg Input gefaulter Klärschlamm und anteilige N ₂ O-Emissionen 0,71 kg/Mg TS Input gefaulter Klärschlamm (weiteres siehe ungenutzter Klärschlamm)		= Output zur stofflichen Verwertung/Input	
Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken; Transportentfernungen gefaulter und gefault, getrockneter Klärschlamm zu Kraftwerken 200 km, gefault, getrockneter Klärschlamm zu Zementwerk rd. 50 km; Trocknung 100% Faulgas, 0% Erdgas; heizwertäquivalente Substitution Braunkohle		Energetische Verwertungsrate:	84,9%
		= Output zur energetischen Verwertung/Input	
		Sonstige Verwertungsrate:	-
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate:	14,8%
		= Output zur Beseitigung/Input	



Das Aufkommen 2022 in Höhe von 33.258 Mg Trockensubstanz (TS) liegt 18% niedriger als 2020. In früheren Bilanzen waren anteilig Abwasser- und damit Klärschlammengen aus Brandenburg enthalten, die in den 5 BWB-Klärwerken außerhalb Berlins mitbehandelt werden. Für 2022 wurde das angepasst, der Berliner Anteil beträgt 77% (ohne die Anpassung läge das Aufkommen 6% niedriger). Der Anteil gefault, getrockneter Klärschlamm liegt wie 2020 bei 13% (2018: 15%, 2016: 16%, 2014: 17%, 2012: 28%).

Zusammenfassung

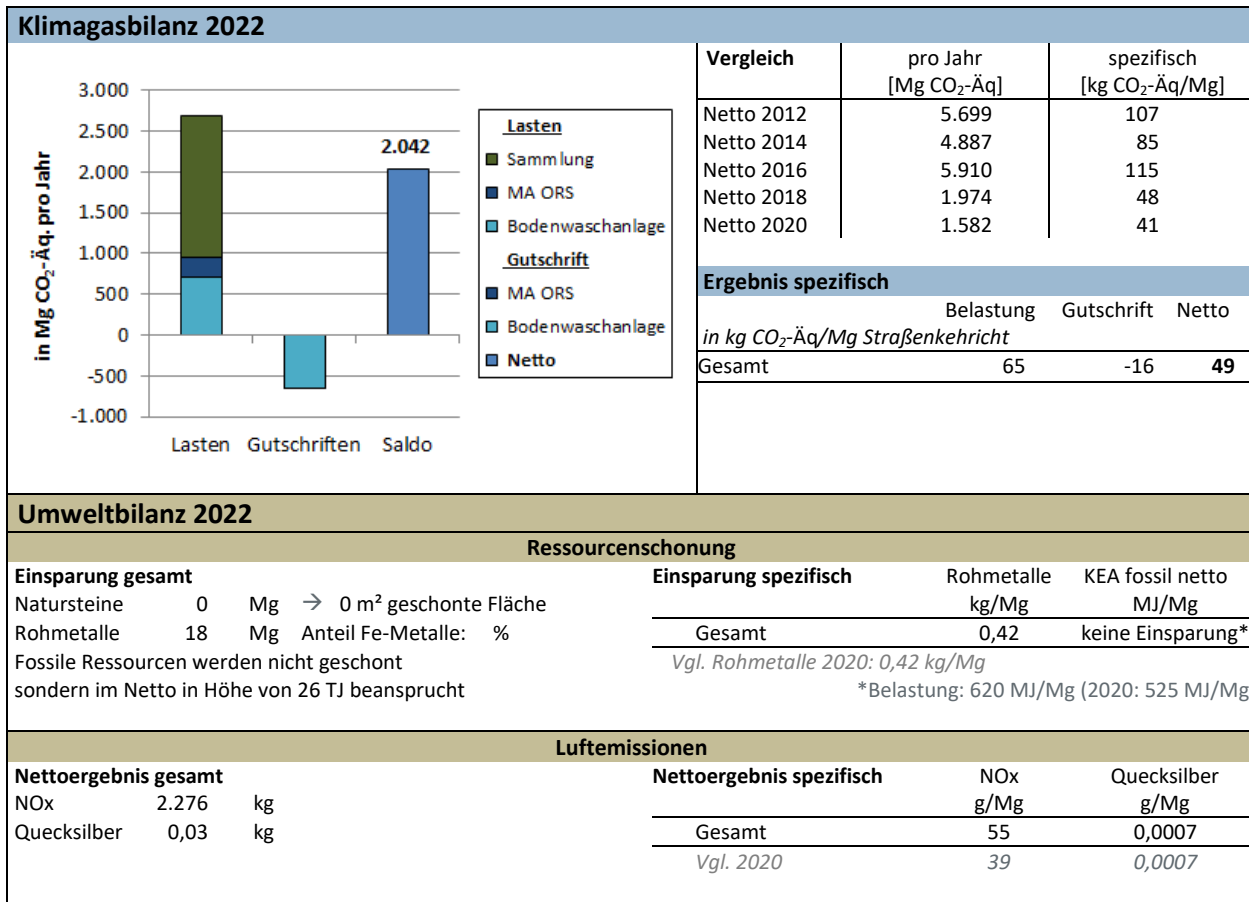
Die Klimagasbilanz zeigt 2022 gegenüber 2020 in Summe eine etwas höhere spezifische Nettoentlastung. Hier überwiegen höhere Heizwerte bei den gefault, getrockneten Klärschlämmen umgekehrt geringere bei den gefaulten sowie die höhere spezifische Nettobelastung bei der über die KSVA behandelten Menge¹⁵. Zudem bewirken aktualisierte Brennstoffvorketten (hier Braunkohle) eine leichte Verbesserung (s. Kap. 5.1). Transportentfernungen wurden vereinheitlicht, so dass die zuvor kleineren Unterschiede bei gefaultem Klärschlamm entfallen (Kraftwerk A, B, diverse). V. a. die aktualisierte Braunkohlevorkette bewirkt beim KEA fossil eine etwas geringere spezifische Einsparung und umgekehrt bei NOx eine etwas geringere spezifische Nettobelastung. Die Erzeugung von MAP-Dünger bewirkt die Einsparung an Phosphat und Cadmiumeintrag in Boden.

Mit der neuen KSVA Waßmannsdorf (vorr. 2025) ist eine weitergehende Phosphatrückgewinnung zu erwarten, dafür werden die Mengen zur Mitverbrennung entfallen.

¹⁵ Bei der über die KSVA behandelten Menge überwiegt der höhere Heizölbedarf die deutlich geringeren N₂O-Emissionen (s. Kap. 2.2.11) und die höhere Stromgutschrift (höherer Nettostromwirkungsgrad). Optimierungsmöglichkeiten s. ungefaulter Klärschlamm.

2.2.13 Straßenkehricht (AVV 200303)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	41.944 Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 55.748 Mg
Behandlung	32.480 Mg	Bodenwaschanlage	Aufkommen 2014: 57.840 Mg
	9.096 Mg	Handkehricht (MA)	Aufkommen 2016: 52.163 Mg
	368 Mg	verschiedene Anlagen	Aufkommen 2018: 41.557 Mg
			Aufkommen 2020: 39.637 Mg
Abfallzusammensetzung		Kenndaten EBS	
77,4% Maschinenkehricht (inkl. Altstreugut)		Heizwert	13,0 MJ/kg FS
21,7% Handkehricht		C fossil	15 % FS
0,9% nicht spezifiziert		Hg-Gehalt	0,3 mg/kg FS Annahme
Stofffluss			
		Input 100% Straßenkehricht	Verbleib 77,4% zu Bodenwaschanlagen 21,7% Handkehricht zu MA 0,9% verschiedene Anlage
Bilanzierung		Recycling-/Verwertungsraten	
Sammlung Maschinenkehricht und Altstreugut mit Kehrmachine (Annahme 20 l Diesel/Mg)		Recyclingrate:	0,06%
Strombedarf Annahme 5 kWh/Mg		= Output zur stofflichen Verwertung/Input	
<i>Bilanzierung Output analog den Vorjahren</i>		Energetische Verwertungsrate:	1,05%
Handkehricht zu MA ORS Berlin und Teschendorf		= Output zur energetischen Verwertung/Input	
Annahme Rottefraktion wie MA Grünauer Str., Rest Mineralik		Sonstige Verwertungsrate:	93,2%
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate:	3,7%
		= Output zur Beseitigung/Input (Rest Wasserverluste)	



Das Aufkommen in 2022 liegt um rd. 6% höher als 2020. Eine differenzierte Ausweisung der Anteile an Maschinenkehrriecht, Altstreugut und Handkehrriecht ist nicht mehr über die BSR-Entsorgungsbilanz verfügbar. Für das Jahr 2022 wurden hierfür Annahmen basierend auf den Vorjahren getroffen. Als Handkehrriecht ist die Menge angenommen, die wie 2020 über die ORS Berlin und Teschendorf behandelt wurde. Die Menge liegt knapp 1% höher als 2020. Maschinenkehrriecht/Altstreugut wurde 2022 wiederum in Bodenwaschanlagen behandelt, diesmal jedoch überwiegend außerhalb Berlins bei AVEBA Beeskow. Bei der gbav wurden etwa 8% behandelt. Hauptoutput aus der Behandlung des Straßenkehrriechts ist Mineralik (rd. 93%).

Die Klimagasbilanz zeigt eine etwas höhere spezifische Nettobelastung als in 2020, die sich durch den höheren Transportaufwand zur Behandlung des Maschinenkehrriechts nach Beeskow ergibt. Der größere Teil der Belastungen ist weiterhin durch die Kehrmaschine bestimmt. Entlastungseffekte sind für das überwiegend mineralische Material kaum gegeben. Bei der Umweltbilanz ergibt sich eine etwas höherer Bedarf an fossilen Ressourcen (KEA fossil) und etwas höhere NOx-Belastungen, beides ebenfalls bedingt durch die etwas höheren Transportaufwendungen.

Mit dem durch die Behandlung erreichten hohen Anteil an aufbereiteter Mineralik bestehen weitere Optimierungsmöglichkeiten im Wesentlichen durch eine Optimierung der Sammlung von Maschinenkehrriecht. Denkbar ist eine Umstellung der Kehrmaschine auf Gas- oder Elektroantrieb. Ein Gasbetrieb könnte ähnlich wie bei den BSR Müllfahrzeugen bilanziell für Erdgas durch die Steigerung der Biomethanherzeugung und Einspeisung ins Gasnetz ausgeglichen werden (Bau einer zweiten Biogasanlage).

Zusammenfassung

Optierungsmaßnahmen



2.2.14 Getrennt gesammeltes Altholz (AVV 200138 und AVV 170201)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	111.701 Mg																				
Behandlung	94.664 Mg	aus Berliner Holzkontoren																			
	31.039 Mg	Direktverwertung (BSR-Mengen)																			
		Vergleich:	Aufkommen 2012: 139.156 Mg Aufkommen 2014: 127.462 Mg Aufkommen 2016: 107.946 Mg Aufkommen 2018: 107.228 Mg Aufkommen 2020: 135.977 Mg																		
Stofffluss		Kenndaten																			
<p>Input 100% Altholz, gesammelt</p> <p>Output 100% Altholz davon: 81% energ. Verwertung 14% stoffl. Verw. (Spanplatten) 4% Kompostierung</p> <p>Altholz 111.701 Mg</p> <p>Aufbereitung außerh. Berlin</p> <p>Holzkontore</p> <p>energ. Verwertung (Holz-HKWs) 90.597 Mg</p> <p>stoffl. Verwertung (Spanplatten/ Kompostierung) 21.103 Mg</p>		Heizwert 16 MJ/kg FS C fossil 2,3% FS (Verunreinigungen)																			
		Bilanzierung																			
		Aufkommen aus Abfallberichten der beiden Holzkontore in Berlin abzgl. Holz mit gefährlichen Stoffen und nur Anteil aus Berlin (abzgl. Mengen aus anderen Abfallarten, dort bilanziert) Verteilschlüssel Holz-HKWs 2018 neu erhoben (ifeu 2019) Transport zu den Holz-HKWs 40 bis 95 km Energetische Nutzung Wirkungsgrade der Holz-HKWs: gewichtetes Mittel Nettostrom 19,2%; Wärmenutzung 43,9%																			
		Recycling-/Verwertungsraten																			
		Recyclingrate: 19% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 81% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Lasten Gutschriften Saldo</p> <p>Legend: Lasten ■ Sammlung ■ Verwertung Gutschriften ■ Verwertung ■ Netto</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2012</td> <td>-102.939</td> <td>-740</td> </tr> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>-104.685</td> <td>-821</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>-80.188</td> <td>-743</td> </tr> <tr> <td>Netto 2018</td> <td>-87.276</td> <td>-814</td> </tr> <tr> <td>Netto 2020</td> <td>-105.623</td> <td>-777</td> </tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-102.939	-740	Netto 2014	-104.685	-821	Netto 2016	-80.188	-743	Netto 2018	-87.276	-814	Netto 2020	-105.623	-777
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	-102.939	-740																			
Netto 2014	-104.685	-821																			
Netto 2016	-80.188	-743																			
Netto 2018	-87.276	-814																			
Netto 2020	-105.623	-777																			
		Ergebnis spezifisch																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>in kg CO₂-Äq/Mg Altholz</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>143</td> <td>-791</td> <td>-648</td> </tr> </tbody> </table>			Belastung	Gutschrift	Netto	in kg CO ₂ -Äq/Mg Altholz				Gesamt	143	-791	-648						
	Belastung	Gutschrift	Netto																		
in kg CO ₂ -Äq/Mg Altholz																					
Gesamt	143	-791	-648																		
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch																			
Phosphorit	17 Mg → 1,7 m ² geschonte Fläche	Holz (WG 20%)	Phosphat																		
P ₂ O ₅	3,4 Mg wegen Kompostierung	kg/Mg	kg/Mg																		
Holz (WG 20%)	16.132 Mg wegen werkstoffl. Verw.	Gesamt																			
		Vgl. 2020																			
		0	0																		
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
NO _x	-50.317 kg	NO _x [g/Mg]																			
		Gesamt	-450 (vgl. 2020: -83 kg/Mg)																		
Cadmiumeintrag in Boden																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
	0,02 kg (wegen Kompostierung)	0,14 mg/Mg	(2020: 0 mg/m ³)																		

Das Aufkommen 2022 liegt 18% niedriger als 2020 v. a. wegen geringerer Mengen aus den Holzkontoren. Die spezifische Nettoentlastung der Klimagasbilanz ist niedriger wegen der neu anteiligen nicht-energetischen Verwertung. Das bessere spezifische Nettoergebnis bei NO_x geht v. a. auf höhere Emissionsfaktoren für Wärme zurück (Kap. 5.1). Phosphatschonung und Cd-Eintrag in Boden bestehen neu durch die Kompostierung. (weiteres siehe „Gesamt-Stoffstrombilanz holzige Abfälle“).

Zusammenfassung und Optimierungmaßnahmen

2.2.15 Baum- und Strauchschnitt (AVV 200138)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	34.458 Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 46.017 Mg (44.656 + 1.361) Aufkommen 2014: 44.749 Mg (44.656 + 93) Aufkommen 2016: 44.749 Mg (44.656 + 3.649) Aufkommen 2018: 50.182 Mg (44.656 + 5.526) Aufkommen 2020: 49.812 Mg (44.656 + 5.156)																		
davon	29.193 Mg	(aus Erhebung 2023, s. Kap. 3.1)																			
Behandlung	3.188 Mg	Mulchung vor Ort																			
	22.016 Mg	(Aufbereitung zur) energ. Verwertung																			
	9.254 Mg	(Umschlag zur) Kompostierung																			
Stofffluss		Kenndaten																			
		Heizwert 9 MJ/kg FS keine C _{fossil} Verunreinigung Bilanzierung Verteilschlüssel Holz-HKWs 2018 neu erhoben (ifeu 2019) Mulchung Dieselaufwand; Transport zu Holz-HKWs 40-95 km; Holzaufbereitung Strombedarf Annahme 20 kWh/Mg Energetische Nutzung mit Wirkungsgraden der Holz HKWs gewichtetes Mittel: Nettostrom 18,4%, Wärmenutzung 47,5%																			
		Recycling-/Verwertungsraten																			
		Recyclingrate: 36% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 64% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Netto 2012</td><td>-23.382</td><td>-508</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-22.690</td><td>-508</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-22.267</td><td>-461</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-19.526</td><td>-389</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-17.023</td><td>-342</td></tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-23.382	-508	Netto 2014	-22.690	-508	Netto 2016	-22.267	-461	Netto 2018	-19.526	-389	Netto 2020	-17.023	-342
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	-23.382	-508																			
Netto 2014	-22.690	-508																			
Netto 2016	-22.267	-461																			
Netto 2018	-19.526	-389																			
Netto 2020	-17.023	-342																			
		Ergebnis spezifisch																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>55</td> <td>-368</td> <td>-313</td> </tr> </tbody> </table>			Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i>				Gesamt	55	-368	-313						
	Belastung	Gutschrift	Netto																		
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i>																					
Gesamt	55	-368	-313																		
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch																			
Phosphorit	32 Mg → 3,2 m ² geschonte Fläche	Holz (WG 20%)	Phosphat																		
P ₂ O ₅	6,4 Mg wegen Kompostierung	kg/Mg	kg/Mg																		
Holz (WG 20%)	0 Mg	Gesamt	0																		
		Vgl. 2020	(unverändert) 0,07																		
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
NO _x	986 kg	NO _x [g/Mg]																			
		Gesamt	29 (Vgl. 2020: 230 g/Mg)																		
Cadmiumeintrag in Boden																					
Nettoergebnis gesamt	0,03 kg (wegen Kompostierung)	Nettoergebnis spezifisch	0,87 mg/Mg (Vgl. 2020: 0,34 mg/m ³)																		

Das Aufkommen 2022 liegt 31% niedriger als 2020. Grund ist die Neuerhebung der Menge aus Bezirken und Garten- und Landschaftsbaubetrieben (s. Kap. 3.1). Die geringere spezifische Nettoentlastung der Klimagasbilanz geht v. a. auf den mit der Neuerhebung gegebenen höheren Anteil Kompostierung zurück. Dies gilt auch für die etwas höheren spezifischen Phosphateinsparungen und den Cadmiumeintrag in Boden. Die geringere spezifische NO_x-Nettobelastung ergibt sich v. a. durch die höheren Emissionsfaktoren für Wärme (Kap. 5.1). Relevante Optimierungen gegenüber der energetischen Verwertung sind weiter nicht erkennbar.

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

Gesamt-Stoffstrombilanz Holzabfälle aus Berlin (v.a. Kap. 2.2.14 und 2.2.15)

Holzige Abfälle werden in Berlin sowohl sortenrein erfasst als auch in Abfallgemischen aus denen sie aussortiert werden. Zu letzteren zählen **Stoffströme**

- Sperrmüll (Sperrmüllsortieranlage AAS) und
- gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bauabfälle (Vorbehandlungsanlagen).

Sortenrein erfasste holzige Abfälle aus Berlin sind

- Weihnachtsbäume,
- Baum- und Strauchschnitt,
- Altholz (BSR-Sammlung und aus Holzkontoren).

Die in den Berliner Holzkontoren (Preußen und ALBA) sortierten Holzabfälle stammen sowohl aus Berlin als auch aus Brandenburg. Neben Altholz werden dort anteilig auch Weihnachtsbäume, Holz aus Sperrmüll, aus Vorbehandlungsanlagen sowie Baum- und Strauchschnitt angedient und sortiert. Diese Mengen werden in der Klimagas- und Umweltbilanz soweit möglich unter den Abfallarten bilanziert als die bzw. mit denen sie erfasst wurden. Abbildung 2.3 zeigt die Holzströme für das Jahr 2022.

Die Altholzmenge aus Berlin aus den Berliner Holzkontoren wird über die Jahresberichte der Anlagen ermittelt. Vom gesamten Output der Anlagen wird zunächst der Anteil an Abfall mit gefährlichen Stoffen abgezogen, da diese von der SKU-Bilanz ausgenommen sind. Rechnerisch ermittelt ist dieser Anteil über die Mengen „Holz mit gefährlichen Stoffen“, die die Holzkontore im Input berichten. Für 2022 beträgt dieser Anteil 25% der Summe Holzabfälle im Output. Des Weiteren wird der aus Berlin stammende Anteil abgeschätzt (nach Auskunft der Holzkontore 80% der bei ALBA und 60% der im Holzkontor Preußen behandelten Menge). Schließlich wird die Menge aus anderen Abfallarten abgezogen (-5.971 Mg), um eine Doppelbilanzierung zu vermeiden. Abschließend wird die über die BSR gesammelte Menge Altholz, die nicht über die Holzkontore behandelt wurde, zuaddiert. In 2022 lag dieser Anteil bei 31.039 Mg (2020: 51.635 Mg, 2018: 17.560 Mg, 2016: 27.138 Mg). Die Summe aus dem beschriebenen Vorgehen ergibt die Menge an in Berlin getrennt gesammeltem Altholz (Steckbrief Kap. 2.2.14). Die gesamte Summe an Holz und Altholz aus Berlin im Jahr 2022 beläuft sich auf 162.739 Mg.

Holz und Altholz aus Berlin werden anteilig auch stofflich verwertet. Dies betraf bisher Weihnachtsbäume für die eine Spanplattenverwertung angenommen war und v. a. Anteile an Baum- und Strauchschnitt, die vor Ort gemulcht oder erfasst und kompostiert werden. Für Altholz aus den Holzkontoren sind in den Jahresberichten keine Mengenangaben für die stoffliche Verwertung ausgewiesen und war bisher vereinfacht von einer vollständigen energetischen Verwertung ausgegangen worden. Für 2022 ist für diesen Output neu ein Anteil stoffliche Spanplattenverwertung nach (Flamme et al. 2020) angenommen. Für die Altholzaufbereitung besteht danach für das Bezugsjahr 2016 ein Anteil stoffliche Verwertung von 23%. Für die SKU-Bilanz für 2022 wurde daraus gerundet ein Anteil stoffliche Spanplattenverwertung für den Output aus der Altholzaufbereitung (Holzkontore) von 20% angenommen. Bezogen auf die gesamte Holz- und Altholzmenge ergibt sich dadurch für 2022 ein Anteil stoffliche Verwertung von 21% (2020: 7%, 2018: 8%, 2016: 7%). Etwa hälftig ist dieser Anteil durch die Spanplattenverwertung bestimmt, zur anderen Hälfte durch die Kompostierung von Altholz (Output Holzkontore und BSR-Sammlung) sowie die Kompostierung und Mulchung von Baum- und Strauchschnitt (Mengen nach neuer Erhebung, s. Kap. 3.1).

Stoffliche Verwertung und Kompostierung

Die Bewertung für die Spanplattenverwertung erfolgt anhand Emissionsfaktoren nach (Prognos/ifeu/INFA 2008). Für die Klimagasbilanz liegen Aufwand und Gutschrift nah beieinander aufgrund der herkömmlichen Herstellung von Spanplatten aus Nebenprodukten (Sägerestmehl). Entsprechend ergeben sich für die stoffliche Verwertung geringere spezifische Nettoentlastungspotenziale als bei der energetischen Verwertung (zum gegenwärtigen Stand der Defossilisierung des Energiesystems). Die Bilanzierung der Kompostierung erfolgt mit Durchschnittswerten für eine einfache offene Kompostierung. Die erzeugbare Kompostmenge ist wegen der holzigen Anteile mit 50% angesetzt (geringerer Abbaugrad als bei krautigen Abfällen). Im spezifischen Nettoergebnis der Klimagasbilanz liegt die Kompostierung auch bei einer leichten Nettobelastung.

Der Verbleib für die energetische Verwertung von Holz und Altholz basiert auf der Erhebung für 2018 (ifeu 2019). Eine Neuerhebung ist für 2024 vorgesehen. Für Weihnachtsbäume, Baum- und Strauchschnitt sowie die aus Behandlungsanlagen aussortierten Holzmengen ist der „allgemeine Verteilschlüssel“ konstant. Grundsätzlich gilt dies auch für den Verteilschlüssel für in Berlin getrennt gesammeltes Altholz. Eine Ausnahme bilden die über die BSR erfassten Mengen für die der konkrete Verbleib jeweils in der BSR-Entsorgungsbilanz ausgewiesen ist (BSR 2023). In 2022 waren dies 13.307 Mg, die zum MVV HKW Königs-Wusterhausen und zum Sonae Arauco BHW Beeskow gingen (s. Abbildung 2.3). Diese Mengen sind im Verteilschlüssel für Altholz berücksichtigt. Tabelle 2.2 zeigt den allgemeinen Verteilschlüssel (konstant) und den für Altholz für das Jahr 2022 ermittelten (hier inkl. der BSR-Mengen, Änderungen gegenüber 2020 gering).

Energetische Verwertung

Tabelle 2.2: Verteilschlüssel für die energetische Verwertung von Holzabfällen

Allgemeiner Verteilschlüssel energetische Holznutzung	
Innogy SE, Holz-HKW Berlin-Neukölln	48,5%
Sonae Arauco Beeskow GmbH, BHW Beeskow	23,6%
MVV Umwelt Asset GmbH, HKW Königs Wusterhausen	10,7%
Pfleiderer Baruth GmbH, HKW Baruth	6,1%
1Heiz Energie GmbH, HKW Eberswalde	5,0%
ORS GmbH & Co. KG, BMKW Rietz-Neuendorf (Ortsteil Wilmersdorf)	4,3%
Durchschnittliches Biomasse-HKW	1,8%
Verteilschlüssel Altholz (mit BSR-Mengen)	
Innogy SE, Holz-HKW Berlin-Neukölln	44,4%
Sonae Arauco Beeskow GmbH, BHW Beeskow	22,1%
MVV Umwelt Asset GmbH, HKW Königs Wusterhausen	17,8%
Pfleiderer Baruth GmbH, HKW Baruth	5,5%
1Heiz Energie GmbH, HKW Eberswalde	4,6%
ORS GmbH & Co. KG, BMKW Rietz-Neuendorf (Ortsteil Wilmersdorf)	3,9%
Durchschnittliches Biomasse-HKW	1,7%

Über die Verteilschlüssel und die Wirkungsgrade der HKWs ergeben sich für das Jahr 2022 folgende Nutzungsgrade:

- Allgemeiner Verteilschlüssel: 18,4% elektrisch und 47,5% thermisch
- Für Altholz (inkl. BSR-Mengen): 19,2% elektrisch und 43,9% thermisch

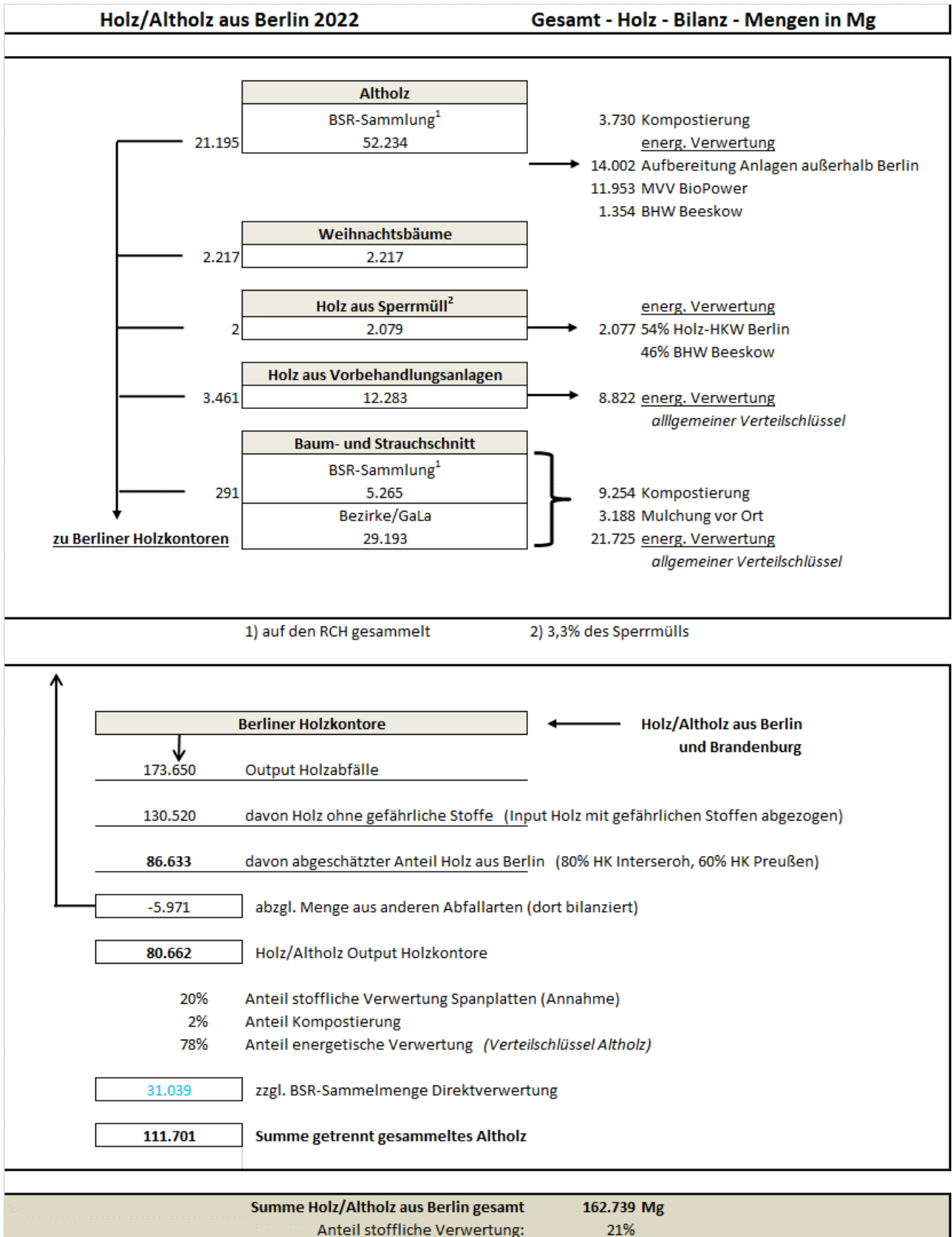


Abbildung 2.3: Gesamt-Holz-Bilanz für holzige Abfälle aus Berlin im Jahr 2022

2.2.16 Laub / Straßenlaub (AVV 200201)

Stoffstrombilanz 2022					
Aufkommen	42.798 Mg		Vergleich: Aufkommen 2012: 70.018 Mg (24.142 + 45.876)		
davon	7.098 Mg	(aus Erhebung 2023, s. Kap. 3.1)	Aufkommen 2014: 71.615 Mg (24.142 + 47.473)		
Behandlung	40.642 Mg	offene Kompostierung	Aufkommen 2016: 62.141 Mg (24.142 + 37.999)		
	1.610Mg	Mulchung vor Ort	Aufkommen 2018: 58.928 Mg (24.142 + 34.786)		
	546Mg	energ. Verwertung	Aufkommen 2020: 57.162 Mg (24.142 + 33.020)		
Stofffluss		Kenndaten Kompost			
		Analysewerte Laubkompost Hennickendorfer beibehalten P ₂ O ₅ -Gehalt 0,25% TS Cd-Gehalt 0,4 mg/kg TS Heizwert 3,8 MJ/kg keine Cfossil Verunreinigung			
		Bilanzierung			
		Menge Bezirke, GaLaBau 7.098 Mg aus Erhebung 2023; neu anteilig Mulchung vor Ort und energ. Verwertung BMKW Offene Kompostierung; keine Störstoffe Emissionsfaktoren Cuhls et al. (2015) (vgl. ifeu 2015) Erzeugte Kompostmenge 382 kg/Mg Input, 55% TS			
		Recycling-/Verwertungsraten			
		Recyclingrate: 99% = Output zur stofflichen Verwertung/Input			
		Energetische Verwertungsrate: 1% = Output zur energetischen Verwertung/Input			
		Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input			
		Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input			
Klimagasbilanz 2022					
		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	
		Netto 2012	-935	-13	
		Netto 2014	2.821	39	
		Netto 2016	3.225	52	
		Netto 2018	3.057	52	
		Netto 2020	2.949	52	
		Ergebnis spezifisch			
			Belastung	Gutschrift	Netto
		<i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i>			
		Gesamt	153	-108	45
Umweltbilanz 2022					
Ressourcenschonung					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch			
Phosphorit	107 Mg → 10,6 m ² geschonte Fläche		P ₂ O ₅ kg/Mg		
P ₂ O ₅	21 Mg	Gesamt	0,50 (2020: 0,53 kg/Mg)		
Luftemissionen					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch			
NH ₃	1.791 kg		NH ₃ [g/Mg]		
		Gesamt	42 (2020: 44 g/Mg)		
Cadmiumeintrag in Boden					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch			
	0,10 kg		2,4 mg/Mg (2020: 2,5 mg/Mg)		

Das Aufkommen 2022 liegt 25% niedriger als 2020. Grund ist v. a. die Neuerhebung der Menge aus Bezirken und GaLa-Baubetrieben (s. Kap. 3.1). Die geringere spezifische Netobelastung der Klimagasbilanz geht v. a. auf den mit der Neuerhebung verminderten Anteil Kompostierung zurück. Dies reduziert auch die spezifische Phosphateinsparung, Ammoniakemissionen und den Cadmiumeintrag in Boden. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in einer energetischen Nutzung der Laubabfälle oder in der Umlenkung zu emissionsarmen biologischen Behandlungsverfahren. Gegebenenfalls ist dieser Stoffstrom auch für eine Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle geeignet (Kap. 3.1).

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.2.17 Straßenbegleitgrün (AVV 200201)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	4.225 Mg	Vergleich:	Aufkommen 2012: 5.398 Mg																		
Behandlung	4.225 Mg offene Kompostierung		Aufkommen 2014: 5.870 Mg																		
			Aufkommen 2016: 8.176 Mg																		
			Aufkommen 2018: 7.792 Mg																		
			Aufkommen 2020: 3.675 Mg																		
Stofffluss		Kenndaten Kompost																			
<p>Input 100% Straßenbegleitgrün</p> <p>Output Kompost (18,4% d. Input)</p> <p>stoffl. Verwertung (Kompostierungsanlagen) 4.225 Mg</p>		<i>wie bei Mähgut gewertet</i> P ₂ O ₅ -Gehalt 0,43% TS Cd-Gehalt 0,27 mg/kg TS																			
		Bilanzierung																			
		Offene Kompostierung; keine Störstoffe Emissionsfaktoren Cuhls et al. (2015) (vgl. ifeu 2015) Erzeugte Kompostmenge 184 kg/Mg Input, 55% TS																			
		Recycling-/Verwertungsraten																			
		Recyclingrate: 100% = Output zur stofflichen Verwertung/Input																			
		Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input																			
		Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input																			
		Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
<p>in Mg CO₂-Äq pro Jahr</p> <p>Saldo: 469</p> <p>Legende: Lasten ■ Sammlung ■ Kompostierung Gutschrift ■ Kompostierung ■ Netto </p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2012</td> <td>240</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>521</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>823</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Netto 2018</td> <td>784</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Netto 2020</td> <td>415</td> <td>113</td> </tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	240	44	Netto 2014	521	89	Netto 2016	823	101	Netto 2018	784	101	Netto 2020	415	113
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	240	44																			
Netto 2014	521	89																			
Netto 2016	823	101																			
Netto 2018	784	101																			
Netto 2020	415	113																			
		Ergebnis spezifisch																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>165</td> <td>-54</td> <td>111</td> </tr> </tbody> </table>			Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i>				Gesamt	165	-54	111						
	Belastung	Gutschrift	Netto																		
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Abfall</i>																					
Gesamt	165	-54	111																		
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch P ₂ O ₅ [kg/Mg]																			
Phosphorit	9 Mg → 0,9 m ² geschonte Fläche	Gesamt	0,44 (unverändert)																		
P ₂ O ₅	1,8 Mg																				
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch NH ₃ [g/Mg]																			
NH ₃	462 kg	Gesamt	109 (unverändert)																		
Cadmiumeintrag in Boden																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch -12 [mg/Mg] (unverändert)																			
	-0,05 kg																				

Das Aufkommen 2022 liegt 15% höher als 2020. Die spezifische Nettobelastung der Klimagasbilanz ist leicht geringer aufgrund der etwas geringeren Charakterisierungsfaktoren für Methan nach (IPCC 2021) (Kap. 5.4). Die spezifischen Ergebnisse der Umweltbilanz sind gegenüber 2020 unverändert. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Umlenkung dieses Stoffstroms zu emissionsarmen biologischen Behandlungsanlagen. Gegebenenfalls ist dieser Stoffstrom auch für eine Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle geeignet (Kap. 3.1).

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.2.18 Mähgut (AVV 200201)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	45.809 Mg	(nach Erhebung 2023, Kap. 3.1)	Vergleich: Aufkommen 2010-2020: 43.600 Mg																		
Behandlung	26.137 Mg	offene Kompostierung	(nach Erhebung 2009)																		
	18.035Mg	Mulchung vor Ort																			
	1.638Mg	energ. Verwertung																			
Stofffluss		Kenndaten Kompost																			
<p>Mähgut 45.809 Mg</p> <p>Input: 100% Mähgut</p> <p>Output: 57% Kompostierung, 39% Mulchung vor Ort, 4% energ. Verwertung</p> <p>stoffl. Verwertung (Mulchung/ Kompostierung) 44.171 Mg</p> <p>energ. Verwertung (Biomasse-HKW) 1.638 Mg</p>		Werte wie Biogut/Eigenkompostierung P ₂ O ₅ -Gehalt 0,43% TS Cd-Gehalt 0,27 mg/kg TS Heizwert 2,2 MJ/kg keine CfossilVerunreinigung																			
		Bilanzierung																			
		Erhebung 2023 anteilig auch Mulchung vor Ort und energ. Verw. BMKW																			
		Offene Kompostierung; keine Störstoffe																			
		Emissionsfaktoren Cuhls et al. (2015) (vgl. ifeu 2015)																			
		Erzeugte Kompostmenge 184 kg/Mg Input, 55% TS																			
		Recycling-/Verwertungsraten																			
		Recyclingrate: 96%																			
		= Output zur stofflichen Verwertung/Input																			
		Energetische Verwertungsrate: 4%																			
		= Output zur energetischen Verwertung/Input																			
		Sonstige Verwertungsrate: -																			
		= Output zur sonstigen Verwertung/Input																			
		Beseitigungsrate: -																			
		= Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Legend: Lasten (Sammlung, stoffl. Verwertung, energ. Verwertung), Gutschrift (stoffl. Verwertung, energ. Verwertung), Netto</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Netto 2012</td> <td>644</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Netto 2014</td> <td>3.872</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>Netto 2016</td> <td>4.389</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Netto 2018</td> <td>4.388</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Netto 2020</td> <td>4.376</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	644	15	Netto 2014	3.872	89	Netto 2016	4.389	101	Netto 2018	4.388	101	Netto 2020	4.376	100
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	644	15																			
Netto 2014	3.872	89																			
Netto 2016	4.389	101																			
Netto 2018	4.388	101																			
Netto 2020	4.376	100																			
		Ergebnis spezifisch																			
		Belastung Gutschrift Netto																			
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Mähgut																			
		Gesamt 87 -34 53																			
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch P ₂ O ₅ [kg/Mg]																			
Phosphorit	57 Mg → 5,6 m ² geschonte Fläche	Gesamt	0,25 (2020: 0,44 kg/Mg)																		
P ₂ O ₅	11 Mg																				
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch NH ₃ [g/Mg]																			
NH ₃	2.858 kg	Gesamt	62 (2020: 109 g/Mg)																		
Cadmiumeintrag in Boden																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
	-0,31 kg	Gesamt	-7 mg/Mg (2020: -12 mg/kg)																		

Das Aufkommen 2022 liegt 5% höher als 2020. Grund ist v. a. die Neuerhebung der Menge aus Bezirken und GaLa-Baubetrieben (s. Kap. 3.1). Die geringere spezifische Netobelastung der Klimagasbilanz geht v. a. auf den mit der Neuerhebung verminderten Anteil Kompostierung zurück. Dies reduziert auch die spezifische Phosphateinsparung, Ammoniakemissionen und die Nettoentlastung für Cadmiumeintrag in Boden. Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Umlenkung zu emissionsarmen biologischen Behandlungsverfahren. Gegebenenfalls ist dieser Stoffstrom auch für eine Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle geeignet (Kap. 3.1).

Zusammenfassung und Optimierungsmassnahmen

2.2.19 Speisereste (AVV 200108) und überlagerte Lebensmittelabfälle (AVV 020203, 020204, 020501, 020601, 020704)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	62.637 Mg	(Abfrage Betreiber)	Vergleich: Aufkommen 2012: 35.980 Mg																		
Behandlung	60.689 Mg	Anlagen mit Nachgärer	Aufkommen 2014: 46.718 Mg																		
	1.948 Mg	Anlagen mit offenem Gärrestlager	Aufkommen 2016: 47.441 Mg																		
			Aufkommen 2018: 57.190 Mg																		
			Aufkommen 2020: 48.392 Mg																		
Stofffluss 		Kenndaten Gärrest (berechnet) TS-Gehalt 13% P ₂ O ₅ -Gehalt 1,8% TS N-Gehalt 1,8% TS Cd-Gehalt 0,255 mg/kg TS																			
		Bilanzierung Transportentfernung gewichtetes Mittel 93 km Vergärung nach Durchschnittswerten: Methanertrag 64 m ³ /Mg FS; diffuse Emissionen 1% des produzierten Methans; CH ₄ -Emissionen Nachgärer 1,5%, offenes Lager 2,5% d. prod. Methans; NH ₃ -Emissionen (ifeu 2015) BHKW Nettowirkungsgrade 37,5/43; Anlageneigenbedarf 20% bzw. 25% Ausbringung Gärrest N ₂ O- und NH ₃ -Emissionen nach IPCC; Anrechnung Mineraldüngersubstitution nach Nährstoffgehalten Gärrest																			
		Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: 100% Die kombinierte stoffl. und energ. Verwertung ist aufgrund der höheren Stellung in der Abfallhierarchie der Recyclingrate zugeordnet = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsraten: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input																			
Klimagasbilanz 2022																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Netto 2012</td><td>-2.907</td><td>-81</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-3.214</td><td>-69</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-2.546</td><td>-54</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-2.805</td><td>-49</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-1.589</td><td>-33</td></tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-2.907	-81	Netto 2014	-3.214	-69	Netto 2016	-2.546	-54	Netto 2018	-2.805	-49	Netto 2020	-1.589	-33
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	-2.907	-81																			
Netto 2014	-3.214	-69																			
Netto 2016	-2.546	-54																			
Netto 2018	-2.805	-49																			
Netto 2020	-1.589	-33																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Ergebnis spezifisch</th> </tr> <tr> <th colspan="4">in kg CO₂-Äq/Mg Speisereste</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gesamt</td> <td>72</td> <td>-108</td> <td>-36</td> </tr> </tbody> </table>		Ergebnis spezifisch				in kg CO ₂ -Äq/Mg Speisereste					Belastung	Gutschrift	Netto	Gesamt	72	-108	-36		
Ergebnis spezifisch																					
in kg CO ₂ -Äq/Mg Speisereste																					
	Belastung	Gutschrift	Netto																		
Gesamt	72	-108	-36																		
Umweltbilanz 2022																					
Ressourcenschonung																					
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch																			
Phosphorit	710 Mg → m ² geschonte Fläche	P ₂ O ₅	kg/Mg																		
P ₂ O ₅	142 Mg	Gesamt	2,27 (unverändert)																		
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
NH ₃	6.718 kg	NH ₃	g/Mg																		
		Gesamt	107 (unverändert)																		
Cadmiumeintrag in Boden																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
	-4,92 kg		-79 mg/Mg (unverändert)																		

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen für Speisereste sind nach dem Steckbrief für Fettsäureabscheiderinhalte gemeinsam mit diesen beschrieben.

2.2.20 Fettabscheiderinhalte (AVV 190809)

Stoffstrombilanz 2022																	
Aufkommen	20.540 Mg	(Abfrage Betreiber)	Vergleich: Aufkommen 2012: 7.560 Mg														
Behandlung	19.423 Mg	Anlagen mit Nachgärer	Aufkommen 2014: 14.951 Mg														
	254 Mg	Anlagen mit offenem Gärrestlager	Aufkommen 2016: 18.646 Mg														
	408 Mg	Mitbehandlung Kläranlage	Aufkommen 2018: 24.360 Mg														
	408 Mg	Aufbereitung zu AFME	Aufkommen 2020: 23.464 Mg														
Stofffluss																	
Input	100% Fettabscheiderinhalte																
Output	Gärrest, Strom, Wärme, Altfettmethyl ester (AFME)																
Kenndaten Gärrest (berechnet)	TS-Gehalt 11%	P ₂ O ₅ -Gehalt 2% TS	N-Gehalt 7% TS, Cd-Gehalt 0,255 mg/kg TS														
Bilanzierung	Transportentfernung gewichtetes Mittel 209 km Vergärung nach Durchschnittswerten: Methanertrag 122 m ³ /t; diffuse Emissionen 1% produziertes Methan; CH ₄ -Emissionen Nachgärer 1,5%, offenes Lager 2,5% prod. Methan; NH ₃ -Emissionen (ifeu 2015) BHKW Nettowirkungsgrade 37,5/43; Anlageneigenbedarf 20% bzw. 25% Ausbringung Gärrest N ₂ O- und NH ₃ -Emissionen nach IPCC; Anrechnung Mineraldüngersubstitution nach Nährstoffgehalten Gärrest Aufbereitung zu Altfettmethyl ester (AFME) wie Altfette (Kap. 2.2.21)																
Recycling-/Verwertungsraten	Recyclingrate: 100% = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input Die kombinierte stoffl. und energ. Verwertung ist aufgrund der höheren Stellung in der Abfallhierarchie der Recyclingrate zugeordnet																
Klimagasbilanz 2022																	
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]														
	<table border="1"> <tr><td>Netto 2012</td><td>-2.303</td><td>-173</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-2.247</td><td>-150</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-2.321</td><td>-124</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-2.794</td><td>-115</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-1.993</td><td>-85</td></tr> </table>	Netto 2012	-2.303	-173	Netto 2014	-2.247	-150	Netto 2016	-2.321	-124	Netto 2018	-2.794	-115	Netto 2020	-1.993	-85	
Netto 2012	-2.303	-173															
Netto 2014	-2.247	-150															
Netto 2016	-2.321	-124															
Netto 2018	-2.794	-115															
Netto 2020	-1.993	-85															
	Ergebnis spezifisch	Belastung	Gutschrift														
	in kg CO ₂ -Äq/Mg Fettabscheiderinhalte																
	Gesamt	176	-295														
			-119														
Umweltbilanz 2022																	
Ressourcenschonung																	
Einsparung gesamt			Einsparung spezifisch														
Phosphorit 189 Mg → m ² geschonte Fläche			P ₂ O ₅ kg/Mg														
P ₂ O ₅ 38 Mg			Gesamt 1,84 (Vgl. 2020: 1,84 kg/Mg)														
Luftemissionen																	
Nettoergebnis gesamt			Nettoergebnis spezifisch														
NH ₃ 6.873 kg			NH ₃ [g/Mg]														
			Gesamt 335 (Vgl. 2020: 337 g/Mg)														
Cadmiumeintrag in Boden																	
Nettoergebnis gesamt			Nettoergebnis spezifisch														
-1,46 kg			Gesamt -71 mg/Mg (Vgl. 2020: -71 g/Mg)														

Zusammenfassung Speisereste (inkl. überlagerte Lebensmittelabfälle) und Fettabscheiderinhalte (Kap. 2.2.19 und 2.2.20)

Das Aufkommen 2022 für Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle liegt um 29% höher als 2020, das für Fettabscheiderinhalte um 12% niedriger. Fettabscheiderinhalte werden nach der Sammlung einer Aufbereitung zugeführt (Aufkonzentration) und anschließend überwiegend in Vergärungsanlagen behandelt. Etwa 2% (bezogen auf Masse mit 20% TS) werden zu Altfettmethylester (AFME) aufbereitet (Substitut Dieselmotortreibstoff). Die Behandlung in Vergärungsanlagen erfolgte 2022 für Speisereste zu 3% in Anlagen mit offenem Gärrestlager (2020: 9%). Bei Fettabscheiderinhalten liegt der Anteil, der in Vergärungsanlagen mit offenem Gärrestlager behandelt wurde, im Jahr 2022 gleichbleibend bei 1%. Der in Kläranlagen mitbehandelte Anteil an Fettabscheiderinhalten liegt bei 2% (2020: 4%).

Stoffstrombilanz

Die Klimagasbilanz für Speisereste weist eine etwas höhere spezifische Nettoentlastung auf. Ursache sind vor allem etwas geringere Transportentfernungen im gewichteten Mittel, die etwas geringere spezifische Belastungen bedingen. Bei den Fettabscheiderinhalten ergibt sich für 2022 ein höheres spezifisches Nettoentlastungspotenzial vor allem bedingt durch die neu enthaltene anteilige Aufbereitung zu Dieselsubstitut. Effekte der Defossilisierung sind weiterhin gegeben. Allerdings ist der Stromemissionsfaktor für 2022 nicht so stark abgesunken wie in den Vorjahren (s. Kap. 5.1), so dass die spezifische Entlastung (Gutschrift) für Strom aus Biogas nur wenig geringer ausfällt.

Klimagasbilanz

Bei der Umweltbilanz ergeben sich für beide Abfallarten keine oder nur geringe Veränderungen. Bei Speiseresten sind die spezifischen Ergebnisse für 2022 gegenüber 2020 unverändert. Bei den Fettabscheiderinhalten wird das spezifische Ergebnis durch den in Faulbehältern mitbehandelten Anteil bestimmt sowie durch den Anteil, der zu AFME aufbereitet wird. Entsprechend reduzieren sich die Gärrestmengen zur Anwendung in der Landwirtschaft. In 2022 liegt der über Faulbehälter behandelte Anteil zwei Prozentpunkte niedriger als 2020, umgekehrt wird aber auch etwa 2% der Fettabscheidermenge (normiert auf 20% TS) zu AFME aufbereitet. In Summe ergeben sich daraus sichtbare Änderungen nur im spezifischen Ergebnis für NH_3 -Emissionen, die spezifische Nettobelastung liegt etwas geringer.

Umweltbilanz

Optimierungsmöglichkeiten bestehen weiterhin in der Nutzung von Vergärungsanlagen mit gasdichten Gärrestlagern und zumindest einer Abfackelung der anfallenden Methangasmengen. Des Weiteren wird für die Vergärung im Zuge der anstehenden Defossilisierung weiterhin eine Optimierungsmöglichkeit in der Flexibilisierung der Vergärungsanlagen gesehen. Hierfür werden entsprechende Gasspeicherkapazitäten benötigt mit Überbauung der installierten elektrischen Leistung. Als Schritt in diese Richtung wird weiterhin empfohlen zu versuchen die bestehende Anlagentechnik sowie Möglichkeiten für entsprechende Optimierungsmaßnahmen bei den Betreibenden der gewerblichen Vergärungsanlagen zu erfragen. Für Fettabscheiderinhalte wird empfohlen, das Potenzial für die anteilige Aufbereitung zu AFME zu prüfen, da der Einsatz als Dieselsubstitut mit höheren Nettoentlastungseffekten verbunden ist als die Vergärung mit Biogasnutzung.

Optimierungsmaßnahmen

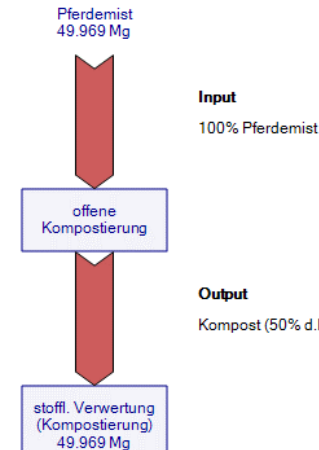
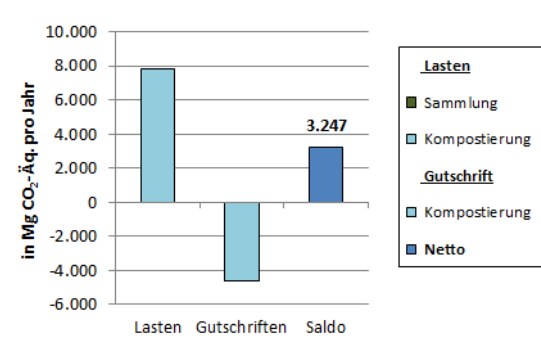
2.2.21 Altfette (AVV 200125)

Stoffstrombilanz 2022															
Aufkommen	5.500 Mg	Vergleich: konstante Menge nach Einschätzung Entsorger 2011													
Behandlung	5.500 Mg														
Stofffluss 		Abfallzusammensetzung Gemisch von pflanzlichen Frittierfetten und tierischen Fetten aus der Gastronomie, Kantinen, Imbissen, usw.													
		Bilanzierung Herstellung von Altfettmethylester (AFME bzw. Biodiesel) Mechanische Reinigung (1% Störstoffabtrennung, 30 kWh/Mg TS) Umesterung gereinigtes Fett (AFME-Ausbeute 97%) und Destillation Produkt Altfett-Biodiesel mit H _i 37,2 MJ/kg ersetzt heizwertäquivalent Diesel (pro Tonne Altfett rd. 0,85 Mg Diesel)													
		Recycling-/Verwertungsraten Recyclingrate: - = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 100% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input													
Klimagasbilanz 2022															
	Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]												
	Netto bis 2014	-14.728	-2.678												
	Netto 2016 - 2020	-14.844	-2.699												
Ergebnis spezifisch <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>in kg CO₂-Äq/Mg Altfett</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>208</td> <td>-3.384</td> <td>-3.176</td> </tr> </tbody> </table>					Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Altfett</i>				Gesamt	208	-3.384	-3.176
	Belastung	Gutschrift	Netto												
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Altfett</i>															
Gesamt	208	-3.384	-3.176												
Umweltbilanz 2022															
Luftemissionen															
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch													
NH ₃	168 kg	NH ₃	NOx												
NOx	-5.423 kg	g/Mg													
		g/Mg													
		Gesamt													
		30 -986													
		Vgl. 2020 (unverändert) 8.644													

Für das Jahr 2022 ergibt sich eine höhere spezifische Nettoentlastung in der Klimagasbilanz und eine Ergebnisumkehr bei den NO_x-Emissionen. Hintergrund sind aktualisierte Datensätze für Dieselkraftstoff (s. Kap. 5.1) und zudem wurde die Bilanzierung disaggregiert, so dass Energiebedarfe sowie Betriebsmittel (v.a. Methanolbedarf) mit aktuellen Datensätzen hinterlegt werden konnten. Optimierungsmöglichkeiten werden für die Altfettverwertung nicht gesehen. Jedoch besteht ein Optimierungspotenzial in einer Mengensteigerung durch Intensivierung der getrennten Erfassung. Hierzu müssten Kleinanfallstellen wie z.B. Imbiss-Läden an die Erfassung angeschlossen werden (vgl. ifeu/ICU 2012).

Zusammenfassung und Optimierungsmaßnahmen

2.2.22 Pferdemist (AVV 020106)

Stoffstrombilanz 2022			
Aufkommen	49.969 Mg	(neue Erhebung 2020)	Vergleich: Aufkommen bis 2018 (Erhebung 2009): 9.282 Mg
Behandlung	49.969 Mg	offene Kompostierung	Aufkommen 2020 (neue Erhebung): 49.969 Mg
Stofffluss		Kenndaten	
 <p>Input 100% Pferdemist</p> <p>Output Kompost (50% d. Input)</p>		Pferdemist <i>Kompost (wie Biogut)</i> P ₂ O ₅ -Gehalt 3,1 kg/Mg FS Cd-Gehalt 0,27 mg/kg TS	
		Bilanzierung	
		Offene Kompostierung; keine Störstoffe Emissionsfaktoren Cuhls et al. (2015) (vgl. ifeu 2015) Erzeugte Kompostmenge 500 kg/Mg Input, 40% TS	
		Recycling-/Verwertungsraten	
		Recyclingrate: 100% = Output zur stofflichen Verwertung/Input	
		Energetische Verwertungsrate: - = Output zur energetischen Verwertung/Input	
		Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input	
		Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input	
Klimagasbilanz 2022			
 <p>in Mg CO₂-Äq pro Jahr</p> <p>Legend: Lasten (Load), Gutschriften (Credits), Netto (Net)</p>		Vergleich	
		pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]
		Netto bis 2012	-170
		Netto 2014	517
		Netto bis 2018	627
		Netto 2020	3.374
		Ergebnis spezifisch	
		Belastung	Gutschrift
		in kg CO ₂ -Äq/Mg Pferdemist	
		Gesamt	157
			-92
			65
Umweltbilanz 2022			
Ressourcenschonung			
Einsparung gesamt		Einsparung spezifisch	
Phosphorit	775 Mg → m ² geschonte Fläche	P ₂ O ₅	kg/Mg
P ₂ O ₅	155 Mg	Gesamt	3,1 (unverändert)
Luftemissionen			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	
NH ₃	262 kg	NH ₃ [g/Mg]	
		Gesamt	5 (unverändert)
Cadmiumeintrag in Boden			
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch	
	-2,6 kg		-53 mg/Mg (unverändert)

Die Ergebnisse sind gegenüber 2020 weitgehend unverändert. Das Aufkommen ist als konstant angenommen, hier erfolgte für 2020 eine Neuerhebung (ifeu/ARGUS 2021). Die etwas höhere spezifische Nettobelastung in der Klimagasbilanz ergibt sich aus der Aktualisierung der IPCC Charakterisierungsfaktoren (vgl. Kap. 5.4). Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Umlenkung dieses Stoffstroms zu emissionsarmen biologischen Behandlungsanlagen. Gegebenenfalls ist dieser Stoffstrom auch für eine Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle (Kap. 3.1) oder für eine Vergärung geeignet. Für eine zentrale Behandlung wären die Mengen und Anfallstellen genauer zu ermitteln, um die Möglichkeiten einer entsprechenden Erfassung untersuchen zu können.

Zusammenfassung und Optimierungsmassnahmen

2.2.23 Rechengut (AVV 190801)

Stoffstrombilanz 2022																					
Aufkommen	6.542 Mg																				
Behandlung	6.542 Mg	MBS																			
		Vergleich:	Aufkommen 2012: 5.944 Mg Aufkommen 2014: 7.159 Mg Aufkommen 2016: 8.089 Mg Aufkommen 2018: 7.715 Mg Aufkommen 2020: 7.559 Mg																		
Stofffluss		Kenndaten																			
<p>Rechengut 6.542 Mg</p> <p>Input 100% Rechengut</p> <p>MBS</p> <p>Abbau- und Wasserverluste 4.000 Mg</p> <p>EBS</p> <p>Output EBS</p> <p>Energ. Verwertung (Braunkohlekraftwerk /Zementwerk /EBS-Kraftwerke) 2.542 Mg</p>		TS-Gehalt 34% FS oTS-Gehalt 95,2% TS																			
		Bilanzierung																			
		Behandlung in der MBS zur EBS-Erzeugung, Ausbeute 39% mit H ₂ 13,5 MJ/kg FS und C fossil 6,2% FS zu 90% Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken 10% in den EBS-Kraftwerken Schwedt und Eisenhüttenstadt																			
		Recycling-/Verwertungsraten																			
		Recyclingrate: - = Output zur stofflichen Verwertung/Input Energetische Verwertungsrate: 39% = Output zur energetischen Verwertung/Input Sonstige Verwertungsrate: - = Output zur sonstigen Verwertung/Input Beseitigungsrate: - = Output zur Beseitigung/Input (Rest Wasser- und Abbauverluste aus Behandlung in MBS)																			
Klimagasbilanz 2022																					
<p>in Mg CO₂-Äq. pro Jahr</p> <p>Lasten Gutschriften Saldo</p> <p>-2.752</p> <p>Legend: Lasten (MBS ZAB), Gutschrift (MBS ZAB), Netto</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vergleich</th> <th>pro Jahr [Mg CO₂-Äq]</th> <th>spezifisch [kg CO₂-Äq/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Netto 2012</td><td>-2.388</td><td>-402</td></tr> <tr><td>Netto 2014</td><td>-2.877</td><td>-402</td></tr> <tr><td>Netto 2016</td><td>-3.225</td><td>-399</td></tr> <tr><td>Netto 2018</td><td>-3.122</td><td>-405</td></tr> <tr><td>Netto 2020</td><td>-3.149</td><td>-417</td></tr> </tbody> </table>		Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto 2012	-2.388	-402	Netto 2014	-2.877	-402	Netto 2016	-3.225	-399	Netto 2018	-3.122	-405	Netto 2020	-3.149	-417
Vergleich	pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]																			
Netto 2012	-2.388	-402																			
Netto 2014	-2.877	-402																			
Netto 2016	-3.225	-399																			
Netto 2018	-3.122	-405																			
Netto 2020	-3.149	-417																			
		Ergebnis spezifisch																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Belastung</th> <th>Gutschrift</th> <th>Netto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"><i>in kg CO₂-Äq/Mg Rechengut</i></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>146</td> <td>-566</td> <td>-421</td> </tr> </tbody> </table>			Belastung	Gutschrift	Netto	<i>in kg CO₂-Äq/Mg Rechengut</i>				Gesamt	146	-566	-421						
	Belastung	Gutschrift	Netto																		
<i>in kg CO₂-Äq/Mg Rechengut</i>																					
Gesamt	146	-566	-421																		
Umweltbilanz 2022																					
Luftemissionen																					
Nettoergebnis gesamt		Nettoergebnis spezifisch																			
NO _x	526 kg	NO _x [g/Mg]																			
		Gesamt	80 (Vgl. 2020: 94)																		

Das Aufkommen 2022 liegt 13% niedriger als 2020. Die leichte Abweichung im spezifischen Ergebnis der Klimagas- und Umweltbilanz ergibt sich durch die Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Energie und Transporte (vgl. Kap. 5.1). Optimierungsmöglichkeiten wurden bei dem bestehenden Verwertungsverfahren nicht gesehen (s. ifeu/ICU 2012).

Zusammenfassung und Optimierungsmmaßnahmen

2.3 Zusammenführung der Ergebnisse der Abfallarten

Im Jahr 2022 wurden 36 Abfallarten¹⁶ mit einer Abfallmenge von rund 5,3 Mio. Tonnen im Land Berlin erfasst. Den größten Anteil am Aufkommen nehmen die mineralischen Abfälle ein mit rund 3 Mio. Tonnen (2020: 4 Mio. Tonnen). Weitere mengenrelevante Abfallfraktionen mit einem Aufkommen über 300.000 Mg/a sind Haus- und Geschäftsmüll, gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle, die Summe der trockenen Wertstoffe Altpapier, Altglas, LVP und StNVP sowie Klärschlamm (ungefauter Klärschlamm und gefauter bzw. gefault, getrockneter Klärschlamm). Die Mengenströme zeigt Abbildung 2.4. Unter den „weiteren nicht biogenen Wertstoffen“ sind Alttextilien, Altmetalle, Altreifen und E-Schrott zusammengefasst. Unter den „überwiegend kommunalen organischen Abfällen“ sind Organikabfälle aus Haushalten, Laub/Straßenlaub, Grasschnitt (Mähgut und Straßenbegleitgrün) und Rechengut subsummiert. Die „nicht kommunalen organischen Abfälle“ umfassen die Organikabfälle aus Gewerbe, Altfett, Pferdemist und die eigenkompostierte Menge.

Stoffstrombilanz 2022

Die Abweichung zwischen Input- und Outputmenge ergibt sich v. a. aus den ermittelten Input-Output-Mengen für mineralische Abfälle der Brech- und Klassieranlagen (v. a. Lagerbestände). Gegenüber 2020 liegt das gesamte Aufkommen um 22% niedriger und die entsorgte Abfallmenge (Behandlung) um 26% niedriger.

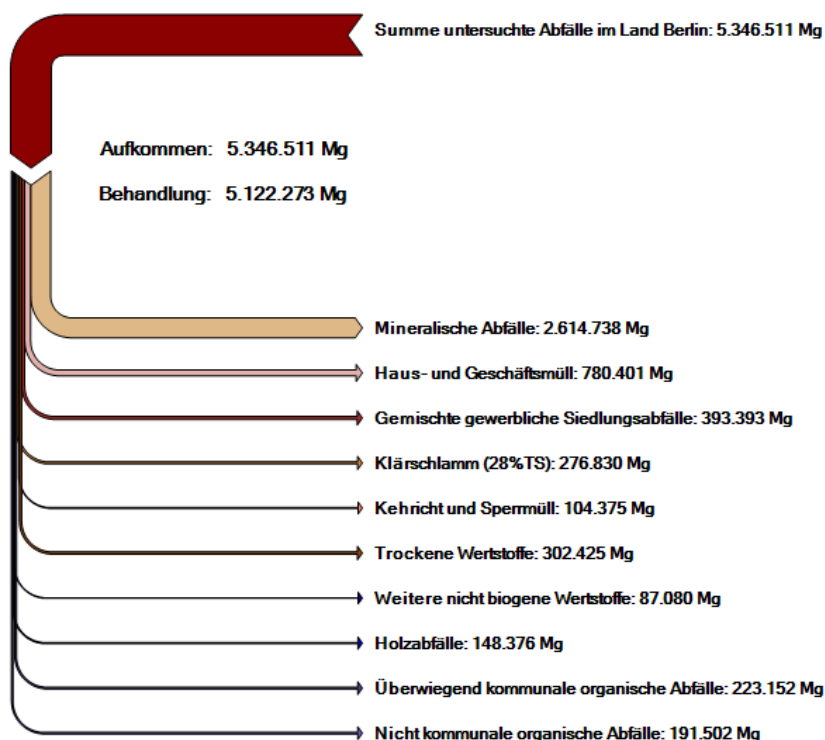


Abbildung 2.4: Sankeydiagramm Mengenströme 2022

¹⁶ Der Steckbrief für Kunststoffrasen entfiel in 2022, da keine entsprechenden Mengen erfasst wurden.

Abbildung 2.5 zeigt die entsorgten (verwerteten und beseitigten) Einzelmengen nach Abfallarten für 2022 auch im Vergleich zu 2020. Für Klärschlamm sind die ungebraute und die gebraute (und teils getrocknete) Menge aufgrund der unterschiedlichen Charakteristik getrennt ausgewiesen.

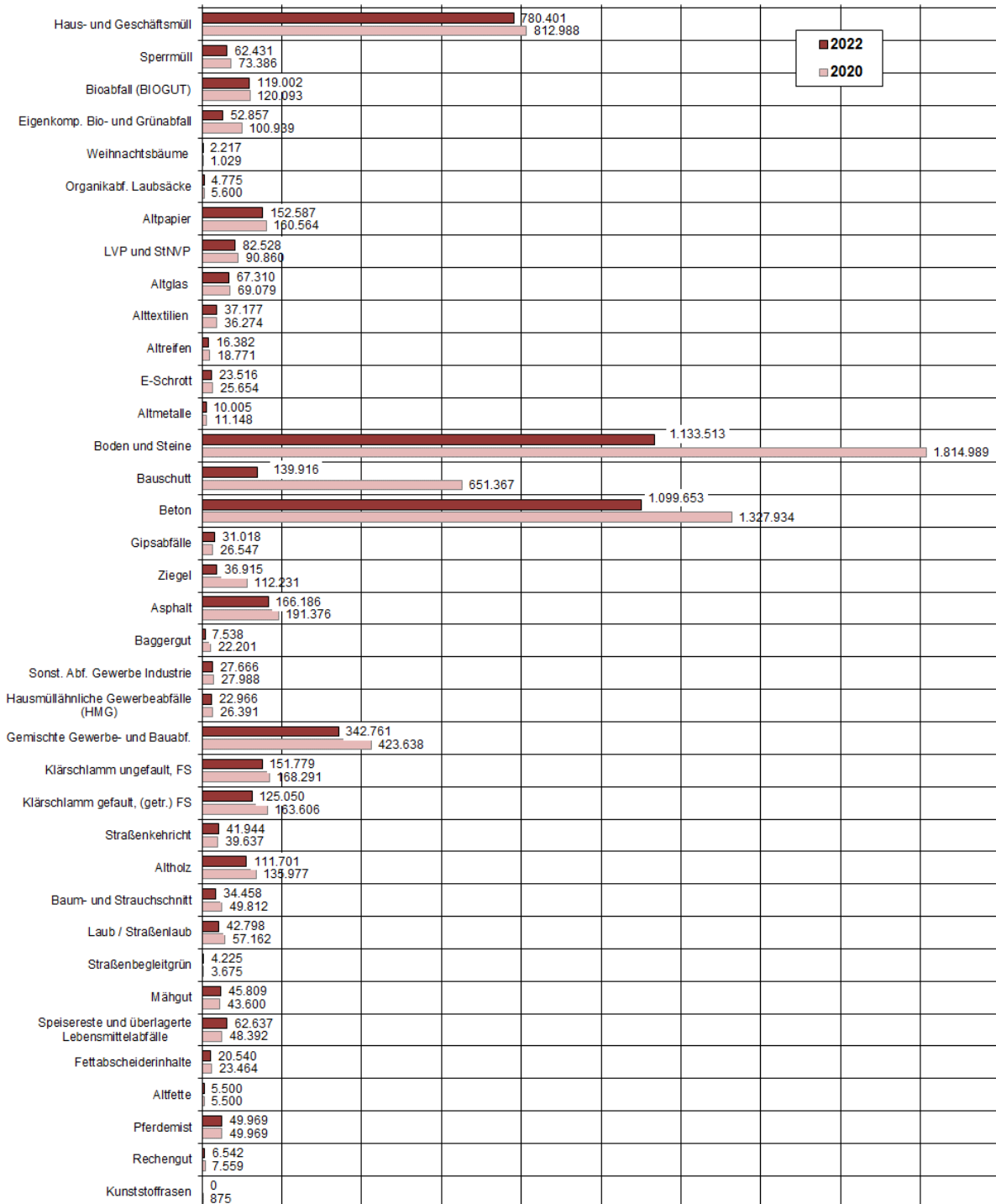


Abbildung 2.5: Entsorgte Mengen der Abfallarten 2022 und 2020 (Mengenangaben in Tonnen)

Tabelle 2.3 zeigt die Ergebnisübersicht der Stoffstrombilanz (entsorgte Menge und Behandlung bzw. Verbleib) sowie die Recycling- und Verwertungsraten der 36 untersuchten Abfallarten. Insgesamt wurden im Land Berlin 5.346.511 Mg Abfälle erfasst. Abzüglich der Input-Output-Differenzen verbleiben 5.122.273 Mg Abfälle, die 2022 entsorgt wurden. Davon wurden 53% recycelt (stofflich verwertet), 23% energetisch verwertet, knapp 17% sonstig verwertet (Verfüllungen, Deponieersatzbaustoff) und 6% beseitigt (Deponierung und Klärschlammverbrennung in der KSVA). Die verbleibende Differenz zu 100% ergibt sich durch Wasserverluste bei der Behandlung einzelner Abfallarten. In der Tabelle grau 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 2.3: Ergebnisse Stoffstrombilanz 2022

Abfallart	entsorgte Menge [Mg]	%-Änderung zu 2020	Behandlung/Verbleib	Recycling	Energetische Verwertung	Sonstige Verwertung	Beseitigung
Hausmüll und Geschäftsmüll	780.401	-4%	58% MHKW Ruhleben, 33,5% MPS, 2,2% MA, 6% sonstige	3%	73%	14%	0,7%
Sperrmüll	62.431	-15%	85% AAS, 9% MHKW Ruhleben, 6% sonstige	5%	94%	2%	-
Bioabfall (BIOGUT)	119.002	-1%	63% BSR Biogas West, 32% offene Kompostierung, 5% Vergärungsanlage Hennickendorfer Kompost	80%	20%	-	-
Eigenkompostierung	52.857	-48%	Eigenkompostierung	100%	-	-	-
Weihnachtsbäume	2.217	+115%	100% Biomasse-HKWs	0%	100%	-	-
Organikabf. in Laubsäcken	4.775	-15%	offene Kompostierung	99,6%	0,4%	-	-
Altpapier	152.587	-5%	Verwertung Papierfabrik	99%	1%	-	-
LVP und StNVP	82.528	-9%	Verwertung Fraktionen	53%	47%	0%	0,0%
Altglas	67.310	-3%	Verwertung Glashütte	97%	-	-	3%
Alttextilien	37.177	2%	Textil-Recycling, EBS-Kraftwerk	85,9%	13,3%	-	0,8%
Altreifen	16.382	-13%	61% Granulierung, 39% Mitverbrennung Zementwerk	59,0%	40,4%	-	0,6%
E-Schrott	23.516	-8%	EAR/BRAL	68%	21%	6%	5%
Altmetalle	10.005	-10%	Verwertung Metallhütten	100%	-	-	-
Boden und Steine	1.133.513	-38%	51% Baumaßnahmen, 2% Deponie, 47% Verfüllung	51%	-	48%	1%
Bauschutt	139.916	-79%	25% Straßenbau, 67% Deponie, 8% Verfüllung	25%	-	45%	31%
Beton	1.099.653	-17%	99,8% Straßenbau, 0,1% Deponie, 0,1% Verfüllung	99,8%	-	0,1%	0,1%
Gipsabfälle	31.018	17%	89,5% Deponie, 10,5% Recycling	10%	-	-	90%
Ziegel	36.915	-67%	99,4% Wegebau, 0,3% Verfüllung, 0,2% Deponie	99%	-	0%	0%

Abfallart	entsorgte Menge [Mg]	%-Änderung zu 2020	Behandlung/Verbleib	Recycling	Energetische Verwertung	Sonstige Verwertung	Beseitigung
Asphalt	166.186	-13%	98,5% Straßenbau, 1,5% Deponie, 0,1% Verfüllung	98,5%	-	0,1%	1,5%
Baggergut	7.538	-66%	Deponie	31%	-	0%	69%
Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	27.666	-1%	97% MHKW Ruhleben, 3% sonstige	2%	79%	19%	0%
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG)	22.966	-13%	70% MHKW Ruhleben, 8% MPS Reinickendorf, 22% sonstige	3%	75%	19%	1%
Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Bau- und Abbruchabfälle	342.761	-19%	Berliner und Brandenburger Vorbehandlungsanlagen	6%	56%	21%	13%
Ungefaulter Klärschlamm (Rohschlamm)	151.779 (TS 43.758)	-10%	KSVA Ruhleben	-	-	-	100%
Gefaulter und anteilig getrockneter Klärschlamm	125.050 (TS 33.258)	-24%	Bezug TS: 15% KSVA Ruhleben, 72% gefault zu Kraftwerken, 13% gefault-getrocknet zu Zement- und Kraftwerken	0,3%	84,9%	-	14,8%
Straßenkehrriecht	41.944	6%	77% Mineralikaufber., 22% Handkehrriecht ORS, 1% sonstige	0,1%	1,0%	93,2%	3,7%
Getr. gesammeltes Altholz	111.701	-18%	81% Biomasse-HKWs, 14% werkstoffl., 4% offene Kompostierung	19%	81%	-	-
Baum- und Strauchschnitt	34.458	-31%	64% Biomasse-HKWs, 27% offene Kompostierung, 9% Mulchung	36%	64%	-	-
Laub, Straßenlaub	42.798	-25%	95% offene Kompostierung, 4% Mulchung, 1% energ. Verw.	99%	1,3%	-	-
Straßenbegleitgrün	4.225	+15%	offene Kompostierung	100%	-	-	-
Mähgut	45.809	+5%	57% offene Kompostierung, 39% Mulchung, 4% energ. Verw.	96%	4%	-	-
Speisereste	62.637	+29%	Vergärung	100%	-	-	-
Fettabscheiderinhalte	20.540	-12%	98% Vergärung, 2% Altfettmethyl-ester-Biodiesel	100%	-	-	-
Altfette	5.500	0%	Altfettmethyl-ester-Biodiesel	-	100%	-	-
Pferdemist	49.969	0%	offene Kompostierung	100%	-	-	-
Rechengut	6.542	-13%	MBS	-	39%	-	-
Summe	5.122.273	-26%		53%	23%	17%	6%

Differenz der Recycling-/Verwertungsquoten zu 100% durch Wasserverluste (bei Rechengut auch Abbauverluste, Anteil nicht bekannt)

Klimagasbilanz 2022

Abbildung 2.6 zeigt die absoluten Nettoergebnisse der Klimagasbilanz 2022 für die untersuchten 36 Abfallarten als Balkengrafik. Negative Zahlen weisen Nettoentlastungspotenziale aus, positive Zahlen Nettobelastungen. Ein direkter Vergleich der einzelnen

Nettoergebnisse mit denen der Vorläuferbilanzen ist aufgrund der jeweils unterschiedlichen entsorgten Abfallmengen nicht sinnvoll. Für einen Vergleich dienen die spezifischen Nettoergebnisse in Tabelle 2.4. Hintergründe zu den Unterschieden sind ansonsten auch in den Kapiteln mit den Steckbriefen erläutert.

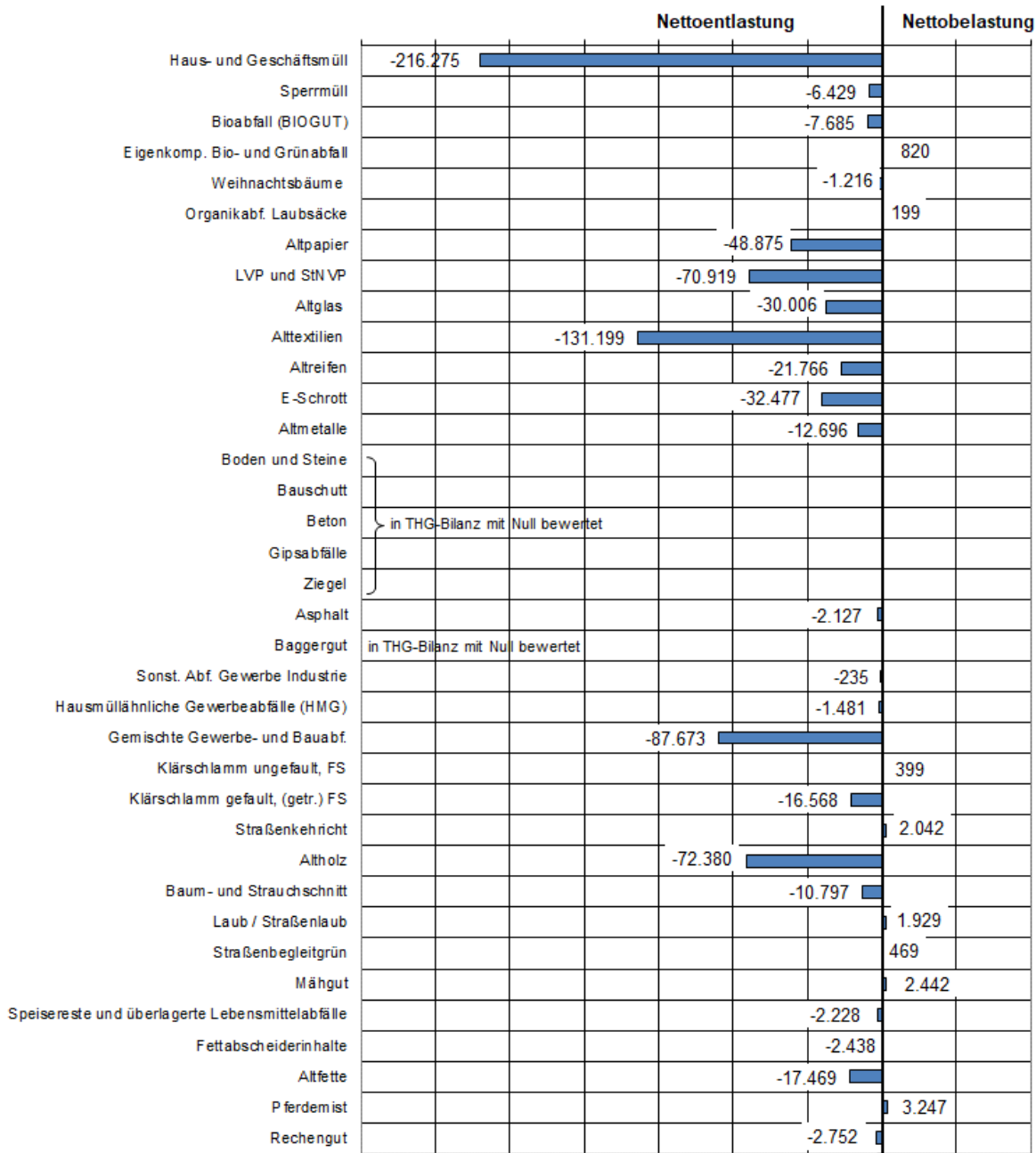


Abbildung 2.6: Absolute Nettoergebnisse der Klimagasbilanz 2022 (in Tonnen CO₂-Äquivalente)

Tabelle 2.4 zeigt die Ergebnisübersicht der Nettowerte der Klimagasbilanz 2022 für die untersuchten 36 Abfallarten. Insgesamt wurde im Land Berlin ein Nettoentlastungspotenzial in Höhe von -784.143 Mg CO₂-Äq erreicht. In den Einzelergebnissen der Klimagasbilanz sind die Nettowerte mit einem Pluszeichen versehen, bei denen die Entsorgung der Abfälle zu einer Nettobelastung an Klimagasen führt. Insgesamt ist das bei acht

Abfallarten der Fall. 2020 waren es neun¹⁷ 2018, 2016 und 2014 acht und 2012 sieben Abfallarten. Bei den Abfallarten mit Nettobelastung handelt es sich um die offen kompostierten Organikabfälle, Straßenkehrsicht und ungefaulten Klärschlamm. Bei der einfachen offenen Kompostierung fallen höhere THG-Emissionen an als bei einer geschlossenen Kompostierung (Cuhls et al. 2015) und würde sich eine Verbesserung bereits durch die Umsetzung der TA Luft ergeben¹⁸. Weitergehend wird die Umlenkung zu emissionsarmen biologischen Behandlungsverfahren empfohlen z. B. eine kombinierte stoffliche und energetische Verwertung in einer Biogasanlage wie der BSR Biogas-West.

Insgesamt zeigt die Klimagasbilanz gegenüber 2020 absolut eine geringere Nettoentlastung. Dies hängt übergeordnet mit geringeren Abfallmengen in 2022 zusammen und mit Verschiebungen in den Verwertungsarten. Geringere Abfallmengen führen – so die Behandlung eine Nettoentlastung aufweist – auf absoluter Ebene zu geringeren Gutschriften bzw. Nettoentlastungspotenzialen. Hier ist zu beachten, dass die Systemgrenze bei der Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft mit dem Abfall beginnt; das Vorleben, die Herstellung des ursprünglichen Produktes, ist nicht berücksichtigt. Dies ist der Hauptgrund, weswegen Ergebnisvergleiche auf absoluter Ebene methodisch nicht möglich sind (dazu müsste die „Abfallherstellung“ einbezogen werden). Auf spezifischer Ebene fällt das Nettoergebnis in Summe besser aus als 2020. Allerdings ergibt sich dies v. a. rechnerisch durch die deutlich geringere Menge an mineralischen Abfällen, deren THG-Bilanz mit Null bewertet ist.

Tabelle 2.4: Ergebnisse Klimagasbilanz 2022

	Klimagasbilanz 2022		Vergleich				
			2020	2018	2016	2014	2012
Abfallart	Netto pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	Netto spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]				
Hausmüll und Geschäftsmüll	-216.275	-277	-261	-269	-324	-322	-275
Sperrmüll	-6.429	-103	-503	-763	-655	-391	-393
Bioabfall (BIOGUT)	-7.685	-65	-48	-113	-125	-104	5
Eigenkompostierung	+820	+16	+15	+15	+15	+18	+18
Weihnachtsbäume	-1.216	-549	-307	-494	-434	-577	-1.105
Organikabfälle in Laubsäcken	+199	+42	+44	+44	+44	+28	-15
Altpapier	-48.875	-320	-425	-721	-707	-652	-652
LVP und StNVP	-70.919	-859	-883	-466	-489	-511	⁻¹⁾
Altglas	-30.006	-446	-447	-447	-448	-453	-453
Alttextilien	-131.199	-3.529	-4.409	-3.834	-4.218	-4.197	-4.197
Altreifen	-21.766	-1.329	-1.645	-1.513	-1.502	-1.485	-1.355
E-Schrott	-32.477	-1.381	-1.023	-2.407	-2.406	-2.459	-2.468
Altmetalle	-12.696	-1.269	-1.242	-718	-718	-718	-718
Boden und Steine	0	0	0	0	0	0	0

¹⁷ Bei sonstigen Abfallarten aus Gewerbe und Industrie war eine Ergebnisumkehr gegeben durch Anpassung von Kenndaten, die 2022 v. a. durch Aktualisierung von Brennstoffvorketten umgekehrt wieder zu einer Nettoentlastung kam.

¹⁸ Nach Nr. 5.4.8.5 c) sollte die Rotte geschlossen betrieben werden bzw. ist sie bei einer Behandlungskapazität der Anlage von 30 Mg je Tag oder mehr zwingend geschlossen zu betreiben.

			Vergleich				
	Klimagasbilanz 2022		2020	2018	2016	2014	2012
Abfallart	Netto pro Jahr [Mg CO ₂ -Äq]	Netto spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]	Netto spezifisch [kg CO ₂ -Äq/Mg]				
Bauschutt	0	0	0	0	0	0	0
Beton	0	0	0	0	0	0	0
Gipsabfälle	0	0	0	0	0	0	0
Ziegel	0	0	0	0	0	0	0
Asphalt	-2.127	-13	-7	-12	-11	-12	-11
Baggergut	0	0	0	0	0	0	0
Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	-235	<i>Ausweisung nicht sinnvoll, da verschiedene Abfallarten</i>					
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	-1.481	-64	-79	-67	-231	-247	-203
Gemischte gewerbliche Siedlungsab- fälle und Bau- und Abbruchabfälle	-87.673	-256	-230	-297	-201	-219	-208
Ungefaulter Klärschlamm	+399	<i>Bezug TS: +9</i>	+251	+189	+203	+193	+204
Gefaulter und anteilig getrockneter Klärschlamm	-16.568	<i>Bezug TS: -498</i>	-456	-512	-439	-564	-532
Straßenkehrschutt	+2.042	+49	+40	+48	+115	+85	+107
Getrennt gesammeltes Altholz	-72.380	-648	-777	-814	-743	-821	-740
Baum- und Strauchschnitt	-10.797	-313	-342	-389	-461	-508	-508
Laub, Straßenlaub	+1.929	+45	+52	+52	+52	+39	-13
Straßenbegleitgrün	+469	+111	+113	+101	+101	+89	+44
Mähgut	+2.442	+53	+100	+101	+101	+89	+15
Speisereste und überlagerte Lebens- mittelabfälle	-2.228	-36	-33	-49	-54	-69	-81
Fettabscheiderinhalte	-2.438	-119	-85	-115	-124	-150	-173
Altfette	-17.469	-3.176	-2.699	-2.699	-2.699	-2.678	-2.678
Pferdemist	+3.247	+65	+68	+68	+68	+56	-18
Rechengut	-2.752	-421	-417	-405	-399	-402	-402
Summe	-784.143	-153	-130	-155	-134	-138	-127

1) Vorher drei Systeme (Gelbe Tonne, Gelbe Tonne Plus, Wertstofftonne)

Nach einzelnen Abfallarten bestehen Veränderungen durch Verschiebungen in den Verwertungsarten beispielsweise dadurch, dass die Anteile von EBS zur Mitverbrennung teils rückläufig sind (insbesondere z. B. bei Sperrmüll). Bei Altholz macht sich der neu gesetzte Anteil stoffliche Verwertung bemerkbar und bei Alttextilien die Verschiebung von der Wieder- zur Weiterverwendung. Die Aktualisierungen im Hintergrundsystem (Emissionsfaktoren für Energie, Gutschriften für trockene Wertstoffe) zeigen in Summe absolut keinen hohen Einfluss auf das Ergebnis. Im Einzelfall bedingen sie z. B. bei Altpapier (Gutschrift Holz- und Zellstoff) geringere Entlastungspotenziale, umgekehrt z. B. bei Altfett (Gutschrift Dieselvorkette) oder E-Schrott (Gutschrift Recycling für Metalle, Kunststoffe) höhere. Kleinere Unterschiede bestehen ansonsten durch neue Bilanzierungen (z. B. Bioabfall offene Kompostierung getrennt für Hennickendorfer Kompost

durch Siebrestanteil mit besserem spezifischem Nettoergebnis; dagegen Altreifenverwertung mit neuem Substitutionspotenzial mit geringerer Nettoentlastung).

Umweltbilanz 2022

Tabelle 2.5 zeigt die absoluten Ergebnisse für die Indikatoren zur Schonung von Rohstoffen. Das Ergebnis für die Schonung fossiler Rohstoffe (KEA fossil) ist als Nettoergebnis angegeben. Der KEA fossil wurde nur für Abfallarten untersucht bei denen nicht absehbar war, ob das Ergebnis mit dem der Klimagasbilanz korreliert. Ist das der Fall, ist die Auswertung der Klimagasbilanz zur Beurteilung der abfallwirtschaftlichen Leistung ausreichend. Die Ergebnisse für den KEA fossil sind der Vollständigkeit halber aufgeführt. Eine Summe wurde nicht gebildet, da diese die Gesamtsituation in Berlin unterschätzen würde.

Ressourcenschonung

Die Schonung von Natursteinen (inkl. Sande & Kies) wird zu 96% durch die Verwertung der mineralischen Abfälle erreicht. Diese wurden 2022 zu 73% ressourcenschonend verwertet (Recyclingrate). Es besteht weiterhin ein Optimierungspotenzial. Die gesamte Substitution von 1.987.687 Mg Natursteinen entspricht einer vermiedenen Flächeninanspruchnahme von 48.013 m². Die anteilige Schonung von Flächen durch die Schonung von Phosphat bzw. Phosphorit beträgt 320 m².

Tabelle 2.5: Ergebnisse der Rohstoffschonung 2022

Abfallart	Natursteine Mg/a	Rohmetalle Mg/a	Phosphat Mg/a	Holz (WG 20%) Mg/a	KEA fossil netto in TJ/a
Hausmüll und Geschäftsmüll	0	17.369			-4.611
Sperrmüll	0	2.092		0	-428
Bioabfall (BIOGUT)		75	169		-105
Eigenkompostierung			0		
Weihnachtsbäume				0	
Organikabfälle in Laubsäcken			6		
Altpapier				303.664	
LVP und StNVP	0	8.616		11.922	-2.296
Altglas	78.463				
Alttextilien					-1.954
Altreifen		2.949			-566
E-Schrott		11.594			
Altmetalle		7.144			
Boden und Steine	578.411				
Bauschutt	34.391				
Beton	1.097.039				
Gipsabfälle	3.245				
Ziegel	36.710				
Asphalt	157.104				-310

Abfallart	Natursteine Mg/a	Rohmetalle Mg/a	Phosphat Mg/a	Holz (WG 20%) Mg/a	KEA fossil netto in TJ/a
Baggergut	2.323				
Sonstige Abfallarten aus Gewerbe und Industrie	0	537			-217
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG)	0	585			-125
Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Bau- und Abbruchabfälle	0	9.412		1.208	-1.861
Ungefauter Klärschlamm (Rohschlamm)			0		-88
Gefauter und anteilig getrockneter Klärschlamm			100		-147
Straßenkehrsicht	0	17,6			+26
Getr. gesammeltes Altholz				16.132	
Baum- und Strauchschnitt			6	0	
Laub, Straßenlaub			21		
Straßenbegleitgrün			2		
Mähgut			11		
Speisereste, überl.LM			142		
Fettabscheiderinhalte			38		
Altfette					
Pferdemist			155		
Rechengut	0				
Summe	1.987.687	60.390	651	332.926	(*)

(*) Die Ausweisung der Summe ist nicht sinnvoll, da der KEA fossil nur für bestimmte Abfallarten ausgewertet wurde.

Das Zeichen „-“ steht dafür, dass der betreffende Indikator für die Abfallart nicht relevant ist.

Tabelle 2.6 zeigt die absoluten Nettoergebnisse für Luftschadstoffemissionen (Quecksilber, NOx, Ammoniak) sowie Schadstoffeintrag in den Boden (Cadmium). In der Summe über die ausgewerteten Abfallarten führt deren Entsorgung im Jahr 2022 wiederum hinsichtlich Quecksilberemissionen zu einer Nettobelastung, hinsichtlich NOx- und Ammoniakemissionen sowie dem Cadmumeintrag in Boden zu einer Nettoentlastung.

Luftemissionen und
Cadmumeintrag Boden

Tabelle 2.6: Nettoergebnisse Luftemissionen und Cadmumeintrag in Boden 2022

Abfallart	Quecksilber (Luft) kg/a	NOx (Luft) kg/a	Ammoniak (Luft) kg/a	Cadmumeintrag in Boden kg/a
Hausmüll und Geschäftsmüll	15,2	-177.997	-	-
Sperrmüll	-0,33	-1.813	-	-
Bioabfall (BIOGUT)	-	-	+30.672	-4,9
Eigenkompostierung	-	-	+41.475	+1,1
Weihnachtsbäume	-	-262	-	-
Organikabfälle in Laubsäcken	-	-	+103	+0,4

Abfallart	Quecksilber (Luft) kg/a	NOx (Luft) kg/a	Ammoniak (Luft) kg/a	Cadmiumeintrag in Boden kg/a
Altpapier	-	-	-	-
LVP und StNVP	+3,0	-70.557	-	-
Altglas	-	-	-	-
Alttextilien	-1,92	-272.732	-108.773	-
Altreifen	+0,18	-23.369	-	-
E-Schrott	-	-	-	-
Altmetalle	-	-	-	-
Boden und Steine	-	-	-	-
Bauschutt	-	-	-	-
Beton	-	-	-	-
Gipsabfälle	-	-	-	-
Ziegel	-	-	-	-
Asphalt	-	-	-	-
Baggergut	-	-	-	-
Sonstige Abfallarten aus Gewerbe u. Industrie	-0,04	-27.510	-	-
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (HMG)	+0,14	-9.954	-	-
Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Bau- und Abbruchabfälle	+4,43	-50.758	-	-
Ungefalter Klärschlamm (Rohschlamm)	+0,79	+11.296	-	0
Gefalter, anteilig getrockneter Klärschlamm	+2,61	+6.977	-	-4,6
Straßenkehrschutt	+0,03	+2.276	-	-
Getrennt gesammeltes Altholz	-	-50.317	-	-
Baum- und Strauchschnitt	-	+986	-	+0,03
Laub, Straßenlaub	-	-	+1.791	+0,10
Straßenbegleitgrün	-	-	+462	-0,05
Mähgut	-	-	+2.858	-0,3
Speisereste, überlagerte Lebensmittelabfälle	-	-	+6.716	-4,9
Fettabscheiderinhalte	-	-	+6.872	-1,5
Altfette	-	-5.423	+168	-
Pferdemist	-	-	+262	-2,6
Rechengut	-	+526	-	-
Summe	+24,0	-668.631	-17.395	-17,2

Das Zeichen „-“ steht dafür, dass der betreffende Indikator für die Abfallart nicht relevant ist.

Allgemein dient die Auswertung der Umweltindikatoren der Beurteilung der Umweltauswirkungen aus der Entsorgung der einzelnen Abfallarten, für die die Indikatoren von Bedeutung sind. Nur für diese wird die Bilanzierung vorgenommen. Deswegen ist es nur bedingt sinnvoll, spezifische Werte bezogen auf die gesamt entsorgte Abfallmenge zu bilden und zu vergleichen. Um dennoch Veränderungen gegenüber der Vorläuferbilanz einschätzen zu können, werden spezifische Werte gebildet, die sich auf die jeweils zugrundeliegende betrachtete Abfallmenge beziehen, z. B. bei der Schonung von Phosphat oder dem Cadmiumeintrag in den Boden für die ausgewerteten organischen Abfälle. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.7 und Tabelle 2.8 ausgewiesen. In den Tabellen ebenfalls angegeben ist der Prozentanteil der jeweils zugrundeliegenden Abfallmenge an der gesamt entsorgten Abfallmenge („Anteil Bezugsmenge“). In den beiden

Vergleichsjahren ist die Bezugsabfallmenge vergleichbar bzw. liegt bei den Natursteinen etwas niedriger und ansonsten höher. Dies ergibt sich durch die niedrigere gesamt entsorgte Abfallmenge in 2022, was anteilig v. a. auf die deutlich geringere Menge an mineralischen Abfällen zurückgeht.

Tabelle 2.7: Spezifische Ergebnisse der Schonung von Rohstoffen 2022 im Vergleich zu 2020

	Natursteine kg/Mg	Rohmetalle kg/Mg	Phosphat kg/Mg	Holz (WG 20%) kg/Mg	KEA fossil netto GJ/Mg
Spezifisches Ergebnis 2022	491	39	0,96	422	-6,4
Anteil Bezugsmenge	79%	30%	13%	15%	39%
Spezifisches Ergebnis 2020	449	41	0,71	367	-6,4
Anteil Bezugsmenge	82%	24%	11%	13%	32%

Tabelle 2.8: Spezifische Nettoergebnisse für Luftemissionen und Cadmiumeintrag in Boden 2022 im Vergleich zu 2020

	Quecksilber (Luft) g/Mg	NOx (Luft) g/Mg	Ammoniak (Luft) g/Mg	Cadmiumeintrag in Boden g/Mg
Spezifisches Ergebnis 2022	0,014	-361	-39	-0,025
Anteil Bezugsmenge	33%	36%	9%	13%
Spezifisches Ergebnis 2020	0,011	-217	-44	-0,012
Anteil Bezugsmenge	27%	30%	7%	11%

Bei der Schonung von Rohstoffen zeigt sich für Natursteine (inkl. Sande & Kies) eine etwas höhere spezifische Nettoeinsparung bei etwas geringerer Bezugsmenge. Dies resultiert aus der höheren Recyclingrate für mineralische Abfälle und der deutlich niedrigeren entsorgten Menge in 2022. Beim KEA fossil bestehen auf spezifischer Ebene kaum Änderungen. Bei den Rohmetallen liegt die spezifische Nettoeinsparung bei höherem Bezugsmengenanteil etwas niedriger. In 2022 lag v. a. der Anteil an verwerteten Metallen aus dem Restmüll niedriger. Die höhere spezifische Nettoeinsparung für Phosphat ergibt sich v. a. durch die Phosphorrückgewinnung aus gefaultem Klärschlamm (MAP), die 2020 aus Wartungsgründen nicht erfolgte. Bei der Holzschonung zeigt sich ebenfalls eine höhere spezifische Nettoeinsparung, dies v. a. bedingt durch die für 2022 angesetzte anteilige werkstoffliche Verwertung von Altholz. Altpapierrecycling trägt ebenfalls ein wenig bei durch den leicht höheren Zellstoffanteil im Substitutionsmix. Gesunken ist dagegen der Holzschonungsanteil durch Papier, das aus den nicht überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfällen und gemischten Bauabfällen aussortiert wurde; in 2022 lag der Mengenanteil mit 0,2% deutlich niedriger als 2020 (1,9%).

Bei den Luftemissionen zeigt sich bei den NOx-Emissionen eine deutlichere Verbesserung im Nettoentlastungspotenzial. Ursächlich sind v. a. die aktualisierten Emissionswerte für Brennstoffvorketten und der dadurch höhere Emissionsfaktor bei Wärme, so dass die energetische Verwertung höhere Entlastungspotenziale erzielt. Im Einzelfall bestehen weitere Änderungen wie z. B. bei Alttextilien bei denen das spezifische Nettoentlastungspotenzial aufgrund der Verschiebung von der Wieder- zur Weiterverwertung reduziert ist. Der geringere Anteil Wiederverwendung bei Alttextilien ist auch der Hauptgrund für das geringere spezifische Nettoentlastungspotenzial bei Ammoniak-

emissionen. Alttextilien und deren Recycling mit anteiliger Substitution von Baumwollanbau ist die einzige Abfallart bei der Entlastungseffekte erzielt werden. Ansonsten sind Ammoniakemissionen bei der Behandlung organischer Abfälle relevant, wo Nettobelastungen bestehen. Die spezifische Nettobelastung für Quecksilberemissionen liegt etwas höher. Hier überwiegen etwas höhere Emissionen aus der Behandlung von Restmüll, geringere Quecksilberemissionen z. B. bei der Verbrennung von ungefaultem Klärschlamm oder auch die Ergebnisumkehr zu einer Nettoentlastung bei Sperrmüll durch den höheren Anteil der energetischen Verwertung in TAB statt zur Mitverbrennung in Kohle- und Zementkraftwerken. Das höhere spezifische Nettoentlastungspotenzial beim Cadmiumeintrag in Boden resultiert v. a. aus der Substitution von P-Dünger durch die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm (MAP), die 2022 wieder erfolgte und zudem durch geringere Cadmiumgehalte im flüssigen Gärrest aus der Bioabfallvergärung.

3 Erläuterungen zu ausgewählten Abfallarten

3.1 Aufkommen organischer Abfallfraktionen

Für organische Abfälle, die eigenkompostiert werden sowie für Mähgut, Laub, Baum- und Strauchschnitt, die in den Bezirken anfallen und auch von Garten- und Landschaftsbau (GaLa-)betrieben erfasst werden, gibt es keine jährlichen Erhebungen oder Dokumentationen zum Aufkommen und Verbleib. Die Mengen waren aus der Erhebung (Kern et al. 2009) für die SKU-Bilanz abgeleitet und konstant fortgeschrieben worden. Für die SKU-Bilanz 2022 konnten Daten aus einer aktuellen Studie verwendet werden (uec/ifeu 2023, noch nicht veröffentlicht). Die Biomassepotenzialstudie zur Ermittlung der Wärmepotenziale aus Biomasse beinhaltet eine Neuerhebung der o. g. Abfallfraktionen.

Die Menge zur **Eigenkompostierung** (s. 2.1.4) wurde für 2022 darin neu zu **52.857 Tonnen** berechnet. Gegenüber der bisherigen Menge von 100.939 Tonnen entspricht dies fast einer Halbierung, die sich anteilig z. B. durch eine gesteigerte getrennte Erfassung ergibt. Pro-Kopf liegt das Aufkommen zur Eigenkompostierung im Land Berlin gegenüber Schätzwerten für den Bundesdurchschnitt¹⁹ vergleichsweise niedrig und reduziert sich von bisher 27,55 kg/E*a mit der Neuberechnung für 2022 auf 14,08 kg/E*a.

Zur Ermittlung des Aufkommens und Verbleibs für **Mähgut, Laub, Baum- und Strauchschnitt** wurden die Bezirksämter und Behörden (Gewässerpflege) befragt und zudem mögliche Potenziale bei Berliner Gärten, Tierparks, den Berliner Forsten, Berliner Stadtgütern, (ehemaligen) Flughäfen, GaLa-Baubetrieben (v. a. Grün Berlin), der Deutschen Bahn und der BVG erfragt. Die neu ermittelten Mengen wurden für die SKU-Bilanz mit Ausnahme von Ernteresten (landwirtschaftliche Abfälle) und den Mengen der Deutschen Bahn berücksichtigt. Letztere waren auch in der Erhebung von 2009 nicht enthalten. Die Flächen unterliegen der Bundeshoheit und die Biomassen daraus stellen keine Potenziale dar, da sie aus Sicherheitsgründen nicht geborgen werden.

Die neu ermittelten Werte sind in Tabelle 3.1 bis Tabelle 3.3 den bisherigen gegenübergestellt. Für den Verbleib konnten teils keine Angaben gemacht werden (nicht bekannt, „n.b.“). Bei Baum- und Strauchschnitt ist ein Verbleib vor Ort wahrscheinlich und wurde für die SKU-Bilanz angenommen. Bei Mähgut und Laub handelt es sich teils um Mengen, die über Grün Berlin (GaLa-Baubetrieb) angegeben wurden. Damit ist davon auszugehen, dass Mengen zumindest anteilig erfasst wurden und nicht vor Ort verbleiben. Hier wurden die Mengen „n.b.“ für die SKU-Bilanz vereinfacht hälftig einer Kompostierung und dem Verbleib vor Ort zugeordnet.

¹⁹ Bisläng gibt es vereinzelte Schätzwerte für Eigenkompostierungsmengen, die z. B. zwischen 65 und 110 kg/E*a liegen (Vogt et al. 2023). Im laufenden UBA-Vorhaben „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung“ wird die Eigenkompostierungsmenge nach Berechnungsvorgaben der EU ermittelt (Durchführungsbeschluss 2019/1004 der Kommission vom 7. Juni 2019). Das Projekt läuft bis März 2024 und kann für die SKU-Bilanz 2024 vergleichend herangezogen werden.

Tabelle 3.1: Aufkommen **Baum- und Strauchschnitt** (s. 2.2.15) bisher und neu für 2022

	Einheit	bisher	ab 2022
Aufkommen gesamt	Mg	44.656	29.193
Bezirke und GaLa	Mg	44.656	28.044
Gewässerpflege	Mg		359
Sonstige	Mg		790
Verbleib			
Anteil Holz-HKW	%	78%	74%
Anteil Kompostierung	%		15%
Anteil Verbleib vor Ort	%	22%	1%
Anteil n.b.	%		10%

Tabelle 3.2: Aufkommen **Mähgut** (s. 2.2.18) bisher und neu für 2022

	Einheit	bisher	ab 2022
Aufkommen gesamt	Mg	43.600	45.809
Bezirke und GaLa	Mg	43.600	36.870 ¹
Flughafen Berlin (BER)	Mg		7.470
Sonstige	Mg		1.470
Verbleib			
Anteil Biomasse-HKW	%		4%
Anteil Kompostierung	%	100%	38%
Anteil Verbleib vor Ort	%		20%
Anteil n.b.	%		38%

1) 25.767 Mg Bezirke und 11.103 Mg nach (ICU/uec 2021) berechnet für Rasenflächen kommunaler Wohnungsbaugesellschaften, Sammlung über GaLa.

Tabelle 3.3: Aufkommen **Laub** (s. 2.2.16) bisher und neu für 2022

	Einheit	bisher	ab 2022
Aufkommen gesamt	Mg	24.142	7.098
Bezirke und GaLa	Mg	24.142 ¹	7.036
Botanischer Garten	Mg		63
Verbleib			
Anteil Biomasse-HKW	%		8%
Anteil Kompostierung	%	100%	49%
Anteil Verbleib vor Ort	%		2%
Anteil n.b.	%		41%

1) 13.133 Mg Bezirke und 11.009 Mg GaLa.

Das neu ermittelte Aufkommen für Baum- und Strauchschnitt liegt 35% niedriger und ist ggf. unterschätzt. GaLa-Baubetriebe konnten nur eingeschränkt befragt werden. Der Verbleib der Mengen unterscheidet sich ein wenig. Der Anteil energetische Verwertung ist etwas niedriger und der Anteil Mulchung verteilt sich neu auf den Verbleib vor Ort (inkl. „n.b.“) und eine Kompostierung. Die Kompostierung wurde als einfache offene Kompostierung angenommen und die erzeugbare Kompostmenge wegen der Holzigen Anteile mit 50% angesetzt (geringerer Abbaugrad als bei krautigen Abfällen). Für die Mulchung vor Ort wird wie bisher angenommen, dass das Holzige Material gehäckselt wird und darüber hinaus keine weiteren Emissionen anfallen. Auch weiterhin ist angenommen, dass ohne die Mulchung keine andere Düngung erfolgen würde und entsprechend kein konventioneller Dünger ersetzt wird.

Das neu ermittelte Aufkommen für Mähgut und Laub liegt bei Mähgut 5% höher und bei Laub 71% niedriger. Teilweise waren die Mengen bei der Neuerhebung nicht getrennt berichtet worden; für diese wurde der Anteil Laub mit 25% geschätzt und ist ggf. damit etwas unterschätzt. Andererseits besteht ggf. eine Unterschätzung der Laubmenge, da GaLa-Baubetriebe nur eingeschränkt befragt werden konnten. Für Mähgut wurde ergänzend zur Befragung eine über GaLa-Baubetriebe gesammelte Menge von Rasenflächen kommunaler Wohnungsbaugesellschaften basierend auf (ICU/uec 2021) zu 11.103 Mg berechnet.

Der Verbleib unterscheidet sich sowohl bei Mähgut als auch bei Laub deutlicher. Der Anteil der Kompostierung liegt nur noch bei 38% bzw. 49% (statt 100%). Die Anteile ohne Angaben („n.b.“) sind mit 38% bzw. 41% relativ hoch. Für eine bessere Anschlussfähigkeit und da die Mengen zumindest anteilig erfasst wurden und damit eher nicht vor Ort verbleiben, wurden diese Mengen für die SKU-Bilanz jeweils hälftig der Kompostierung und dem Verbleib vor Ort zugeordnet. Für den Verbleib vor Ort wird anders als bei Baum- und Strauchschnitt nicht angenommen, dass das krautige Material gehäckselt würde. Insgesamt fallen damit für diesen Verbleib weder Be- noch Entlastungen an. Für kleinere Mengen ist eine energetische Verwertung in Biomasse-Heizkraftwerken (BMKW) angegeben. Denkbar ist, dass es sich um Mengen mit eher strauchigen Anteilen nach einer Stoffstromtrennung handelt. Genauer konnte das in (uec/ifeu 2023) nicht ermittelt werden. Für die SKU-Bilanz wird die energetische Nutzung in einem bundesdurchschnittlichen BMKW bilanziert. Analog dem Vorgehen für die Brennstoffpotenzialermittlung in (uec/ifeu 2023) werden Heizwerte für Laub und für Mähgut verwendet und angenommen, dass keine fossilen Verunreinigungen gegeben sind ($C_{\text{fossil}} = 0$).

Für **Baum- und Strauchschnitt** ist die energetische Verwertung vorteilhaft. Die neu ermittelte anteilige Kompostierung und auch der Verbleib vor Ort könnten bei gegebener Eignung des Materials²⁰ zur energetischen Verwertung umgelenkt werden.

Optimierungsmöglichkeiten

Laub ist für eine Mitverbrennung in thermischen Behandlungsanlagen geeignet (Mitverbrennungsversuch im IKW Rüdersdorf 2014 (ifeu 2015)) und eignet sich vermutlich auch trotz des niedrigen Heizwertes anteilig für die Mitverbrennung in einem BMKW. Der Einsatz für letzteres dürfte aber aufgrund der Aschebildung beschränkt sein. Weitere Alternativen bestehen in der Umlenkung zu emissionsarmen biologischen Behandlungsverfahren. Eine Vergärung wurde beispielsweise in (de Jesús Vargas-Soplin et al. 2022) untersucht; die modellierte Co-Vergärung von Laub aus Berlin in landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Gülle zeigte positive Ergebnisse gegenüber einer Kompostierung.

²⁰ Ggf. handelt es sich auch um eher krautiges Material mit niedrigem Heizwert.

Für **Mähgut** bestehen Optimierungsmöglichkeiten v. a. in der Umlenkung zu einer Vergärung in emissionsarmen Behandlungsanlagen. Der nach der Neuerhebung hinzu gekommene kleine Anteil zur thermischen Nutzung ist aufgrund des geringen Heizwertes eher kein umfassend geeigneter Behandlungsweg.

Im Rahmen eines Workshops wurde für die Biomassepotenzialstudie (uec/ifeu 2023) auch die Möglichkeit der Pyrolyse für die hier betrachteten organischen Abfallfraktionen diskutiert. Nach (Wagner et al. 2023) sind Baum- und Strauchschnitt, Laub (oder auch Tier- und Pferdemist) hierfür grundsätzlich geeignet (Voraussetzung ist eine gewisse Trockenheit), krautiges Material wie Mähgut nach einer Vorbehandlung (z. B. Pelletierung). Insbesondere für Biomassen, die bisher kompostiert oder gemulcht werden, könnte das Verfahren eine vorteilhafte Alternative darstellen. Etwa die Hälfte der gebundenen Energie könnte für eine externe Nutzung zur Verfügung stehen, und die aus der Pyrolyse erzeugte Pflanzenkohle speichert langfristig biogenen Kohlenstoff (zertifizierbare C-Senke) und kann als Kompostzusatz oder als Substratzusatz für Berliner Stadtbäume verwendet werden. Als Kompostzusatz bewirkt die Pflanzenkohle eine Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Behandlung. Als Substratzusatz bietet sie eine bessere Trockenresilienz für Stadtbäume, da sie eine gute Wasserhaltekapazität aufweist. (Wagner et al. 2023, Wagner und Geiges-Erzgräber 2021, Wagner et al. 2020)

Für künftige SKU-Bilanzen sollte die Möglichkeit der Erzeugung von Pflanzenkohle weiter beobachtet werden, um mögliche Optimierungspotenziale für organische Abfallfraktionen konkretisieren zu können.

3.2 Aufkommen und Verbleib Alttextilien

Für das Aufkommen und den Verbleib von Alttextilien war für die SKU-Bilanz 2020 eine Primärdatenerhebung durchgeführt worden (ifeu/ARGUS 2021). In den Jahren zuvor basierte die Bilanzierung mangels belastbarer, berlinspezifischer Daten auf einer abgeschätzten Getrennterfassungsmenge. Erkenntnisse aus der Neuerhebung waren:

- Es gibt für Berlin viele gemeldete Unternehmen und Organisationen; ca. 54 wurden durch Auswertung der Sammelanzeigen gemäß § 18 KrWG und ergänzend Internetrecherchen identifiziert und kontaktiert.
- In die Auswertung konnten Daten von 15 Unternehmen und Organisationen einbezogen werden; andere haben nicht geantwortet oder waren nicht mehr aktiv oder nicht auffindbar; oder es sind karitative Annahmestellen mit eher kleinen Mengen, die keine Mengenangaben machen konnten.
- Die Befragung ergab für Berlin für das Jahr 2019 eine Sammelmenge an Alttextilien von 9.577 Mg bzw. 2,6 kg/(E*a).
- Ein Abgleich mit bundesweiten Verbandsangaben (bvse 2020) sowie Daten anderer Bundesländer und Ergebnisse von Restmüllanalysen zeigte, dass sich für Berlin nach Rechenansatz der bvse-Studie ein rechnerisches Sammelaufkommen von 9,9 kg/(E*a) für die getrennt erfassten Mengen ergibt²¹.

²¹ Bei der Berechnung wurde das Aufkommen im Restmüll für Berlin berücksichtigt (ARGUS 2019), das mit 8,4 kg/(E*a) höher liegt als der Schätzwert nach bvse-Studie von 3 kg/(E*a) und auch höher als der nach (Dornbusch et al. 2020) ermittelte bundesweite Wert von 4,5 kg/(E*a). Das gesamte rechnerische Aufkommen an Alttextilien für Berlin ergibt sich zu 18,3 kg/(E*a) (Summe Restmüll plus Summe getrennt erfasst).

- Mögliche Gründe für die Diskrepanz wurden in Alttextilstromen gesehen, die von der Erhebung nicht abgedeckt wurden (z. B. Kleinsammler, gewerbliche Quellen) oder im unvollständigen Datenrücklauf oder in einer Überschätzung des Alttextilaufkommens durch die bvse-Studie für Berlin.
- Aufgrund der bestehenden Datenlücken wurde für die SKU-Bilanz 2020 die rechnerische Sammelmenge von 9,9 kg/(E*a) bzw. 36.274 Mg zugrunde gelegt.
- Für den Verbleib der Alttextilien wurden die Ergebnisse der berlinspezifischen Erhebung verwendet, die auch etwa dem bundesweiten Verbleib nach (bvse 2020) entsprechen.
- Für künftige SKU-Bilanzen wurde empfohlen anstatt einer umfassenden Neuerhebung, das ermittelte Pro-Kopf-Aufkommen fortzuschreiben und für den Verbleib Daten bei den beiden wesentlichen Berliner Sammlern abzufragen.

Den Empfehlungen wurde für die SKU-Bilanz 2022 gefolgt. Für 2022 gibt es keine neue Hausmüllsortieranalyse für Berlin, so dass hieraus keine Informationen für eine mögliche Änderungen des Pro-Kopf-Aufkommens für die getrennte Sammlung vorliegen. Entsprechend wurde die rechnerische Sammelmenge für die getrennte Erfassung von Alttextilien in Höhe von 9,9 kg/(E*a) für 2022 beibehalten. Für den Verbleib wurden insgesamt vier relevante Berliner Unternehmen befragt von denen drei Daten rückgemeldet haben.

Die Erfassungsmenge für 2022 berechnet sich mit dem Pro-Kopf-Aufkommen und der Bevölkerungszahl in Berlin im Jahr 2022 in Höhe von 3.755.251 zu **37.177 Tonnen**. Analog dem leichten Bevölkerungsanstieg liegt diese Menge 2% höher als für 2020.

Erfassungsmenge für 2022

Der Verbleib der Alttextilien war für 2020 aus den Angaben von vier Unternehmen berechnet worden. Diese vier Unternehmen wurden auch für 2022 befragt. Von einem dieser Unternehmen, das für 2020 etwa 45% der gemeldeten Mengen verantwortet hatte, wurde keine Rückmeldung erhalten. Die gemeldeten Mengen der anderen drei Unternehmen lagen deutlich niedriger als für 2020. Der angegebene Verbleib für die Alttextilien wird dennoch für die Bilanzierung für 2022 übernommen, da sich darin aktuelle Trends widerspiegeln.

Verbleib der getrennt erfassten Alttextilien

Tabelle 3.4: Verbleib getrennt erfassten Alttextilien nach Datenerhebung bei Berliner Unternehmen

	2022	2020
Wiederverwendung	42%	61%
Weiterverwendung (Putzlappen)	40%	18%
Recycling (Reißerei)	7%	9%
Thermische Behandlung	11%	10%
Beseitigung	1%	1%

Die der prozentualen Aufteilung zugrunde liegenden gemeldeten Mengen für 2022 sind nochmals geringer als für 2020 werden aber als trendgemäß angesehen.

In Tabelle 3.4 ist die berechnete Aufteilung für die gemeldeten Verbleibsmengen für das Jahr 2022 der für das Jahr 2020 gegenübergestellt. Daraus wird deutlich, dass sich insbesondere die Anteile zur Wiederverwendung und zur Weiterverwendung verschoben haben. Die Anteile zum Recycling, zur thermischen Behandlung und Beseitigung sind nur

wenig verändert. Der Trend der geringeren Mengen zur Wiederverwendung findet mögliche Erklärungen in Angaben des Fachverbandes Textilrecycling (bzw. bvse) zum Alttextilmarkt 2022²². Zum einen besteht ein Rückgang an qualitativ hochwertigen Alttextilien für die Wiederverwendung und zum anderen wurde infolge des Kriegs in der Ukraine das EU-weite Exportverbot nach Russland auch für Alttextilien verhängt. Europa, West- und Osteuropa, sind neben Afrika ein wichtiger Markt für Alttextilien zur Wiederverwendung. Nach den Abfrageergebnissen für 2020 lagen Exportanteile bei 53% für Europa (grob hälftig West- und Osteuropa) und bei 31% für Afrika (ifeu/ARGUS 2021). Zwar ist es 2022 nach bvse-Angaben zu verstärkten Exporten nach Afrika und Südamerika gekommen, dennoch scheinen rückläufige Anteile zur Wiederverwendung plausibel, z. B. da warme Bekleidung nicht nach Afrika exportiert würde.

Die Bilanzierung für Alttextilien entspricht der für 2020 auf Basis der Neuerhebung neu aufgesetzten Bilanzierung (ifeu/ARGUS 2021):

Bilanzierung Alttextilien

- Für die Wiederverwendung sind Transportstrecken für die Exporte berücksichtigt; die vereinfachte Annahme einer 50%igen Lebensdauererlängerung (-> Gut-schrift Neuware 50% Baumwolle, 50% Synthefasern) ist unverändert beibehalten.
- Weiterverwendung als Putzlappen nach Angaben in Zamani et al. (2014); Substitutionspotenzial nach (UBA 2021) 60% Cellulose und 40% Polyester.
- Recycling, die Aufbereitung zu Fasergemischen in einer Reißerei, nach Angaben von SOEX; Anwendung der Reißfasergemische v. a. Dämmstoffe, Verkleidung, Malervliese; Substitutionspotenzial nach (UBA 2021) 71% Synthefasern, 27% Cellulose und 2% Baumwolle.
- Thermische Behandlung in TAB mit Kenndaten für Alttextilien.
- Beseitigung, keine weiteren Angaben, < 1% nicht betrachtet.

Die spezifischen Ergebnisse der Klimagas- und Umweltbilanz pro Kilogramm Alttextil fallen in 2022 niedriger aus als für 2020 v. a. aufgrund der Verschiebung von der Wiederverwendung zur Weiterverwendung. In den Einzelergebnissen der Klimagasbilanz (s. Kap. 2.1.10) zeigen sich nur kleinere Änderungen, die auf aktualisierte Emissionswerte für Energie, Transporte und die Primärherstellung für Textilfasern zurückgehen (s. Kap. 5.1 und 5.2). Ähnliches gilt auf spezifischer Ebene für die Ergebnisse der Umweltbilanz. Auf absoluter Ebene kommt es für NOx- und insbesondere für Ammoniakemissionen zu deutlich geringeren Nettoentlastungen. Hintergrund ist, dass bei der Weiterverwendung keine Baumwolle ersetzt wird (s. o.) und Ammoniakemissionen v. a. aus landwirtschaftlichen Aktivitäten anfallen, während die Zelluloseherstellung aus Holz berechnet ist.

Im Land Berlin bestehen seit einiger Zeit vielfältige Aktivitäten seitens der Senatsverwaltung, im Rahmen der Re-Use Berlin Initiative, Textilstoffströme zu optimieren (ifeu/ARGUS 2021). Ziel ist eine zirkuläre Textilwirtschaft aufzubauen, um dadurch die Umweltentlastungspotenziale der Wiederverwendung, Weiterverwendung oder von hochwertigem Recycling zu erschließen. Im Rahmen der SKU-Bilanz 2022 wurden ökologische Untersuchungen für zwei Pilotprojekte zum Textilrecycling durchgeführt. Die Ergebnisse sind aufgrund des Pilotcharakters und gegebener Datenunsicherheiten orientierend, zeigen aber die Möglichkeiten und die Bedeutung insbesondere der Substitution von Baumwolltextilien, wie sie auch aus anderen Studien bekannt ist (z. B.

Optimierungsmöglichkeiten

²² <https://www.bvse.de/themen/geschichte-des-textilrecycling/alttextilmarkt-2015-2016.html> (28.11.23)

Jungmichel et al. 2020). Die zirkuläre Textilwirtschaft in Berlin ist ein wichtiger Baustein die Kreislaufwirtschaft konsequent in Richtung des Leitbildes Zero Waste weiter zu entwickeln und wird seitens der Senatsumweltverwaltung weiterverfolgt und unterstützt.

Die Datenerhebung für 2020 hatte gezeigt, dass für das Land Berlin erhebliches Optimierungspotenzial besteht. In Verbindung mit den anstehenden gesetzlichen Vorgaben, der ab 01.01.2025 geltenden Pflicht zur Getrennterfassung von Alttextilien (§ 20 KrWG), wird für das Land Berlin empfohlen, ein integriertes Konzept für die getrennte Erfassung und Verwertung von Alttextilien zu entwickeln. Wichtige Schritte hierbei sind:

- Weitere Fachdialoge mit beteiligten Kreisen, um Bedarf und Möglichkeiten in einem gemeinsamen Konzept zu berücksichtigen,
- die Optimierung der getrennten Erfassung, um die vergleichsweise hohen Anteile im Berliner Restmüll zu reduzieren und um bereits bei der Sammlung möglichst gut vorsortierte Qualitäten zu erhalten,
- die Schließung von Datenlücken z. B. durch Berichtspflichten zu jährlichen Sammelmengen,
- der Aufbau von Strukturen für die stoffliche Verwertung auch von Alttextilien, die nicht mehr für eine Wiederverwendung in Frage kommen.

Auf Bundesebene bestehen Überlegungen für eine erweiterte Herstellerverantwortung für Textilien, die ebenfalls Optimierungsmöglichkeiten bieten können. In der engeren Wahl stehen ein herstellergetragenes Modell oder ein Systembeteiligungsmodell. (Bünnemann et al. 2023)

3.3 Aufkommen und Verbleib E-Schrott

Für das Aufkommen und den Verbleib der Elektro- und Elektronikaltgeräte (E-Schrott) war für die SKU-Bilanz 2020 eine Primärdatenerhebung durchgeführt worden (ifeu/ARGUS 2021). In den Jahren zuvor war die Bilanzierung auf die Menge der von der BSR an den Wertstoffhöfen und über die Sperrmüllabfuhr erfassten Altgeräte beschränkt. Erkenntnisse aus der Neuerhebung waren:

- Eine Ermittlung der Berliner Daten aus den Daten der Stiftung ear ist nicht zielführend, da wenig erfolversprechend und mit hohem Aufwand verbunden.
- Daten aus den abfallstatistischen Erhebungen²³ lassen sich für das Aufkommen aus Berlin ungefähr bestimmen, eine Unterteilung in Gerätekategorien ist jedoch nicht möglich.
- Die Befragung von Erstbehandlungsanlagen, Vertreibern, Herstellern und Rücknahmesystemen zeigt, dass die in Berlin anfallenden Altgeräte ganz überwiegend auch in Berlin der Erstbehandlung zugeführt werden.
- Dabei werden die Mengen überwiegend von zwei der sieben befragten Erstbehandlungsanlagen erfasst in denen auch die BSR-Mengen enthalten sind.

Im Fazit der Erhebung wurde für künftige SKU-Bilanzen empfohlen anstatt jeweils einer umfassenden Neuerhebung, Daten bei den beiden wesentlichen Berliner Erstbehandlungsanlagen abzufragen, ggf. in Verbindung mit ergänzenden Schätzungen basierend

²³ Von Bedeutung sind hier die Erhebung an den Anlagen zur Erstbehandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten sowie die Erhebung an den Anlagen zur Zerlegung von Elektro- und Elektronikaltgeräten.

auf der Abfallstatistik. Für darüber nicht neu erfassbare Angaben (z. B. Verbleib der kleinen Menge der Gerätekategorie 3 „Lampen“) und den weiteren Verbleib der Mengen zum Recycling (Folgebehandlungsanlagen) können Angaben aus der Erhebung in 2020 vereinfacht fortgeschrieben werden.

Für das Jahr 2022 liegen keine aktuellen statistischen Daten vor und auch für das Jahr 2020 ist zum Stand November 2023 nur eine Zusammenfassung für übergeordnete Abfallströme veröffentlicht²⁴. Entsprechend wurden die Mengen für das Jahr 2022 auf Basis der Befragung der beiden relevanten Berliner Erstbehandlungsanlagen ermittelt.

Erfassungsmenge für 2022

Die insgesamt entsorgte Menge ergibt sich danach für das Jahr 2022 zu 23.516 Mg (6,3 kg/E*a) und liegt damit absolut um 8% niedriger als 2020 (25.654 Mg bzw. 7,0 kg/E*a). Über die BSR Recyclinghöfe wurden 2022 insgesamt 12.279 Mg erfasst (BSR 2023). Gegenüber 2020 liegt diese Menge um 14% niedriger (2020: 14.286 Mg). Die Mengen des Altgeräteaufkommens nach Gerätekategorien im Jahr 2022 ist aus Tabelle 3.5 ersichtlich. Gegenüber 2020 besteht vor allem eine Verschiebung der prozentualen Zusammensetzung von der Kategorie Großgeräte (39% statt 47%) zur Kategorie Wärmeüberträger (37% statt 21%)²⁵.

Die Behandlung in den Erstbehandlungsanlagen beschränkt sich i.d.R. auf die Vorbereitung zur Wiederverwendung, die Schadstoffentfrachtung und Wertstoffseparierung der angenommenen Elektro(nik)altgeräte. Die Erstbehandlungsanlagen sind dennoch in der Lage, Angaben zur Letztbehandlung der angenommenen Altgeräte zu machen, da sie nach Elektro- und Elektronikgerätegesetz verpflichtet sind, diese Informationen von den nachgelagerten Behandlern abzufragen und den berichtspflichtigen Anlieferern für deren Berichterstattung an die Stiftung ear zur Verfügung zu stellen (ifeu/ARGUS 2021). Für 2020 waren im Weiteren für Datenlücken aus der Erhebung Schätzungen vorgenommen worden.

Verbleib der getrennt erfassten Altgeräte

Für 2022 wurden die Mengen zum Letztverbleib wie gemeldet angesetzt. Der sich daraus ergebende und in Tabelle 3.5 dargestellte Letztverbleib unterteilt in „Vorbereitung zur Wiederverwendung“, „Recycling“, „sonstige Verwertung²⁶“, „energetische Verwertung“ und „Beseitigung“ für die sechs Gerätekategorien beinhaltet gegebenenfalls Datenunsicherheiten. Gegenüber 2020 bestehen kleinere Änderungen. In 2020 lag der Anteil zur Vorbereitung zur Wiederverwendung mit 3,9% höher, der für Recycling lag 2020 mit 82,5% etwas niedriger und die Beseitigung mit 1,6% ebenfalls niedriger. Der Anteil zur energetischen Verwertung ist mit rd. 12% gleichgeblieben.

Die weitere Aufbereitung der in den Erstbehandlungsanlagen vorbehandelten Geräte (Folgebehandlung) wurde im Rahmen der SKU-Bilanz 2020 bei vier ausgewählten Anlagen erhoben. Aus dem Datenrücklauf wurde die Bilanzierung für Aufwendungen und Outputs (Wertstoffe, Abfälle) der zum Recycling ausgewiesenen Mengen umgesetzt. Für die Zusammensetzung, die Qualität und die weitere Behandlung der Outputfraktionen mussten allerdings überwiegend Annahmen getroffen werden.

²⁴ <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/q-ii-1-2j> (6.11.23).

²⁵ Hintergrund sind vermutlich angepasste Zuordnungen seit der Umstellung von den bisherigen Rubriken „Kühlgeräte“, „braune Ware“, „weiße Ware“ auf die aktuellen Gerätekategorien.

²⁶ z. B. Verfüllung von Glasabfällen

Tabelle 3.5: Behandlungsmenge und Verbleib von Elektro(nik)altgeräten in Berlin auf Basis der Erhebung an zwei Erstbehandlungsanlagen (EBA) für 2022

	Behandlung gesamt [Mg]	Vorber. zur Wiederver- wendung	Recycling	Sonstige Ver- wertung	Energetische Verwertung	Beseitigung
01 Wärmeüberträger	8.793	0,4%	82%	0%	13%	4,7%
02 Bildschirme, Monitore	2.587	0,0%	90%	0%	2%	8,6%
03 Lampen ¹	37		90%		7%	2,9%
04 Großgeräte	9.100	0,0%	90%	0%	9%	1,4%
05 Kleingeräte	2.142	0,5%	78%	0%	21%	0,9%
06 Kleine IT-Geräte	859	0,5%	78%	0%	21%	0,9%
Gesamt	23.516	0,3%	84%	0%	12%	3,6%

1) Verbleib Lampen wie 2020; Aufkommen ohne Zuschätzung weiterer Mengen anderer EBA

Die Bilanzierung für 2022 wurde aus der für die SKU-Bilanz 2020 neu aufgesetzten Bilanzierung übernommen (Umstellung der früheren Kategorien „Kühlgeräte“, „weiße Ware“ und „braune Ware“ auf jetzige Gerätekategorien). Eine genauere Beschreibung findet sich in (ifeu/ARGUS 2021). Wesentliche Aspekte daraus sind:

Bilanzierung E-Schrott

- „Kleingeräte“ und „kleine IT-Geräte“ sind zusammen betrachtet, da sie in derselben Folgebehandlungsanlage behandelt werden und keine Differenzierung möglich ist.
- „Lampen“ werden aufgrund der sehr geringen Menge und fehlender Informationen zu deren Behandlung in der Bilanzierung nicht weiter betrachtet.
- Für die „energetische Verwertung“ ist eine Behandlung in durchschnittlichen EBS-Kraftwerken angenommen.
- „Beseitigung“ (Deponie) und „sonstige Verwertung“ (Verfüllung) sind als nicht THG-relevant bewertet (keine direkten Emissionen außer durch Transport, keine Gutschriften).
- „Vorbereitung zur Wiederverwendung“:
 - Bei „Großgeräten“ und „Wärmeüberträgern“ nicht bilanziert, da die Mengen sehr gering sind, die Zusammensetzung innerhalb der Gerätekategorien nicht bekannt ist und bei energieverbrauchenden Geräten wie Kühlgeräte, Waschmaschinen, Trockner in den letzten Jahren deutliche Effizienzsteigerungen gegeben waren, so dass die Bewertung einer Lebensdauererlängerung mit sehr hohen Datenunsicherheiten verbunden wäre.
 - Für „Bildschirme, Monitore“ und „Kleingeräte & kleine IT-Geräte“ wurden Repräsentanten nach (ifeu 2019) für die Lebensdauererlängerung ausgewählt (LCD-Fernseher, Handy, Durchschnittswert für Elektrokleingeräte).
- Für das „Recycling“ (Folgebehandlung) konnten Input-Output-Mengen und teils Energiebedarfe aus der Befragung entnommen werden. Hauptfraktion im Output sind i. d. R. Metalle bzw. bei „Bildschirme, Monitore“ Glas oder Kunststoffe und im Weiteren Reste oder nicht recycelbare Stoffe.

Die spezifische Nettoentlastung der Klimagasbilanz fällt in Summe höher aus. Hier bewirken die Aktualisierungen für die Primärherstellung von trockenen Wertstoffen (Metalle, Kunststoffe) höhere Entlastungseffekte (Kap. 5.2). Auch auf Ebene der Einzelergebnisse nach Gerätekategorien zeigen sich dadurch durchgängig höhere Entlastungseffekte. Die Verschiebungen zwischen den Gerätekategorien und die leichten Änderungen im prozentualen Verbleib haben nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis. Die spezifische Nettoentlastung bei der Schonung von Rohmetallen fällt etwas höher aus bedingt durch den etwas höheren Recyclinganteil.

Optimierungsmöglichkeiten bestehen vor allem im Ausbau der Wiederverwendung, insbesondere von IKT-Geräten, der für Berlin im Rahmen der Re-Use Initiative angestrebt und verfolgt wird. Beispielsweise wurde die Vergabe für die öffentliche Beschaffung von IKT-Geräten an weitergehende Anforderungen für die Rücknahme von Altgeräten geknüpft (Leistungsblatt gemäß Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt, VwVBU, 01.12.2021). Bieter haben danach darzulegen, wie sie eine möglichst maximale Wiederverwendungsquote erzielen. Zudem sind die durch Wiederverwendung und Recycling jeweils erzielten Klimagaseinsparungen und Ressourceneinsparungen zu dokumentieren. In der Praxis finden die Anforderungen mit den neuen Rahmenverträgen Anwendung, die 2023 abgeschlossen wurden.

Optimierungsmöglichkeiten

3.4 Aufkommen und Verbleib Altreifen

Die Verwertung von Altreifen beruht in der SKU-Bilanz auf Mengenangaben für die Bundesebene, da die über die BSR oder in Vorbehandlungsanlagen erfassten Mengen nur gering sind (ifeu/ICU 2012). Datenquelle sind Verbandsangaben nach GAVS (Gesellschaft für Altgummiverwertungssysteme) bzw. wdk (Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e.V.). Für die SKU-Bilanz werden daraus jeweils die dem Abfallregime zugehörigen Anteile „Granulate und Gummimehl“ und „Zementindustrie“ verwendet und über die Bevölkerungszahl für Berlin hochgerechnet (Kap. 2.1.11). Die beiden Optionen stellen die mengenrelevanten Verwertungswege dar. Über die Zeitreihe besteht dabei eine kontinuierliche Verschiebung von der Mitverbrennung in Zementwerken hin zur stofflichen Verwertung (Abbildung 3.1).

Für die Bilanzierung wurden bisher Daten aus einer vergleichenden Ökobilanz verwendet, wobei beim stofflichen Recycling erzeugtes Gummimehl (75%) als gummimodifizierter Asphalt und Gummigranulat (25%) als Kunstraseneinstreu eingesetzt wird (Schmidt et al. 2009). Für die SKU-Bilanz 2022 wurde empfohlen mögliche Anwendungsbereiche zu prüfen, da der Einsatz von Gummigranulat zur Verfüllung in Kunstrasen in Berlin verboten ist²⁷ und in der Praxis auch weniger hochwertige Anwendungen in Frage kommen, bei denen Sand statt Gummi oder Kunststoffe ersetzt werden (z. B. Spielplätze).

²⁷ VwVBU, Leistungsblatt 34: „Neubau und Sanierung von ungedeckten Sportfreianlagen“

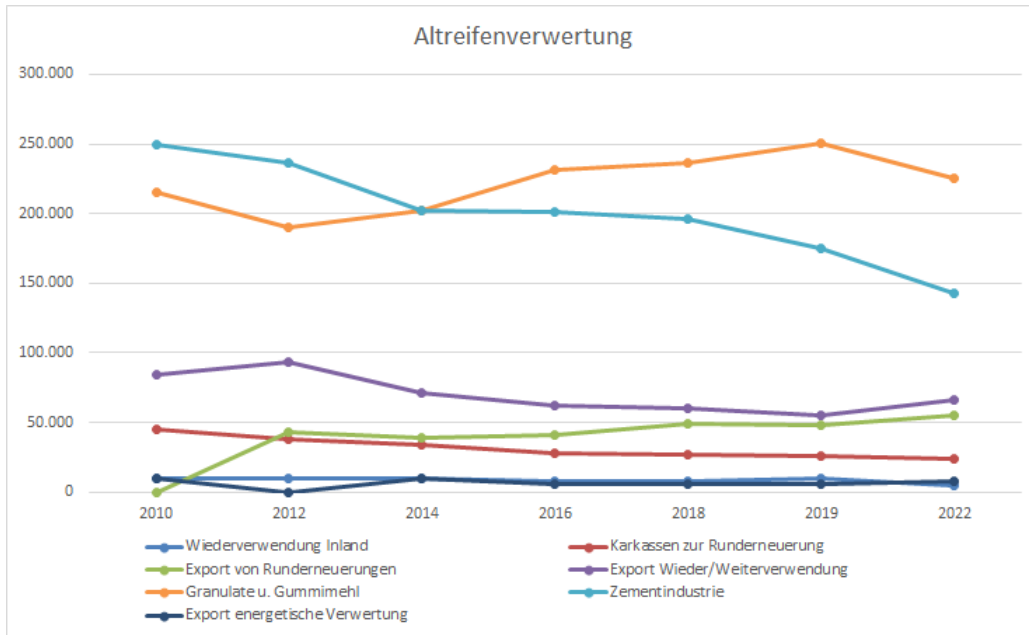


Abbildung 3.1: Zeitreihe Altreifenverwertung in Deutschland nach wdk

Marktdaten für Anwendungsbereiche sind nicht verfügbar. Nach Angaben auf der Webseite der Initiative New Life²⁸ sind Recycling-Produkte und Anwendungen:

- Abdeckungen & Wandsysteme
- Antirutschmatten / Ladungssicherungen
- Bautenschutz für Dachbegrünung
- Bodenbeläge für Spiel, Sport, Freizeit und Bau
- Dichtmassen
- Einfassungen/Begrenzungen
- Gummi-Metall-Verbindungen/Zubehör
- Gummigranulat und Gummimehl
- Kunstrasen/Kunstrasen-Elastikschichten
- Lampen
- Rampen
- Schallschutz
- Schutz- und Trennanlagen für Photovoltaikanlagen
- Spielplatzzubehör
- Vasen

Der Einsatz als gummimodifizierter Asphalt ist nicht erwähnt. Dieser hat sich in Deutschland nicht etabliert; inwieweit hier Exporte eine Rolle spielen, kann nicht eingeschätzt werden. Der Einsatz bei Kunstrasen ist erwähnt, allerdings ist dies nur noch übergangsweise erlaubt. Nach EU-Verordnung 2023/2055 der Kommission vom 25.09.2023 dürfen synthetische Polymermikropartikel (als solche und ab $\geq 0,01\%$ in Gemischen) nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Für die Verwendung von Einstreugranulat für synthetische

²⁸ <https://initiative-new-life.de/recycling-produkt-uebersicht/> (19.10.23); Partner produzieren Gummigranulat und Gummimehl und innovative Produkte daraus.

Sportböden gilt dies ab dem 17. Oktober 2031. Da der Einsatz zur Verfüllung in Kunstrasen in Berlin bereits verboten ist wurde für die SKU-Bilanz ein neuer Ansatz für die Anwendung von Gummigranulat und Gummimehl abgeschätzt.

Von den o. g. Anwendungsbereichen werden v. a. Bodenbeläge als mengen-/marktrelevant eingeschätzt. Hierzu sind auf der Webseite von New Life auch eine Vielzahl an Unterkategorien benannt (Fitness-, Fallschutz-, Messe-, Sicherheitsböden, Matten, etc.). Herkömmliche elastische Bodenbeläge sind i. d. R. Kunststoffbeläge aus PVC oder Polyolefinen (PO) oder auch Kautschukbeläge (andere elastische Beläge wie Linoleum, Kork, Leder, sind weniger relevant). Für die SKU-Bilanz wurde mangels quantitativer Informationen zu den Anwendungsbereichen vereinfacht eine Gleichverteilung für die Substitution herkömmlicher Bodenbeläge angenommen. Dabei wurde aber auch berücksichtigt, dass teils durch Anwendungen z. B. auf Sandplätzen keine emissionsrelevanten Neuprodukte ersetzt werden. Der Substitutionssplit für Gummigranulat und Gummimehl ist neu zu $\frac{1}{4}$ PVC, $\frac{1}{4}$ PO, $\frac{1}{4}$ Synthetikgummi und $\frac{1}{4}$ Sand angenommen.

Neuer Bilanzansatz Substitutionspotenzial Gummimehl, -granulat

Grundsätzlich gilt weiterhin, dass die Bilanzergebnisse für die Altreifenverwertung für Berlin orientierenden Charakter haben; dies aufgrund der Datenunsicherheiten bei der Übertragung der bundesweiten Mengenangaben auf Berlin sowie bezüglich der Annahmen zu den Substitutionspotenzialen für Gummigranulat und Gummimehl. Die Annahmen werden jedoch als konservativ angesehen, durch die Änderungen ergeben sich für die Klimagas- und Umweltbilanz 2022 reduzierte Nettoentlastungspotenziale. Vor allem die Gutschriften für den Einsatz als gummimodifizierter Asphalt trugen hier zuvor zu den höheren Entlastungseffekten bei.

Datenunsicherheiten

Die Bilanz für die anteilige Mitverbrennung im Zementwerk ist unverändert mit einem Heizwert von 28 MJ/kg (nach VDZ) und einem fossilen C-Gehalt von 52,8% (nach Flamme et al. 2018) berechnet. Das Substitutionspotenzial ist – wie generell in der SKU-Bilanz – durch heizwertäquivalente Substitution des Regelbrennstoffs Kohle angerechnet. In neueren ökologischen Untersuchungen zum Altreifenrecycling wird dagegen der Brennstoffmix inkl. Abfallbrennstoffe gegengerechnet, wodurch sich geringere Nettoentlastungspotenziale ergeben (Maga et al. 2023, Merlin, Vogt 2019). Für die isolierte Betrachtung von Abfallarten ist dieses Vorgehen argumentierbar. Bei Bilanzen zur Leistung der gesamten Abfallwirtschaft eines Landes oder einer Region wie der SKU-Bilanz werden immer Primärbrennstoffe durch Brennstoffe aus der Abfallwirtschaft ersetzt; die Frage eines sich gegenseitigen Ersetzens der faktisch eingesetzten EBS bzw. Abfallstoffe stellt sich nicht (siehe z. B. auch Bulach et al. 2022, Kap. 6.1.1). Durch die Dynamik der Defossilisierung ist allerdings denkbar, dass künftig regenerative Primärbrennstoffe ersetzt würden und sich Gutschriften entsprechend reduzieren.

Mitverbrennung Zementwerk

Ungeachtet des orientierenden Charakters der Ergebnisse bestehen Optimierungsmöglichkeiten weiterhin in der Steigerung des stofflichen Recyclings, das höhere Entlastungspotenziale als die Mitverbrennung bietet. Ein wirkungsvolles Lenkungsinstrument wäre eine Rechtsverordnung auf Bundesebene zur Förderung der hochwertigen stofflichen Verwertung von Altreifen. Dabei ist sicherzustellen, dass die stoffliche Verwertung bestimmte Mindestkriterien erfüllt (v. a. Substitution von synthetischem Gummi oder von Kunststoffen). Für das Land Berlin besteht eine Vorgabe dieser Mindestkriterien in Form eines Leistungsblattes für die Verwertung von Altreifenabfällen in der Berliner Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU).

Optimierungsmöglichkeiten

Für künftige SKU-Bilanzen wird empfohlen, den Markt weiter zu beobachten, um ggf. Marktdaten für die Anwendung von Gummimehl und Gummigranulat ermitteln zu

können. Zudem besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Pyrolyse von Altreifen künftig relevanter wird. Nach Pressemeldungen bestehen verschiedene Kooperationen hierzu²⁹. Nettoentlastungspotenziale für den Treibhauseffekt liegen nach (Maga et al. 2023) zwischen -702 (base case) und -366 kg CO₂-Äq/kg Altreifen (worst case) je nach möglichen Gutschriften für Industrieraufl. Des Weiteren kann im Sinne des zirkulären Wirtschaftens überlegt werden, auch die Wieder-/Weiterverwendung und Runderneuerung von Altreifen in die Bilanzierung aufzunehmen. Die Runderneuerung ist in der Praxis bisher v. a. für Lkw-Reifen ein etabliertes Verfahren. Ökobilanzielle Untersuchungen sind bislang nicht bekannt. Allerdings kann das ökologische Potenzial der Runderneuerung als hoch eingestuft werden, insbesondere mit Blick auf die Einsparung von Emissionen und Materialeinsatz im Vergleich zur Produktion von Neureifen. Entscheidend hierbei ist, dass die runderneueren Reifen mit Neureifen in Bezug auf Rollwiderstand und Kraftstoffverbrauch vergleichbar sind und die Neuherstellung keine wesentliche Technologieänderung über die Lebensdauererweiterung erfährt. Das ist bei den vorherrschenden Prozessen und Technologien i. d. R. gegeben.

3.5 Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll

Haus- und Geschäftsmüll bilden nach den mineralischen Abfällen die Abfallfraktion mit dem höchsten Aufkommen. Auch hat die Entsorgung von Haus- und Geschäftsmüll in absoluten Werten den größten Einfluss auf die Klimagas- und Umweltbilanz für Berlin. Um diese Relevanz über die Angaben in den Steckbriefen hinaus zu berücksichtigen sind in Kapitel 3.5.1 die Ergebnisse der Klimagasbilanz für Haus- und Geschäftsmüll ausführlicher dargestellt und erläutert. In Kapitel 3.5.2 sind darüber hinaus Fallbeispiele beschrieben, in denen die wesentlichen Entsorgungsvarianten mit verschiedenen Annahmen betrachtet sind.

3.5.1 Aufschlüsselung Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll 2022

Für eine ausführlichere Gegenüberstellung der Ergebnisse für die verschiedenen Behandlungswege müssen die spezifischen Ergebnisse herangezogen werden. Tabelle 3.6 zeigt diese aufgeschlüsselt nach Prozessen. Zur Bezeichnung der Behandlungswege ist in den Spaltenüberschriften vereinfacht die Erstbehandlungsanlage genannt. Bei den Belastungen sind die Prozesse Sammlung und Transporte, Aufbereitung, Verbrennung und Metallverwertung differenziert. Für die Gutschriften – die potenziell im Sektor Industrie oder dem Sektor Energie vermiedenen THG-Emissionen – sind die Prozesse Strom- und Wärmeerzeugung aus Abfall, Mitverbrennung in Zement- oder Braunkohlekraftwerken und Metallverwertung unterschieden.

²⁹ <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/20220314-kooperation-pyrum/> und <https://www.pyrum.net/corporate-news/basf-unterstuetzt-pyrum-in-der-finanzierung-des-aktuellen-rollout-plans-mit-zunaechst-25-mio-eur-2/> (21.11.23)

Tabelle 3.6: Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll 2022 nach Behandlungswegen und Prozessen

in kg CO ₂ -Äq/Mg	MHKW Ruhleben	MPS Pankow	MPS Reinickendorf	MA Grünauer Str.	MBA Anlagen	Thermische Anlagen
Belastungen						
Sammlung	8	8	8	8	8	8
Transporte	1	11	5	14	13	7
Aufbereitung		86	99	31	49	
Verbrennung	317	354	359	387	248	338
Metallverwertung	3	3	3	1	0	1
Summe Belastungen	328	462	474	440	318	353
Gutschriften						
Strom aus Verbrennung	-60	-32	-29	0	-111	-127
Wärme aus Verbrennung	-341	-54	-52	0	-188	-211
Mitverbr. Braunkohle-KW		-830	-791			
Mitverbr. Zementwerk		-45	-157	-1.001		
Metallverwertung	-46	-55	-62	-38	-22	-40
Summe Gutschriften	-447	-1.017	-1.091	-1.039	-321	-378
Netto	-119	-555	-617	-599	-3	-25

Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten

Die Sammlung gilt für jeden Behandlungsweg gleichermaßen. Die damit verbundenen THG-Emissionen belaufen sich einheitlich auf rund 8 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne Haus- und Geschäftsmüll. Weitere Transporte sind abhängig von der Entfernung zu den jeweiligen Behandlungsanlagen für die erzeugten Outputs (Rostasche, Metalle, EBS, Mineralien, Rottefraktion, Störstoffe). Gegenüber dem Jahr 2020 ist die Belastung bei der MPS Reinickendorf durch Verschiebungen in den Outputs ein bisschen niedriger und bei der MA Grünauer Str. etwas höher.

Sammlung und Transporte

Der Aufbereitung umfasst je nach Behandlungsweg unterschiedliche Aufwendungen:

Aufbereitung

- MPS-Anlagen: THG-Emissionen aus dem Strom- und Erdgasbedarf und THG-Abluftemissionen (letzteres rd. 4 kg CO₂-Äq/Mg).
- MA Grünauer Str.: THG-Emissionen aus dem Strombedarf, aus der Behandlung des Outputs Rottefraktion in MBA (Methanemissionen) und aus dem Strombedarf für die Aufbereitung des erzeugten Outputs EBS.
- MBA-Anlagen: THG-Emissionen aus dem Strom- und Erdgasbedarf und aus der Deponierung von MBA-Rest (Methanemissionen).
- Bei der direkten thermischen Behandlung fallen keine entsprechenden Aufwendungen zur Aufbereitung an (Energiebedarf über erzeugte Energie verrechnet).

Leichte Unterschiede gegenüber der SKU-Bilanz 2020 bestehen bei den MPS-Anlagen durch etwas höhere Energiebedarfe und die aktualisierten Emissionsfaktoren für Strom (niedriger) und Erdgas (höher) (s. Kap. 5.1). Insgesamt ergeben sich höhere spezifische Belastungen. Die geringere spezifische Belastung für die Behandlung über MA ergibt

sich v. a. durch den geringeren Anteil Rottefraktion im Output (16% statt 40%³⁰) und damit geringere Methanemissionen aus deren Behandlung.

Die THG-Emissionen unter „Verbrennung“ unterscheiden sich zwischen den Behandlungswegen vor allem nach den jeweils verbrannten Mengenanteilen und im Weiteren dem fossilen Kohlenstoffgehalt dieser. Ebenfalls hier zugeordnet sind die THG-Emissionen aus Betriebsmitteleinsatz. Diese sind beim MHKW Ruhleben geringer als bei der durchschnittlichen „Thermischen Anlage“ (Durchschnittswert 30 kg CO₂-Äq/Mg nach Öko-Institut/ifeu 2010). Änderungen gegenüber dem Jahr 2020 bestehen durch veränderte EBS-Anteile im Output (Cfossil unverändert). Diese sind etwa gleich bei der MPS Pankow, zwei Prozentpunkte geringer bei der MPS Reinickendorf und deutlich höher bei der MA (78% statt 54% in 2020). Im Ergebnis sind fossile CO₂-Emissionen aus der Verbrennung v. a. bei der MA höher, bei der MPS Reinickendorf niedriger.

Verbrennung

THG-Emissionen der „Metallverwertung“ basieren auf bundesdurchschnittlichen Emissionsfaktoren (für 2020 neu abgepasst, s. ifeu/ARGUS 2021). Unterschiede bei den Verwertungswegen ergeben sich durch unterschiedliche Metallmengen entsprechend der Angaben zu Fe- und NE-Metallen in den Abfallberichten bzw. der BSR-Entsorgungsbilanz (BSR 2023) und im Weiteren der Ausbeuten für Metalle aus Rostasche und Metalle aus den Metallfraktionen von MPS-, MBA-, MA-Anlagen (letzteres einheitlich nach Dehne et al. 2015).

Metallverwertung

- MHKW Ruhleben: nach Betriebsbericht 1,9% Fe- und 0,3% NE-Metalle mit Ausbeuten von 90% für Fe- und 87% für NE-Metalle nach Angaben der BSR.
- MPS Pankow und MPS Reinickendorf: nach Abfallberichten 3,0% bzw. 3,3% Fe-Metalle und 0,7% bzw. 0,8% NE-Metalle und Ausbeuten von 78% für Fe- und 34% für die NE-Metalle nach (Dehne et al. 2015).
- MA Grünauer Str.: nach Abfallbericht 3,0% Fe-Metalle und Ausbeute von 78% nach (Dehne et al. 2015).
- MBA-Anlagen: 1,8% Fe-Metalle und Ausbeute von 78% nach (Dehne et al. 2015).
- Thermische Anlagen: 3% Fe-Metalle mit durchschnittlicher Ausbeute von 82% für Fe-Metalle aus MVA-Rostasche nach Kuchta & Enzner (2015).

Gegenüber 2020 sind die Anteile Metallverwertung v. a. bei den MPS-Anlagen niedriger und im Weiteren auch beim MHKW etwas niedriger und damit auch die spezifischen Nettoentlastungspotenziale hierfür.

Die Gutschrift für erzeugte Energie unterscheidet sich nach der thermischen Nutzung: Bei der energetischen Verwertung über MVAs oder EBS-Kraftwerke (thermische Abfallbehandlungsanlagen, TAB) wird Strom und Wärme erzeugt, durch die durchschnittliche Strom- und Wärmeerzeugung ersetzt wird. Die Unterschiede bei den Strom- und Wärmegutschriften in Tabelle 3.6 ergeben sich durch unterschiedlich verbrannte Mengenanteile und durch die Wirkungsgrade der verschiedenen thermischen Anlagen. Die Nettowirkungsgrade für die Dampfnutzung aus dem MHKW Ruhleben wurden unverändert aus 2020 übernommen, da in 2022 als Ausnahmesituation kaum Energie aus Dampf erzeugt werden konnte (Kap. 4.5). 2020 lagen die Nutzungsgrade mit 5,3% elektrisch und

Gutschrift für erzeugte Energie

³⁰ In 2022 ist entsprechend der im Output berichtete EBS-Anteil höher (78% statt 54%; restlicher Output sind Metalle und Wasserverluste, die beide gegenüber 2020 unverändert sind).

54,8% thermisch bei Strom unter und bei Wärme deutlich über dem Bundesdurchschnitt für TAB von 11,3% elektrisch und 34,0% thermisch nach (Flamme et al. 2018).

EBS aus den MPS-Anlagen und der MA gehen überwiegend zur Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerke und zum Zementwerk Rüdersdorf, bei der Behandlung über MA im Jahr 2022 wie auch 2020 zu 100% nach einer weiteren EBS-Aufbereitung. Durch die Mitverbrennung wird heizwertäquivalent Kohle ersetzt, d. h. die ansonsten durch Kohle erzeugte Energie – Strom und Wärme beim Braunkohlekraftwerk und thermische Energie beim Zementwerk – wird stattdessen aus den EBS erzeugt. Die Unterschiede bei den Gutschriften in Tabelle 3.6 ergeben sich durch unterschiedliche EBS-Mengen zur Mitverbrennung entsprechend der Angaben in den Abfallberichten bzw. der BSR-Entsorgungsbilanz 2022 (BSR 2023):

- MPS Pankow: EBS zu rd. 78% zur Mitverbrennung in Braunkohle-Kraftwerke und rd. 4% zur Mitverbrennung im Zementwerk Rüdersdorf (2020: 76% und 3%).
- MPS Reinickendorf: EBS zu rd. 13% zur Mitverbrennung in Braunkohle-KW und rd. 72% zur Mitverbrennung im Zementwerk Rüdersdorf (2020: 19% und 62%).
- MA Grünauer Str.: EBS vollständig zur EBS-Aufbereitungsanlage ORS Wilmersdorf und anschließend (ca. 95%) zur Mitverbrennung im Zementwerk Rüdersdorf.

Die verbleibenden EBS-Anteile aus den MPS-Anlagen gingen zu EBS-Kraftwerken. Bei EBS aus der MPS Pankow waren dies 2022 etwa 17% (2020: 21%). Der größte Anteil ging zum IHKW Eisenhüttenstadt (13%), weitere Anteile zum EBS-HKW Schwedt (rd. 4%), zum EBS-HKW Spremberg (0,7%) und zum IKW Rüdersdorf (0,01%). Aus der MPS Reinickendorf gingen 2022 insgesamt 15% der erzeugten EBS zu EBS-Kraftwerken (2020: 20%), rund 10% zum IHKW Eisenhüttenstadt und 5% zum EBS-HKW Schwedt. Die Wirkungsgrade der Strom- und Wärmeerzeugung der EBS-Kraftwerke wurden 2018 aktualisiert. Für einzelne Anlagen können diese sehr unterschiedlich ausfallen (s. ifeu 2019).

Die Unterschiede im spezifischen Ergebnis gegenüber dem Jahr 2020 sind durch verschiedene Aspekte bedingt. Zunächst durch aktualisierte Emissionsfaktoren für Energie, die für Strom niedriger sind, für Wärme aber höher bedingt durch die Anpassung von Brennstoffvorketten (s. Kap. 5.1). Entsprechend sind die spezifischen Entlastungspotenziale (Gutschriften) beim MHKW bei Strom aus Verbrennung etwas geringer und bei Wärme aus Verbrennung höher (Nutzungsgrade und Kenndaten unverändert). Das gleiche gilt für EBS aus MBA und für die direkte thermische Behandlung. Bei den EBS aus MPS-Anlagen sind die Anteile, die zu EBS-Kraftwerken gehen, geringer so dass sich für diese spezifisch insgesamt geringere Gutschriften für Strom und Wärme aus Verbrennung ergeben. Die Verteilung der EBS-Anteile auf die EBS-Kraftwerke ist gegenüber 2020 wenig verändert, so dass sich nur geringe Unterschiede für die mittleren Wirkungsgrade ergeben. Umgekehrt sind bei EBS aus MPS-Anlagen die spezifischen Gutschriften für die Mitverbrennung in Summe (Braunkohle-KW und Zementwerk) höher, da die Anteile zur Mitverbrennung höher sind als 2020 (s. o.). Bei EBS aus MA, die wie 2020 vollständig nach weiterer Aufbereitung zur Mitverbrennung gehen, ist die spezifische Gutschrift für die Mitverbrennung im Zementwerk deutlich höher als 2020, da der EBS-Anteil im Output in 2022 deutlich höher liegt (78% statt 54%; s. a. Fußnote 30).

3.5.2 Fallbeispiele Klimagasbilanz Haus- und Geschäftsmüll

Bei der Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll hat der Verbleib der erzeugten EBS einen wichtigen Einfluss auf das Ergebnis der Klimagasbilanz. Um dies weiter zu verdeutlichen dienen nachfolgende Fallbeispiele für die Behandlung über die MPS-Anlagen als relevante Behandlungspfade. Dabei sind folgende Fallvarianten zum Verbleib der in 2022 erzeugten EBS unterschieden:

- erzeugte EBS gehen zu 100% zur Mitverbrennung in Braunkohle-Kraftwerke,
- erzeugte EBS gehen zu 100% zur Mitverbrennung ins Zementwerk Rüdersdorf,
- erzeugte EBS gehen zu 100% in ein durchschnittliches EBS-Kraftwerk (durchschnittliche Wirkungsgrade nach (Flamme et al. 2018)),
- erzeugte EBS gehen zu 100% zum IKW Rüdersdorf (Stromerzeugung, Nettowirkungsgrad 27%, bislang keine externe Wärmenutzung).

Die Ergebnisse können wiederum nur auf spezifischer Ebene verglichen werden. Abbildung 3.2 zeigt im oberen Teil die spezifischen Ergebnisse der Klimagasbilanz für die Varianten für den Verbleib der erzeugten EBS aus der MPS Pankow, darunter für EBS aus der MPS Reinickendorf; ganz unten ist auch das Ergebnis für die Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll im MHKW Ruhleben gezeigt.

Die Ergebnisse im Vergleich zwischen den beiden MPS-Anlagen unterscheiden sich nur sehr wenig in Abhängigkeit des Anteils erzeugter EBS (64% bzw. 65%) und den für diese angegebenen Heizwerten (14,3 bzw. 15,5 MJ/kg). Die Belastungen entsprechen grundsätzlich den Belastungen in Tabelle 3.6, kleine Abweichungen ergeben sich durch unterschiedliche Transportentfernungen zu den verschiedenen Anlagen für die EBS Nutzung. Das höchste Entlastungspotenzial wird durch die Mitverbrennung in Braunkohle-Kraftwerken (BK-KW) erzielt durch die heizwertäquivalente Substitution von Kohle. Das nächsthöchste Entlastungspotenzial ergibt sich durch Mitverbrennung im Zementwerk Rüdersdorf für die ebenfalls heizwertäquivalent Kohle substituiert wird. Der kleine Abstand ist durch einen 5% Effizienzabschlag bedingt aufgrund angenommener Verluste bei der Vorbehandlung im Wirbelschichtvergaser. Dem gegenüber erzielt der Einsatz in thermischen Abfallbehandlungsanlagen, bei denen als Nebennutzen Strom und Wärme erzeugt wird, durch die Substitution einer durchschnittlichen Strom- und Wärmeerzeugung geringere Entlastungspotenziale.

Bei der EBS-Nutzung in einem durchschnittlichen EBS-Kraftwerk werden mit den aktuellen Emissionsfaktoren für Strom und Wärme noch Nettoentlastungspotenziale erreicht. Diese liegen mit -66 bzw. -99 kg CO₂-Äq/Mg Abfall (MPS Pankow bzw. MPS Reinickendorf) niedriger als im spezifischen Ergebnis für die direkte thermische Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll im MHKW Ruhleben (-119 kg CO₂-Äq/Mg Abfall). Im Fallbeispiel mit vollständigem Einsatz der EBS im IKW Rüdersdorf, bei dem nur Strom extern genutzt wird, ergibt sich kein Nettoentlastungspotenzial mehr. Obwohl der Stromwirkungsgrad sehr gut ist, überwiegen hier die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung. Letztere entsprechen den Werten für „Verbrennung“ in Tabelle 3.6 und unterscheiden sich in den Fallbeispielen nicht, da sie ausschließlich vom fossilen C-Gehalt der eingesetzten EBS abhängen.

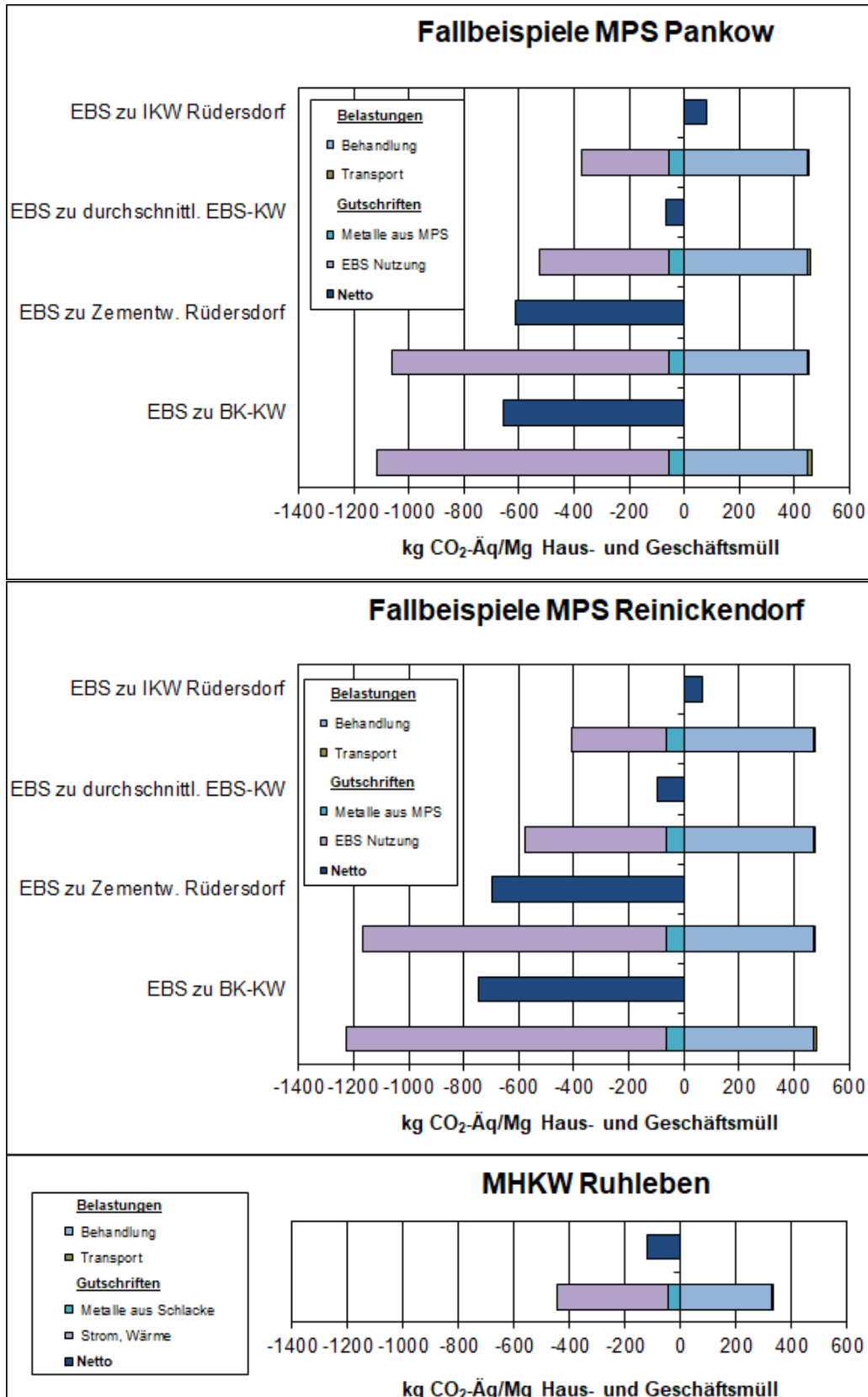


Abbildung 3.2: Fallbeispiele Verbleib EBS aus MPS Pankow und aus MPS Reinickendorf und Ergebnis MHKW Ruhleben

Im Fazit der Fallbeispiele lässt sich festhalten:

- Wie schon in früheren Untersuchungen gezeigt (ifeu 2017b) hat die Energiewende einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse bei der sektoralen Betrachtung nach Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft.
- Aus Klimaschutzsicht führt die Mitverbrennung und Substitution von Kohle zu den höchsten Entlastungseffekten. Für Braunkohle-Kraftwerke erübrigt sich dieser Beitrag mit deren Stilllegung idealerweise bis 2030³¹. Für Zementwerke ist derzeit unklar, ob es zu einer Brennstoffumstellung kommt (ifeu 2017b) oder v. a. CCS-Technologien verfolgt werden. Mitverbrennungskapazitäten sind aber begrenzt.
- Die zunehmende Defossilisierung der Stromerzeugung führt zu sinkenden Entlastungseffekten durch die Stromerzeugung aus Abfall, eine KWK-Nutzung ist vorteilhafter. Eine mögliche Ausnahme für den Strommarkt bildet die flexible Stromerzeugung (vgl. ifeu 2017b).
- Für die (anteilig unvermeidbare) thermische Nutzung von Abfällen bietet die Wärmeerzeugung und -nutzung einen wichtigen Beitrag, da für den Wärmesektor derzeit weniger erneuerbare Alternativen zur Verfügung stehen.
- Die Reduktion der fossilen CO₂-Emissionen aus der (anteilig unvermeidbaren) Verbrennung wird langfristig durch Herstellung von Produkten aus nicht-fossilen Rohstoffen erreicht werden. Dies erfordert Technologieumstellungen v.a. in der Chemieindustrie.

Grundsätzlich sei nochmals darauf hingewiesen, dass die EBS-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken und Zementwerken anstelle von Kohle aus Klimaschutzsicht (derzeit noch) vorteilhaft ist. Dies gilt aber nicht für Luftemissionen; für NO_x- und Quecksilberemissionen zeigt die Behandlung von Haus- und Geschäftsmüll über das MHKW Ruhleben ein deutlich besseres spezifisches Nettoergebnis als die Behandlung über MA oder die MPS-Anlagen (s. Kap. 2.1.1).

³¹ Nach Koalitionsvertrag der Regierungsparteien wird der Kohleausstieg idealerweise auf 2030 vorgezogen <https://www.bundesregierung.de/re-source/blob/974430/1990812/a4ceb7591c8d9058b402f0a655f7305b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> (statt erst 2038 (BMWi 2019))

4 Erläuterungen zu den 10 größten Berliner Abfallbehandlungsanlagen

Die SKU-Bilanz wird regelmäßig nach Abfallarten erstellt. Zum Teil werden diese in den gleichen Abfallbehandlungsanlagen behandelt. Die nach ihrer genehmigten Kapazität 10 größten Berliner Abfallbehandlungsanlagen sind in diesem Kapitel kurz nach ihren Stoffströmen und wesentlichen Kenndaten beschrieben. Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden 10 Anlagen:

1. Graf Baustoffe, Nonnendamm
2. BTB-Gruppe, Frank-Zappa-Straße
3. RWG I - Schicht, Saalburgstraße
4. RWG I - Schicht, Wiesendamm
5. MHKW Ruhleben
6. MPS Pankow
7. MPS Reinickendorf
8. BSR Biogas West
9. Sortieranlage Hultschiner Damm
10. KSVa Ruhleben

Die jeweils beschriebenen Stoffströme beziehen sich auf die in der SKU-Bilanz umfassten Mengen. Beispielsweise sind dies bei Brech- und Klassieranlagen die mineralischen Abfälle, die in den Steckbriefen Kap. 2.2.1 bis Kap. 2.2.7 beschrieben sind. Sortierreste, nicht-mineralische Abfälle sind nicht umfasst und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (AVV 170904) sind über die Sonderabfrage in den nicht-überlassungspflichtigen gemischten Siedlungsabfälle und gemischten Bauabfällen (Kap. 2.2.10) enthalten. Generell ausgenommen sind Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten. Für den Output der Anlagen kann i. d. R. nur der Erstverbleib und teils nur qualitativ angegeben werden. Die Angabe des Endverbleibs bzw. des konkreten Verbleibs ist i. d. R. nicht bekannt. Emissionen sind ebenfalls i. d. R. nicht bekannt. Eine Ausnahme bildet das MHKW Ruhleben, für das im Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) Emissionen berichtet sind, für das alle 4 Jahre Emissionserklärungen abzugeben sind (gemäß 11. BImSchV) und zu dem die BSR jährlich Emissionsmessungen veröffentlicht zur Unterrichtung der Öffentlichkeit.

4.1 Graf Baustoffe, Nonnendamm

In der Abfallbehandlungsanlage der Firma Graf Baustoffe in Berlin-Spandau, Nonnendamm 11-14, werden mineralische Abfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 660.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 245.000 Tonnen mineralische Abfälle angenommen und rund 235.000 Tonnen abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die Input-Output-Differenz ergibt sich aus Sortierresten, nicht-mineralischen Abfällen und Lagerbeständen.

In Abbildung 4.1 sind die nach dem Abfallbericht der Anlage ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Im Output wird vor allem Beton für den Einsatz im Straßen- und Wegebau bereitgestellt. Beton darf in Berlin z. B. für Straßenbaumaterial bis zu je 30% Ziegel und Asphalt bzw. Bauschutt enthalten.

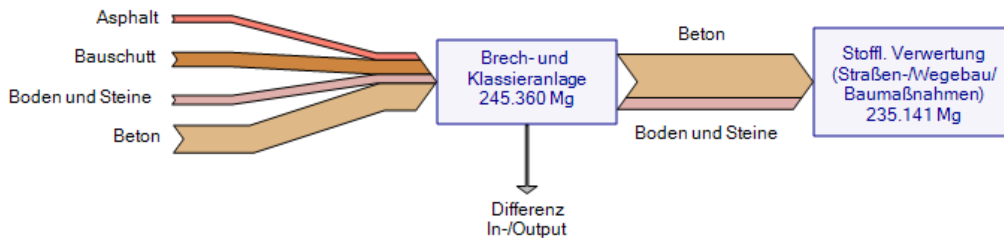


Abbildung 4.1: Stoffströme 2022, Graf Baustoffe, Nonnendamm

4.2 BTB-Gruppe, Frank-Zappa-Straße

In der Abfallbehandlungsanlage der BTB-Gruppe in 12681 Berlin, Frank-Zappa-Straße 25, werden mineralische Abfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 600.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 363.000 Tonnen mineralische Abfälle angenommen und rund 356.000 Tonnen abgegeben. Die Input-Output-Differenz ergibt sich aus Lagerbeständen.

In Abbildung 4.2 sind die nach dem Abfallbericht der Anlage ausgewerteten Stoffströme dargestellt. Im Output finden sich Boden und Steine aus dem Input wieder. Ein Großteil der Menge im Output ist als „Mineralien“ (AVV 191209) ausgewiesen. Die Menge konnte für die SKU-Bilanz nicht zugeordnet werden.

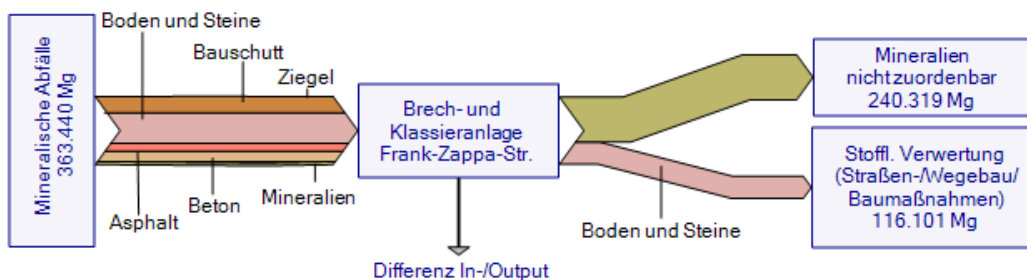


Abbildung 4.2: Stoffströme 2022, BTB-Gruppe, Frank-Zappa-Straße

4.3 RWG I – Schicht, Saalburgstraße

In der Abfallbehandlungsanlage RWG I – Schicht in 12099 Berlin, Saalburgstraße 3, werden mineralische Abfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 500.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 201.000 Tonnen mineralische Abfälle angenommen und rund 199.000 Tonnen abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind.

In Abbildung 4.3 sind die nach dem Abfallbericht der Anlage ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Im Output wird vor allem Beton für den Einsatz im Straßen- und Wegebau bereitgestellt. Eine kleinere Menge Baustoffe auf Gipsbasis ist zur Beseitigung aussortiert.

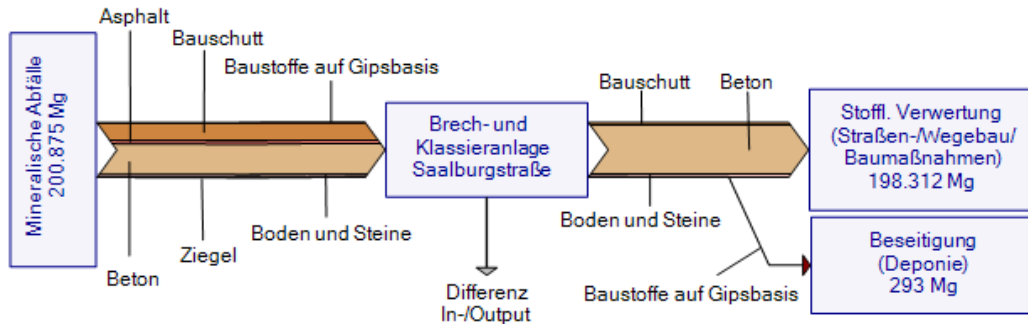


Abbildung 4.3: Stoffströme 2022, RWG I - Schicht, Saalburgstraße

4.4 RWG I – Schicht, Wiesendamm

In der Abfallbehandlungsanlage RWG I – Schicht in 13597 Berlin, Wiesendamm 32, werden mineralische Abfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 470.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 245.000 Tonnen mineralische Abfälle angenommen und rund 240.000 Tonnen abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die Input-Output-Differenz ergibt sich v. a. aus Lagerbeständen.

In Abbildung 4.4 sind die nach dem Abfallbericht der Anlage ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Im Output wird vor allem Beton für den Einsatz im Straßen- und Wegebau bereitgestellt.

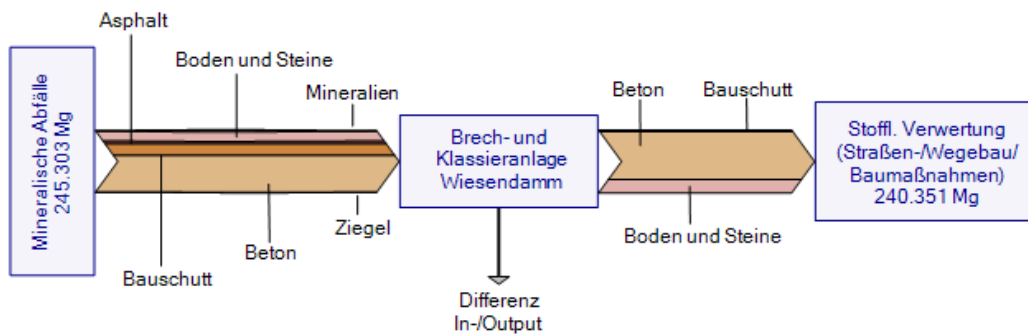


Abbildung 4.4: Stoffströme 2022, RWG I - Schicht, Wiesendamm

4.5 MHKW Ruhleben

Im Müllheizkraftwerk (MHKW) der BSR in Berlin-Ruhleben, Freiheit 24-25, werden Restabfälle thermisch behandelt. Die Anlage hat eine Kapazität von 520.000 t/a³². Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 524.000 Tonnen Restabfälle angenommen und rund 110.000 Tonnen abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die Input-Output-Differenz ergibt sich durch die thermische Oxidation und durch Abfälle, die gefährliche Stoffe beinhalten (z.B. Rauchgasreinigungsrückstände).

In Abbildung 4.5 sind die nach der BSR-Entsorgungsbilanz (BSR 2023) und dem Jahresbericht ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die energetisch verwertete Menge ist als Differenz des Anlageninput und der Verbrennungsrückstände berechnet.

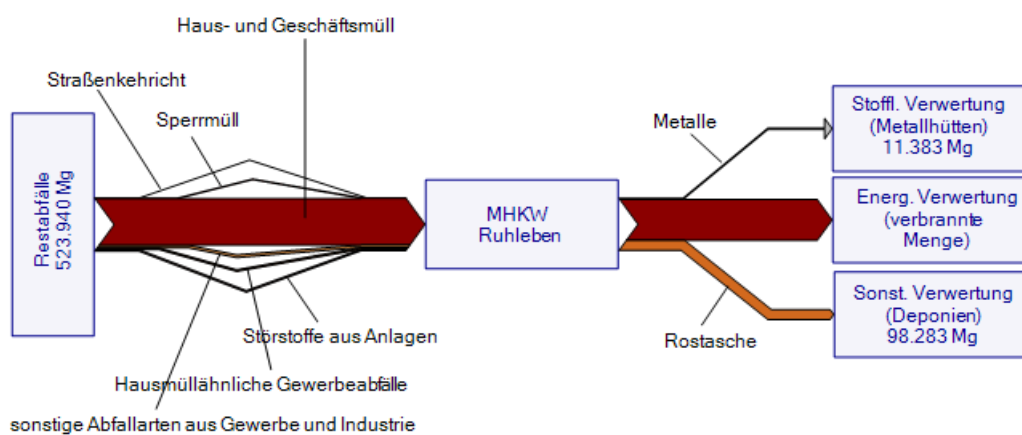


Abbildung 4.5: Stoffströme 2022, BSR MHKW Ruhleben

Zu Emissionen des MHKWs stehen der Öffentlichkeit Informationen zum einen über das PRTR zur Verfügung und zum anderen durch die jährlich von den BSR veröffentlichten Emissionsmessungen zur Unterrichtung der Öffentlichkeit³³.

Im MHKW erzeugter Dampf wird gemäß vertraglichen Vereinbarungen an Vattenfall abgegeben und über eine stand-alone-Turbine ausschließlich für den MHKW-Dampf zu Strom und Wärme umgewandelt. Strom wird ins Stromnetz eingespeist, Wärme ins Fernwärmenetz. Im Jahr 2022 konnte der übergebene Dampf überwiegend nicht zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden, da die Turbine weitgehend aufgrund von Wartungsarbeiten nicht in Betrieb war. Eine alternative Nutzung war nicht möglich, der Dampf musste weggekühlt werden. Die für 2022 ermittelten Nutzungsgrade lagen für Strom bei 0,4% und für Wärme bei rd. 20%. In der SKU-Bilanz würde sich dies auch aufgrund der großen Menge, die über das MHKW behandelt wird, in relevantem Umfang niederschlagen. Da es sich bei dem Turbinenausfall um eine Ausnahmesituation handelt und für eine konsistente Fortschreibung der SKU-Bilanz wurde für 2022 abgestimmt, die Nutzungsgrade für 2020 fortzuschreiben (5,3% elektrisch, 54,8% thermisch).

³² Dabei handelt es sich um die genehmigungsrechtlich beschränkte Durchsatzkapazität. Bezogen auf die technisch mögliche Feuerungswärmeleistung kann mehr verbrannt werden (s. AWK 2019).

³³ Für 2022: https://www.bsr.de/assets/downloads/Veroeffentlichung_Emissionsmessung_BSR_MHKW_2022.pdf

4.6 MPS Pankow

In der Mechanisch-physikalischen Stabilisierungsanlage (MPS) der BSR in Berlin-Pankow, Am Vorwerk 7, werden Restabfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 190.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 168.000 Tonnen Restabfälle angenommen und abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Dabei handelte es sich ausschließlich um Hausmüll inkl. Geschäftsmüll (vgl. Kap. 2.1.1).

In Abbildung 4.6 sind die nach der BSR-Entsorgungsbilanz (BSR 2023) ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind.

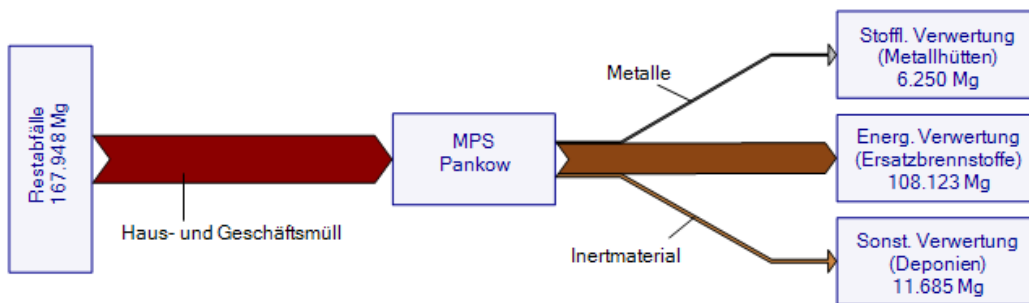


Abbildung 4.6: Stoffströme 2022, MPS Pankow

4.7 MPS Reinickendorf

In der Mechanisch-physikalischen Stabilisierungsanlage (MPS) der BSR und ALBA in Berlin-Reinickendorf, Markscheiderstraße 38, werden Restabfälle sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 190.000 t/a. Im Jahr 2020 wurden an dieser Anlage rund 145.000 Tonnen Restabfälle angenommen und (abzüglich Wasserverluste) abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind.

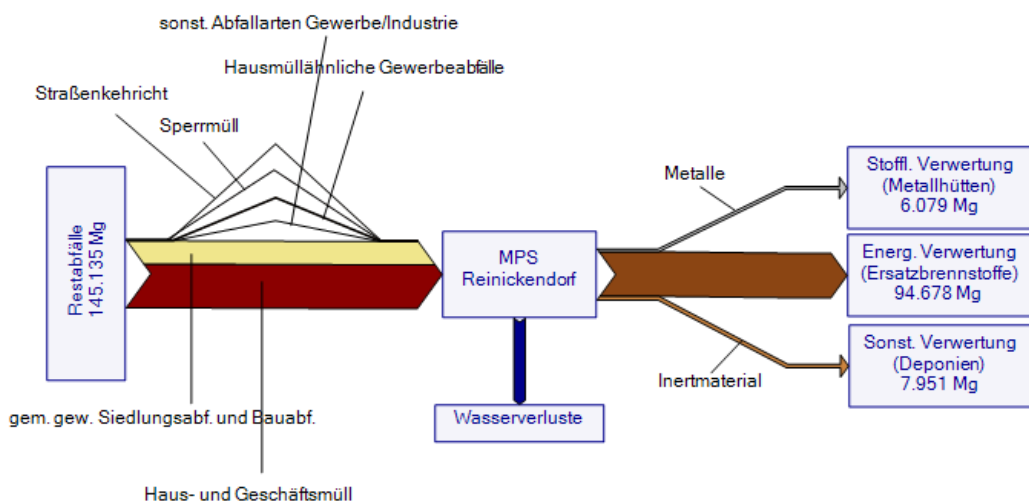


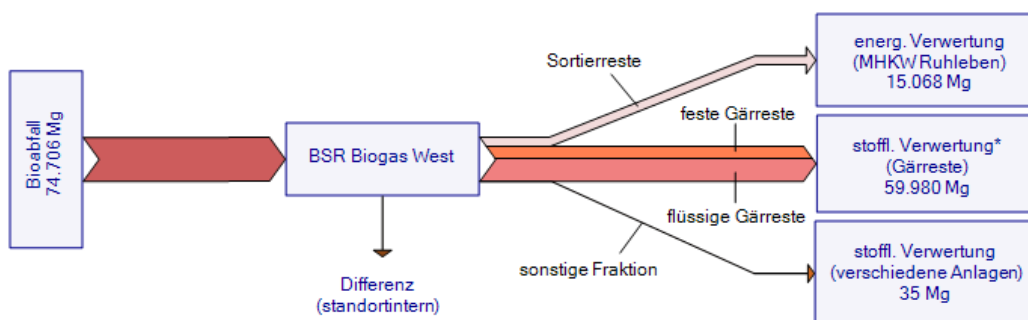
Abbildung 4.7: Stoffströme 2022, MPS Reinickendorf

In Abbildung 4.7 sind die nach der BSR-Entsorgungsbilanz (BSR 2023), dem Jahresbericht sowie nach der Sonderabfrage für nicht überlassungspflichtige gemischte Siedlungsabfälle und gemischte Bau- und Abbruchabfälle (s. Kap. 2.2.10) ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind (außer 364 Mg Sperrmüll wegen geringerem Mengenanteil, s. Kap. 2.1.2 und eine kleine, nicht differenzierte Menge Straßenkehricht, s. Kap. 2.2.13).

4.8 BSR Biogas West

In der Biogasanlage BSR Biogas West in Berlin-Ruhleben, Freiheit 16, werden Bioabfälle (Biotonne) sortiert und aufbereitet. Die Anlage hat eine Kapazität von 72.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage rund 75.000 Tonnen Bioabfälle angenommen und abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Eine kleinere Input-Output-Differenz ergibt sich aus standortinternen Mengen.

In Abbildung 4.8 sind die nach der BSR-Entsorgungsbilanz (BSR 2023) und dem Jahresbericht ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind (vgl. Kap. 2.1.3).



*) die kombiniert stofflich und energetisch verwertete Menge ist in der SKU-Bilanz der Recyclingrate zugeordnet.

Abbildung 4.8: Stoffströme 2022, BSR Biogas West

4.9 ALBA Hultschiner Damm

In der Sortieranlage der ALBA Group in 12623 Berlin, Hultschiner Damm 335, werden Verpackungsabfälle sortiert. Die Anlage hat eine Kapazität von 140.000 t/a. Im Jahr 2022 wurden an dieser Anlage 82.528 Tonnen Leichtverpackungs- und Stoffgleiche Nichtverpackungsabfälle (LVP + StNVP) angenommen und abgegeben, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die für diese Menge gemäß Mengenstromnachweis nach Jahresbericht und Angaben von ALBA ausgewerteten Stoffströme entsprechen den im Steckbrief dargestellten Stoffströmen (s. Kap. 2.1.8).

4.10 KSAV Ruhleben

In der Klärschlammverbrennungsanlage (KSAV) der BWB in Berlin-Ruhleben, Freiheit 17, werden ungefaulte Klärschlamm, der vor Ort anfällt und angelieferter Fremdschlamm thermisch behandelt. Im Jahr 2022 wurden in dieser Anlage rund 173.000 Tonnen

Klärschlamm eingesetzt (rd. 49.000 Tonnen Trockensubstanz) und 10.300 Tonnen abgegeben (Rostasche), die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die Input-Output-Differenz ergibt sich v. a. durch die thermische Oxidation.

In Abbildung 4.9 sind die nach Angaben der BWB (Fragebogen) ausgewerteten Stoffströme dargestellt, die in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Die energetisch verwertete Menge ist als Differenz des Anlageninput und der Verbrennungsrückstände berechnet. Die Behandlung über die KSVa ist als Beseitigung eingestuft (s. Kap. 6.1).

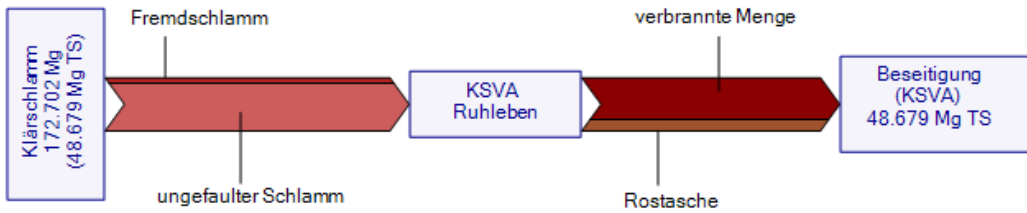


Abbildung 4.9: Stoffströme 2022, BWB KSVa Ruhleben

Aus der Verbrennung fällt REA-Gips über die Rauchgasreinigung an. Dieser Abfall ist nicht in der SKU-Bilanz umfasst und wird hier nachrichtlich erwähnt: Im Jahr 2022 fielen 4.694 Tonnen REA-Gips an, die vollständig zur stofflichen Verwertung zum Zementwerk Rüdersdorf gingen.

5 Aktualisierungen

Für die SKU-Bilanz werden regelmäßig Anpassungen vorgenommen. Grundsätzlich handelt es sich dabei um Aktualisierungen des Hintergrundsystems wie vor allem Emissionsfaktoren für Strom und Wärme sowie um Emissionswerte für einzelne Behandlungspfade.

5.1 Emissionsfaktoren für Energie und Transporte

Die Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Strom ist mit Voranschreiten der Energiewende und Defossilisierung des Stromnetzes zunehmend wichtig, die Faktoren werden für jede SKU-Bilanz angepasst (Tabelle 5.1). Die Emissionsfaktoren für Wärme werden ebenfalls regelmäßig aktualisiert, es wird jeweils der aktuelle Wärmemix nach Veröffentlichungen der AG Energiebilanzen³⁴ bestimmt. Die Emissionsfaktoren für die verschiedenen Wärmequellen werden bei Bedarf aktualisiert. Dies gilt generell für die Fernwärme. Für Wärme aus fossilen Brennstoffen ergeben sich Veränderungen durch mögliche Effizienzsteigerungen und durch die Vorketten. Für letztere haben sich die Randbedingungen insbesondere bei Erdgas deutlich verändert. Hier waren Methanemissionen für die Bereitstellung bislang in Studien und Veröffentlichungen unterschätzt (Förderungs-, Lager-, Transportverluste). Dies betrifft auch Methanemissionen der Ölförderung. In der ecoinvent-Datenbank (2022) sind entsprechend aktualisierte Datensätze verfügbar, die für die SKU-Bilanz für alle fossilen Energieträger ausgewertet wurden. Eine weitere regelmäßige Aktualisierung in der SKU-Bilanz ist die Aktualisierung der Kenndaten für Kohlen (abhängig von der Herkunft). Für deutsche Braunkohle anhand der Statistik der Kohlenwirtschaft³⁵ und für Steinkohle nach Angaben des Statistischen Bundesamtes³⁶. Ebenfalls regelmäßig werden Emissionsfaktoren für Transporte aktualisiert. Datenquelle sind vom Umweltbundesamt veröffentlichte Emissionen im Güterverkehr³⁷.

Die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme werden mit dem ifeu-Kraftwerksparkmodell generiert³⁸ unter Verwendung der aktuellsten Daten von EUROSTAT und von der Internationalen Energieagentur (IEA). Die in Tabelle 5.1 angegebenen Werte beziehen sich auf die durchschnittliche Stromerzeugung in Deutschland zum jeweils aktuellen Bezugsjahr. Durch die Eigenmodellierung des ifeu sind die Faktoren vergleichsweise aktuell und beziehen i.d.R. auf das jeweilige Vorjahr, so für die SKU-Bilanz 2022 auf das Bezugsjahr 2021. In den in Tabelle 5.1 gezeigten aktuellen Emissionsfaktoren setzt sich der rückläufige Trend insgesamt fort, wenn auch weniger deutlich als in den Vorjahren.

³⁴ https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/01/AGEB_21p2_V3_20221222.pdf (30.10.23)

³⁵ <https://kohlenstatistik.de/downloads/braunkohle/> (30.10.23)

³⁶ <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Verwendung/Tabellen/einfuhr-steinkohle-zeitreihe.html> (30.10.23)

³⁷ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/bilder/dateien/uba_emissionstabelle_gueterverkehr_2021.pdf (30.10.23)

³⁸ <https://www.ifeu.de/projekt/stromerzeugungkraftwerkspark-modell/> (30.10.23)

Tabelle 5.1: Zeitverlauf Emissionsfaktoren für Strom

Emissionsfaktor	
Klimagase in g CO₂-Äq/kWh	
SKU-Bilanz bis 2014	743 für Berlin, 633 für Bundesebene
SKU-Bilanz 2016	585
SKU-Bilanz 2018	562
SKU-Bilanz 2020	471
SKU-Bilanz 2022	463
KEA fossil in MJ/kWh	
SKU-Bilanz bis 2014	7,4 für Berlin, 6,3 für Bundesebene
SKU-Bilanz 2016	5,6
SKU-Bilanz 2018	5,2
SKU-Bilanz 2020	4,3
SKU-Bilanz 2022	4,3
NOx in g/kWh	
SKU-Bilanz bis 2014	0,56 für Berlin, 0,78 für Bundesebene
SKU-Bilanz 2016	0,77
SKU-Bilanz 2018	0,65
SKU-Bilanz 2020	0,48
SKU-Bilanz 2022	0,46
Hg in mg/kWh	
SKU-Bilanz bis 2014	0,006 für Berlin, 0,017 für Bundesebene
SKU-Bilanz 2016	0,015
SKU-Bilanz 2018	0,025
SKU-Bilanz 2020	0,024
SKU-Bilanz 2022	0,020

Die aktuellen Emissionsfaktoren für Energie wirken sich für die SKU-Bilanz gegenläufig aus. Die höheren Emissionswerte der Vorketten schlagen sich auch in den Emissionsfaktoren für Wärme durch, beispielsweise liegt der Wert für den Treibhauseffekt 4% höher als für 2020. Etwas niedrigere Stromemissionsfaktoren und dagegen höhere Werte für Wärme und die Brennstoffbereitstellung bewirken netto für die gesamte SKU-Bilanz leicht höhere Nettoentlastungen in der Klimagasbilanz und deutlicher höhere Nettoentlastungen bei NO_x- und Quecksilberemissionen. Die Nettoentlastung beim KEA fossil ist insgesamt leicht rückläufig. Bei den „sonstigen Abfallarten aus Gewerbe und Industrie“ (Kap. 2.2.8) bewirken allein diese Änderungen im Energiesystem eine Umkehr im Nettoergebnis für die Klimagasbilanz.

Die aktuellen Emissionsfaktoren für Transporte liegen für den Treibhauseffekt um 4% höher als für 2020 und für die NO_x-Emissionen um rd. 13% niedriger. Für die gesamte SKU-Bilanz ergibt sich nur dadurch in der Klimagasbilanz eine etwas geringere und bei den NO_x-Emissionen eine etwas höhere Nettoentlastung um jeweils etwa 1 Prozentpunkt.

Generell gilt weiterhin, dass sich mit der weiter voranschreitenden Defossilisierung bei allen Abfallarten weiter abnehmende Entlastungspotenziale zeigen werden, die bei den Klimagasen und dem KEA fossil mit Erreichen der Klimaschutzziele auf Null zurück gehen müssen. Ungeachtet dessen hat die Abfallwirtschaft bereits wesentliche Klimaschutzbeiträge geleistet und sind wichtige Beiträge auch künftig möglich wie entsprechende Untersuchungen im Rahmen der SKU-Bilanz 2016 zeigten (ifeu 2017a, ifeu 2017b).

5.2 Emissionsfaktoren trockene Wertstoffe

Die Energiewende hat nicht nur Einfluss auf das Substitutionspotenzial der Energieerzeugung aus Abfall, sondern auch auf die Herstellung von Primärmaterialien. Für stromintensive Herstellungsprozesse wie die Herstellung von Zellstoff oder Primäraluminium ergeben sich vor allem für Treibhausgasemissionen dadurch abnehmende Werte. Umgekehrt bewirken Änderungen in den Vorketten (v. a. Erdgasbereitstellung) auch Änderungen z. B. bei den Produkten der Petrochemie. Für die SKU-Bilanz 2022 wurden insgesamt neue Datensätze aus ecoinvent (2022) ausgewertet. Dies betrifft vor allem Metalle, Kunststoffe, Zellstoffe und Textilfasern.

Für die gesamte SKU-Bilanz 2022 ergeben sich alleine durch diese Anpassungen in Summe etwas geringere Nettoentlastungen bei der Klimagasbilanz. Hier überwiegen die geringeren Emissionswerte für Zellstoffe und Textilfasern, die etwas höheren Emissionswerte für Primärkunststoffe. Bei den NO_x-Emissionen bestehen ebenfalls gegenläufige Effekte. So bestehen geringere Nettoentlastungspotenziale beim Aluminiumrecycling, die aber durch etwas höhere Nettoentlastungswerte v. a. bei Kunststoffen teilweise ausgeglichen werden. Eine deutlichere Abweichung ist bei den Quecksilberemissionen gegeben. Hier steigt die Nettobelastung bedingt durch höhere Werte im ecoinvent-Datensatz für die Herstellung von Sekundäraluminium.

5.3 Kenndaten Abfallarten und EBS

Die für die Bilanzierung benötigten Kenndaten wie Heizwert und fossiler Kohlenstoffgehalt wurden für die SKU-Bilanz 2020 anhand verfügbarer Veröffentlichungen vereinheitlicht (ifeu/ARGUS 2021). Überwiegend liegen für Abfallarten oder daraus aufbereitete Ersatzbrennstoffe (EBS) keine berlingspezifischen Messwerte vor. Eine Ausnahme bilden EBS aus den Berliner MPS-Anlagen für die Angaben zum Heizwert über die BSR bereitgestellt werden. Zum fossilen C-Gehalt liegen keine Angaben vor. Da die Heizwerte in etwa dem bundesdurchschnittlichen Heizwert für EBS nach (Flamme et al. 2018) entsprachen (13 MJ/kg) wurde der fossile C-Gehalt nach (Flamme et al. 2018) in Höhe von 15% verwendet. Für 2022 liegen die Heizwerte der EBS aus den MPS-Anlagen etwas höher als für 2020. Der fossile C-Gehalt wurde für die Bilanzierung dennoch beibehalten, da nicht bekannt ist, woraus die Erhöhung der Heizwerte resultiert. Hier kommen sowohl eine stärkere Aufkonzentration heizwertreicher fossilbasierter Abfälle in Frage als auch eine stärkere Feuchteabtrennung durch höheren Energieeinsatz. Höhere

Energieeinsätze sind v. a. bei der MPS Reinickendorf zu beobachten, wo auch der EBS-Heizwert für 2022 deutlicher höher liegt. Für die SKU-Bilanz insgesamt ergibt sich allein durch die höheren Heizwerte eine höhere Nettoentlastung in der Klimagasbilanz, die aufgrund der hohen Mengenanteile an Hausmüll und gewerblichen Abfällen in Berlin etwa drei Prozentpunkte ausmacht.

Für Haus- und Geschäftsmüll werden berlinspezifische Kenndaten etwa alle 4-6 Jahre durch die BSR erhoben. Bisher hierzu beauftragte Analysen wurden 2008, 2014 und 2018 durchgeführt, deren Ergebnisse jeweils für die SKU-Bilanz ausgewertet wurden. Nach Mitteilung der BSR³⁹ wird beabsichtigt die nächste große Haus- und Geschäftsmüllanalyse im Jahr 2024 durchzuführen. Für die SKU-Bilanz 2022 werden dementsprechend die Werte aus der Sortieranalyse für 2018 weiterverwendet.

Für Bioabfall (BIOGUT) besteht anteilig eine Änderung der Kenndaten für Siebreste. In der SKU-Bilanz 2022 ist der Anteil offene Kompostierung in der Anlage Hennickendorfer Kompost separat bilanziert. Für die Anlage sind höhere Siebrestanteile ausgewiesen (BSR 2023) mit überwiegend biogenen (holzigen) Anteilen. Die Siebreste fallen auch für die Vergärung in der Biogasanlage Hennickendorf an, da die Gärreste in der Kompostierungsanlage nachkompostiert werden. Die Siebreste werden nach der Kompostierung abgeseibt und im MHKW Ruhleben energetisch verwertet. Nach Betreiberangaben sind sie in der Zusammensetzung mit den Siebresten aus der BSR Biogas West vergleichbar und es wurden die gleichen Kenndaten angesetzt. Der Heizwert ist neu mit rd. 4,9 MJ/kg angegeben (vorher 5,1 MJ/kg), der fossile C-Gehalt ist mit 2,3% (nach iba 2015) beibehalten. Durch die Anpassung der Siebreste für die Hennickendorfer Kompost ergibt sich in der Klimagasbilanz eine höhere Nettoentlastung als mit den angenommenen durchschnittlichen Kenndaten für Störstoffe für die sonstige Kompostierung, die auf Basis von Angaben zur Zusammensetzung von Störstoffen in (LUBW 2018) abgeleitet sind.

5.4 Charakterisierungsfaktoren für Klimagase nach IPCC

Die Berechnung des Treibhauseffektes erfolgt auf Basis der CO₂-Äquivalenzwerte gemäß den Veröffentlichungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Diese wurden erstmals 1995 (IPCC 1995) festgelegt und waren nach dem Kyoto-Protokoll gemäß Klimarahmenkonvention für die Berichterstattung der Nationalen Treibhausgasinventare zu verwenden. Seither werden diese Faktoren im Rahmen der IPCC-Berichte jeweils an den aktuellen Stand des Wissens angepasst. Für die SKU-Bilanz wird der aktuelle Wissensstand regelmäßig geprüft und werden neu verfügbare Charakterisierungsfaktoren für das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) angepasst.

Mit dem aktuellen 6. Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2021) liegen neue Charakterisierungsfaktoren vor, die für die SKU-Bilanz 2022 angewendet wurden. Relevant für die SKU-Bilanz sind die Emissionen an Lachgas und Methan. Deren CO₂-Äquivalenzwerte sind zusammen mit den bisher verwendeten Faktoren nach (IPCC 2013) in Tabelle 5.2 aufgeführt.

Von der Anpassung sind vor allem organische Abfälle betroffen bzw. die Behandlung von organischen Abfallfraktionen. Dabei anfallende Methanemissionen verringern sich etwas im Treibhauseffekt, während Lachgasemissionen stärker in die Bewertung

³⁹ Email an SenMVKU 21.06.2023

eingehen. Sowohl für die Kompostierung als auch die kombinierte stoffliche und energetische Verwertung (Vergärung) ergeben sich in Summe dadurch etwas geringere spezifische Klimagasemissionen (Belastungen). Für die Eigenkompostierung fallen die spezifischen Klimagasemissionen minimal höher aus, da hierbei Lachgasemissionen eine etwas größere Rolle spielen. Für die Kompostanwendung berechnen sich für Lachgasemissionen aus dem gebundenen Stickstoff leicht höhere spezifische Klimagasbelastungen. Umgekehrt ist dies aber auch für substituierte Stickstoffdünger gegeben bei deren Herstellung und Anwendung Lachgasemissionen entstehen. Ansonsten ist die Aktualisierung der Charakterisierungsfaktoren vor allem für ungebrauchten und gebrauchten Klärschlamm relevant, da sich hier die Treibhausgasbewertung der direkten N₂O-Emissionen aus der Verbrennung in der KSVa Ruhleben etwas erhöht.

Tabelle 5.2: Charakterisierungsfaktoren für den Treibhauseffekt nach IPCC 2021 und 2013

in kg CO ₂ -Äq/kg	IPCC 2021	IPCC 2013
Kohlendioxid, fossil	1	1
Lachgas	273	265
Methan, fossil	29,8	30
Methan, regenerativ	27,2	28

Quelle: IPCC 2021, IPCC 2013

Literaturverzeichnis

ARGUS (2019): Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2018. ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH Berlin. Erstellt für die BSR. Berlin, 13.06.2019

ARGUS (2009): Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2008. Erstellt für die Berliner Stadtreinigungsbetriebe A.ö.R. (BSR). Vorgelegt von ARGUS Berlin, März 2009

AWK (2019): Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie Klärschlämme Planungszeitraum 2020 bis 2030. Stand Januar 2019. https://www.berlin.de/sen-uvk/umwelt/abfall/konzept_berlin/download/AWKBerlin2020-2030.pdf

BSR (2023): BSR Entsorgungsbilanz 2022 für Behörde. Berliner Stadtreinigungsbetriebe.

Bünemann, A., Bartnik, S., Löhle, S., Kösegi, N (2023): Erarbeitung möglicher Modelle der erweiterten Herstellerverantwortung für Textilien. Produktverantwortungsmodelle für Textilien (ProTex). UBA-Texte 146/2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/146_2023_texte_protex.pdf

Bulach, W., Dehoust, G., Mayer, F., Möck, A. (2022): Ökobilanz zu den Leistungen der dualen Systeme im Bereich des Verpackungsrecyclings. Im Auftrag von Dualen Systemen. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Duale_Systeme_Oekobilanz_Endbericht.pdf

bvse (2020): „Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland“, Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., 2020 <https://www.wittmann-recycling.de/wp-content/uploads/2020/06/bvse-Alttextilstudie-2020.pdf>

Cuhls, C.; Mähls, B.; Clemens, J. (2015): Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. UBA-Texte 39/2015. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 148. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_39_2015_ermittlung_der_emissionssituation_bei_der_verwertung_von_bioabfaellen.pdf

De Jesús Vargas-Soplin, A., Prochnow, A., Herrmann, C., Tscheuschner, B., Kreidenweis, U. (2022): The potential for biogas production from autumn tree leaves to supply energy and reduce greenhouse gas emissions – A case study from the city of Berlin. doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106598

Dehne, I., Oetjen-Dehne, R., Siegmund N., Dehoust G., Möck, A. (2015): Stoffstromorientierte Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen. UBA-Text 18/2015

Dehoust, G., Möck, A., Merz, C., Gebhardt, P. (2016): Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recyclings von Wertstoffen im Dualen System. https://www.gruenerpunkt.de/fileadmin/Dateien/Downloads/PDFs/16-09-21_OEko-Institut_Abschlussbericht_LCA-DSD.PDF

Dornbusch; Hannes; Santier; Böhm; Wüst; Zwisele; Kern; Siepenkothen; Kanthak (2020): Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien (Veras). UBA-Texte 113/2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

ecoinvent (2022): ecoinvent database v3.9.1 released in December 2022. <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/ecoinvent-3-9-1/> (30.10.23)

Flamme, S., Hanewinkel, J., Quicker, P., Weber, K. (2018): Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. UBA-Texte 51/2018

Flamme, S., Harns, S., Bischoff, J., Fricke, C. (2020): Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung. UBA-Texte 95/2020

iba (2015): BSR Biogas West - Ergebnisse des Evaluierungsprozesses zur Klimagasbilanz. Abschlussbericht Kurzfassung, Januar 2015

ICU/uec (2021): Umsetzung der klimaverträglichen Biomasse-Verwertung (Laub und Mähgut) in Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. September 2021

ifeu/ARGUS (2021): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2020 für das Land Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. Dezember 2021. https://www.berlin.de/sen/uvk/assets/umwelt/kreislaufwirtschaft/abfallbehoerde/abfallbilanzen/stoffstrom_klimagas_umweltbilanz_2020.pdf

ifeu (2019): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2018 für das Land Berlin. Regine Vogt, Sabrina Ludmann. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. Heidelberg, Dezember 2019.

ifeu (2017a): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2016 für das Land Berlin. Regine Vogt, Sophia Fehrenbach. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Oktober 2017

ifeu (2017b): Vogt, R.: Szenario Energiewende Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. Heidelberg, Juni 2017

ifeu (2015): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2014 für das Land Berlin. Regine Vogt, Joachim Reinhardt. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Oktober 2015

ifeu/ICU (2013): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz Berlin 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource. Regine Vogt, Joachim Reinhardt (ifeu Heidelberg) mit Beteiligung von ICU Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Oktober 2013

ifeu/ICU (2012): Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin. Regine Vogt, Horst Fehrenbach (ifeu Heidelberg) unter Mitwirkung von Ulrich Wiegel, Knud Ebert (ICU Berlin). Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Gefördert durch das Bundesumweltministerium. Heidelberg/Berlin, September 2012

IPCC (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the 6th Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (30.10.23) <http://www.ipcc.ch/>

IPCC (2013) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Contribution of Working Group I to the 5th Assessment Report: Climate Change 2013, www.ipcc.ch

Jungmichel, N., Wick, K., Mill, M. (2020): Kleider mit Haken. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_kleider_mit_haken_bf.pdf

Kern, M; Hofmann, H; Wiegel, U; Ebert, K. (2009): Nutzung von Biomasse in Berlin. Studie im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Witzenhausen-Institut/ICU, Berlin 2009

Knappe, F., Muchow, N., Oetjen-Dehner, R., Buschow, N., Kaiser, F. (2023): Erarbeitung von Grundlagen für die Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung. UBA-Texte 47/2023

Kuchta & Enzner (2015): Prof. Dr.-Ing. Kerstin Kuchta, M.Sc. Verena Enzner (TU Hamburg-Harburg): Metallrückgewinnung aus Rostaschen aus Abfallverbrennungsanlagen – Bewertung der Ressourceneffizienz. Für die EdDE - Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., EdDE-Dokumentation 17, Oktober 2015

Maga, D., Aryan, V., Blömer, J. (2023): A comparative life cycle assessment of tyre recycling using pyrolysis compared to conventional end-of-life pathways. Fraunhofer UMSICHT. doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107255

Merlin C.B., Vogt R. (2020): Life cycle assessment of waste tyre treatments: material recycling vs. co-incineration in cement kilns. https://www.genan.dk/wp-content/uploads/2020/10/LCA-report_Genan_Executive-Summary_2020.pdf

Öko-Institut/ifeu (2010): Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Öko-Institut Darmstadt und ifeu Heidelberg. UBA-Texte 06/2010

Prognos/ifeu/INFAS (2008): Resource savings and CO2 reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO2 reduction target in 2020. Sponsored by European Coalition of Waste Management Organisations.

Schmidt; Kloverpris; Bakas; Kjaer; Vogt; Giegrich (2009): Ökobilanzieller Vergleich zweier Verwertungsalternativen für Altreifen: Stoffliche Verwertung und Mitverbrennung im Zementofen (Comparative life cycle assessment of two options for waste tyre treatment: material recycling vs. co-incineration in cement kilns). Im Auftrag von Genan A/S.

Statistik Berlin Brandenburg (2023): 31.12.2022, jährlich Bevölkerungsstand in Berlin und Brandenburg. <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/a-i-3-j> (30.10.23).

UBA (2021): Alttextilien. Tabelle 1a: Stoffliche Verwertung von Alttextilien 2013. <https://www.umweltbundesamt.de/alttextilien#sekundarproduktion> (3.6.2021)

uec/ifeu (2023, noch nicht veröffentlicht): Bestimmung des Potenzials von Biomasse in Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU).

VDP (2021): Papier 2021 – Statistiken zum Leistungsbericht. https://www.papierindustrie.de/fileadmin/0002-PAPIERINDUSTRIE/07_Dateien/XX-LB/PAPIER2021-digital.pdf

VDZ (2022): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2021. Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg.), Düsseldorf 2022.

Villanueva; Hedaj; Carlsen; Vogt; Giegrich (2007): Ökobilanzieller Vergleich zweier Verwertungsalternativen für Altreifen: stoffliche Verwertung in Asphalt und Mitverbrennung im Zementofen (Comparative Life Cycle Assessment of two options for waste tyre treatment: recycling in asphalt and incineration in cement kilns). Im Auftrag von Genan A/S.

Vogt, R., Gonser, J., Bulach, W., Küchen, V., Harju, N., Auberger, A., Merz, C., Dehoust, G. (2023): Ermittlung der Klimaschutzpotenziale in der Kreislaufwirtschaft für Deutschland und die EU. UBA-Texte 83/2023.

Wagner, R., Weiß, U., Schatten, R. (2023): Entwicklung eines emissionsmindernden Stoffstrom-/Abfallmanagements im Tierpark Berlin bei Nutzung des CO₂-Sequestrierungspotenzials von Pflanzenkohle (CarboTIP). Forschungsvorhaben der FU Berlin im Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE).

Wagner, R. und Geiges-Erzgräber, L. (2021): Wirkung von Pflanzenkohle auf die Freisetzung von Treibhausgasen bei der Eigenkompostierung. Müll und Abfall, 01.21.

Wagner, R; Kocikowski, M. und Terytze, K. (2020): Pflanzenkohle zur klimafreundlichen Kompostierung von Festmist und Grünschnitt – Ergebnisse aus dem CarboTIP Projekt. Müll und Abfall, 03.20.

WI/ICU (2009): Nutzung von Biomasse in Berlin. Studie im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Witzenhausen-Institut/ICU, Berlin 2009.

Zamani, B., Svanström, M., Peters, G., & Rydberg, T. (2014) : A Carbon Footprint of Textile Recycling: A Case Study in Sweden. *Journal of Industrial Ecology*, 19(4), 676–687. doi:10.1111/jiec.12208.

6 Anhang

6.1 Definition Recycling- und Verwertungsraten

In der SKU-Bilanz werden folgende Raten ausgewiesen:

- Recyclingrate als Indikator für die stoffliche Verwertung, umfasst auch die Mengen aus der Vorbereitung zur Wiederverwendung.
- Energetische Verwertungsrate als Indikator für die energetische Verwertung.
- Sonstige Verwertungsrate als Indikator für die sonstige Verwertung (Verfüllung, Deponieersatzbaustoff)
- Beseitigungsrate als Indikator für die Beseitigung (Deponie, Klärschlammverbrennung in der KSVA Ruhleben)

Die **Recyclingrate** ist wie folgt definiert:

Recyclingrate

$$\frac{\text{Menge zur stofflichen Verwertung (direkt oder Output Vorbehandlungsanlage)}}{\text{Erzeugte (gesammelte) Menge (bzw. Input Vorbehandlungsanlage)}}$$

Die Berechnung der Recyclingrate muss sich auf den Output der Erstbehandlung in einer Vorbehandlungsanlage beschränken, da nur für diese berlinspezifische Informationen verfügbar sind. Diese Recyclingrate macht keine Aussagen darüber wie viel Primärmaterial letztendlich durch einen Sekundärrohstoff substituiert wird, da häufig weitere Aufbereitungsschritte folgen wie beispielsweise Deinking/Pulper bei der Papierverwertung oder Nass- und Trockenaufbereitung zur Erzeugung von Regranulat oder Agglomerat bei der Kunststoffverwertung.

Bei der stofflichen Verwertung von organischen Abfällen durch aerobe oder anaerobe Behandlung wird die Recyclingrate nicht nach obiger Formel berechnet. Die Outputmenge Vorbehandlungsanlage – die Menge Kompost oder kompostierter Gärrest – würde der Anrechnung der Verwertungsmaßnahme nicht gerecht werden, da diese Menge gegenüber der Inputmenge allein durch mikrobiologische Umwandlungsverluste deutlich reduziert ist. Es wird stattdessen die Abfallinputmenge in die biologische Behandlungsstufe als recycelt angerechnet.

Sonderregel Recyclingrate: organische Abfälle

Die kombinierte energetische und stoffliche Verwertung durch Vergärung ist aufgrund der höheren Stellung in der Abfallhierarchie der Recyclingrate zugeordnet.

Die **energetische Verwertungsrate** ist wie folgt definiert:

Energetische Verwertungsrate

$$\frac{\text{Menge zur energetischen Verwertung (direkt oder Output Vorbehandlungsanlage)}}{\text{Erzeugte (gesammelte) Menge (bzw. Input Vorbehandlungsanlage)}}$$

Für die energetische Verwertung ist die Diskrepanz zwischen Outputmenge der Vorbehandlungsanlage und endgültig in einer Verbrennungsanlage eingesetzter Menge geringer. Häufig werden die anfallenden Sortierreste zu Müllverbrennungsanlagen verbracht

und dort energetisch genutzt. Nur Inert- oder Störstoffanteile, die beseitigt oder sonstig verwertet werden, würden die Rate reduzieren.

Aufgrund der Bedeutung und der bekannten Massenströme des MHKW Ruhleben wurde die energetische Verwertungsrate für den Abfalleinsatz im MHKW abweichend zur obigen Definition nicht zu 100% gesetzt, sondern die bekannten Mengen an Rostasche und rückgewonnenen Metallen wurden abgezogen und in den Steckbriefen getrennt bewertet.

Die **sonstige Verwertungsrate** ist wie folgt definiert:

**Sonstige
Verwertungsrate**

$$\frac{\text{Menge zur sonstigen Verwertung (direkt oder Output Vorbehandlungsanlage)}}{\text{Erzeugte (gesammelte) Menge (bzw. Input Vorbehandlungsanlage)}}$$

Die sonstige Verwertung betrifft mineralische Abfälle, die zur Verfüllung oder als Deponeiersatzbaustoff eingesetzt werden. Bei diesen Anwendungen werden keine Primärmaterialien wie Natursteine ersetzt. Es werden i. d. R. ausschließlich Abfälle verwendet. Aus diesem Grund wurde die Rate getrennt von der Recyclingrate etabliert und ausgewiesen.

Die Abgrenzung zur Recyclingrate liegt in Übereinstimmung mit der Legaldefinition nach § 3 (25) KrWG für Recycling. Danach schließt Recycling „die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.“ Ein direkter Vergleich mit der durch das statistische Bundesamt ausgewiesenen Recyclingquote ist für Bau- und Abbruchabfälle jedoch nicht möglich, da diese entsprechend den Zielvorgaben nach § 14 (3) KrWG die sonstige stoffliche Verwertung von nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfällen (ohne AVV 170504) miteinschließt. Dies umfasst die Verfüllung, bei der Abfälle als Ersatz für andere Materialien genutzt werden. Hierunter fallen auch Sekundärmaterialien, während nach Definition für die SKU-Bilanz nur der Ersatz von Primärmaterialien für die Recyclingrate angerechnet wird (s. o.).

**Übereinstimmungen und
Unterschiede zum KrWG**

Die **Beseitigungsrate** beschreibt im Allgemeinen die Menge mineralischer Abfälle und Sortierreste, die auf Deponien beseitigt werden. Sie ist wie folgt definiert:

Beseitigungsrate

$$\frac{\text{Menge zur Beseitigung (direkt oder Output Vorbehandlungsanlage)}}{\text{Erzeugte (gesammelte) Menge (bzw. Input Vorbehandlungsanlage)}}$$

Die Beseitigungsrate ist zur Vollständigkeit neben den o. g. Recycling- und Verwertungs-raten ausgewiesen. In den Fällen, in denen die vier Werte in Summe nicht 100% bilden, sind Feuchteverluste gegeben wie z.B. bei der Vorbehandlung in MPS-Anlagen. Analog zur Sonderregel bei der biologischen Behandlung organischer Abfälle, wird bei MBAn der Abfallinput in die Biologie als Referenzmenge herangezogen und nicht der MBA-Rest (Output), der deponiert wird.

Unabhängig von obigen Ausführungen ist auch die Klärschlammverbrennung in der KSVa Ruhleben als Beseitigung eingestuft.